

## Vorstoß in neue Präzisions-Dimensionen

# Operationsverstärker bietet außergewöhnliche AC- und DC-Spezifikationen

National Semiconductor stellt unter der Bezeichnung LMP (Linear Monolithic Precision) eine neue Präzisions-Operationsverstärkerfamilie vor, die sich aufgrund ihrer guten statischen und dynamischen Kenndaten in idealer Weise für anspruchsvolle Anwendungen in der Industrie-, Medizin- und Automobilelektronik eignet.

Die fortlaufenden Leistungssteigerungen bei elektronischen Systemen in den Bereichen Konsum- und Industrieelektronik sowie Automobilelektronik und Medizintechnik haben dazu geführt, dass Präzisions-Verstärker zu den am schnellsten wachsenden Verstärker-Segmenten auf dem Markt gehören. War Präzision früher nur in den klassischen Bereichen der Instrumenten- und Messtechnik gefragt, benötigt man hohe Genauigkeit jetzt auch in anderen Anwendungen. Ein Beispiel sind moderne Mikroprozessoren, deren Versorgungsspannung auf wenige Millivolt genau geregelt werden muss. Ebenso gilt es in hoch entwickelten Kraftstoff-Einspritzsystemen für Kraftfahrzeuge, den mehrere Ampere betragenden High-Side-Wechselstrom mit Milliampere-Genauigkeit zu messen.

Die Anforderungen an die statische (DC-) Genauigkeit werden in der Regel durch die Offsetspannung, die Gleichtaktunterdrückung (Common Mode Rejection Ratio; CMRR), den Versorgungsspannungs-Durchgriff (Power Supply Rejection Ratio; PSRR), den Temperaturkoeffizienten der Offsetspannung, die Offsetspannungs-Drift über die Zeit sowie das Spannungsrauschen nahe DC ausgedrückt.

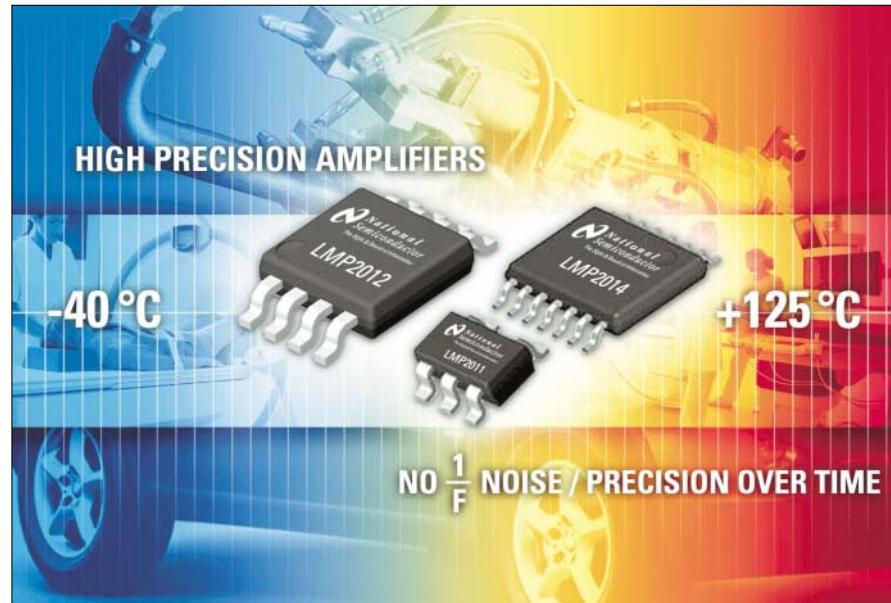


Bild 1: Die Präzisions-Verstärker LMP2011/12/14 bieten eine hohe Verstärkungs-Genauigkeit in einer Vielzahl von Messsystemen für den Industrie-, Automotive- und Medizintechnik-Sektor.

### Voraussetzung: Modernste Analog-Prozesstechnologie

Präzisions-Verstärker zielen auf ein Marktsegment, auf dem in vielen Fällen immer noch relativ hohe Versorgungsspannungen dominieren. Da man die Integrationsdichten der zur Herstellung integrierter Schaltungen (IC) verwendeten Prozesse kontinuierlich erhöht hat, wurden die Durchbruchsspannungen der Bauelemente immer geringer. Vorangetrieben wurde die Dichte der IC-Prozesse in erster Linie durch die Forderung nach VLSI-Schaltungen mit immer höherem Integrationsgrad. Die in der realen Umwelt vorkommenden, meist analogen Signale sind diesem Trend zu immer geringeren Spannungen indest nicht gefolgt. Die Notwendigkeit hochleistungsfähige analoge Schaltungen mit höheren Spannungen zu betreiben, kann sich durch mehrere Faktoren ergeben. Möglicherweise ist das Systemdesign älteren Datums oder es ist eine Verbindung mit externen Systemen (z. B. Prüf- und Messsystemen) erforderlich. Unter Umständen ist der Betrieb im Auto mit 12 V Bordnetzspannung gewünscht oder ein

Signal soll auf eine höhere Amplitude verstärkt werden, um den Signal-Rauschabstand zu optimieren.

Gleichzeitig hat die Design-Komplexität elektronischer Systeme dramatisch zugenommen, sodass an Stelle einzelner Verstärkerbauteile vermehrt Systemlösungen gefragt sind. Traditionelle, für höhere Spannungen geeignete Präzisions-Prozesse können meist keine umfangreicheren digitalen Schaltungen integrieren, da hier keine digitalen CMOS-Schaltungen mit hoher Integrationsdichte verfügbar sind. Eben diese Forderung nach hohem Integrationsgrad hat, gemeinsam mit der Tendenz Systemlösungen immer kostengünstiger zu machen, zum Entstehen eines Markts für Verstärkerlösungen mit integrierten passiven Bauelementen geführt. Der Hintergrund hierfür ist, dass es häufig die passiven Feedback-Bauelemente sind, die der Genauigkeit von Systemen auf Operationsverstärker-Basis Grenzen setzen. Discrete, auf 0,01 % genau angepasste Widerstandspaare, wie sie für eine ganze Reihe hochpräziser Verstärker-Subsysteme benötigt werden, können teurer sein als der

### AUTOR



Dr. Huibert Verhoeven,  
Senior Design Manager  
Amplifier Products,  
National Semiconductor,  
Santa Clara, USA.



# all-electronics.de

ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema auf  
all-electronics.de!

Hier klicken & informieren!



Präzisions-Verstärker selbst. National Semiconductor hat einen IC-Prozess speziell für präzise Analogschaltungen entwickelt. Der Prozess mit der Bezeichnung VIP™50C ist eine Kombination aus hochleistungsfähigen bipolaren NPN- und PNP-Transistoren, 0,5 µm-CMOS-Transistoren und hochgenauen Dünnfilm-Widerständen, ergänzt durch die Fähigkeit zum Abgleich der Schaltung auf dem Wafer, um die Genauigkeit noch weiter zu steigern. Ausgewählte Produkte auf Basis des VIP™50C-Prozesses werden Versorgungsspannungen bis zu 12 V unterstützen und damit dem Wunsch nach Spannungen oberhalb der von vielen modernen Prozessen gesetzten Grenze von 5 V Rechnung tragen.

Basierend auf diesem neuen, hochleistungsfähigen IC-Prozess stellt National Semiconductor nun die High-Precision-Operationsverstärker-Familie LMP2011 vor (**Bild 1**). Der Single-Verstärker LMP2011, die Dual-Version LMP2012 und die Quad-Version LMP2014 sind für anspruchsvollste Präzisions-Anwendungen ausgelegt. Die LMP2011-Familie ist die erste Verstärkerserie von National Semiconductor mit der Präfix LMP (für Linear Monolithic Precision) in der Typenbezeichnung, das künftig ausschließlich für das größer werdende Portfolio an Präzisions-Bauelementen von National Semiconductor verwendet werden wird. LMP2011, LMP2012 und LMP2014 bieten extrem niedrige Offsetspannungen. Die Genauigkeit bleibt über den gesamten in-

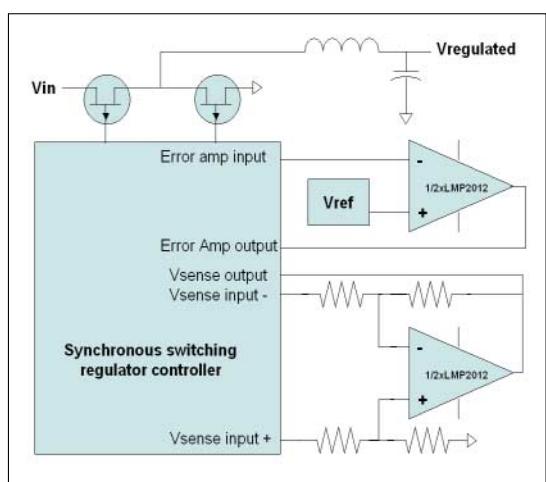
## KOMPAKT

Zu den wichtigsten Eigenschaften der Präzisions-Verstärker der LMP2011-Familie gehören neben dem großen Bandbreitenbereich von 3 MHz und der geringen Eingangs-Offset-Spannung ( $V_{os}$ ) von 25 µV eine Stabilität über Zeit und Temperatur von 0,015 µV/°C, ein Gleichtakt-(CMRR) und Versorgungsspannungs-Unterdrückungsverhältnis (PSRR) von über 120 dB, eine Leerlaufverstärkung (Open Loop Gain) von über 120 dB sowie u. a. ein Eingangsspannungsrauschen von 35 nV/V/Hertz ohne 1/f-Komponente.

dustriellen Temperaturbereich (-40 °C bis +125 °C) erhalten und verschlechtert sich auch nicht über die Lebensdauer der Bausteine. Hierzu kommt in der Produktfamilie LMP2011 eine proprietäre Offsetkorrekturtechnik zum Einsatz. Die guten statischen Kenndaten beschränken sich jedoch keineswegs auf die Offsetspannungs-Spezifikation von weniger als 25 µV, sondern schließen auch eine Gleichtakunterdrückung von 130 dB und einen Versorgungsspannungs-Durchgriff von 120 dB ein. Vorgesehene Anwendungsgebiete der Familie sind die Medizintechnik, der Automotive-Sektor und die industrielle Instrumententechnik. Von anderen Präzisions-Verstärkern mit dynamischer Offsetkorrektur setzt sich die LMP2011-Familie durch ihre große Bandbreite von 3 MHz ab.

## Akklicationsbeispiele

Die Notwendigkeit eines breitbandigen Verstärkers in Präzisions-Messanwendungen leuchtet nicht unbedingt sofort ein. In den folgenden beiden Beispielen geht es deshalb um Applikationen, die sowohl nach hoher Genauigkeit als auch nach großer Bandbreite verlangen. Angenommen, eine industrielle Instrumenten-Applikation benötige einen Präzisions-Verstärker zum Verstärken von Signalen mit einer Frequenz bis zu 60 Hz, die anschließend mit einem 12-Bit-A/D-Wandler weiterverarbeitet werden sol-



**Bild 2:** Mit dem LMP2011 lässt sich die Genauigkeit eines Synchron-Schaltreglers in Stromversorgungs-Systemen, die eine extrem präzise Spannungsregelung erfordern, verbessern. ►

len. Wegen der sehr niedrigen Frequenz der Eingangssignale könnte man annehmen, die Bandbreite des Präzisions-Verstärkers sei in dieser Anwendung zweitranzig. Nun soll aber die Amplitude des Eingangssignals mit 0 bis 5 mV sehr niedrig sein, wie es für viele industrielle Messwertaufnehmer durchaus typisch ist. In

Doch auch in Anwendungen, in denen die geschlossene Schleifenverstärkung des Verstärkerteils nicht so extrem hoch ist, kann ein hohes Verstärkungs-Bandbreitenprodukt wünschenswert sein. Ein Beispiel ist in Bild 2 gezeigt, wo zwei Präzisions-Verstärker vom Typ LMP2011 zur Steuerung eines synchronen Schaltreglers dienen. Einer der Verstärker stellt hier die Soll-Spannung ein, was eine Genauigkeit im Millivolt-Bereich erfordern kann, wenn es beispielsweise um die Stromversorgung moderner Mikroprozessor-Systeme geht. Ein zweiter Verstärker dient zum Erfassen der Ist-Spannung an verschiedenen Punkten des Systems. Ein Fehler-Signal wird an den Synchron-Schaltregler zurückgeführt, damit Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Spannung korrigiert werden können. Auf den ersten Blick scheint es nicht so, als ob von diesem Verstärker eine große Bandbreite verlangt wird. Dabei darf

anteil beeinträchtigt. Die hohe Eingangs-impedanz der LMP2011-Familie sorgt gemeinsam mit dem Wegfall des 1/f-Rauschens dafür, dass sich diese Verstärker als verbesserter Ersatz für die gängigeren Verstärker mit JFET-Eingängen empfehlen, wenn eine hohe Eingangsimpedanz in Verbindung mit niedrigem Rauschen bei Frequenzen nahe 0 Hz verlangt wird.

Auch für Instrumentenverstärker-Applikationen ist die LMP2011-Familie geeignet. Unter anderem bietet der Dual-Verstärker LMP2012 ideale Voraussetzungen für Applikationen, in denen ein differenzielles Ausgangssignal benötigt wird. In Bild 3 ist die Implementierung der traditionellen, aus drei Einzelverstärkern bestehenden Instrumentenverstärker-Schaltung mit dem LMP2014 dargestellt. Der vierte Verstärker im LMP2014 kann beispielsweise zum Puffern einer externen Referenzspannung benutzt werden, wie sie von vielen Messbrücken benötigt wird. Der Vorteil des LMP2014 gegenüber drei Einzelverstärkern besteht darin, dass alle Kanäle in ihren dynamischen Kenndaten exakt aufeinander abgestimmt sind.

diesem Fall kann man die geschlossene Schleifenverstärkung des Verstärkers auf 1000 einstellen, um die Amplitude des Eingangsspannungsbereich des A/D-Wandlers von 0 bis 5 V maximal ausgeschöpft wird. Hieraus ergibt sich unmittelbar, dass bei einem Verstärkungs-Bandbreiten-Produkt von 3 MHz und einer geschlossenen Schleifenverstärkung von 1000 ein 3-dB-Roll-off von nur mehr 3 kHz resultiert. Geht man weiter davon aus, dass in dem Frequenzbereich, der einer Verstärkungs-Genaugkeit von 12 Bit entspricht, eine flach verlaufende Verstärkungskennlinie erwünscht ist, so lässt sich hieraus der Schluss ziehen, dass nur solche Signale verstärkt werden können, deren Frequenz das 0,022-Fache der -3-dB-Bandbreite des Präzisions-Verstärkers beträgt. Im vorliegenden Beispiel kommt also statt der -3-dB-Frequenz von 3 kHz nur mehr eine Frequenz von 66 Hz zum Tragen, bis zu der Signale mit der geforderten Genauigkeit von 12 Bit mit einer geschlossenen Schleifenverstärkung von 1000 verstärkt werden können. Folglich ist im vorliegenden Fall ein hochpräziser 3-MHz-Verstärker nötig, um Eingangssignale mit 60 Hz zu verstärken. jedoch nicht vergessen werden, dass der Fehlerverstärker ein Bestandteil eines komplexeren Rückkopplungssystems ist. Durch den getakteten Betrieb des Synchron-Schaltreglers muss der Fehlerverstärker auf Signale reagieren können, die einen beträchtlichen Hochfrequenz-Anteil aufweisen. Der Verstärker hat also nicht nur mit Frequenzen von mehreren Kilohertz umzugehen, sondern er muss diese Signale auch mit minimaler Phasenverschiebung in der Rückkoppelschleife verarbeiten können, damit das Stromversorgungssystem ausreichend stabil ist. Die Präzisions-Verstärker der LMP2011-Familie können ihre Stärken allerdings nicht nur in Anwendungen ausspielen, die nach einem hohen Verstärkungs-Bandbreitenprodukt verlangen. Vielmehr zeichnen sich die Verstärker ebenfalls durch eine hohe statische Genauigkeit bei Frequenzen unter 1 Hz aus. So eliminiert die in der LMP2011-Familie implementierte aktive Offsetkorrekturschaltung ein Phänomen, das als 1/f-Rauschen oder „Flicker Noise“ bezeichnet wird. In den meisten traditionellen Präzisions-Verstärkern wird die Genauigkeit bei extrem niedrigen Signalfrequenzen (unter 10 Hz) durch den zunehmenden Rausch-

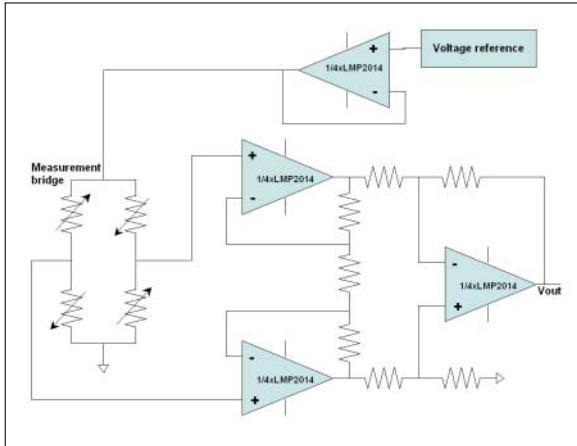


Bild 3: Der Quad-Verstärker LMP2014 ermöglicht die Implementierung eines Instrumentenverstärkers einschließlich eines Puffers für die von Messbrücken häufig benötigte Referenzspannung.

## Fazit

An den Präzisions-Verstärkern der LMP2011-Familie werden die Vielseitigkeit und das Fähigkeitsspektrum von Schaltungen deutlich, die für den Präzisions-Markt optimiert sind. Bei den künftigen Produkten der LMP-Präzisionsfamilie von National Semiconductor wird es sich unter anderem um Verstärker handeln, die für gängige Industrie-, Automotive- und Medizintechnik-Applikationen sowie für Prüf- und Messanwendungen optimiert sind. Durch Innovationen der Schaltungs- und Prozesstechnologie werden die Produkte mit dem Präfix LMP den Präzisionsverstärker-Markt grundlegend verändern. (sb)

## KONTAKT

**National Semiconductor Kennziffer 423**  
 www.elektronik-industrie.de 423EI1104  
 www.national.com/pf/LM/LMP2011.html  
 www.national.com/pf/LM/LMP2012.html  
 www.national.com/pf/LM/LMP2014.html