

Isolierte Strommessschaltung mit ± 50 mV-Eingang und unsymmetrischem Ausgang



Data Converters

Samiha Sharif

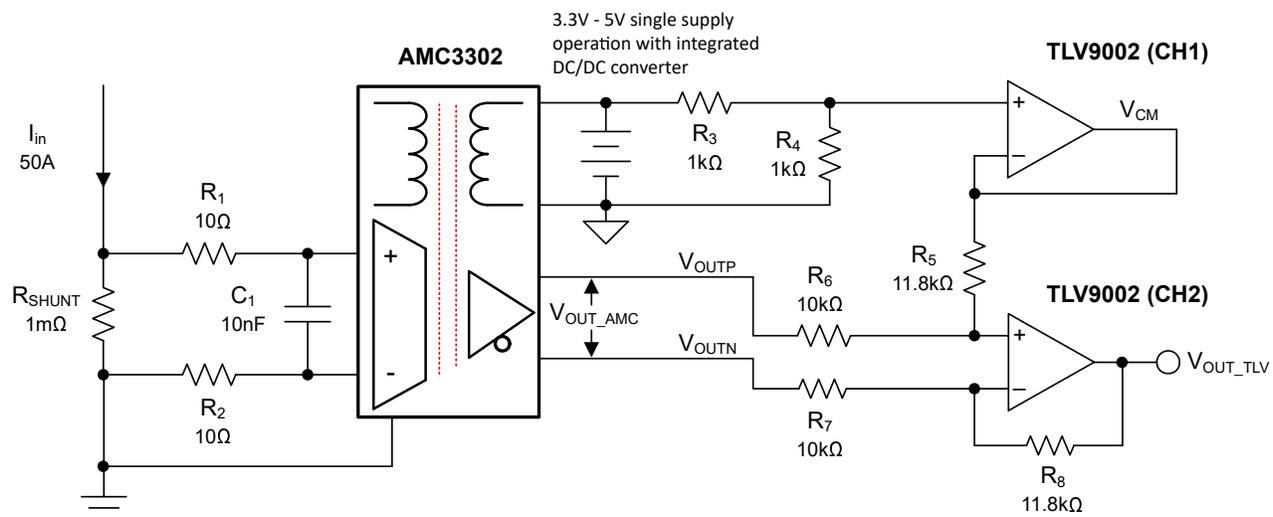
Designziele

Stromquelle		Eingangsspannung		Ausgangsspannung	Einzelne Stromversorgung
$I_{IN\ MIN}$	$I_{IN\ MAX}$	$V_{IN\ DIFF,\ MIN}$	$V_{IN\ DIFF,\ MAX}$	$V_{OUT\ SE}$	V_{DD}
-50A	50A	-50mV	50mV	55mV bis 4,945V	5V

Designbeschreibung

Dieser isolierte bidirektionale Strommessschaltkreis mit einzelner Stromversorgung kann Lastströme von -50 A bis 50 A genau messen. Der lineare Bereich des Eingangs beträgt -50 mV bis 50 mV mit einem differentiellen Ausgangsspannungshub von $-2,05$ V bis $2,05$ V und einer Gleichtaktspannung am Ausgang (V_{CM}) von $1,44$ V. Die Verstärkung des isolierten Verstärkerschaltkreises ist auf 41 V/V festgelegt. Eine Sekundärverstärkerstufe mit TLV9002 wandelt die differentielle Ausgangsspannung in eine einseitig geerdete Ausgangsspannung von 55 mV bis $4,945$ V um. Die gesamte Signalkette arbeitet auf einer einzigen $5,0$ V-Schiene.

Dieser Schaltkreis eignet sich für viele industrielle Hochspannungsanwendungen wie [Solarwechselrichter](#), [Motorantriebe](#) und [Schutzrelais](#). Die Gleichungen und Erklärungen zur Komponentenauswahl in diesem Design können auf der Grundlage der Anforderungen und Systemspezifikationen des Endgerätes angepasst werden.



Designhinweise

1. Der AMC3302 wurde aufgrund seiner Genauigkeit, des Eingangsspannungsbereichs und der Anforderungen an die einzelne Low-Side-Stromversorgung des Bausteins ausgewählt.
2. Der TLV9002 wurde aufgrund seiner niedrigen Kosten, geringen Offset, kleinen Größe und zwei Kanäle ausgewählt.
3. Wählen Sie eine rauscharme Quelle mit niedriger Impedanz für AVDD, die den TLV9002 und AMC3302 versorgt sowie die Gleichtaktspannung für den unsymmetrischen Ausgang bereitstellt.
4. Für höchste Genauigkeit verwenden Sie einen Präzisions-Shunt-Widerstand mit niedrigem Temperaturkoeffizienten.
5. Wählen Sie den Strom-Shunt für den erwarteten Spitzenstrom am Eingang.
6. Für einen kontinuierlichen Betrieb sollten die Shunt-Widerstände unter normalen Bedingungen gemäß IEEE-Standards nicht mit mehr als zwei Dritteln des Nennstroms betrieben werden. Für Anwendungen mit strengen Verlustleistungsanforderungen kann eine weitere Reduzierung des Shunt-Widerstands oder eine Erhöhung der Nennleistung erforderlich sein.
7. Verwenden Sie die richtigen Widerstandsteilerwerte, um die Gleichtaktspannung entsprechend einzustellen.
8. Wählen Sie die richtigen Werte für die Verstärkungseinstellwiderstände auf Kanal 2 von TLV9002, damit der unsymmetrische Ausgang über einen geeigneten Ausgangsspannungshub verfügt.

Designschritte

1. Bestimmen Sie die Übertragungsgleichung anhand des Eingangsstrombereichs und der festen Verstärkung des Isolationsverstärkers.

$$V_{OUT} = I_{in} \times R_{shunt} \times 41$$

2. Bestimmen Sie den maximalen Shunt-Widerstandswert.

$$R_{shunt} = \frac{V_{inMax}}{I_{inMax}} = \frac{50 \text{ mV}}{50 \text{ A}} = 1 \text{ m}\Omega$$

3. Bestimmen Sie die minimale Verlustleistung des Shunt-Widerstands.

$$Power_{Rshunt} = I_{inMax}^2 \times R_{shunt} = 2500 \text{ A} \times 0.001 \Omega = 2.5 \text{ W}$$

4. Zur Anbindung an einen 5 V-ADC können der AMC3302 und der TLV9002 beide mit 5 V betrieben werden, sodass eine einzelne Stromversorgung verwendet werden kann.
5. Kanal 1 von TLV9002 wird zur Einstellung der 2,5 V-Gleichtaktspannung des unsymmetrischen Ausgangs von Kanal 2 verwendet. Bei einer 5 V-Versorgung kann ein einfacher Widerstandsteiler verwendet werden, um 5 V auf 2,5 V zu teilen. Mit 1 k Ω für R₄ kann R₃ mit der folgenden Gleichung berechnet werden.

$$R_3 = \frac{V_{DD} \times R_4}{V_{CM}} - R_4 = \frac{5 \text{ V} \times 1000 \Omega}{2.5 \text{ V}} - 1000 \Omega = 1000 \Omega$$

6. Der TLV9002 ist ein Rail-to-Rail-Operationsverstärker. Der Ausgang des TLV9002 kann jedoch maximal 55 mV von seinen Versorgungsschienen schwingen. Aus diesem Grund sollte der unsymmetrische Ausgang von 55 mV auf 4,945 V (4,89 Vpk zu Spitze) schwingen.
7. Die Ausgänge V_{OUTP} und V_{OUTN} des AMC3302 sind 2,05 Vpk-Spitze, 180 Grad phasenverschoben und haben eine Gleichtaktspannung von 1,44 V. Deshalb beträgt der Differenzausgang $\pm 2,05 \text{ V}$ oder 4,1 Vpk-Spitze. Damit die Ausgangsbeschränkungen von TLV9002 nicht versteinert werden, muss der Ausgang von AMC3302 um den Faktor 4,89 / 4,1 verstärkt werden. Wenn R₆ = R₇ und R₅ = R₈ ist, kann die folgende Übertragungsfunktion zur Berechnung von R₅ und R₈ verwendet werden.

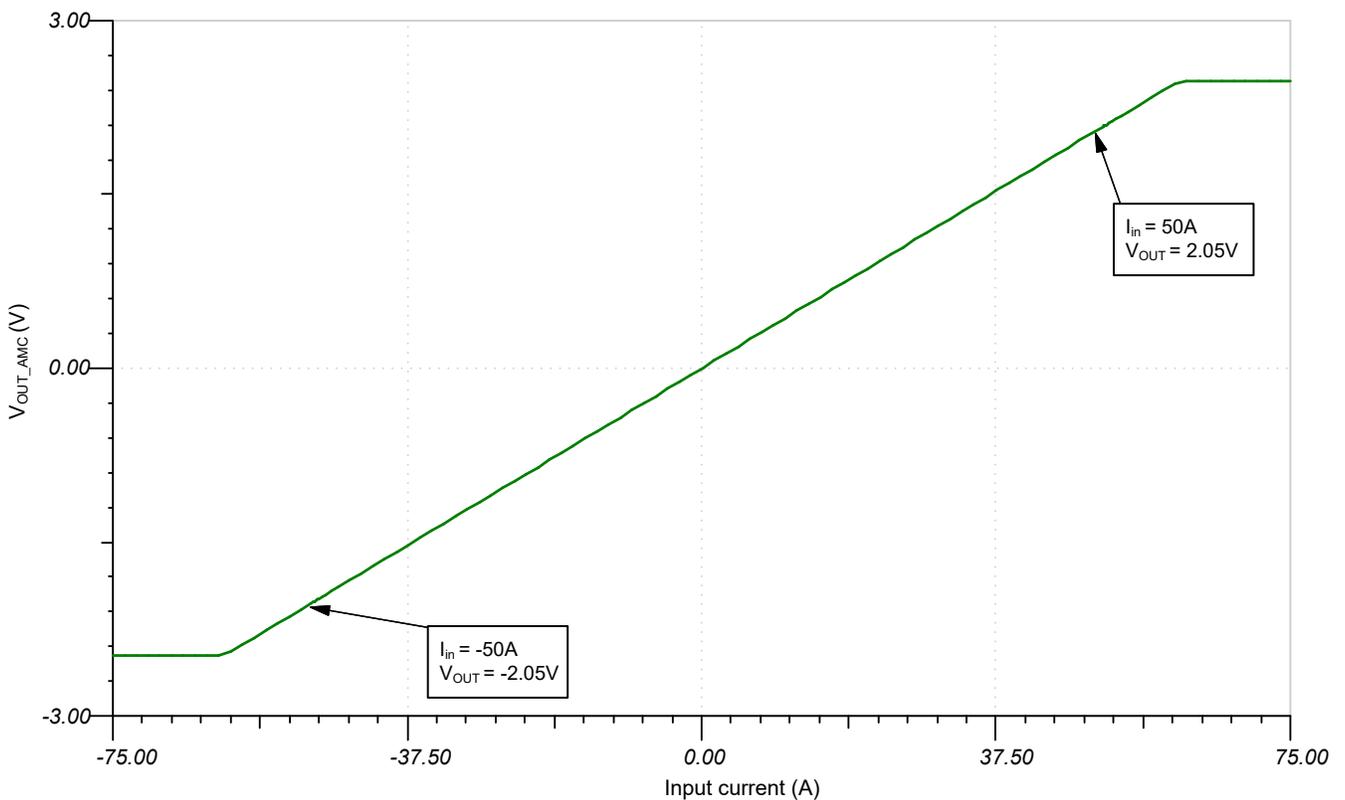
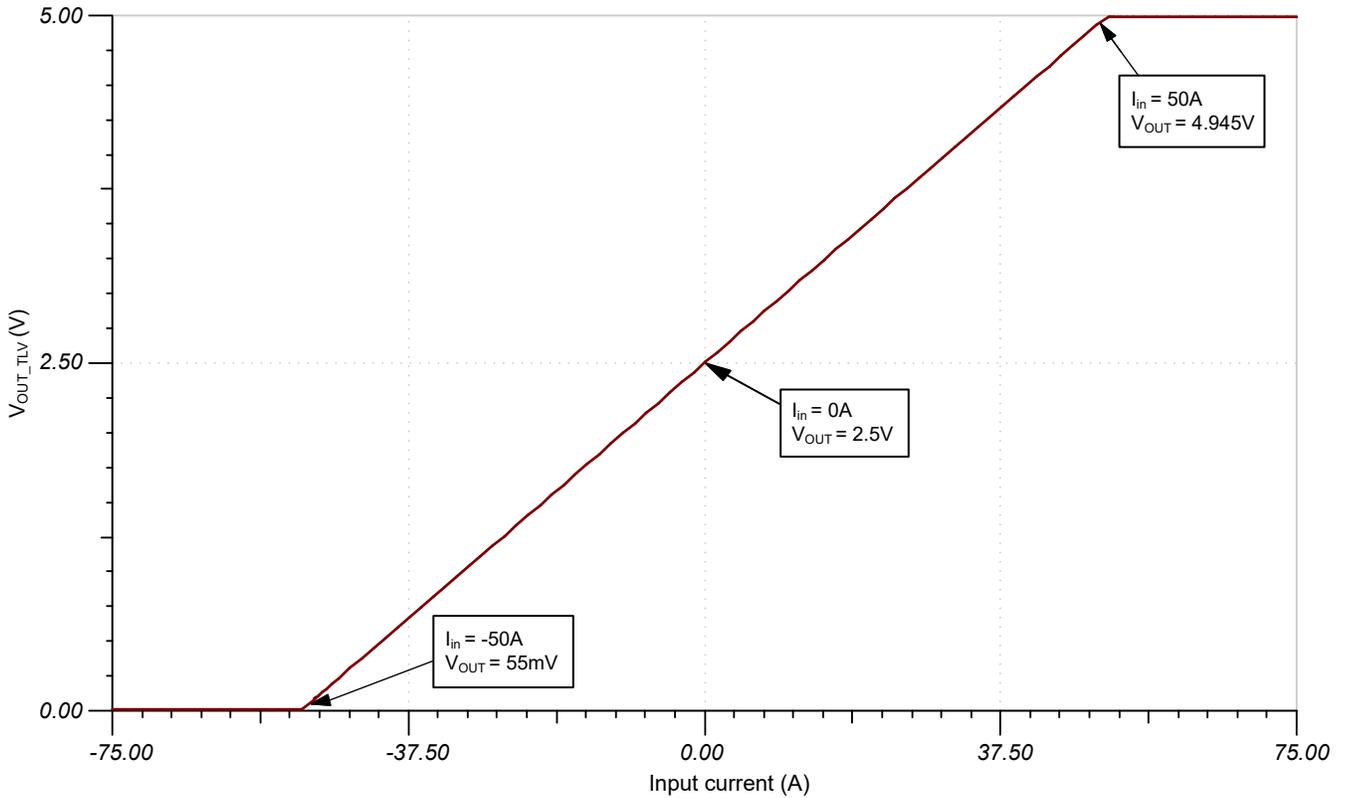
$$V_{OUT} = (V_{OUTP} - V_{OUTN}) \times \left(\frac{R_{5,8}}{R_{6,7}} \right) + V_{CM}$$

8. Unter Verwendung des zuvor berechneten Ausgangsspannungshubs des TLV9002 und wenn R₆ und R₇ auf 10 k Ω gesetzt werden, können R₅ und R₈ mit der folgenden Gleichung auf 11,93 k Ω berechnet werden. Um die Standardwiderstandswerte zu berücksichtigen, verwenden Sie stattdessen 11,8 k Ω -Widerstände.

$$4.945 = (2.465 \text{ V} - 415 \text{ mV}) \times \left(\frac{R_{5,8}}{10 \text{ k}\Omega} \right) + 2.5$$

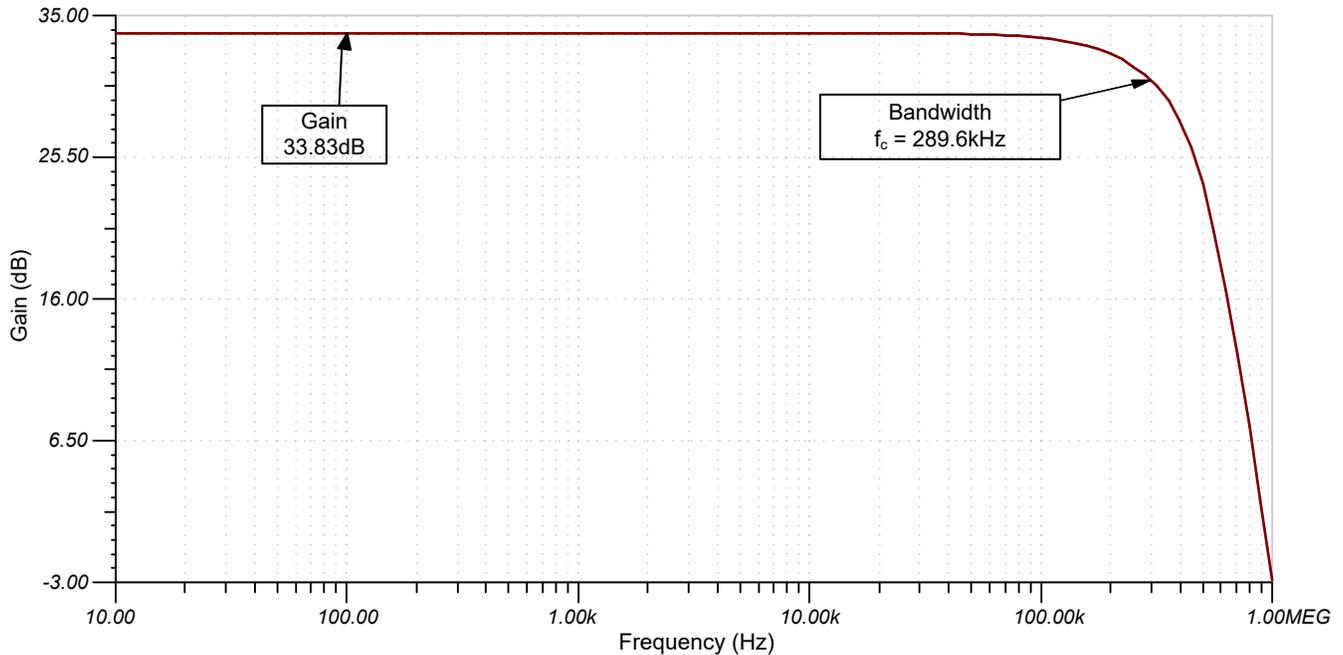
Gleichstromübertragungskennlinie

Die folgenden Diagramme zeigen die simulierten DC-Eigenschaften des unsymmetrischen Ausgangs des Verstärkers TLV9002 und des Differenzausgangs AMC3302. Beide Diagramme zeigen, dass die Ausgänge bei ± 50 A linear sind.



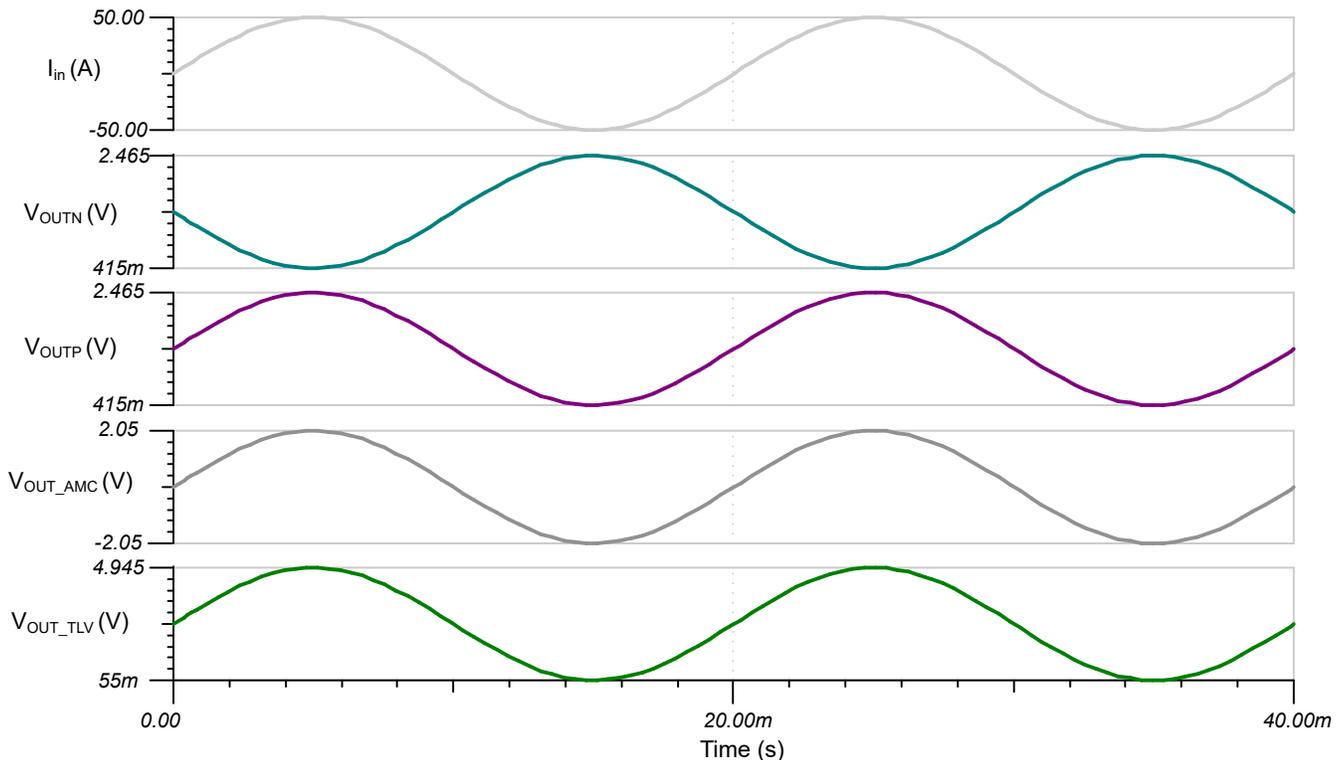
Ergebnisse der AC-Simulation im geschlossenen Regelkreis

Die folgende AC-Abtastung zeigt die Wechselstromübertragungskennlinie des unsymmetrischen Ausgangs. Da der AMC3302 eine Verstärkung von 41 V/V aufweist und eine Verstärkung von 1,2 V/V mit der Umwandlung von differenziell in unsymmetrisch erfolgt, ist die im Folgenden dargestellte Verstärkung von 33,83 dB zu erwarten.



Ergebnisse der Transienten Simulation

Die folgende Transientensimulation zeigt die Ausgangssignale des AMC3302 und TLV9002 von -50 A bis 50 A . Der Differenzausgang des AMC3302 beträgt wie erwartet $\pm 2,05 \text{ Vpk}$ -Spitze und der unsymmetrische Ausgang beträgt $4,89 \text{ Vpk}$ -Spitze und schwingt von 55 mV bis $4,945 \text{ V}$.



Designreferenzen

Eine umfassende Schaltkreisbibliothek von TI finden Sie in [Analog Engineer's Circuit Cookbooks](#).

Anwendungshinweis von Texas Instruments: [Anbindung eines \(isolierten\) Verstärkers mit Differenzausgang an einen A/D-Wandler mit unsymmetrischem Eingang](#).

Design empfohlener isolierter Verstärker

AMC3302	
Arbeitsspannung	1200 V _{RMS}
Verstärkung	41 V/V
Bandbreite	TYP mit 340 kHz
Linearer Eingangsspannungsbereich	±50 mV
AMC3302	

Design von Differenzial- zu unsymmetrischen Verstärkern

TLV9002	
V _{CC}	1,8 V bis 5,5 V
V _{inCM} , V _{out}	Rail-to-Rail
V _{OS}	≤400 μV
I _Q	60 μA
UGBW	1 MHz
SR	2 V/μs
TLV9002	

Design eines alternativen Isolierverstärkers

AMC3301	
Arbeitsspannung	1200 V _{RMS}
Verstärkung	8,2 V/V
Bandbreite	TYP mit 334 kHz
Linearer Eingangsspannungsbereich	±250 mV
AMC3301	

Design eines alternativen Differenzial- zu unsymmetrischem Verstärker

TLV6002	
V _{CC}	1,8 V bis 5,5 V
V _{inCM} , V _{out}	Rail-to-Rail
V _{OS}	≤750 μV
I _Q	75 μA
UGBW	1 MHz
SR	0,5 V/μs
TLV6002	

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](#) 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.

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

Postanschrift: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2022 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