

## Application Brief

# Genauigkeitsvergleich von isolierten Shunt- und Geschlossener Regelkreis-Strommessungen



Alex Smith

## Einführung

Verschiedene Industrie- und Automobilanwendungen wie [On-Board-Ladegeräte](#), [Solarwechselrichter](#), [DC-Ladestationen \(Säulen\)](#), [Stromwandlungssysteme](#) und [Motorantriebe](#) erfordern eine Isolierung, um die digitale Schaltung vor dem Hochspannungskreis zu schützen, der eine Messung durchführt. Zwei Möglichkeiten zur Durchführung der isolierten Strommessung für diese Anwendungen sind isolierte Shunt-basierte und magnetische (Hall- oder Flux-Gate) basierte Sensorik. In diesem Dokument wird der [isolierte Verstärker](#) Texas Instruments [AMC3302](#) mit einzelner Stromversorgung mit einem beliebigen Stromsensor mit geschlossenem Regelkreis verglichen (CLCS).

## Technologie-Übersicht

Bei der isolierten Shunt-basierten Strommessung wird die Spannung an einem präzisen Inline-Widerstand, dem so genannten Shunt-Widerstand, gemessen.

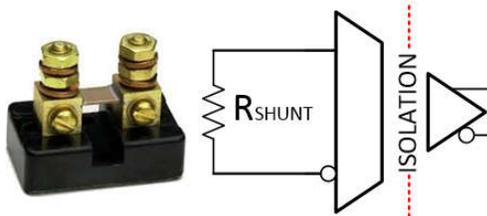


Abbildung 1. Isolierte shunt-basierte Strommessung

Der Shunt-Widerstand muss sehr genau sein, damit die erwartete Spannung für den gelieferten Strom erzeugt wird, da jede Variation des erwarteten Widerstands direkt zu einem Verstärkungsfehler beiträgt. Der Vorteil der Shunt-basierten Strommessung besteht darin, dass sie branchenführende Genauigkeit, Immunität gegen magnetische Störungen, Skalierbarkeit und geringe Größe ermöglicht.

Der CLCS verwendet einen Magnetkern zur Messung des Magnetfelds, das von dem Strom erzeugt wird, der durch den Primärleiter läuft. Das im CLCS enthaltene Magnetfeld-Sensorelement wird dazu verwendet, einen Kompensationsstrom bereitzustellen, der auf den

Magnetkern angelegt wird. Dieser Kompensationsstrom erzeugt einen Fluss von gleicher Größe, jedoch in die entgegengesetzte Richtung des vom Primärleiter erzeugten Flusses. Dadurch wird ein Fluss von Null gemessen. Magnetische Strommessung ist anfällig für magnetische Interferenzen, die sich auf die Offset- und Linearitätsleistung des Bausteins auswirken können.

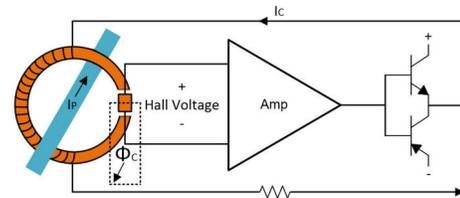


Abbildung 2. Hall-Basierter Sensor Mit Geschlossenem Regelkreis

Weitere Informationen zum Vergleich der beiden Technologien finden [Sie hier](#).

## Test-Einrichtung

Es wurde eine Testeinrichtung erstellt, um die Leistung dieser beiden Technologien direkt zu vergleichen. Daten wurden mit einer Gleichstromquelle, einer elektronischen Last und digitalen Multimetern für eine +/-85 A-fache Primärstromansteuerung bei drei verschiedenen Temperaturen - 40 °C, 25 °C und 85 °C - erfasst. Alle Messungen wurden gemäß IEEE488 automatisiert.

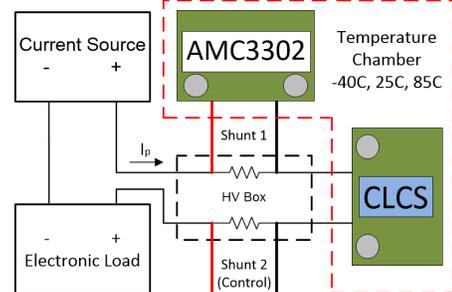
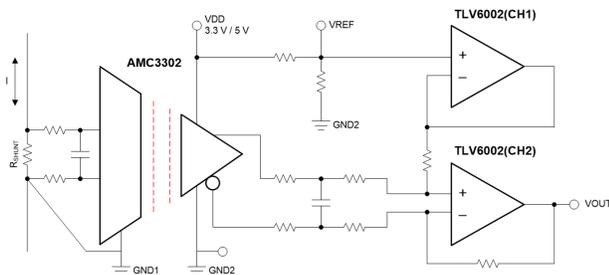


Abbildung 3. AMC3302 Blockschaubild der Schaltung- und CLCS-Test-Einrichtung

Bitte beachten Sie, dass der für die AMC3302-Schaltkreismessung verwendete 500  $\mu\Omega$  Shunt 1 und der für die Kontrollmessung verwendete 500  $\mu\Omega$  Shunt 2 keinen Änderungen der

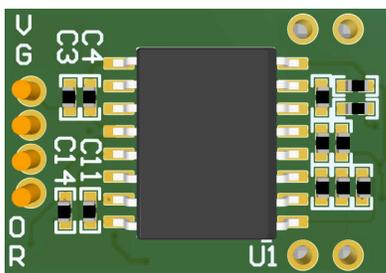
Umgebungstemperatur unterzogen wurden, weshalb der Shunt-Temperaturdrift-Fehler nicht in dieser Analyse berücksichtigt wird. Beide Shunts sind für eine Toleranz von  $\pm 0,25\%$ , einen Temperaturkoeffizienten von  $\pm 15\text{ ppm}/^\circ\text{C}$  und eine Verlustleistung von 20 W ausgelegt.

Der nachstehende Schaltplan zeigt die **AMC3302** - und **TLV6002**- Schaltung, die für den Genauigkeitsvergleich verwendet werden. Kanal 1 des TLV6002 wurde verwendet, um eine über einen Widerstandsteiler erzeugte Referenzspannung zu puffern, während der Differenziausgang des AMC3302 über Kanal 2 von differenziell auf unsymmetrisch umgewandelt wurde. Somit hat der AMC3302-Schaltkreis eine identische Schnittstelle wie der CLCS; VDD, GND, VREF und VOUT.



**Abbildung 4. AMC3302 Schaltplan**

Unten sehen Sie die AMC3302-Leiterplatte (PCB). Die Leiterplatte wurde so konzipiert, dass die AMC3302-Schaltung auf dieselbe x-/y-Fläche wie der CLCS passt, 13,4 mm x 21,9 mm. Die AMC3302-Platine ist in Bezug auf die Höhe viel kleiner; 2,6 mm im Vergleich zu 16 mm beim CLCS, eine Reduzierung der Höhe um 84 %.

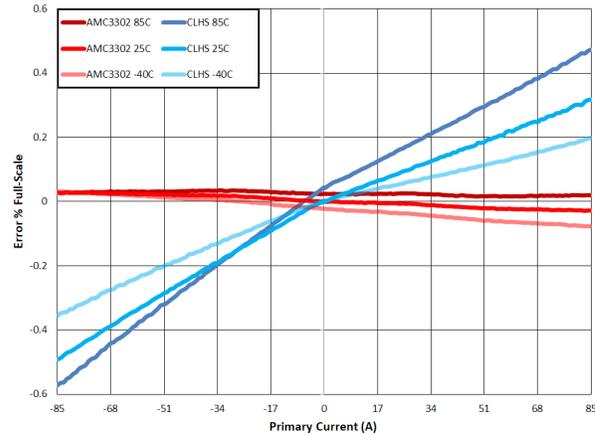


**Abbildung 5. AMC3302 Leiterplatte**

### Genauigkeitsvergleich

Abbildung 6 zeigt die Genauigkeitsergebnisse für die  $\pm 85\text{ A}$ -Primärstromabtastung über die Temperatur in Bezug auf Fehler als Prozentsatz des Vollausschlags nach einer  $25^\circ\text{C}$ -Offset-Kalibrierung. Die Ergebnisse der AMC3302-Schaltung werden in Rottönen und der CLCS in Blau angezeigt. Die AMC3302-Schaltung arbeitet sehr genau über den gesamten Strom- und

Temperaturbereich ohne Verstärkungskalibrierung, besser als 0,1 %. Der CLCS weist im Vergleich zur AMC3302-Schaltung eine schlechtere Verstärkungsfehler-Drift und Linearitätsleistung auf, was zu einem Gesamtfehler von mehr als 0,5 % führt. Die AMC3302-Schaltung bietet eine Genauigkeitsverbesserung von mehr als 5x im Vergleich zum CLCS über den gesamten Strom- und Temperaturbereich.



**Abbildung 6. Genauigkeitsvergleich für AMC3302-Schaltungen und Stromsensoren im geschlossenen Regelkreis nach Offset-Kalibrierung**

Unten ist eine Vergleichstabelle der absoluten maximalen Fehler dargestellt.

Temperatur	40 °C	25 °C	85 °C
AMC3302 Schaltkreis	-0,077 %	-0,029 %	0,035 %
CLCS	-0,356 %	-0,492 %	-0,573 %

### Fazit

Die nachstehende Tabelle fasst den Vergleich der AMC3302-Schaltung und des CLCS zusammen. Bei Systemen, die eine branchenführende Genauigkeit erfordern, bietet die AMC3302-Schaltung einen klaren Vorteil im Vergleich zum CLCS. Die Größe der AMC3302-Schaltung, die für diesen Vergleich verwendet wird, ist gleich groß in Bezug auf x- und y-Abmessungen, und zeigt einen klaren Vorteil in Bezug auf die Höhe, z. Der AMC3302-Schaltkreis bietet außerdem Immunität gegen magnetische Störungen und Skalierbarkeit.

	AMC3302 Schaltkreis	CLCS
Genauigkeit	++	+
Größe	+	-

	<b>AMC3302 Schaltkreis</b>	<b>CLCS</b>
Magnetische Immunität	++	--
Skalierbarkeit	++	-
Einfaches Design	+	++

## WICHTIGER HINWEIS UND HAFTUNGSAUSSCHLUSS

TI STELLT TECHNISCHE UND ZUVERLÄSSIGKEITSDATEN (EINSCHLIESSLICH DATENBLÄTTER), DESIGNRESSOURCEN (EINSCHLIESSLICH REFERENZDESIGNS), ANWENDUNGS- ODER ANDERE DESIGNBERATUNG, WEB-TOOLS, SICHERHEITSMITTELSYSTEME 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-, regulatorischen und sonstigen Vorgaben 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 () oder anderen geltenden Bedingungen bereitgestellt, die entweder auf [ti.com](https://www.ti.com) verfügbar sind oder in Verbindung mit diesen 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.

Postanschrift: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2020 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 © 2024, Texas Instruments Incorporated