

Technical Article

Ermöglichen von Präzisionsverstärkerleistung für jedes Design



Jacob Fattakhov, marketing manager, high-voltage amplifiers

Bei Konsumgütern und Fabrikssystemen haben die zunehmende Elektrifizierung und Automatisierung den Bedarf an analoger Sensorik erheblich gesteigert: Temperatur-, Druck- und vor allem Spannungssensorik. Mit der Verschärfung der Anforderungen an die Messgenauigkeit benötigen Hardwareingenieure immer präzisere Präzisionsverstärker mit geringem Offset ([Abbildung 1](#)), die ein breiteres Spektrum kostensensibler Anwendungen unterstützen.

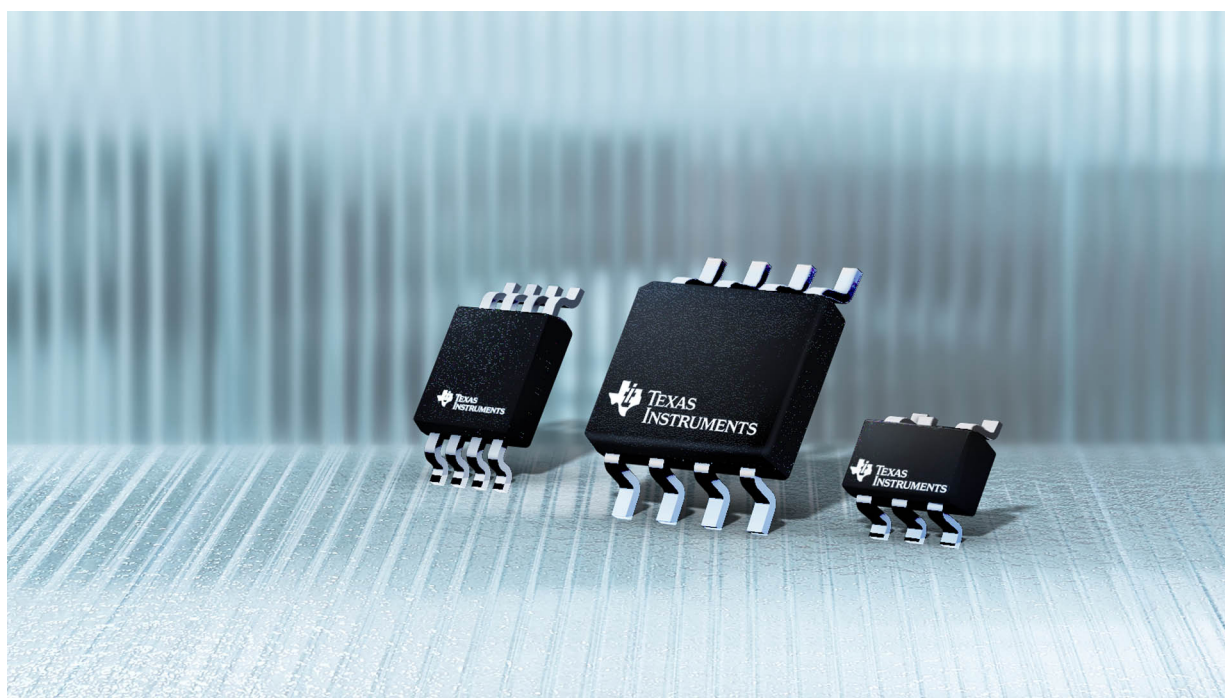


Abbildung 1. Kostenoptimierte Präzisionsverstärker mit geringem Offset

Grundlegendes zu Signalkettenfehlern

Branchen weltweit setzen weiterhin auf höhere Betriebsspannungen, um die Stromeffizienz und das Wärmemanagement zu verbessern. Ein 48-V-Rechenzentrum-Rack und ein Elektrotraktor, der mit einer 400-V-Batterie betrieben wird, stellen die gleiche grundlegende technische Herausforderung dar: Wie können Hochspannungssignale auf $\leq 5\text{ V}$ heruntergeteilt werden, bevor ein Mikrocontroller (MCU) sie verarbeiten kann? Diese Konditionierung durchläuft Präzisionsverstärker und -wandler – die analoge Signalkette – und führt jeweils zu Fehlern auf dem Weg. Sobald das Signal auf einen niedrigeren Spannungspegel gedämpft wurde, multiplizieren sich selbst kleine Offsets, die vorne an der Signalkette eingeführt werden, wenn das Signal die nachgelagerten Verstärkungsstufen durchläuft, und kumulierte Fehler können die Sicherheit oder Leistung des Systems beeinträchtigen.

Es gibt zwei Fehlerkategorien, die während der Designstufe auftreten. Anfängliche Offsetfehler stellen die kumulativen Offsetbeiträge jeder Komponente und einer Verstärkungsstufe entlang des Pfades dar, während die Drift erfasst, wie sich dieser Fehler im Laufe der Zeit ändert, wenn die Temperaturen schwanken

und die Komponenten altern. Beide stellen ein Genauigkeitsproblem dar, das mit dem Eintritt eines Hochspannungssignals in die Kette beginnt. Die frühzeitige Behebung beider Fehler vermeidet zusätzliche Kosten und Komplexität der Kalibrierung während der Produktionstests.

Wenn Sie die Präzisionsverstärker vorne am Design platzieren, wird die Multiplikation von Fehlern aufgrund der Verstärkung begrenzt, wodurch das Gesamtfehlerbudget am Ausgang reduziert und die Notwendigkeit einer nachgelagerten Korrektur oder Produktionskalibrierung reduziert wird. [Abbildung 2](#) veranschaulicht einen Schaltkreis, der ein 48-V-Signal mit einem Widerstandsteiler dämpft, bevor dieses Signal durch einen Präzisionsverstärker konditioniert wird, um von einem Analog-Digital-Wandler und einer MCU ausgewertet zu werden, die über eine 5-V-Schiene mit Strom versorgt werden.

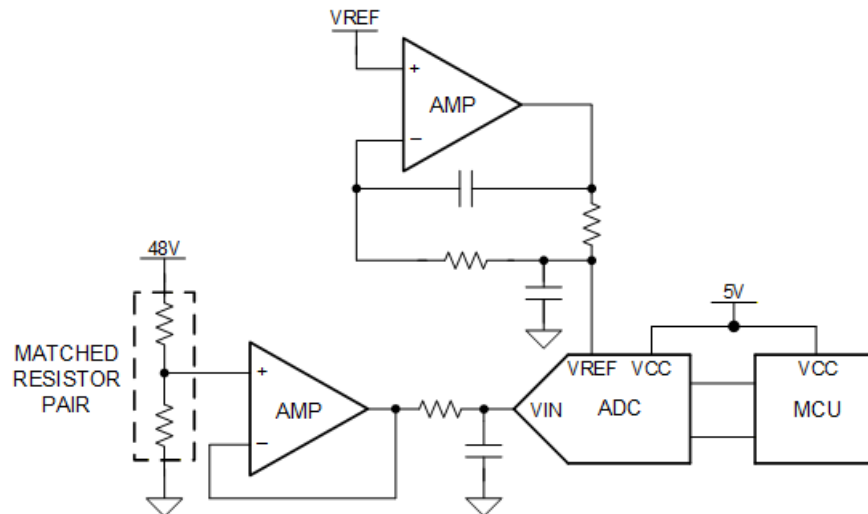


Abbildung 2. Schaltkreis zur Dämpfung eines 48-V-Signals in einem Rechenzentrum-Rack

Zero-Drift- und e-Trim™-Architekturen

Die [Präzisionsverstärker](#) von TI erfüllen die Herausforderungen, die ich beschrieben habe, und bieten zwei Korrekturarchitekturen, die für unterschiedliche kostensensitive Anwendungsanforderungen geeignet sind. TI hat beide Architekturen entwickelt, um die Genauigkeit über verschiedene Betriebsspannungen und Temperaturen aufrechtzuerhalten, die Rechenzentren, Industriesysteme und Elektrofahrzeuge erfordern. Beide Architekturen zielen auch auf die Spezifikationen ab, die in der Signalkette am wichtigsten sind: eine niedrige Anfangs-Offsetspannung und eine niedrige Offsetspannungsdrift über die Temperatur, die direkt zu reduzierten Fehlern und einer verbesserten Systemgenauigkeit führen.

Zero-Drift-Verstärker wenden aktive Korrekturtechniken kontinuierlich während des Betriebs an, um Offset und Drift in Anwendungen mit strengen DC-Genauigkeitsanforderungen zu minimieren, wie z. B. industrielle Prozesssteuerung, Präzisionswaagen und medizinische Instrumentierung.

Die e-Trim™-Verstärker von TI durchlaufen während der Fertigung einen proprietären Trimmprozess, damit Bausteine mit niedriger Offsetspannung und geringem Bias-Strom erzeugt werden, wobei während des Betriebs keine aktive Korrekturschaltung ausgeführt wird. Diese Kombination macht sie bestens geeignet für Anwendungen, bei denen sowohl DC- als auch AC-Signallintegrität wichtig ist, einschließlich Sensorschnittstellen, Audiomessungen und mehrstufiger Signalkonditionierung.

Präzise CMOS-Fertigung im Maßstab

TI hat seine Zero-Drift- und e-Trim-Technologien seit Jahrzehnten entwickelt und Milliarden von Präzisionsverstärkern für Industrie-, Automobil- und medizinische Anwendungen geliefert. Unser Verstärker-Portfolio baut auf dieser Grundlage durch die Kombination eines verbesserten präzisen Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)-Prozesses und unserer Fertigungseinrichtungen für 300-mm-Wafer auf. Dadurch können Sie die Kosten senken und Gehäusegrößen minimieren sowie gleichzeitig die Produktzuverlässigkeit und Versorgungssicherheit gewährleisten.

Fazit

Schon seit langem ist eine analoge Präzisionsleistung verfügbar, aber die Hürde für eine breite Bereitstellung waren die Kosten dafür. Da diese Barriere wegfällt, erhalten Designer die Freiheit, Präzision dort anzuwenden, wo es das Design erfordert, und nicht nur dort, wo es das Budget zulässt. Da die Anforderungen an Betriebsspannungen und Genauigkeit in Industrie-, Automobil- und Infrastrukturanwendungen immer strenger werden, bieten Präzisionsverstärker Ingenieuren die Grundlage für diese Anforderungen im Maßstab.

Weitere Ressourcen

- Beginnen Sie bei der Entwicklung mit der [universellen Do-it-Yourself Verstärkerplatine](#) von TI.
- Lesen Sie den technischen Hinweis von TI „[Methoden zur Offset-Korrektur: Laser-Trim, e-Trim™ und Chopper](#).“
- Sehen Sie sich die [Parametertabelle für Präzisionsverstärker](#) an, um die passenden Produkte zu finden.

Marken

e-Trim™ ist eine Marke von Texas Instruments.

Alle Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

WICHTIGER HINWEIS UND HAFTUNGSAUSSCHLUSS

TI STELLT TECHNISCHE UND ZUVERLÄSSIGKEITSDATEN (EINSCHLIESSLICH DATENBLÄTTER), DESIGNRESSOURCEN (EINSCHLIESSLICH REFERENZDESIGNS), ANWENDUNGS- ODER ANDERE DESIGNBERATUNG, WEB-TOOLS, SICHERHEITSINFORMATIONEN UND ANDERE RESSOURCEN „WIE BESEHEN“ UND MIT ALLEN FEHLERN ZUR VERFÜGUNG. UND SCHLIESST ALLE AUSDRÜCKLICHEN UND STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN AUS, EINSCHLIESSLICH UND OHNE EINSCHRÄNKUNG ALLER STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN DER MARKTGÄNGIGKEIT, DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK ODER DER NICHTVERLETZUNG VON RECHTEN

Diese Ressourcen sind für qualifizierte Entwickler gedacht, die mit TI-Produkten entwickeln. Sie allein sind verantwortlich für (1) die Auswahl der geeigneten TI Produkte für Ihre Anwendung, (2) das Design, die Validierung und den Test Ihrer Anwendung und (3) die Sicherstellung, dass Ihre Anwendung die geltenden Normen sowie alle anderen Sicherheits- und sonstigen Anforderungen erfüllt.

Diese Ressourcen können jederzeit und ohne Vorankündigung geändert werden. Sie erhalten von TI die Erlaubnis, diese Ressourcen ausschließlich für die Entwicklung von Anwendungen mit den in der Ressource beschriebenen TI-Produkten zu verwenden. Jede andere Vervielfältigung und Darstellung dieser Ressourcen ist untersagt. Es wird keine Lizenz für andere Rechte am geistigen Eigentum von TI oder an Rechten am geistigen Eigentum Dritter gewährt. TI übernimmt keine Verantwortung für und Sie schützen TI und seine Vertreter gegen Ansprüche, Schäden, Kosten, Verluste und Verbindlichkeiten, die sich aus Ihrer Nutzung dieser Ressourcen ergeben.

Produkte von TI werden gemäß den [Verkaufsbedingungen von TI](#) , den allgemeinen [Qualitätsrichtlinien von TI](#) , oder anderen geltenden Bedingungen, die entweder auf [ti.com](https://www.ti.com) verfügbar sind oder in Verbindung mit solchen TI-Produkten bereitgestellt werden. Durch die Bereitstellung dieser Ressourcen durch TI werden die geltenden Garantien oder Gewährleistungsausschlüsse von TI für TI-Produkte weder erweitert noch verändert. Sofern TI ein Produkt nicht ausdrücklich als kundenspezifisch oder nach Kundenwunsch gefertigt bezeichnet, handelt es sich bei TI-Produkten um Standard-, Katalog- und Allzweckgeräten.

TI widerspricht allen zusätzlichen oder abweichenden Bedingungen, die Sie möglicherweise vorschlagen und lehnt sie ab.

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

Letzte Aktualisierung 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](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. 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