

Analog Engineer's Circuit

±250mV 입력 범위 및 단일 종단 출력 전압을 지원하는 절연 전류 감지 회로



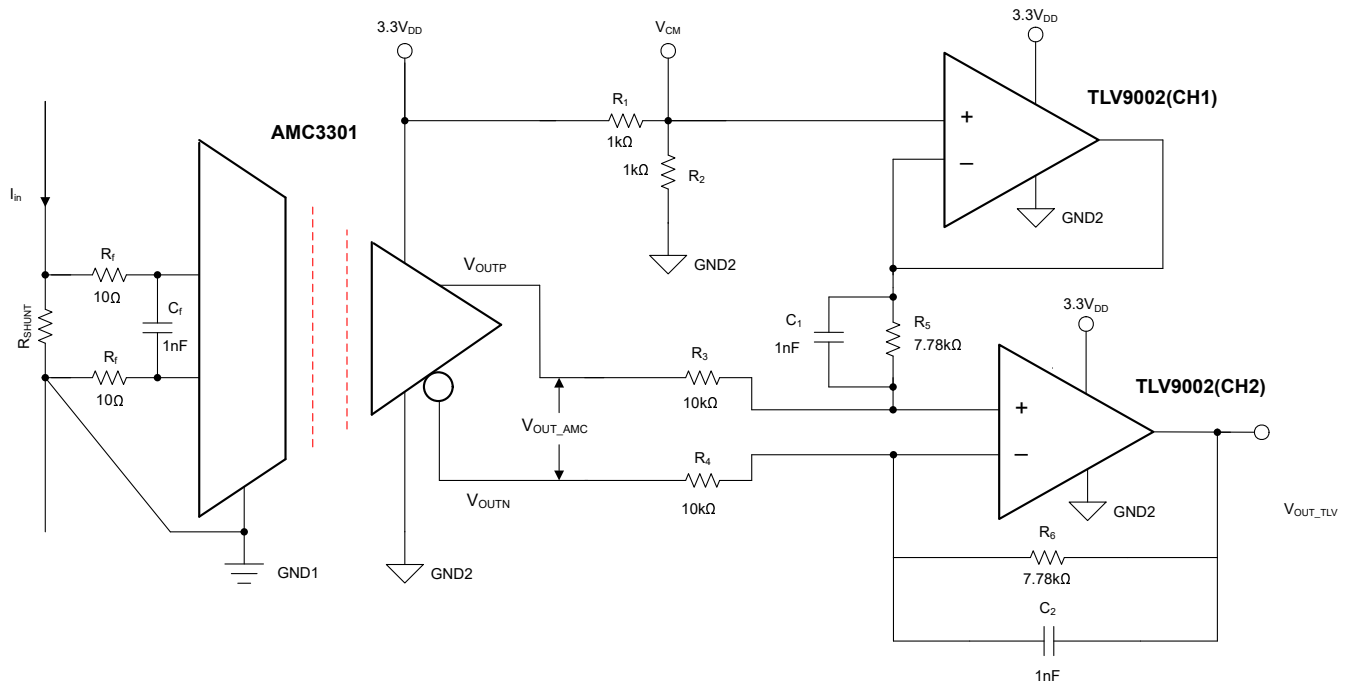
Data Converters

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}
-10 A	10 A	-250 mV	250 mV	55 mV~3.245 V	3.3 V

설계 설명

이 절연 전류 감지 회로는 25mΩ 션트 저항에 걸쳐 2.5W의 정격 전력 손실로 -10A~10A(여기에 제한되지 않음)의 부하 전류를 정확하게 측정할 수 있습니다. 절연 증폭기 입력의 선형 범위는 -2.05V~2.05V의 차동 출력 스윙과 1.44V의 출력 공통 모드 전압(V_{cm})에서 -250mV~250mV입니다. 절연 증폭기 회로의 게인은 8.2V/V로 고정됩니다. TLV9002는 ADS8326과 같은 단일 종단 ADC와 함께 사용할 수 있는 차동 출력 신호를 단일 종단 신호로 변환하고 전압 분할기에서 파생된 V_{CM} 을 버퍼링하는 데 사용됩니다. 1.65V 레퍼런스 전압은 최종 출력 전압 범위 및 공통 모드 전압 레벨을 설정하는 데 사용됩니다.



설계 노트

1. AMC3301은 장치의 정확도, 입력 전압 범위, 단일 저압측 전원 요구 사항으로 인해 선택되었습니다.
2. TLV9002는 저비용, 저오프셋, 작은 크기, 듀얼 채널 패키지로 인해 선택되었습니다.
3. TLV9002 및 AMC3301에 전원을 공급하고 단일 중단 출력에 공통 모드 전압을 제공하는 AVDD용 낮은 임피던스, 저잡음 소스를 선택하십시오.
4. 가장 높은 정확도를 위해 온도 계수가 낮은 정밀 셉트 저항을 사용하십시오.
5. 예상되는 피크 입력 전류 수준에 대한 전류 셉트를 선택하십시오.
6. 연속 작동 경우, IEEE 표준에 따라 정상 조건에서 셉트 저항을 정격 전류의 3분의 2 이상으로 작동하지 않는 것이 좋습니다. 엄격한 전력 손실 요구 사항을 가진 애플리케이션의 경우 셉트 저항을 더 줄이거나 정격 와트를 늘려야 할 수 있습니다.
7. TLV9002의 채널 1에서 공통 모드 전압을 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.

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

2. 최대 셉트 저항 값을 결정합니다.

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

3. 최소 셉트 레지스터 전력 손실을 결정합니다.

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

4. 3.3V ADC와 인터페이스하기 위해 AMC3301 및 TLV9002는 모두 3.3V 공급 전압에서 작동할 수 있으므로 단일 공급 장치를 사용할 수 있습니다.
5. TLV9002의 채널 1은 채널 2의 단일 중단 출력의 1.65V 공통 모드 전압을 설정하는 데 사용됩니다. 3.3V 공급을 사용하면 간단한 저항 분할기를 사용하여 3.3V를 1.65V로 나눌 수 있습니다. R2의 경우 kΩ를 사용하고, R1은 다음 방정식을 사용하여 계산할 수 있습니다.

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

6. TLV9002는 레일 투 레일 연산 증폭기입니다. 그러나 TLV9002의 출력은 공급 레일에서 최대 55mV를 스윙할 수 있습니다. 이 요구 사항을 충족하기 위해 TLV9002의 단일 중단 출력을 55mV에서 3.245V(3.19Vpk-pk)로 스윙해야 합니다.
7. AMC3301의 V_{outp} 및 V_{outn} 출력은 2.05Vpk-pk, 180도 이상, 1.44V의 공통 모드 전압을 갖습니다. 따라서 차동 출력은 ±2.05V 또는 4.1Vpk-pk입니다.

TLV9002의 출력 제한 내에서 유지하기 위해서는 AMC3301의 출력을 3.19/4.1의 배수로 감쇠해야 합니다. $R_3 = R_4$ 및 $R_5 = R_6$ 인 경우, 차동에서 단일 중단 단계로의 다음 전송 기능을 사용하여 R_5 및 R_6 을 계산할 수 있습니다.

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

8. 이전에 계산된 TLV9002의 출력 스윙을 사용하고 R_3 과 R_4 를 10kΩ로 선택하면, R_5 및 R_6 을 아래 방정식을 사용하여 7.78kΩ으로 계산할 수 있습니다.

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

표준 0.1% 저항 값을 사용하면 7.77kΩ을 사용할 수 있습니다. 이는 TLV9002의 제한 내에서 최대 출력 스윙을 제공합니다.

9. 커패시터 C1 및 C2는 저항 R5 및 R6과 병렬로 배치하여 고주파 성분을 제한합니다. $R_5 = R_6$ 이고 $C_1 = C_2$ 일 때, 차단 주파수는 다음 방정식을 사용하여 계산할 수 있습니다.

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

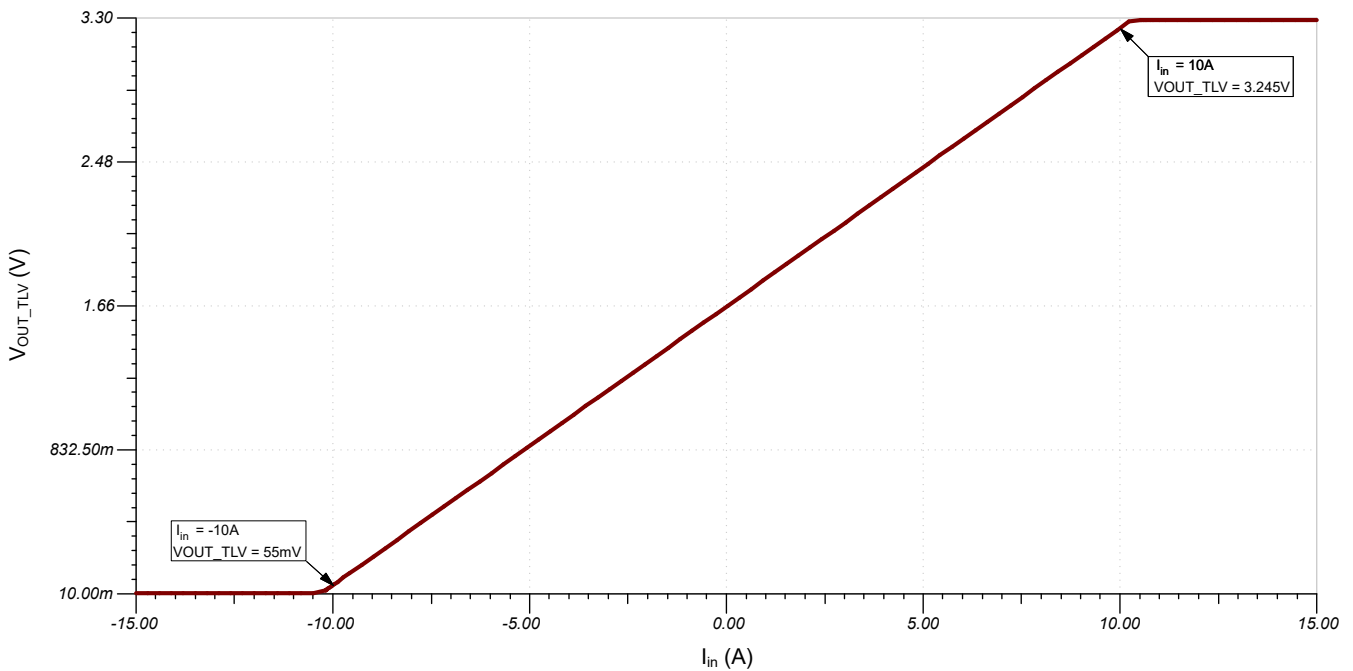
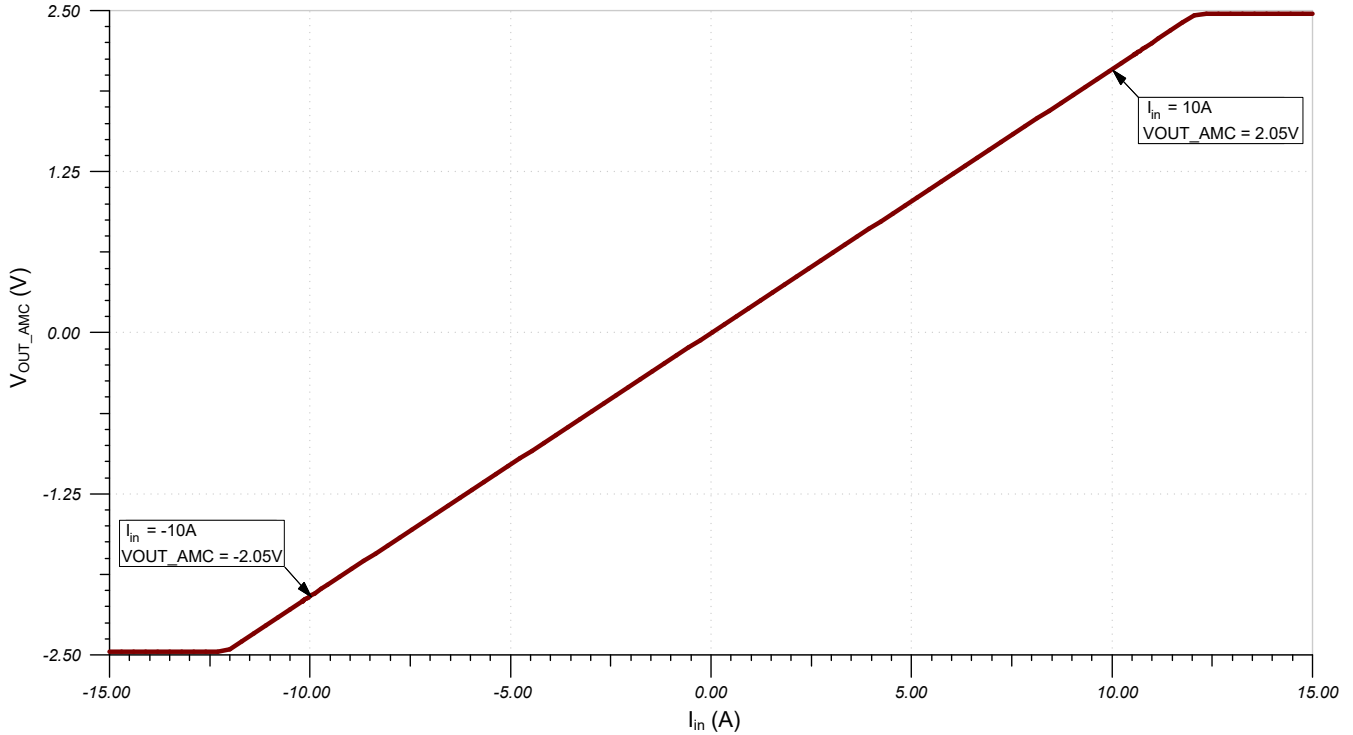
C1 = C2 = 1nF이고 R5 = R6 = 7780Ω 일 때 차단 주파수는 20.45kHz로 계산할 수 있습니다.

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

설계 시뮬레이션

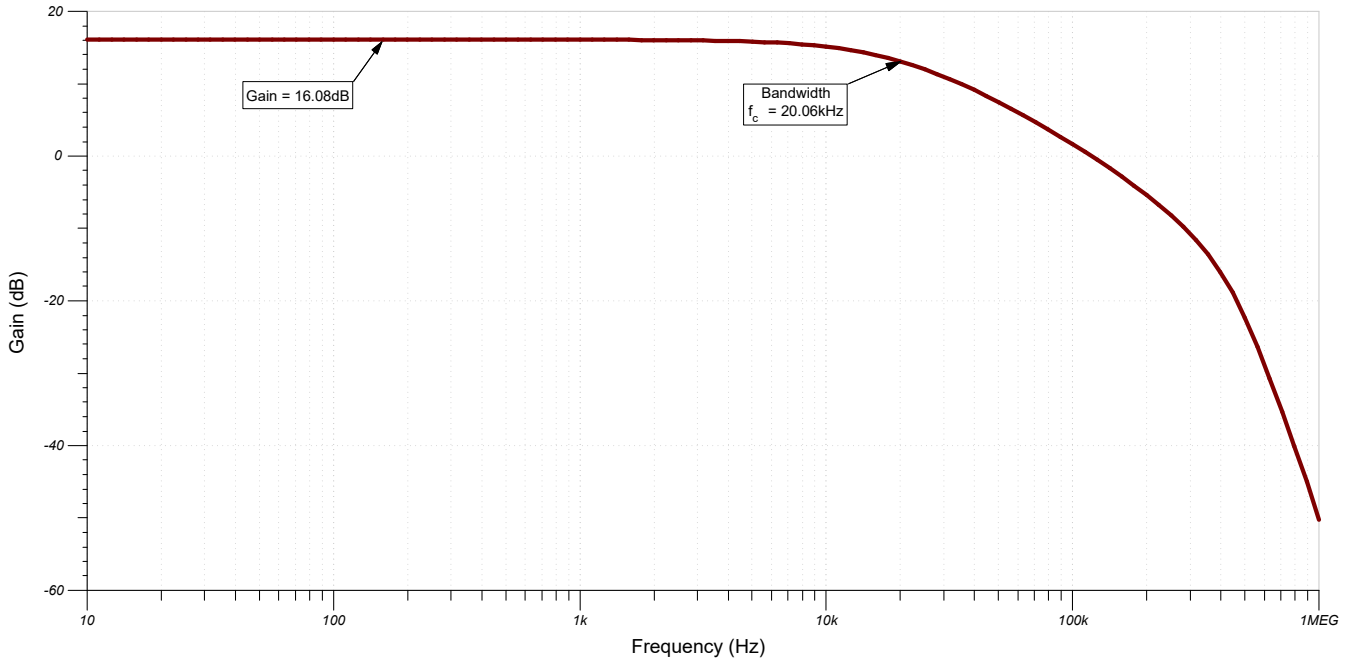
DC 시뮬레이션 결과

다음 플롯은 TLV9002 증폭기의 AMC3301 차동 출력과 단일 종단 출력의 시뮬레이션된 DC 특성을 보여줍니다. 두 플롯 모두 출력이 $\pm 10\text{A}$ 에서 선형임을 볼 수 있습니다.



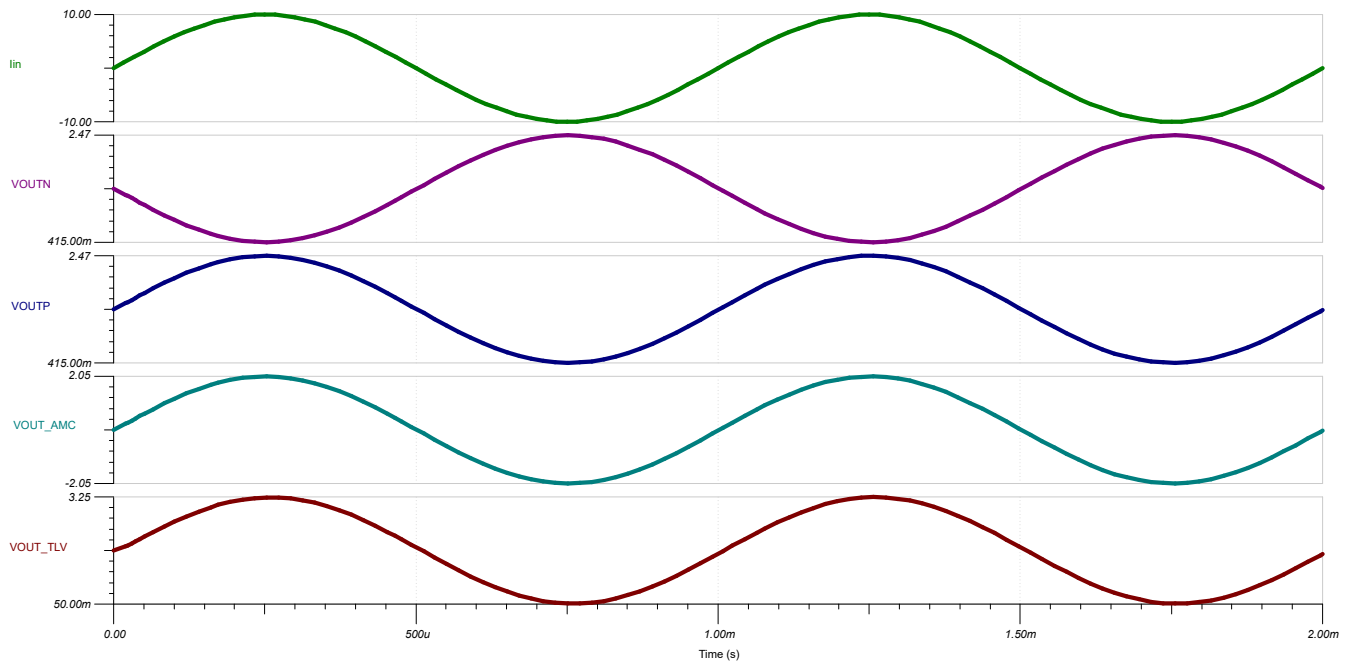
폐쇄형 루프 AC 시뮬레이션 결과

다음 AC 스위프는 단일 종단 출력의 AC 전송 특성을 보여줍니다. **마지막 방정식**에 설명되어 있듯이 이전에 계산된 차단 주파수를 사용하면 시뮬레이션이 긴밀히 일치하는 것을 볼 수 있습니다. AMC3301의 게인은 8.2V/V이고 차동-단일 종단 변환에 0.778V/V 게인이 적용되며 다음 이미지에 표시된 16.11dB의 게인이 예상됩니다.



과도 시뮬레이션 결과

다음 과도 시뮬레이션은 -10A~10A에서 AMC3301 및 TLV9002 모두의 출력 신호를 보여줍니다. AMC3301의 차동 출력은 예상대로 ± 2.05 Vpk-pk이며 단일 종단 출력은 3.19Vpk-pk이고, 55mV~3.245V로 스위칭합니다.



설계 레퍼런스

차동-단일 종단 출력 변환에 대한 자세한 내용은 TI의 포괄적인 회로 라이브러리에 대한 [아날로그 엔지니어의 회로 안내서](#) 및 [차동 출력\(절연 증폭기에서 단일 종단 입력 ADC로 인터페이스\) 애플리케이션](#) 요약을 참조하십시오.

주요 절연 증폭기 설계

AMC3301	
작동 전압	1200V _{RMS}
게인	8.2 V/V
대역폭	300 kHz TYP
선형 입력 전압 범위	±250 mV
AMC3301	

대체 절연 증폭기 설계

AMC3330	
작동 전압	1200V _{RMS}
게인	2 V/V
대역폭	310 kHz TYP
선형 입력 전압 범위	±1000 mV
AMC3330	

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 비침해에 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