

# 절연 증폭기와 차동 입력 SAR ADC를 지원하는 ±12V 전압 감지 회로



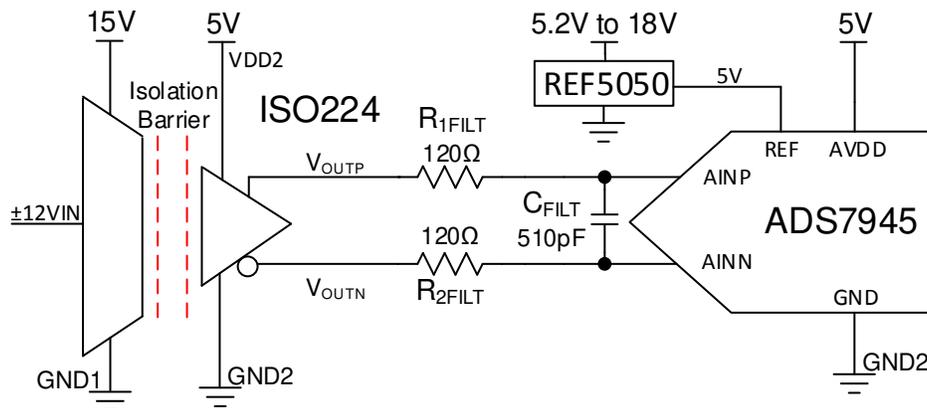
Alex Smith

ISO224 입력 전압	ISO 출력, ADC 입력( $V_{OUTP} - V_{OUTN}$ )	디지털 출력 ADS7945
+12V	+4V	1999 <sub>H</sub>
-12V	-4V	E666 <sub>H</sub>

전원 공급 장치 및 레퍼런스 전압		
VDD1	VDD2 및 AVDD	REF5050 외부 레퍼런스
15V	5V	5V

## 설계 설명

이 회로는 ISO224 절연 증폭기와 ADS745 SAR ADC를 활용하여 ±12V 절연 전압 센서 측정을 수행합니다. ISO224는 1/3V/V의 고정 게인으로 ±12V의 진정한 차동 신호를 측정하고 출력 공통 모드 전압이 VDD2 / 2인 절연 차동 출력 전압을 출력할 수 있습니다. ADS7945는 ±V<sub>REF</sub>의 풀 스케일 입력 전압과 V<sub>REF</sub> / 2 ±200mV의 공통 모드 입력 전압을 갖춘 완전 차동 입력 ADC입니다. +5V 레퍼런스를 선택하면 ADS7945가 ISO224의 풀 스케일 및 공통 모드 출력을 수용할 수 있습니다. 완전 차동 입력 ADC로 ISO224 출력을 캡처하면 단일 종단 변환보다 시스템 동적 범위가 두 배 더 높아집니다. 보호 릴레이, 채널 간 절연 ±10V 아날로그 입력 카드, 인버터 및 모터 제어와 같은 다양한 고전압 산업용 애플리케이션이 있습니다. 이 설계의 부품 선택에 대한 방정식 및 설명은 시스템 사양 및 요구 사항을 기준으로 사용자 지정할 수 있습니다.



## 사양

사양	계산	시뮬레이션
100ksps에서 안정화되는 과도 ADC 입력	305μV	11μV
조절되는 신호 범위	±4V	±4V
잡음(입력 시)	1.9mV <sub>RMS</sub>	1.73mV <sub>RMS</sub>
폐쇄형 루프 대역폭	175kHz	185kHz

## 설계 노트

1. [ADS7945](#)는 저전력 및 [ISO224](#)와 호환 아날로그 입력 구조로 인해 선택되었습니다.
2. 원하는 입력 신호 범위에 대한 시스템의 선형 작동을 확인하십시오. 이는 DC 전송 특성 섹션의 시뮬레이션을 사용하여 검증됩니다.
3.  $C_{FILT}$ 용 COG 커패시터를 선택하여 왜곡을 최소화하십시오.
4. [ADC 시스템에 대한 오프셋 및 게인 이해와 보정](#)에서는 오류 분석 방법을 다룹니다. 게인, 오프셋, 드리프트 및 잡음 오류를 최소화하는 방법에 대한 링크를 검토하십시오.
5. [TI Precision Labs - ADC](#) 교육 비디오 시리즈에서는 충전 버킷 회로  $R_{FILT}$  및  $C_{FILT}$  선택 방법을 다룹니다. 이러한 구성 요소 값은 증폭기 대역폭, 데이터 컨버터 샘플링 속도 및 데이터 컨버터 설계에 따라 달라집니다. 여기에 표시된 값은 이 예제에서 증폭기와 데이터 컨버터에 대해 우수한 안정화 및 AC 성능을 제공합니다. 설계가 수정되면 다른 RC 필터를 선택해야 합니다. 최적의 안정화 및 AC 성능을 위해 RC 필터를 선택하는 방법에 대한 설명은 [SAR ADC 프론트 엔드 구성 요소 선택 소개](#)를 참조하십시오.

## 부품 선택

1. 입력 전압 범위를 기반으로 절연 증폭기를 선택하고 출력 공통 모드 전압 및 출력 전압 범위를 결정합니다.

### ISO224:

- $\pm 12\text{-V}$  단일 종단 입력 범위
  - $\pm 1/3$ 의 고정 게인과 4V 차동 출력 산출
  - +2.5V의 출력 공통 모드 전압
  - 4.5V~18V 고압측 전원 공급 장치, 4.5V~5.5V 저압측 전원 공급 장치
  - 입력 오프셋: 25°C에서  $\pm 5\text{mV}$ , 최대  $\pm 42\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
  - 게인 오류: 25°C에서  $\pm 0.3\%$ , 최대  $\pm 50\text{ppm}/^\circ\text{C}$
  - 비선형: 최대  $\pm 0.01\%$ ,  $\pm 1\text{ppm}/^\circ\text{C}$
  - 1.25M $\Omega$ 의 고입력 임피던스
2. ISO224의 +2.5V 공통 모드 및  $\pm 4\text{V}$  차동 출력과 페어링하려면 적절한 공통 모드 및 차동 입력 범위를 갖춘 ADC를 선택하십시오.

### ADS7945:

- $\pm 5\text{V}$  최대 아날로그 입력 범위
  - $\pm$ 전압 레퍼런스로 설정된 최대 눈금 입력 범위
  - $V_{REF}/2 \pm 0.2\text{V}$ 의 입력 공통 모드 범위
  - 2.7V~5.25V 전원 공급 장치
  - 84의 높은 SNR, 2Msps에서 11.6mW의 저전력
3. ISO224의 2.5V 공통 모드 출력과 ADS7945의  $V_{REF}/2 \pm 0.2\text{V}$  공통 모드 입력 전압으로 설정된 공통 모드 제약 조건을 지원하는 전압 레퍼런스를 선택합니다. 즉, 레퍼런스 출력 전압은 5V여야 하고, 저잡음이며, 구성 가능한 입력 전압이 선호됩니다.

### REF5050:

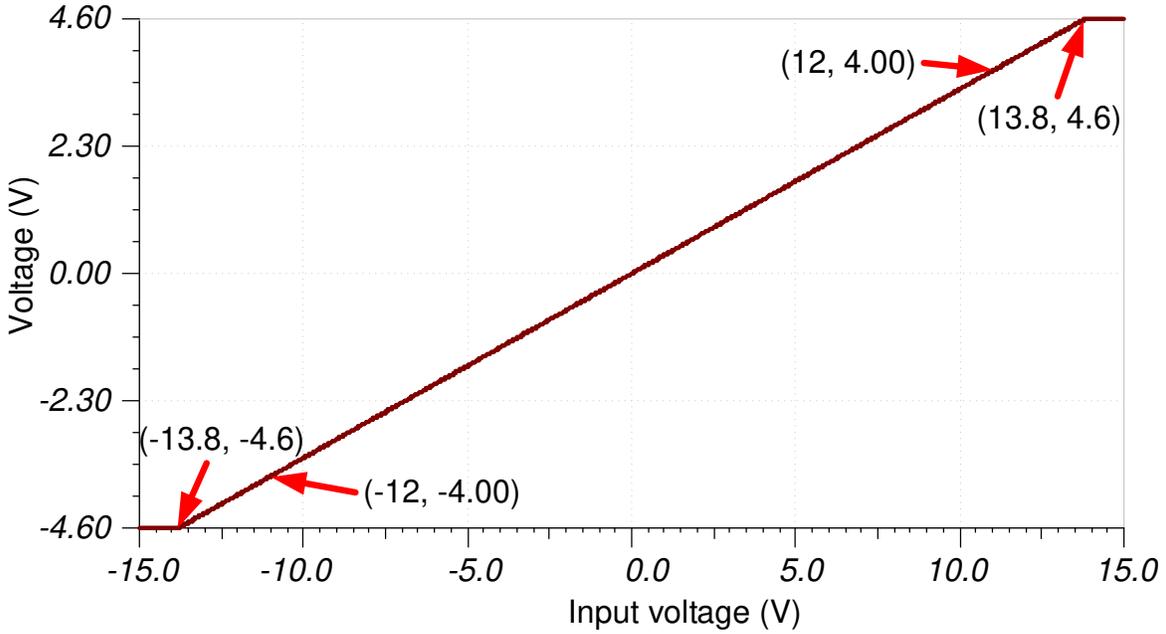
- 5-V 출력
  - 5.2V~18V 입력 전압 전원 공급 장치
  - 3 $\mu\text{VPP}/\text{V}$  잡음
4. 입력 신호 및 100ksps의 샘플링 속도를 설정하는 데 적합한  $R_{1FILT}$ ,  $R_{2FILT}$  및  $C_{FILT}$ 를 선택합니다.

$R_{FILT}$  및  $C_{FILT}$  값 구체화는  $R_{FILT}$  및  $C_{FILT}$  선택 방법을 보여주는 TI Precision Labs 동영상입니다. 120 $\Omega$  및 510pF의 최종 값은 획득 창 내에서 최하위 비트(LSB)의  $1/2$  아래에 안정화되는 것으로 입증되었습니다.

## DC 전송 특성

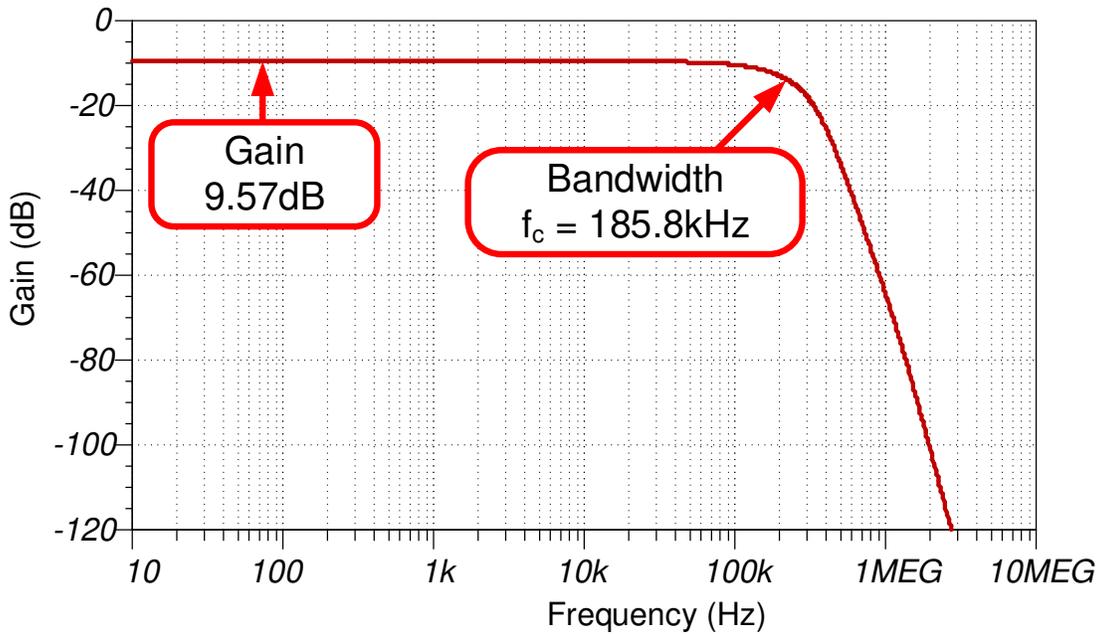
다음 그래프는  $\pm 15\text{V}$  입력의 시뮬레이션된 출력을 보여줍니다. 원하는 선형 범위는  $\pm 12\text{V}$  입력에 대한  $\pm 4\text{V}$  출력입니다. 이 시뮬레이션을 통해 선형 출력 범위가 약  $\pm 4.6\text{V}$ 로 요구 사항을 훨씬 뛰어넘는 것을 알 수 있습니다.

전송 기능은 ISO224 게인이  $1/3$ (즉, 게인  $\cdot V_{IN} = V_{OUT}$ ,  $(1/3) \cdot (12\text{V}) = 4\text{V}$ )임을 보여줍니다.



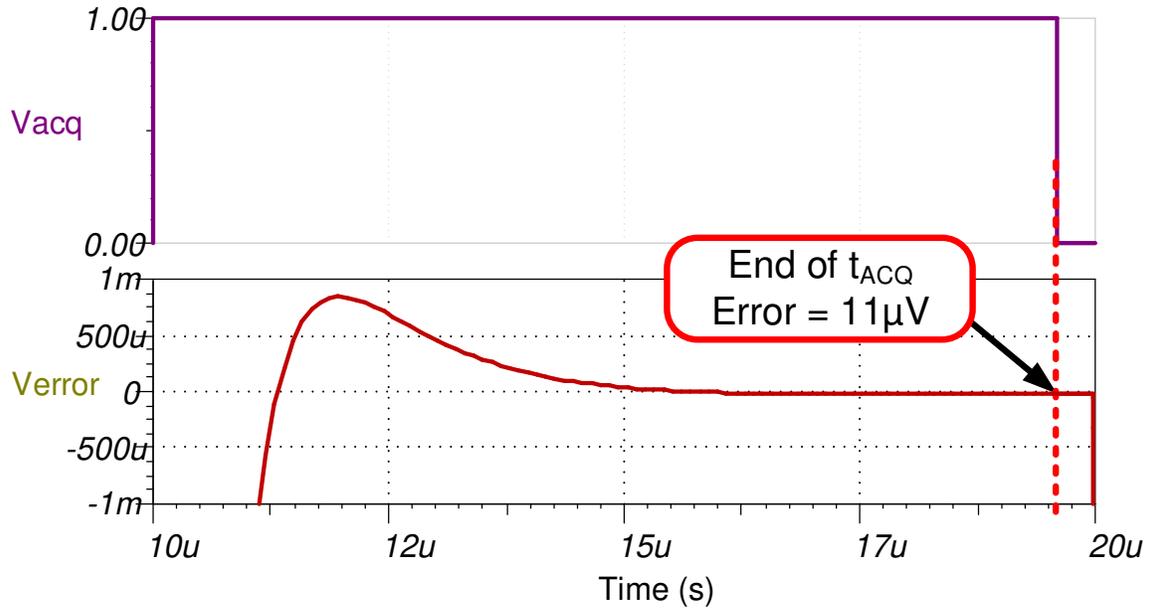
### AC 전송 특성

시뮬레이션된 대역폭은 약 186kHz이며 게인은 ISO224의 예상 게인과 대역폭과 거의 일치하는  $-9.57\text{dB}$ (또는  $0.332\text{V/V}$ )입니다( $f_c = 175\text{kHz}$ , 게인 =  $0.333\text{V/V}$  지정).



### 과도 ADC 입력 정착 시뮬레이션

다음 시뮬레이션은 수집 시간이  $9.6\mu\text{s}$ 인 과도 고정 결과를 보여줍니다.  $11\mu\text{V}$  정착 오류는  $0.5 \times \text{LSB}$  한계인  $305\mu\text{V}$  이내입니다. 이 주제에 대한 자세한 이론은 [Rfilt 및 Cfilt 값 구체화](#)를 참조하십시오.



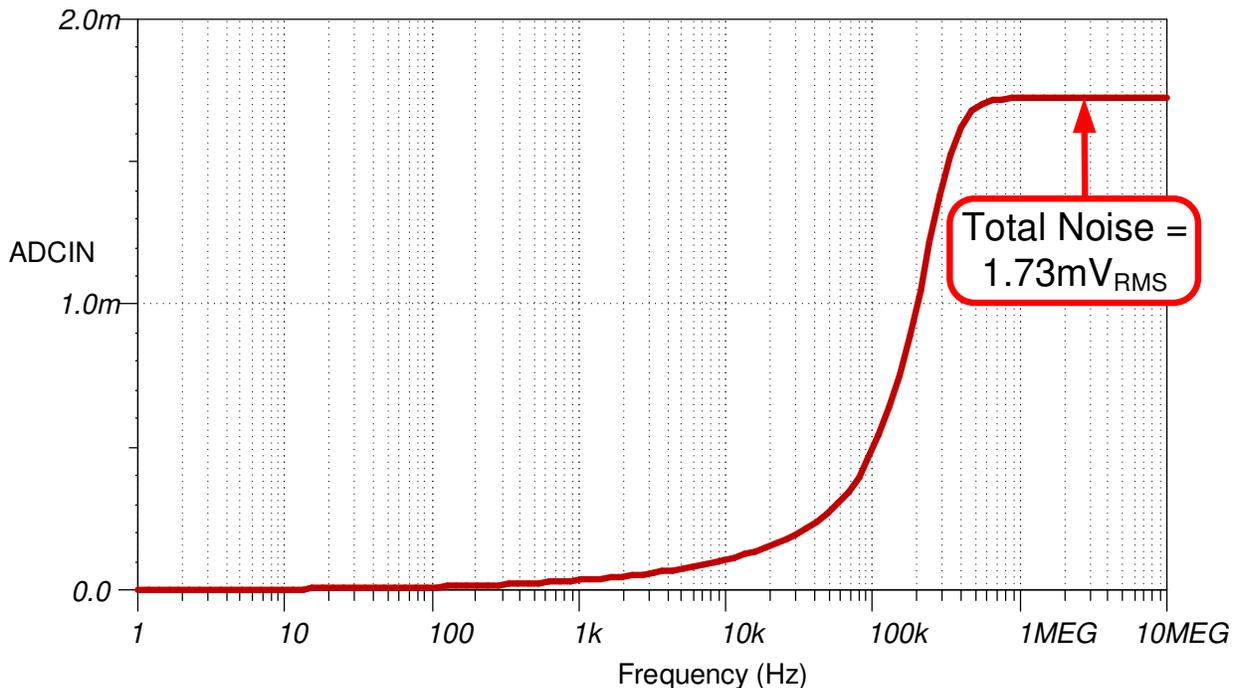
### 잡음 시뮬레이션

다음 잡음 계산은 ISO224의 잡음만 살펴봅니다. ISO224 잡음은 회로의 다른 잡음 소스보다 상당히 높기 때문에 전체 잡음을 ISO224 잡음으로 근사할 수 있습니다. B 등급에도 동일한 방법을 사용할 수 있습니다.

$$E_{nISO224A} = Gain(e_n) \sqrt{1.57 \cdot BW}$$

$$E_{nISO224A} = \frac{1}{3} (4\mu V / \sqrt{Hz}) \sqrt{1.57 \cdot 176kHz} = 0.7mV_{RMS}$$

시뮬레이션된 잡음이 예상 계산된 잡음보다 큼니다. 이 차이는 시뮬레이션 모델에서 잡음 피킹으로 인한 것입니다. 잡음 피킹은 계산에 포함되지 않습니다. 이 주제에 대한 자세한 이론은 [ADC 시스템의 총 잡음 계산](#)을 참조하십시오.



## 주요 장치 설계

장치	주요 기능	링크	유사 장치
ISO224	±12V 단일 종단 입력 범위, 1/3의 고정 게인, ±4V 차동 출력, +2.5V의 출력 공통 모드 전압, 4.5V~18V 고압측 전원 공급 장치, 4.5V~5.5V 저압측 전원 공급 장치, 입력 오프셋 산출: 25°C에서 ±5mV, 최대 ±42μV/°C, 게인 오류: 25°C에서 ±0.3%, 최대 ±50ppm/°C, 비선형성: 최대 ±0.01%, ±1ppm/°C, 1.25MΩ의 고입력 임피던스	<a href="http://www.ti.com/product/ISO224">www.ti.com/product/ISO224</a>	<a href="http://www.ti.com/isoamps">www.ti.com/isoamps</a>
ADS7945	±5V 최대 아날로그 입력 범위, ±전압 레퍼런스로 설정된 최대 눈금 입력 범위, V <sub>REF</sub> /2 ±0.2V 입력 공통 모드 범위, 2.7V~5.25V 전원 공급 장치, 84의 높은 SNR, 2Msps에서 11.6mW의 저전력	<a href="http://www.ti.com/product/ADS7945">www.ti.com/product/ADS7945</a>	<a href="http://www.ti.com/opamps">http://www.ti.com/opamps</a>
REF5050	3ppm/°C 드리프트, 0.05% 초기 정확도, 4μVpp/V 잡음	<a href="http://www.ti.com/product/REF5050">www.ti.com/product/REF5050</a>	<a href="http://www.ti.com/vref">http://www.ti.com/vref</a>

## 설계 레퍼런스

TI의 포괄적인 회로 라이브러리에 대한 [아날로그 엔지니어의 회로 안내서](#)를 참조하십시오.

## 주요 파일 링크

[절연 설계를 위한 TINA 파일을](#) 참조하십시오.

## 상표

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

## 중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [ti.com](https://ti.com)에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안할 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024, 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