

Analog Engineer's Circuit

차동 출력을 지원하는 ±480V 절연 전압 감지 회로

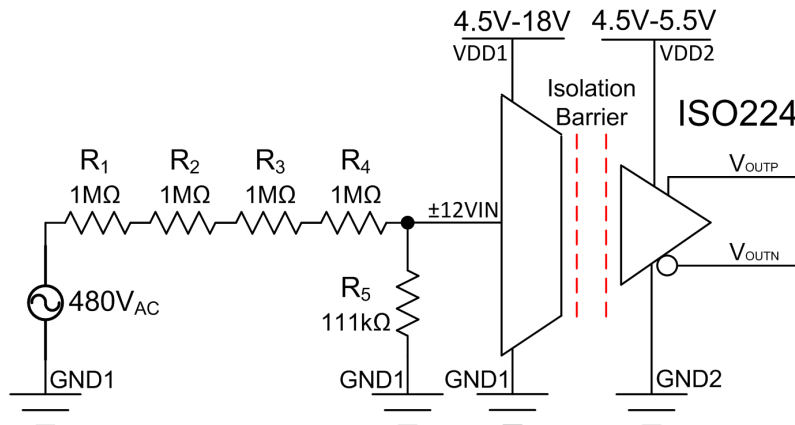


설계 목표

전압 소스		ISO224 입력 전압		ISO224 출력 전압 VDD2/2 공통 모드 (V _{OUTP} - V _{OUTN})		전원 공급 장치	
V _{MAX}	V _{MIN}	V _{IN, MAX}	V _{IN, MIN}	V _{OUT, MAX}	V _{OUT, MIN}	VDD1	VDD2
480V	-480V	12V	-12V	4V	-4V	4.5V~18V	4.5V~5.5V

설계 설명

이 회로는 ISO224 절연 증폭기와 전압 분할기 회로를 활용하여 ±480V, 절연, 전압 감지 측정을 수행합니다. 전압 분할기 회로는 전압을 ±480V에서 ±12V로 줄여 ISO224의 입력 범위에 일치시킵니다. ISO224는 고압측 및 저압측 전원 공급 장치로부터 전원을 공급받습니다. 일반적으로 고압측 공급은 부동 공급을 사용하거나 절연 변압기 또는 절연 DC/DC 컨버터를 사용하여 저압측에서 생성됩니다. ISO224는 1/3V/V의 고정 게인으로 ±12V 단일 종단 신호를 측정하고 출력 공통 모드 전압이 VDD2 / 2인 ±4V의 절연 차동 출력 전압을 출력할 수 있습니다. SBOA274에 나와 있는 것처럼 TLV6001과 같은 추가 연산 증폭기를 사용하여 필요에 따라 차동 출력 전압을 확장할 수 있습니다.



설계 노트

- 원하는 입력 신호 범위에 대한 시스템의 선형 작동을 확인하십시오. 이는 DC 전송 특성 섹션의 시뮬레이션을 사용하여 검증됩니다.
- 저항 분할기 회로(R₁ - R₅)에 사용되는 저항이 전압 소스에서 공급되는 전원을 소산할 수 있는지 확인하십시오.
- 데이터 시트의 절대 최대 정격 값 표에 설명된 대로 ISO224 입력의 전압이 ±15V 미만인지 확인하고 입력 값에 ±10mA 미만이 적용되었는지 확인하십시오. 시스템이 과도 현상에 취약할 경우 입력에 TVS 다이오드를 추가하는 것을 고려해 보십시오. 자세한 내용은 **±12V의 단일 종단 입력과 ±4V 데이터의 차동 출력을 지원하는 ISO224 강화 절연 증폭기의 입력 클램프 보호 회로의 I-V 곡선** 이미지를 참조하십시오.

설계 단계

- 전압 소스부터 전압 분할기 회로에 대한 ISO224의 입력 전압의 비율을 계산합니다.

$$\frac{12V_{ISO224, INPUT}}{480V} = 0.025$$

- ISO224의 일반적인 입력 임피던스는 1.25MΩ입니다. 이 임피던스는 저항 R₅와 병렬로 연결되어 있으므로, 전압 분할기 회로를 설계할 때 반드시 고려해야 합니다. R₁, R₂, R₃ 및 R₄에 대해 1MΩ 저항을 선택합니다. 이전 단계와 다음 전압 분

할기 방정식의 비율을 사용하여 R_5 의 전압 분할기 병렬 조합(||)과 ISO224 입력 임피던스에 필요한 등가 저항을 계산합니다.

$$\frac{R_5 || R_{IN, ISO224}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 || R_{IN, ISO224}} = 0.025$$

$$\frac{R_5 || R_{IN, ISO224}}{4M\Omega + R_5 || R_{IN, ISO224}} = 0.025$$

$$R_5 || R_{IN, ISO224} = 102564\Omega = R_{EQ}$$

3. ISO224 입력 임피던스의 $1.25M\Omega$ 을 대입하고 다음 방정식을 사용하여 R_5 를 대입합니다. **아날로그 엔지니어의 계산기**를 사용하여 R_5 에 가장 근접한 표준 값을 결정합니다.

$$R_{EQ} = 102564\Omega = \frac{R_5 \times R_{IN, ISO224}}{R_5 + R_{IN, ISO224}} = \frac{R_5 \times 1.25M\Omega}{R_5 + 1.25M\Omega}$$

$$102564\Omega(R_5 + 1.25M\Omega) = R_5 \times 1.25M\Omega$$

$$R_5 = 111.73k\Omega; \text{ closest standard value} = 111k\Omega$$

4. 등가 저항이 2단계에서 계산된 저항과 가까운지 확인합니다.

$$R_{EQ} = \frac{R_5 \times R_{IN, ISO224}}{R_5 + R_{IN, ISO224}} = \frac{111k\Omega \times 1.25M\Omega}{111k\Omega + 1.25M\Omega} = 101.947k\Omega$$

5. 전압 분할기 회로가 합리적인 오차 범위 내에 있는지 확인합니다. 다음 계산의 경우 ISO224의 입력 저항은 일반 값 $1.25M\Omega$ 으로 가정되며, 그 결과 오류는 0.6%입니다. 그러나 내부 클램프 보호 회로의 저항 변화에 따라 입력 저항이 장치마다 다르다는 것을 고려하는 것이 중요합니다. 최소 입력 저항 $1M\Omega$ 을 사용하여 동일한 계산을 수행하면 오류가 2.5%입니다. 이 오류 범위가 허용되지 않는 경우 보정을 수행하거나 전압 분할기 회로의 저항을 줄일 수 있습니다.

$$\frac{101.947k\Omega}{4.101947M\Omega} = 0.02485$$

$$\text{Error\%} = \frac{|\text{Actual} - \text{Calculated}|}{\text{Calculated}} \times 100 = \frac{|0.02485 - 0.025|}{0.025} \times 100 = 0.6\%$$

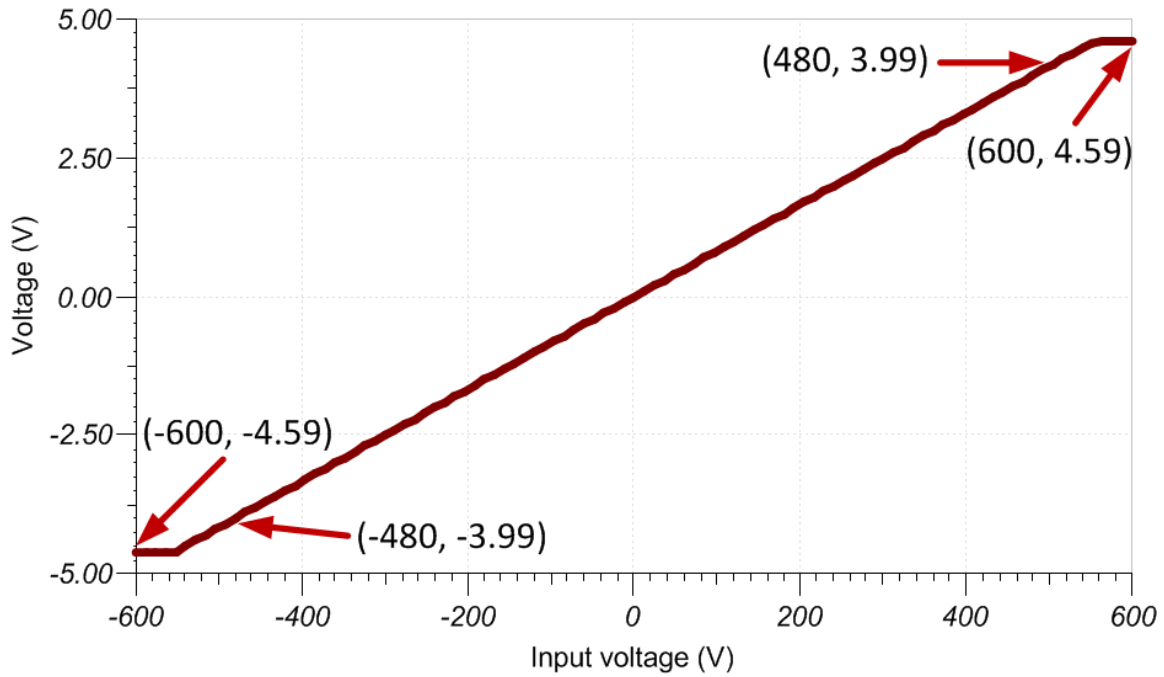
6. 전력 손실이 저항의 정격을 초과하지 않도록 전압 소스에서 전압 분할기 회로를 통해 흐르는 전류를 계산합니다. 자세한 내용은 **고전압 측정의 고려 사항**을 참조하십시오.

$$V = IR; \frac{V}{R} = \frac{480V}{4M\Omega + 111k\Omega} = 117\mu A$$

DC 전송 특성

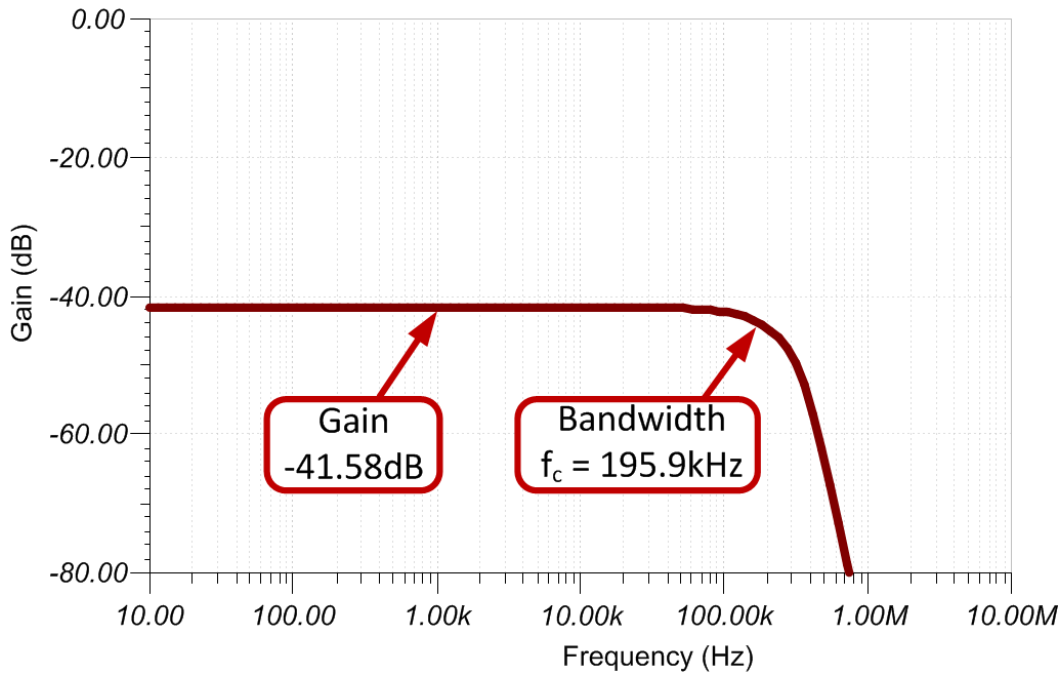
다음 그래프는 $\pm 600V$ 입력의 시뮬레이션된 출력을 보여줍니다. 전압 분할기는 게인을 1/40까지 확장하며, ISO224는 게인을 추가 1/3로 확장합니다.

전송 기능은 전압 분할기에서 1/40을 나타내고 ISO224에서 1/3을 나타냅니다(즉, $\text{게인} \times V_{IN} = V_{OUT}$, $(1/40) \times (1/3) \times (480V) = 4V$).



AC 전송 특성

시뮬레이션된 게인은 -41.58dB (또는 0.008337V/V)로, 전압 분할기 및 [ISO224](#)의 예상 게인과 거의 일치합니다.



참고 자료

1. [아날로그 엔지니어의 회로 안내서](#)
2. SPICE시뮬레이션 파일 [SBAC232](#)
3. TI 정밀 설계 [TIDA-00835](#)
4. [TI Precision Labs](#)

주요 절연 연산 증폭기 설계

ISO224B	
VDD1	4.5V~18V
VDD2	4.5V~5.5V
입력 전압 범위	±12V
공칭 게인	1/2
V _{OUT}	VDD2/2의 출력 공통 모드에서 차동 ±4V
입력 저항	1.25MΩ(일반)
작은 신호 대역폭	275kHz
입력 오프셋 전압 및 드리프트	±5mV(최대), ±15μV/°C(최대)
게인 오류 및 드리프트	±0.3%(최대), ±35ppm/°C(최대)
비선형성 및 드리프트	0.01%(최대), ±0.1ppm/°C(일반)
절연 과도 과전압	7kV _{PEAK}
작동 전압	1.5kV _{RMS}
CMTI(공통 모드 과도 내성)	55 kV/μs(최소)
ISO224	

대체 절연 연산 증폭기 설계

AMC1311B	
VDD1	3V~5.5V
VDD2	3V~5.5V
입력 전압 범위	2V
공칭 게인	1
V _{OUT}	1.44V의 출력 공통 모드에서 차동 ±2V
입력 저항	1GΩ(일반)
작은 신호 대역폭	220kHz
입력 오프셋 전압 및 드리프트	±1.5mV(최대), ±15μV/°C(최대)
게인 오류 및 드리프트	±0.3%(최대), ±45ppm/°C(최대)
비선형성 및 드리프트	0.01%, 1ppm/°C(일반)
절연 과도 과전압	7kV _{PEAK}
작동 전압	1.5kV _{RMS}
CMTI(공통 모드 과도 내성)	75kV/μs(최소)
AMC1311	

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.com에서 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 © 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