

Isolierte Strommessschaltung mit ± 250 mV Eingangsbereich und unsymmetrischer Ausgangsspannung



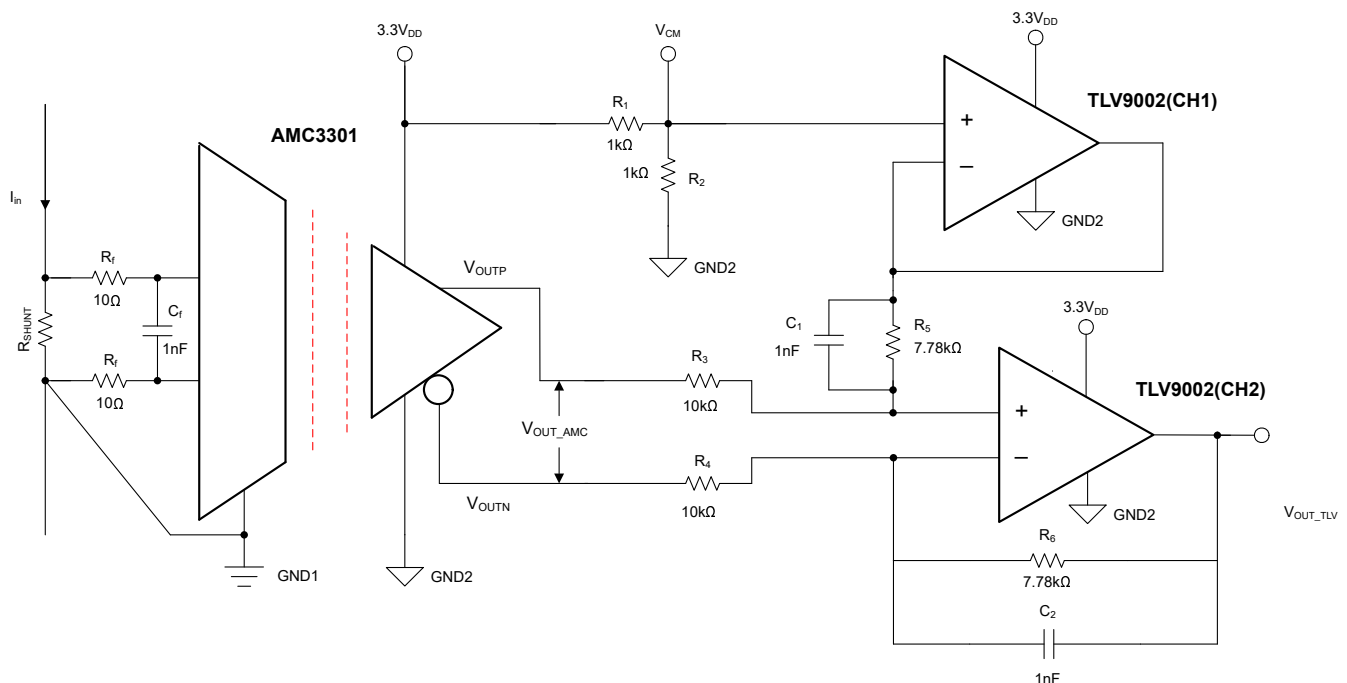
Data Converters

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}
-10 A	10 A	-250 mV	250 mV	55 mV bis 3,245 V	3,3 V

Designbeschreibung

Diese isolierte Strommessschaltung kann Lastströme von -10 A bis 10 A exakt messen, ohne darauf beschränkt zu sein – mit einer Nennverlustleistung von $2,5$ W über einen 25 m Ω -Shunt-Widerstand. Der lineare Bereich des isolierten Verstärkereingangs beträgt -250 mV bis 250 mV mit einem differentiellen Ausgangsspannungshub von $-2,05$ V bis $2,05$ V und einer Gleichtaktspannung (V_{CM}) von $1,44$ V. Die Verstärkung des isolierten Verstärkerschaltkreises ist auf $8,2$ V/V festgelegt. Ein TLV9002 wird verwendet, um das differentielle Ausgangssignal in ein unsymmetrisches Signal umzuwandeln, das mit einem unsymmetrischen A/D-Wandler wie dem ADS8326 verwendet werden kann sowie die V_{CM} -Pufferung, die von einem Spannungsteiler abgeleitet wird. Der endgültige Ausgangsspannungsbereich und der Gleichtaktpegel werden mit einer $1,65$ V-Referenzspannung festgelegt.



Designhinweise

1. Der AMC3301 wurde aufgrund seiner Genauigkeit, des Eingangsspannungsbereichs und der Anforderungen an die einzelne Low-Side-Stromversorgung des Bausteins ausgewählt.
2. Der TLV9002 wurde aufgrund seines kostengünstigen, geringen Offsetdrucks, seiner kompakten Größe und seines Zweikanalgehäuses ausgewählt.
3. Wählen Sie eine rauscharme Quelle mit niedriger Impedanz für AVDD, die den TLV9002 und AMC3301 versorgt sowie die Gleichtaktspannung für den unsymmetrischen Ausgang bereitstellt.
4. Für höchste Genauigkeit verwenden Sie einen Präzisions-Shunt-Widerstand mit einem niedrigen Temperaturkoeffizienten.
5. Wählen Sie den Strom-Shunt für den erwarteten Spitzenstrom am Eingang.
6. Für einen kontinuierlichen Betrieb wird empfohlen, dass die Shunt-Widerstände gemäß IEEE-Standards unter normalen Bedingungen 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 auf Kanal 1 von TLV9002 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.

$$V_{OUT} = I_{in} \times R_{shunt} \times 8.2$$

2. Bestimmen Sie den maximalen Shunt-Widerstandswert.

$$R_{SHUNT} = \frac{V_{inMax}}{I_{inMax}} = \frac{250mV}{10A} = 25m\Omega$$

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

$$Power_{R_{SHUNT}} = I_{inMax}^2 \times R_{SHUNT} = 100A \times .025\Omega = 2.5W$$

4. Zur Anbindung an einen 3,3 V-A/D-Wandler können der AMC3301 und der TLV9002 beide mit 3,3 V-Versorgungsspannungen betrieben werden, sodass eine einzelne Stromversorgung verwendet werden kann.
5. Kanal 1 von TLV9002 wird verwendet, um die 1,65 V-Gleichtaktspannung des unsymmetrischen Ausgangs von Kanal 2 einzustellen. Mit einer 3,3 V-Stromversorgung kann ein einfacher Widerstandsteiler verwendet werden, um 3,3 V auf 1,65 V zu teilen. Unter Verwendung von 1 k Ω für R2 kann R1 mit der folgenden Gleichung berechnet werden.

$$R_1 = \frac{V_{DD} \times R_2}{V_{CM}} - R_2 = \frac{5V \times 1000\Omega}{2.5V} - 1000\Omega = 1000\Omega$$

6. Der TLV9002 ist ein Rail-to-Rail-Operationsverstärker. Der Ausgang des TLV9002 kann jedoch maximal 55 mV von seinen Versorgungsschienen schwingen. Um diese Anforderung zu erfüllen, sollte der unsymmetrische Ausgang des TLV9002 von 55 mV auf 3,245 V (3,19 Vpk-PK) schwingen.
7. Die Ausgänge V_{OUTP} und V_{OUTN} des AMC3301 sind 2,05 Vpk-pk, 180 Grad phasenverschoben und weisen eine Gleichtaktspannung von 1,44 V auf. Daher beträgt der Differenzausgang $\pm 2,05$ V oder 4,1 Vpk-pk.

Damit die Ausgangsbeschränkungen von TLV9002 nicht unterschritten werden, muss die Ausgangsspannung von AMC3301 um den Faktor 3,19/4,1 gedämpft werden. Bei $R_3 = R_4$ und $R_5 = R_6$ kann für die Berechnung von R_5 und R_6 die folgende Übertragungsfunktion für die Differenzstufe zur unsymmetrischen Stufe verwendet werden.

$$V_{OUT_TLV} = (V_{OUTP} - V_{OUTN}) \times \left(\frac{R_{5,6}}{R_{3,4}} \right) + V_{CM}$$

8. Unter Verwendung des zuvor berechneten Ausgangsspannungshubs des TLV9002 und wenn R_3 und R_4 auf $10\text{ k}\Omega$ gesetzt werden, können R_5 und R_6 mit der folgenden Gleichung auf $7,78\text{ k}\Omega$ berechnet werden.

$$3.245 = (2.465\text{V} - 415\text{mV}) \times \left(\frac{R_{5,6}}{10\text{k}\Omega} \right) + 1.65$$

Mit standardmäßigen Widerstandswerten von $0,1\%$ kann ein $7,77\text{ k}\Omega$ verwendet werden. Dadurch wird ein maximaler Ausgangsspannungshub innerhalb der Grenzen des TLV9002 erreicht.

9. Die Kondensatoren C_1 und C_2 sind parallel zu den Widerständen R_5 und R_6 angeordnet, um den Inhalt hoher Frequenzen zu begrenzen. Bei $R_5 = R_6$ und $C_1 = C_2$ kann die Grenzfrequenz mit der folgenden Gleichung berechnet werden.

$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times R_{5,6} \times C_{1,2}}$$

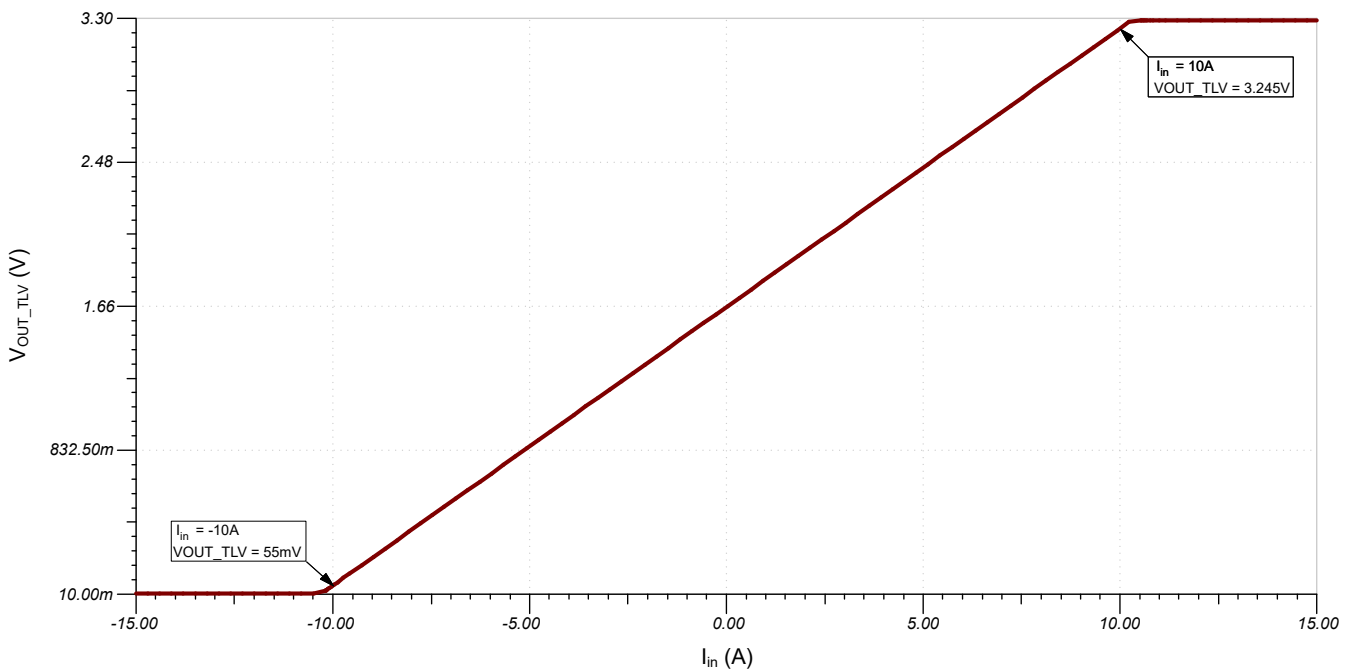
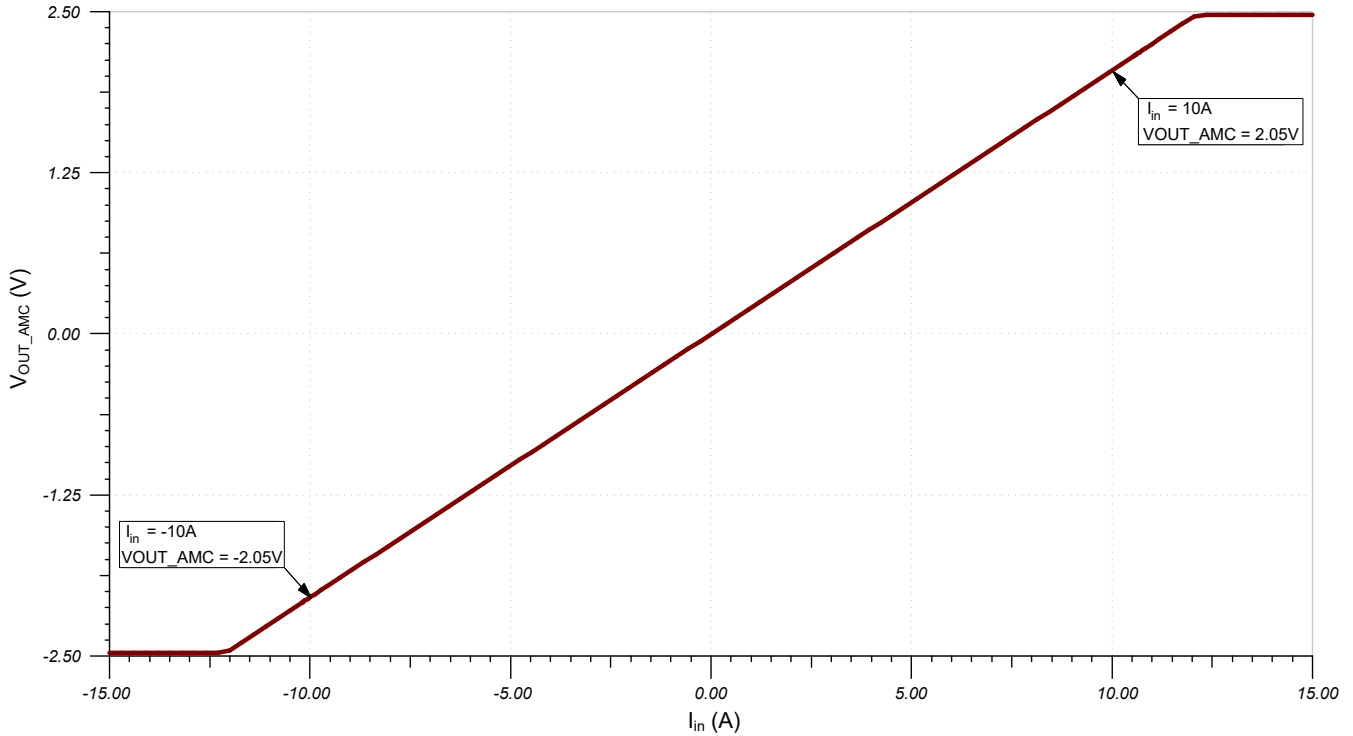
Wenn $C_1 = C_2 = 1\text{ nF}$ und $R_5 = R_6 = 7780\ \Omega$, kann die Grenzfrequenz auf $20,45\text{ kHz}$ berechnet werden.

$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times 7780\Omega \times 1\text{nF}} = 20.45\text{kHz}$$

Design-Simulationen

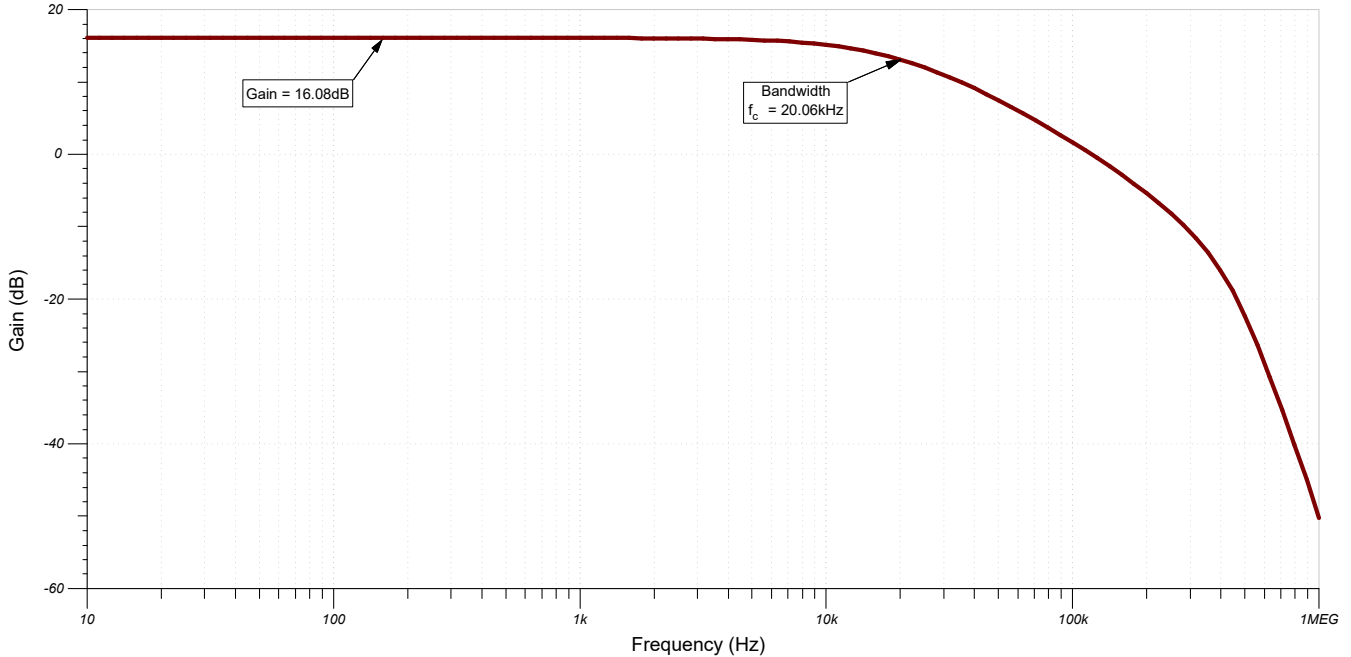
DC-Simulationsergebnisse

Die folgenden Diagramme zeigen die simulierten DC-Eigenschaften des Differenzausgangs AMC3301 und des unsymmetrischen Ausgangs des Verstärkers TLV9002. Beide Diagramme zeigen, dass die Ausgänge bei ± 10 A linear sind.



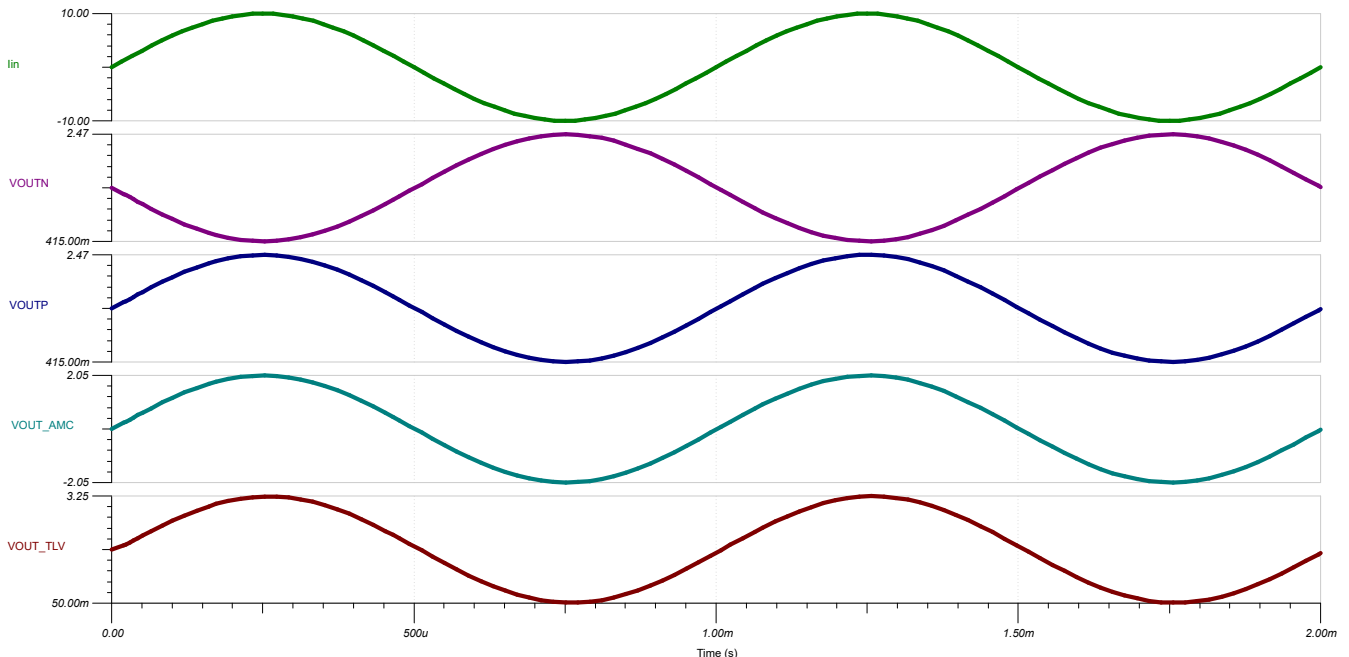
Ergebnisse der AC-Simulation im geschlossenen Regelkreis

Die folgende AC-Abtastung zeigt die Wechselstromübertragungskennlinie des unsymmetrischen Ausgangs. Die Verwendung der zuvor berechneten Grenzfrequenz, die in [der letzten Gleichung](#) dargestellt ist, zeigt, dass die Simulation der Simulation sehr nahe kommt. Da der AMC3301 eine Verstärkung von 8,2 V/V aufweist und eine Verstärkung von 0,778 V/V mit der Umwandlung von differenziell in unsymmetrisch erfolgt, ist die im Folgenden Bild dargestellte Verstärkung von 16,11 dB zu erwarten.



Ergebnisse der Transienten-Simulation

Die folgende Transientensimulation zeigt die Ausgangssignale des AMC3301 und TLV9002 von -10 A bis 10 A . Der Differenzausgang des AMC3301 beträgt wie erwartet $\pm 2,05 \text{ Vpk}$ -Spitze und der unsymmetrische Ausgang beträgt $3,19 \text{ Vpk}$ -Spitze und schwingt von 55 mV bis $3,245 \text{ V}$.



Designreferenzen

Weitere Informationen zur Umwandlung von differenziellen in unsymmetrische Ausgängen finden Sie in der umfassenden Schaltungsbibliothek von TI in [Analog Engineer's Circuit Cookbooks](#) und in der Anwendungsbeschreibung [Interfacing a Differential-Output \(Isolated\) Amp to a Single-Ended Input ADC](#).

Design empfohlener isolierter Verstärker

AMC3301	
Arbeitsspannung	1200 V _{RMS}
Verstärkung	8,2 V/V
Bandbreite	TYP mit 300 kHz
Linearer Eingangsspannungsbereich	±250 mV
AMC3301	

Design Alternativer Isolierter Verstärker

AMC3330	
Arbeitsspannung	1200 V _{RMS}
Verstärkung	2 V/V
Bandbreite	TYP mit 310 kHz
Linearer Eingangsspannungsbereich	±1000 mV
AMC3330	

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