

Technical Article

모든 설계에 대한 정밀 증폭기 성능 구현



Jacob Fattakhov, marketing manager, high-voltage amplifiers

소비자 제품 및 공장 시스템 전반에 걸쳐 전기화 및 자동화가 가속화되면서 온도, 압력, 그리고 모든 전압 감지와 같은 더 많은 아날로그 감지에 대한 필요성이 크게 증가했습니다. 감지 정확도 요구 사항이 엄격해짐에 따라 하드웨어 엔지니어는 더 광범위한 비용에 민감한 애플리케이션을 지원하는 점점 더 정밀한 저 오프셋 정밀 증폭기(그림 1)를 필요로 합니다.

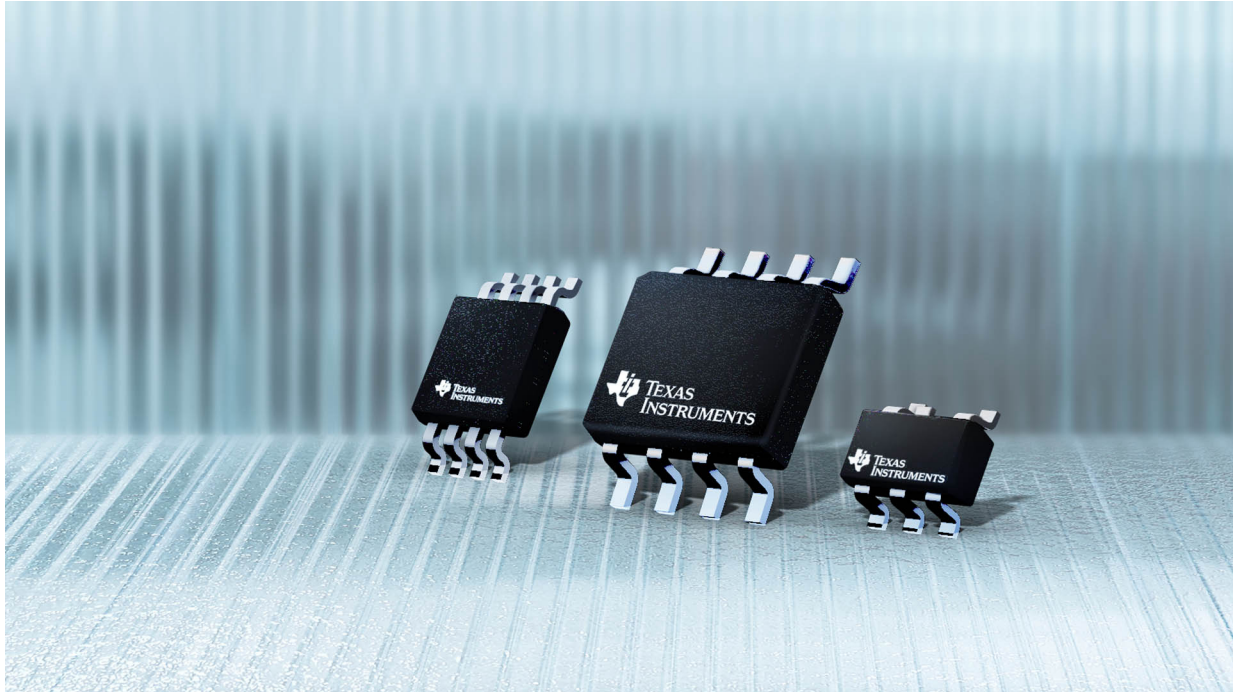


그림 1. 비용 최적화된 저 오프셋 정밀 증폭기.

신호 체인 오류 이해

전 세계 산업은 전력 효율 및 열 관리를 개선하기 위해 더 높은 작동 전압을 지속적으로 채택하고 있습니다. 48V 데이터 센터 랙과 400V 배터리로 작동하는 전기 트랙터는 동일한 기본적인 엔지니어링 과제를 안고 있습니다. 즉, 마이크로컨트롤러(MCU)가 고전압 신호를 처리하기 위해 이러한 신호를 $\leq 5V$ 로 분할하는 방법입니다. 이러한 컨디셔닝은 아날로그 신호 체인인 정밀 증폭기와 컨버터를 통과하는데, 각각 이 과정에서 오류가 발생합니다. 신호가 더 낮은 전압 수준으로 감쇠되면 신호 체인 전면에서 도입된 작은 오프셋이라도 신호가 다운스트림 게인 단계를 통과할 때 배가되고, 오류가 누적되면서 시스템 안 전 또는 성능을 저하시킬 수 있습니다.

설계 단계에서는 두 가지 범주의 오류가 발생합니다. 초기 오프셋 오류는 경로를 따르는 각 부품과 게인 단계에서 누적된 오프셋 기여도를 나타내는 반면, 드리프트는 온도가 변동하고 부품이 노화됨에 따라 시간이 지나면서 오류가 어떻게 변하는지를 포착합니다. 두 가지 모두 고전압 신호가 체인으로 들어가는 순간 시작되는 정확도 문제를 악화시킵니다. 두 오류를 조기에 해결하면 생산 테스트 중에 추가 비용과 보정의 복잡성을 피할 수 있습니다.

설계 앞에 최고 정밀 증폭기를 배치하면 증폭으로 인한 오류의 배가를 제한되어 출력에서 총 오류 예산이 줄어들고 다운스트림 보정 또는 생산 보정의 필요성도 줄어듭니다. 그림 2에서는 아날로그-디지털 컨버터와 5V 레일에서 구동되는 MCU로 해석할 수 있도록 정밀 증폭기를 통해 해당 신호를 컨디셔닝하기 전에 저항 분할기로 48V 신호를 감쇠하는 회로를 보여줍니다.

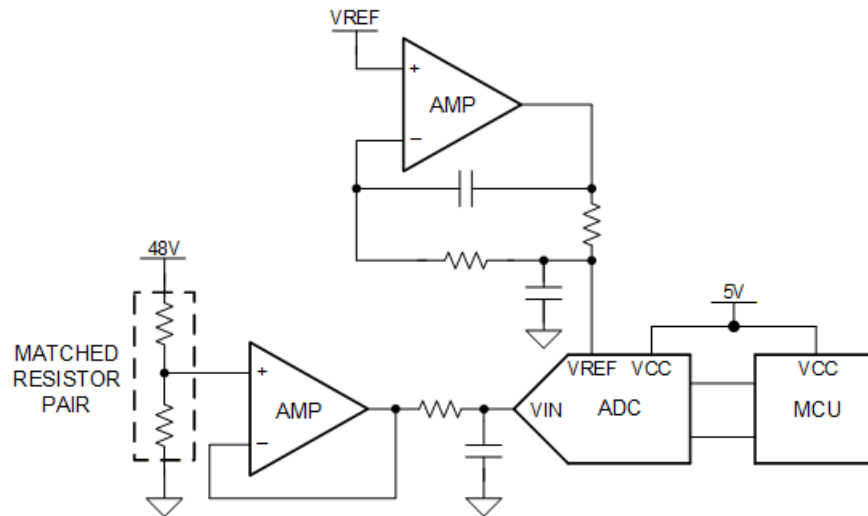


그림 2. 데이터 센터 랙에 사용되는 48V 신호 감지 회로.

제로 드리프트 및 e-Trim™ 아키텍처

TI의 **정밀 증폭기**는 비용에 민감한 여러 애플리케이션 요구 사항에 적합한 두 가지 보정 아키텍처로 설명해드렸던 과제를 해결합니다. TI는 데이터 센터, 산업용 시스템 및 전기 차량이 요구하는 다양한 작동 전압 및 온도에서 정확도를 유지하기 위해 두 아키텍처를 모두 설계했습니다. 또한 두 아키텍처 모두 신호 체인에서 가장 중요한 사양인 낮은 초기 오프셋 전압과 온도에 따른 낮은 오프셋 전압 드리프트를 목표로 하여, 오류 감소와 시스템 정확도 향상으로 직결됩니다.

제로 드리프트 증폭기는 작동 중에 능동 보정 기술을 지속적으로 적용하여 산업 프로세스 제어, 정밀 계량 저울 및 의료 기기와 같은 엄격한 DC 정확도 요구 사항으로 애플리케이션의 오프셋 및 드리프트를 최소화합니다.

TI의 e-Trim™ 증폭기는 제조 중에 독점 트리밍 프로세스를 적용하여 작동 중에 능동 보정 회로가 실행되지 않고 낮은 오프셋 전압과 낮은 바이어스 전류를 가진 장치를 생성합니다. 이러한 조합은 센서 인터페이스, 오디오 측정 및 다중 단계 신호 컨디셔닝을 포함하여 DC와 AC 신호 무결성이 모두 중요한 애플리케이션에 매우 적합합니다.

대규모 정밀 CMOS 제조

TI는 수십 년 동안 제로 드리프트 및 e-Trim 기술을 개발하여 산업용, 차량용, 의료 애플리케이션을 위한 수십억 개의 정밀 증폭기를 배송했습니다. TI의 증폭기 포트폴리오는 향상된 정밀 CMOS(보조 금속 산화물 반도체) 프로세스를 300mm 웨이퍼 제조 시설과 페어링하여 이러한 토대를 발전시켜 비용을 낮추고 패키지 크기를 최소화하는 동시에 제품 신뢰성과 공급 보증을 제공합니다.

결론

정밀 아날로그 성능은 오랫동안 사용되어 왔지만, 이를 광범위하게 배포하는 데는 비용이 장벽이었습니다. 그 장벽이 무너지면 설계자들은 예산이 허용할 때만이 아니라, 설계에 필요한 경우에도 정밀도를 적용할 수 있습니다. 산업, 차량용 및 인프라 애플리케이션에서 작동 전압이 상승하고 정확도 요구 사항이 엄격해짐에 따라, 정밀 증폭기는 엔지니어들이 대규모로 이러한 요구를 충족할 수 있는 기반을 제공합니다.

추가 리소스

- TI의 **범용 DIY(Do-it-Yourself) 증폭기 회로 보드**로 설계를 시작하십시오.
- TI 기술 노트, "**오프셋 보정 방법: 레이저 트림, e-Trim™ 및 초퍼**"를 참조하십시오.
- **정밀 증폭기 매개 변수 표**를 확인하여 제품을 찾으십시오.

상표

e-Trim™은 텍사스 인스트루먼트의 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 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 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](https://www.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](#) 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