

±50mV 입력 및 단일 종단 출력을 지원하는 절연 전류 감지 회로

Data Converters

Samiha Sharif

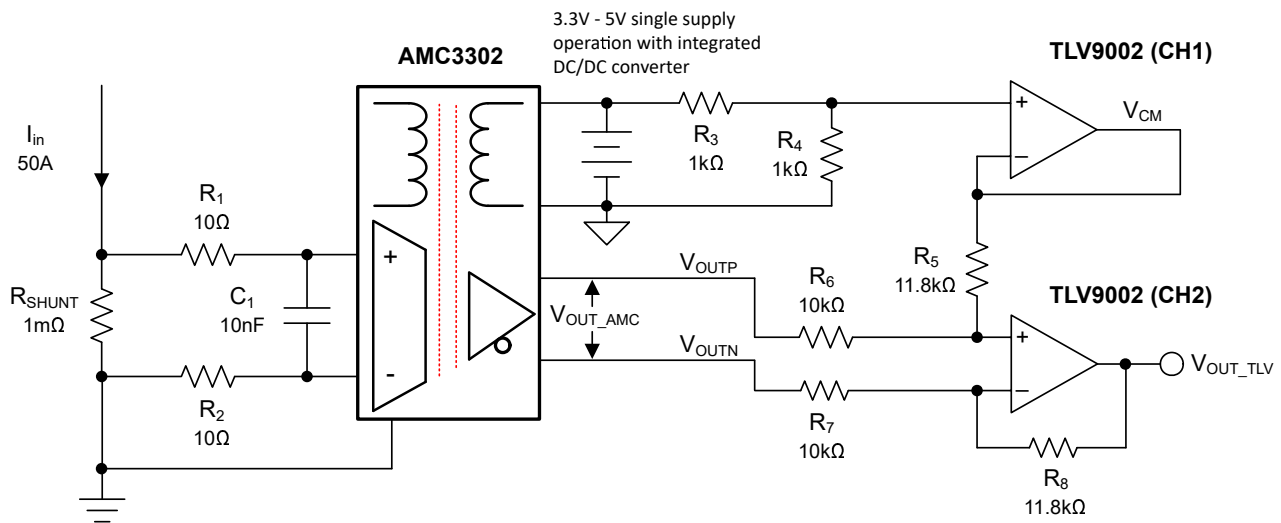
설계 목표

| 전류 소스 | | 입력 전압 | | 출력 전압 | 단일 전원 공급 장치 |
|---------------|---------------|----------------------|----------------------|---------------|-------------|
| $I_{IN\ MIN}$ | $I_{IN\ MAX}$ | $V_{IN\ DIFF,\ MIN}$ | $V_{IN\ DIFF,\ MAX}$ | $V_{OUT\ SE}$ | V_{DD} |
| -50A | 50A | -50mV | 50mV | 55mV~4.945V | 5V |

설계 설명

이 절연 단일 공급 양방향 전류 감지 회로는 -50A~50A의 부하 전류를 정확하게 측정할 수 있습니다. 입력의 선형 범위는 -2.05V~2.05V의 차동 출력 스윙과 1.44V의 출력 공통 모드 전압(V_{CM})에서 -50mV~50mV입니다. 절연 증폭기 회로의 게인은 41V/V로 고정됩니다. TLV9002를 사용하는 2차 증폭기 단계는 차동 출력 전압을 단일 종단 출력 전압으로 55mV에서 4.945V로 변환합니다. 전체 신호 체인은 단일 5.0V 레일에서 작동합니다.

이 회로는 태양광 인버터, 모터 드라이브 및 보호 릴레이와 같은 여러 고전압 산업용 애플리케이션에 적용됩니다. 이 설계의 부품 선택에 대한 방정식 및 설명은 완제품의 요구 사항 및 시스템 사양을 기준으로 사용자 지정할 수 있습니다.



설계 노트

1. AMC3302는 장치의 정확도, 입력 전압 범위, 단일 저압측 전원 요구 사항으로 인해 선택되었습니다.
2. TLV9002는 저비용, 저오프셋, 작은 크기, 듀얼 채널로 인해 선택되었습니다.
3. TLV9002 및 AMC3302에 전원을 공급하고 단일 중단 출력에 공통 모드 전압을 제공하는 AVDD용 낮은 임피던스, 저잡음 소스를 선택하십시오.
4. 가장 높은 정확도를 위해 온도 계수가 낮은 정밀 션트 저항을 사용하십시오.
5. 예상되는 피크 입력 전류 수준에 대한 전류 션트를 선택하십시오.
6. 연속 작동の場合, IEEE 표준에 따라 정상 조건에서 션트 저항을 정격 전류의 3분의 2 이상으로 작동하지 마십시오. 엄격한 전력 손실 요구 사항을 가진 애플리케이션의 경우 션트 저항을 더 줄이거나 정격 와트를 늘려야 할 수 있습니다.
7. 공통 모드 전압을 적절히 설정하려면 적절한 저항 분할기 값을 사용하십시오.
8. TLV9002의 채널 2에서 게인 설정 저항에 대한 적절한 값을 선택하여 단일 중단 출력이 적절한 출력 스윙을 갖도록 하십시오.

설계 단계

1. 절연 증폭기의 입력 전류 범위와 고정 게인을 고려하여 전송 방정식을 결정합니다.

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

2. 최대 션트 저항 값을 결정합니다.

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

3. 최소 션트 레지스터 전력 손실을 결정합니다.

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

4. 5V ADC와 인터페이스하기 위해 AMC3302 및 TLV9002는 모두 5V에서 작동할 수 있으므로 단일 공급 장치를 사용할 수 있습니다.
5. TLV9002의 채널 1은 채널 2의 단일 중단 출력의 2.5V 공통 모드 전압을 설정하는 데 사용됩니다. 5V 공급에서 간단한 저항 분할기를 사용하여 5V를 2.5V로 나눌 수 있습니다. R_4 에 1k Ω 를 사용하면 다음 방정식을 사용하여 R_3 를 계산할 수 있습니다.

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

6. TLV9002는 레일 투 레일 연산 증폭기입니다. 그러나 TLV9002의 출력은 공급 레일에서 최대 55mV를 스윙할 수 있습니다. 따라서 단일 중단 출력은 55mV에서 4.945V(4.89Vpk-pk)로 스윙해야 합니다.
7. AMC3302의 V_{outp} 및 V_{OUTN} 출력은 2.05Vpk-pk, 180도 페이즈, 공통 모드 전압 1.44V입니다. 따라서 차동 출력은 $\pm 2.05\text{ V}$ 또는 4.1Vpk-pk입니다. TLV9002의 출력 제한을 유지하려면 AMC3302의 출력을 4.89/4.1배 증폭해야 합니다. $R_6 = R_7$ 및 $R_5 = R_8$ 일 때 다음과 같은 전송 기능을 사용하여 R_5 및 R_8 을 계산할 수 있습니다.

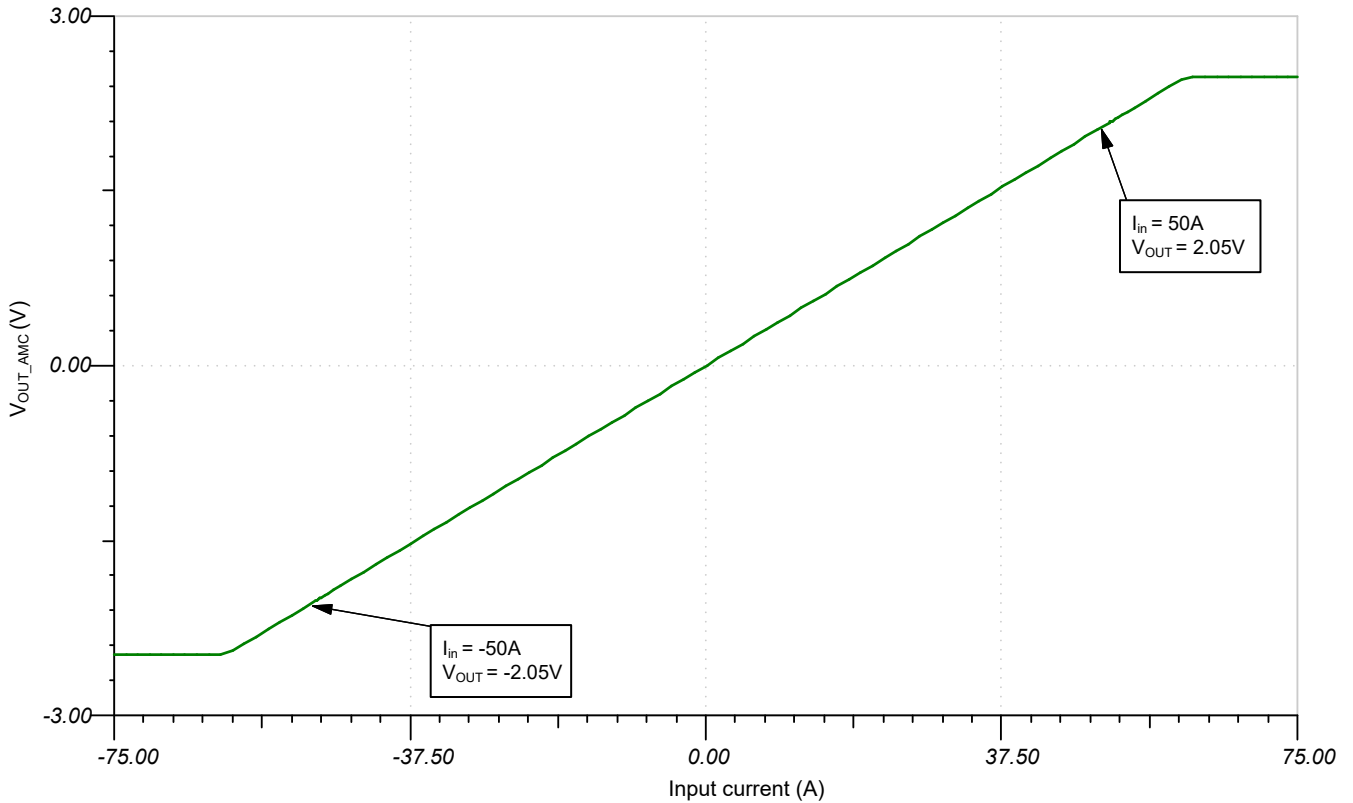
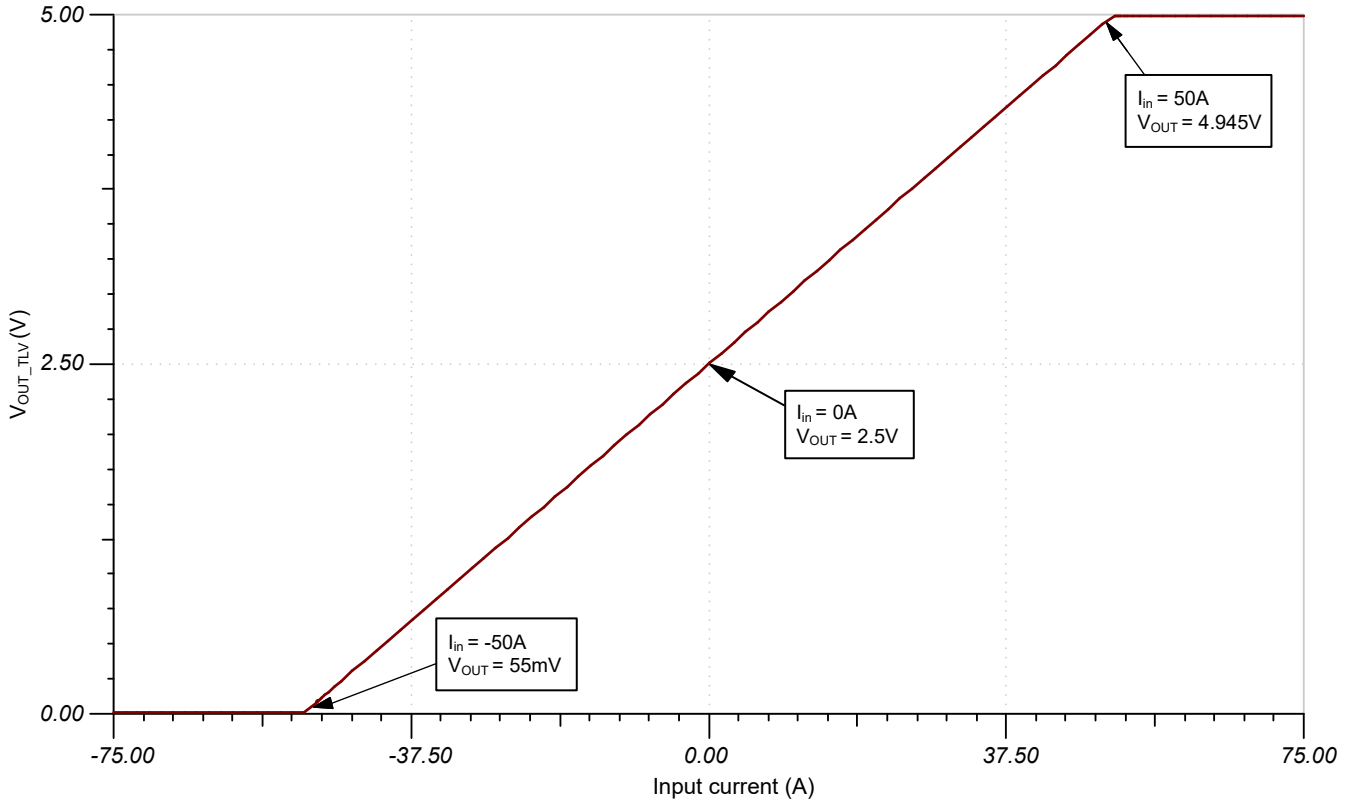
$$V_{OUT} = (V_{OUTP} - V_{OUTN}) \times \left(\frac{R_{5,8}}{R_{6,7}} \right) + V_{CM}$$

8. 이전에 계산된 TLV9002의 출력 스윙을 사용하고 R_6 및 R_7 을 10k Ω 으로 선택하면, R_5 및 R_8 은 다음 방정식을 사용하여 11.93k Ω 으로 계산할 수 있습니다. 표준 저항 값을 고려하려면 대신 11.8k Ω 저항을 사용합니다.

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

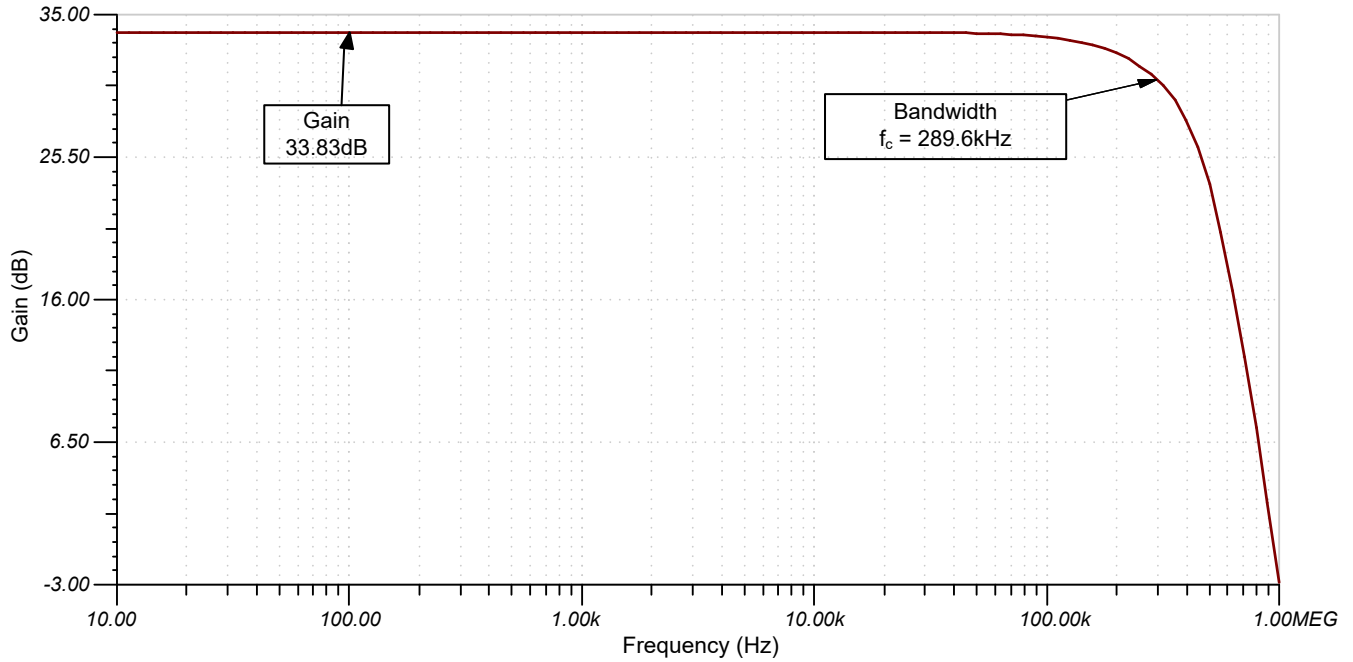
DC 전송 특성

다음 플롯은 TLV9002 증폭기와 AMC3302 차동 출력의 단일 종단 출력으로 시뮬레이션된 DC 특성을 보여줍니다. 두 플롯 모두 출력이 $\pm 50\text{A}$ 에서 선형임을 볼 수 있습니다.



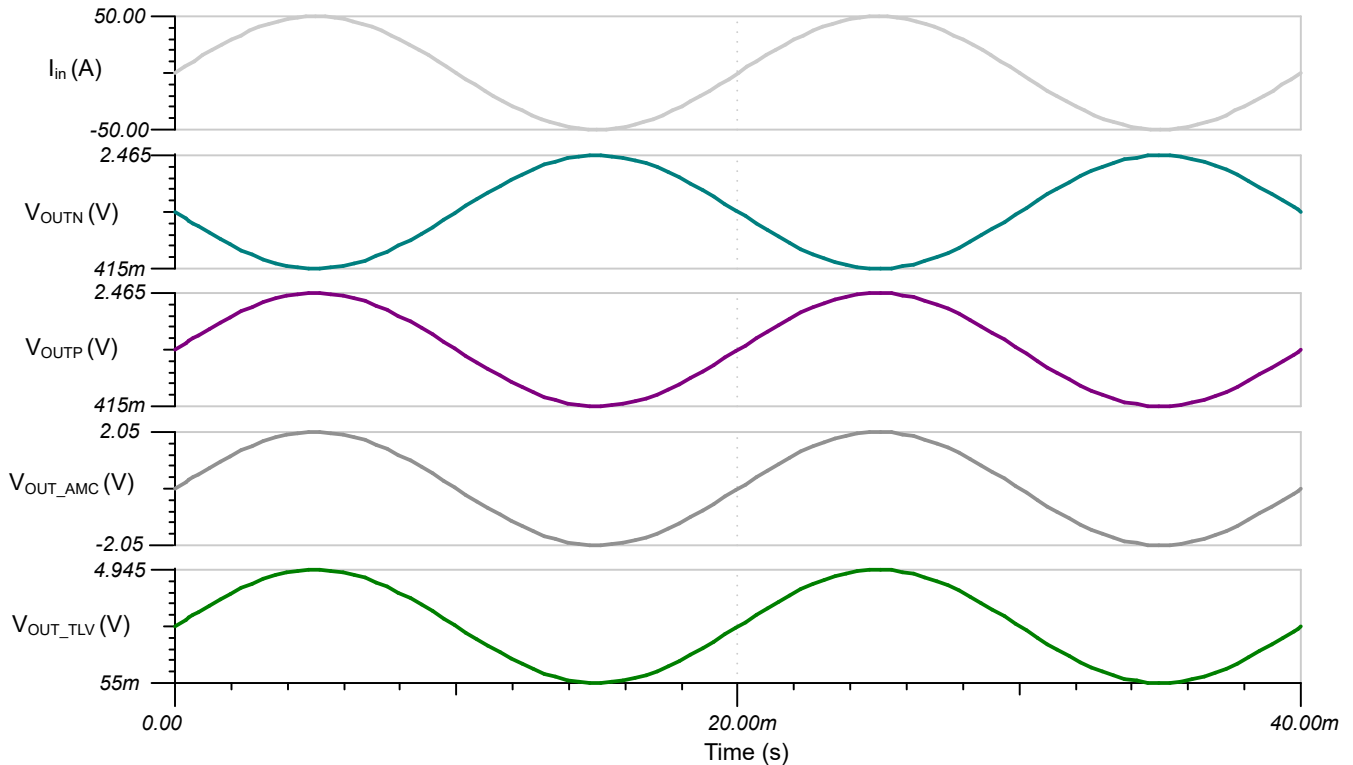
폐쇄형 루프 AC 시뮬레이션 결과

다음 AC 스위프는 단일 종단 출력의 AC 전송 특성을 보여줍니다. AMC3302의 게인은 41V/V이고 차동-단일 종단 변환에 1.2V/V 게인이 적용되며 다음 이미지에 표시된 33.83dB의 게인이 예상됩니다.



과도 시뮬레이션 결과

다음 과도 시뮬레이션은 -50A~50A에서 AMC3302 및 TLV9002 모두의 출력 신호를 보여줍니다. AMC3302의 차동 출력은 예상대로 $\pm 2.05\text{Vpk-pk}$ 이며 단일 종단 출력은 4.89Vpk-pk이고, 55mV~4.945V로 스윙합니다.



설계 레퍼런스

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

텍사스 인스트루먼트, [차동 출력\(절연\) 증폭기를 단일 종단 입력 ADC에 적용](#)하는 애플리케이션 요약.

주요 절연 증폭기 설계

| AMC3302 | |
|-------------------------|----------------------|
| 작동 전압 | 1200V _{RMS} |
| 게인 | 41 V/V |
| 대역폭 | 340 kHz TYP |
| 선형 입력 전압 범위 | ±50 mV |
| AMC3302 | |

차동-단일 종단 증폭기 설계

| TLV9002 | |
|--------------------------------------|-------------|
| V _{CC} | 1.8 V~5.5 V |
| V _{inCM} , V _{out} | 레일 투 레일 |
| V _{os} | 400µV |
| I _q | 60 µA |
| UGBW | 1 MHz |
| SR | 2V/µs |
| TLV9002 | |

대체 절연 증폭기 설계

| AMC3301 | |
|-------------------------|----------------------|
| 작동 전압 | 1200V _{RMS} |
| 게인 | 8.2 V/V |
| 대역폭 | 334 kHz TYP |
| 선형 입력 전압 범위 | ±250 mV |
| AMC3301 | |

대체 차동-단일 종단 증폭기 설계

| TLV6002 | |
|--------------------------------------|-------------|
| V _{CC} | 1.8 V~5.5 V |
| V _{inCM} , V _{out} | 레일 투 레일 |
| V _{os} | 750µV |
| I _q | 75 µA |
| UGBW | 1 MHz |
| SR | 0.5 V/µs |
| TLV6002 | |

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://www.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 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: 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