

Analog Engineer's Circuit

절연 제로 크로스 감지 회로



Data Converters

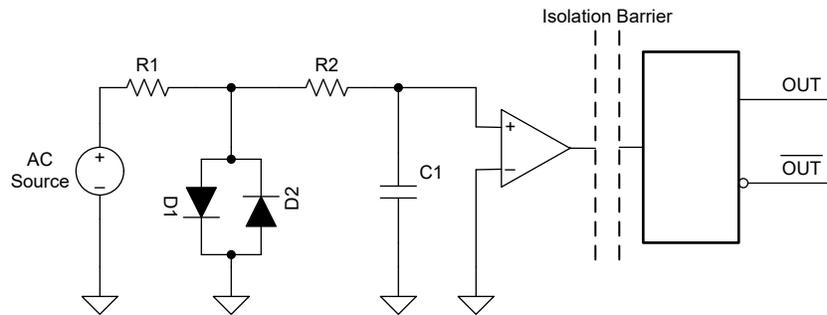
Scott Cummins

설계 목표

높음 측면 공급	입력 전압	작동 전압	저압측 공급	출력 전압
12 V	$\pm 170V_{pk}$ 사인파	$\geq 400V_{RMS}$	$3.3V \sim 5.0V \pm 10\%$	\leq 저압측 공급

설계 설명

제로 크로싱 감지기 회로는 AC 입력이 제로 크로스 레퍼런스 전압을 넘어서면 출력 상태를 변경합니다. 이 설계는 인버팅 및 비인버팅 디지털 출력을 사용한 AC 사인파의 제로 크로싱 감지를 위한 단일 칩 솔루션입니다. 회로는 콤파레이터 인버팅 입력을 접지로 설정하고 비인버팅 입력에 클램핑되는 사인파를 적용하여 생성됩니다. 입력 전압은 R1과 반 평행 다이오드 한 쌍에 의해 클램핑됩니다. 이 경우 감쇠기 대신 다이오드를 사용하여 제로 크로싱 가까이에 있는 입력의 회전을 최대화하여 출력 지연 시간을 줄입니다. 이 회로는 제어 회로의 AC 라인 제로 크로스 감지에서 대기 및 오프 모드 전력 소비를 줄이는 데 사용됩니다.



절연 제로 크로스 감지 회로 회로도

설계 노트

- 회로는 절연 장벽 전체에서 750V의 작동 전압을 처리할 수 있어야 합니다.
- IN+에서 최대 입력 전압은 $\pm 1V$ 여야 합니다.
- 인버팅 및 비인버팅 출력이 필요합니다.
- R1을 통해 흐르는 최대 전류는 $100\mu A \pm 10\%$ 입니다.
- 스트링에 있는 각 저항의 작동 전압을 최대 $100V \pm 10\%$ 로 제한하십시오.
- 입력 AC 소스 전압은 $120V_{RMS}$ 이고, 더 높은 AC 전압도 부품 수정으로 손쉽게 수용할 수 있습니다. 자세한 내용은 [대체 설계](#) 섹션을 참조하십시오.
- AC 제로 크로스에서의 이력 전압이 $\pm 30mV$ 를 넘지 않도록 하십시오.

설계 단계

1. 이상적 R1 저항 값을 결정합니다. 최대 피크 입력 전압 $120V_{RMS} \times \sqrt{2} = 170V_{PK}$. 다이오드 D1의 순방향 전압은 0에 가깝고 이 계산에는 포함되지 않습니다.

$$R1 = \frac{170 V_{PK}}{100 \mu A} = 1.70 M\Omega$$

2. R1을 3개의 동일한 저항으로 분할하여 저항당 100V 이하의 설계 제한을 유지합니다.

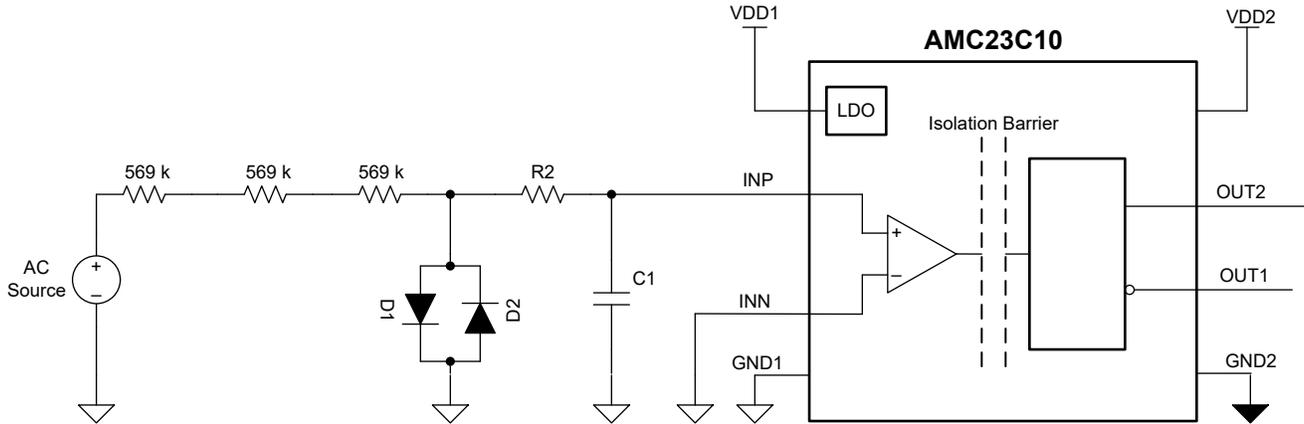
$$R1 = \frac{1.70 M\Omega}{3} = 566.66 k\Omega$$

3. **아날로그 엔지니어의 계산기**를 사용하여 R1에 대한 표준 E96 1% 저항 값을 찾을 수 있습니다. 가장 가까운 값은 569kΩ입니다.
4. 안티 병렬 다이오드를 선택합니다. R1을 통해 공급되는 100μA와 함께 최소 ±350mV의 순방향 전압을 제공할 다이오드를 선택합니다.
5. 옵션 - R2 및 C1에 의해 정의된 VINP의 저역 필터를 설계합니다. 주파수 응답은 다음과 같이 정의됩니다.

$$F_C = \frac{1}{2\pi \times R2 \times C1}$$

개정된 설계

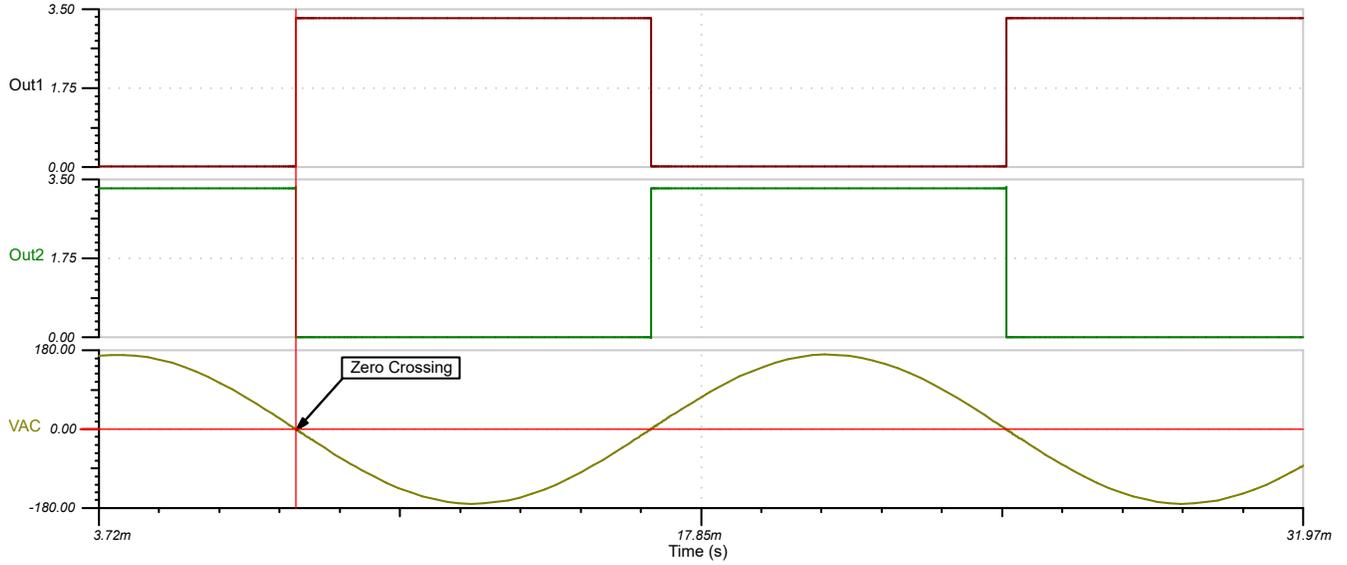
다음 회로도는 AMC23C10을 사용하여 개정된 설계의 구현을 보여줍니다.



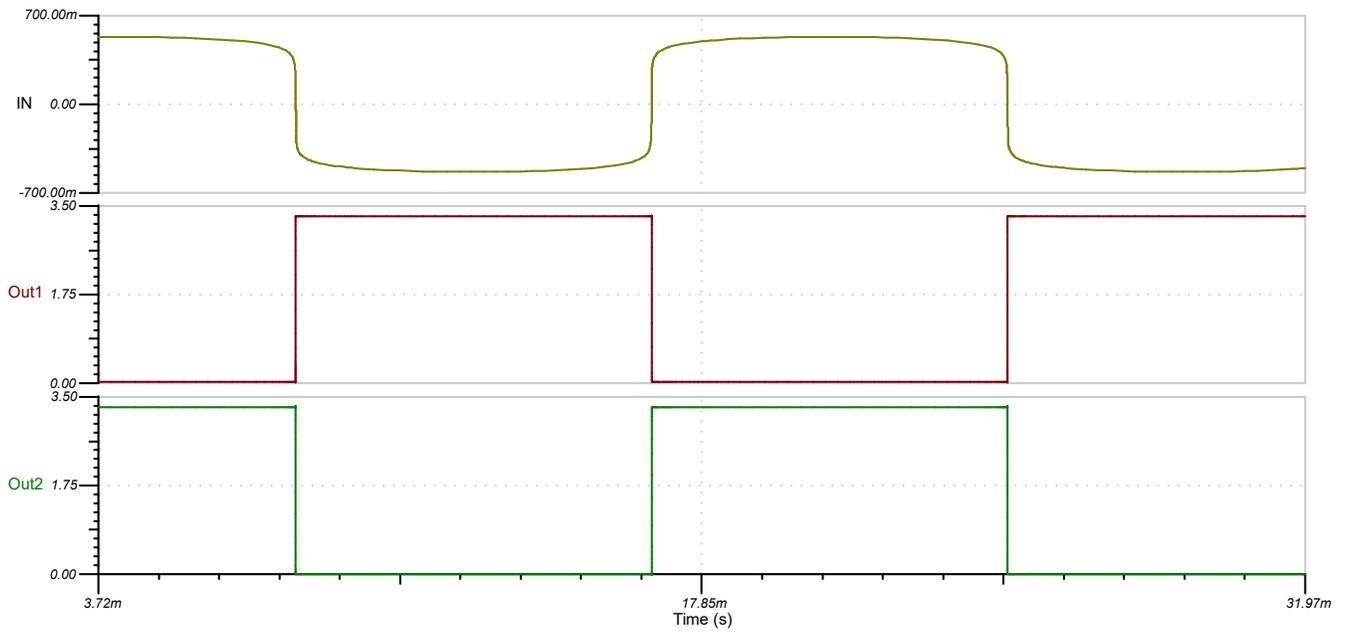
AMC23C10 절연 콤파레이터로 개정된 설계

AMC23C10은 정전식 절연을 사용하여 1,000V의 작동 전압을 제공합니다. VDD1의 전압 소스는 3V~27V로 지정되며 LDO를 통해 내부적으로 제어됩니다. VDD2는 2.7V~5.5V로 지정됩니다. 정상 작동 시 입력 전압 범위는 ±1V입니다. OUT1의 로직 출력은 VDD1로의 풀업 저항에서 사용할 수 있는 오픈 드레인입니다. OUT2는 외부 풀업 저항이 필요 없는 푸시-풀 유형 출력입니다.

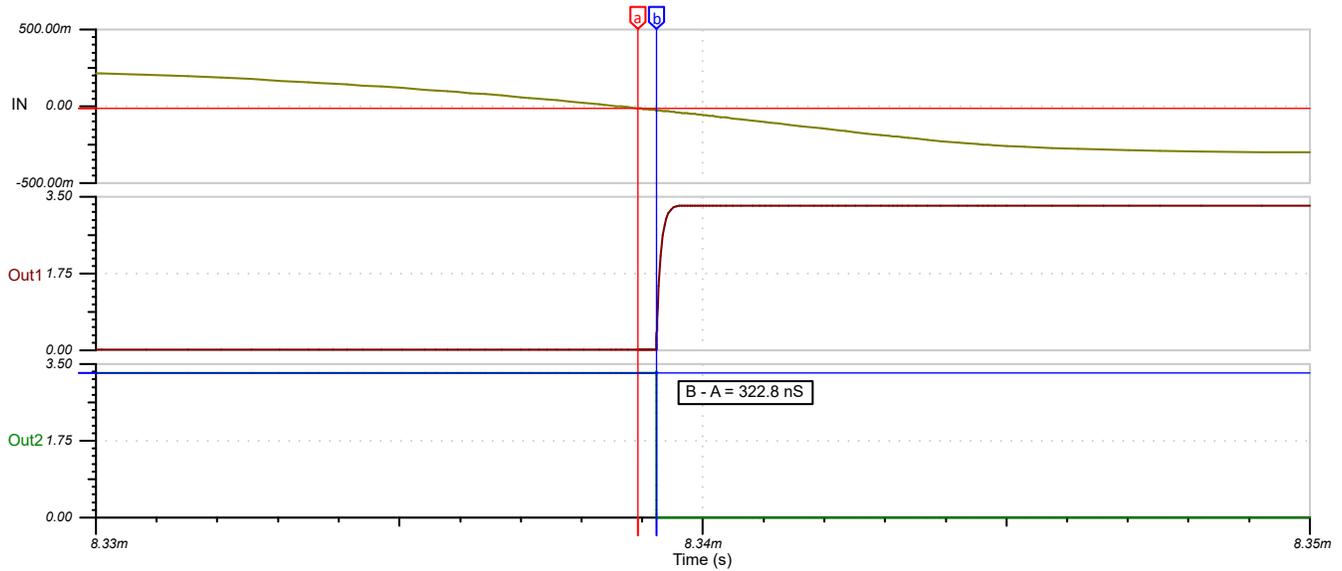
설계 시뮬레이션



사인파 입력을 사용한 제로 크로싱 감지 시뮬레이션



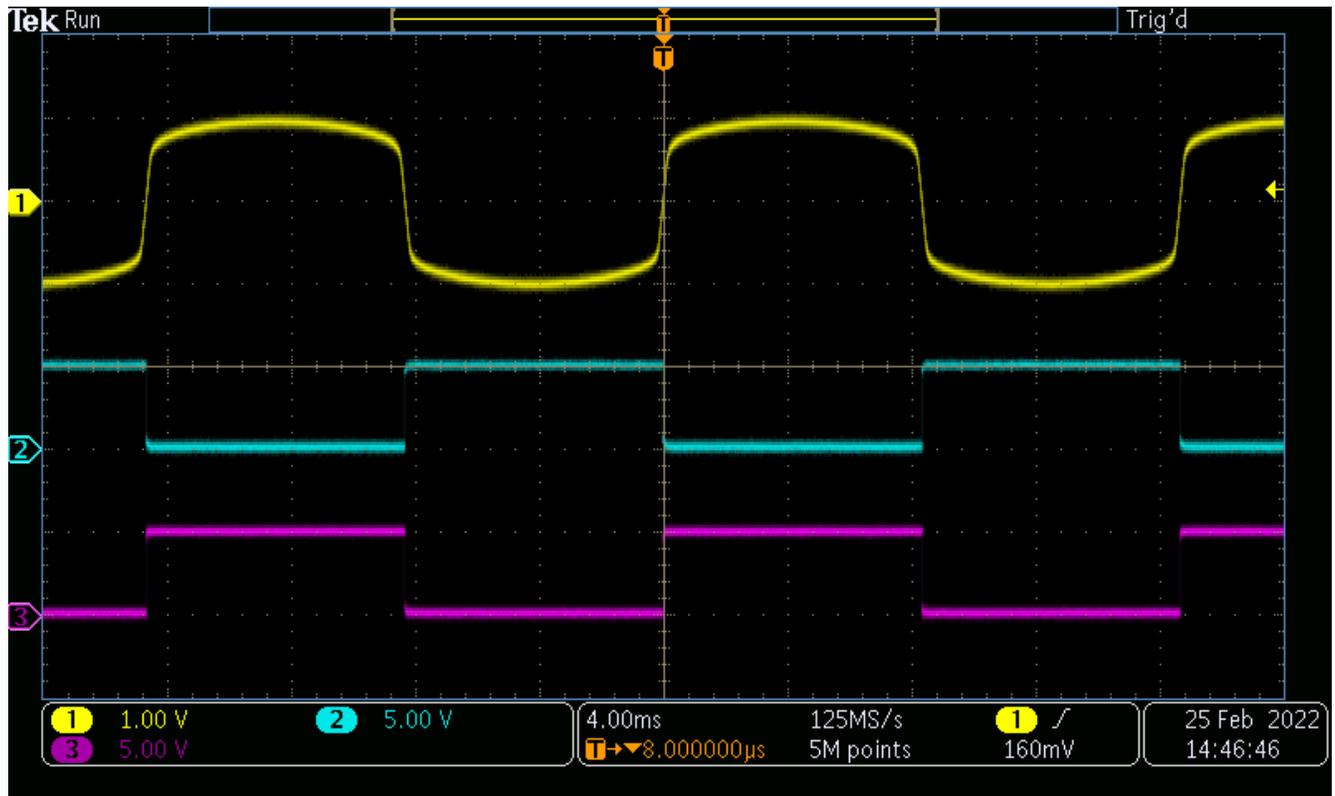
정류 입력을 사용한 제로 크로싱 감지 시뮬레이션



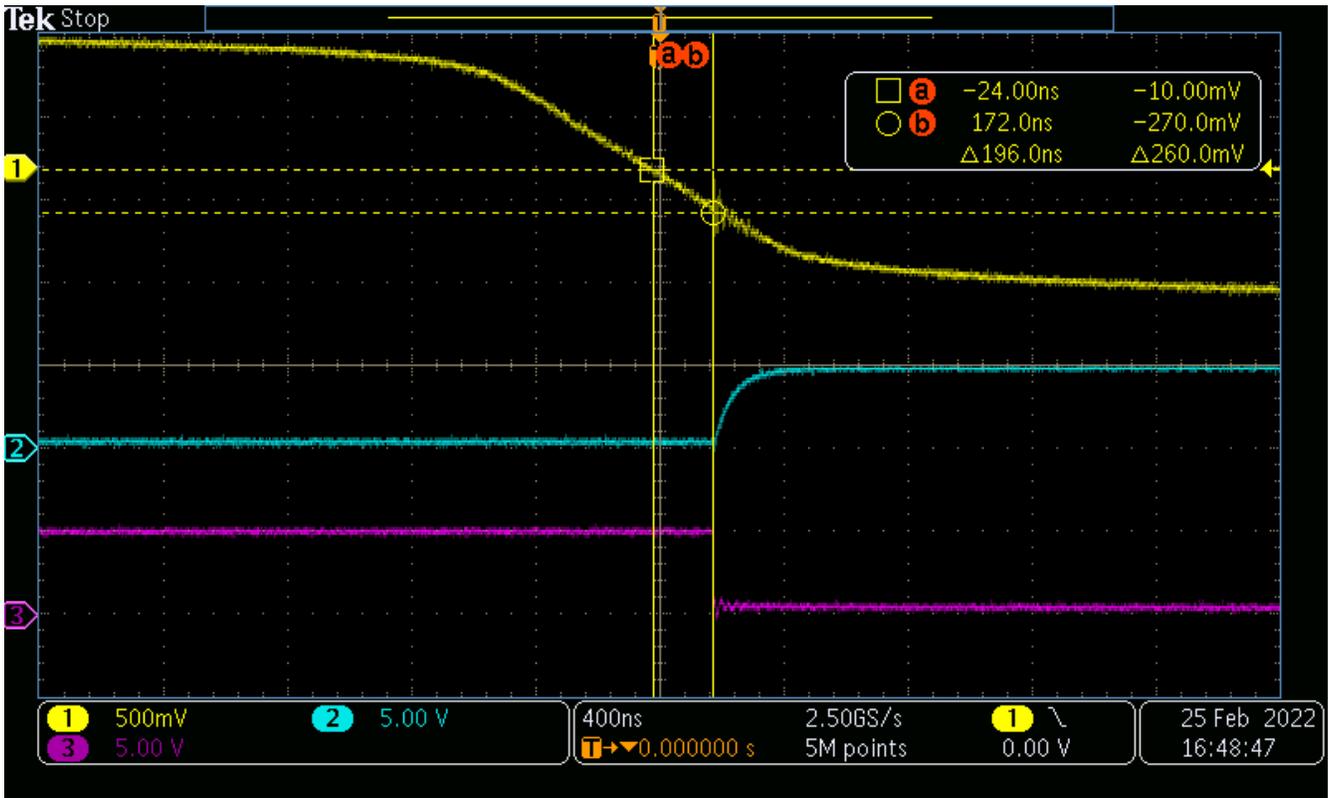
제로 크로싱 감지의 응답 시간 시뮬레이션

측정된 응답

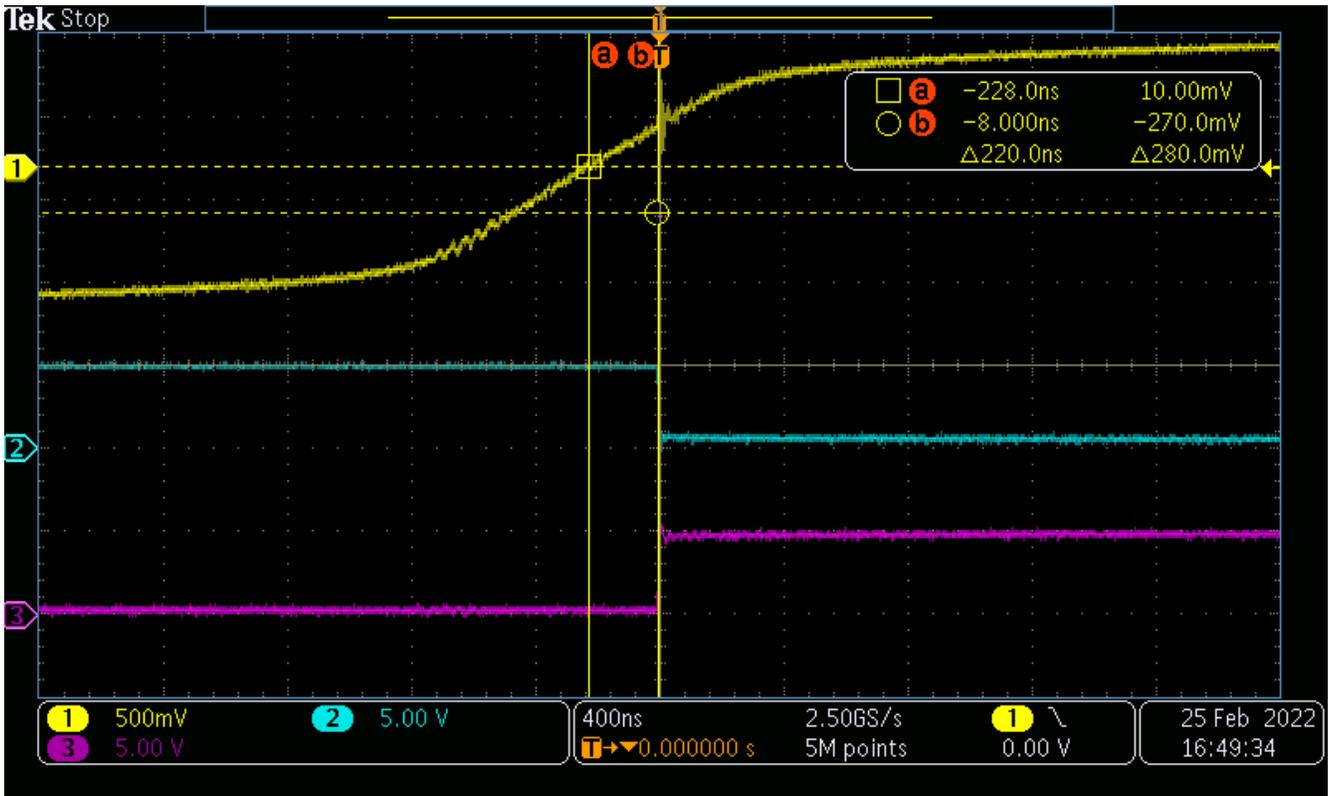
다음 이미지는 AMC23C10 절연 콤파레이터를 사용한 제로 크로싱 감지 회로의 측정된 응답을 보여줍니다. 입력은 트레이스 1에서 캡처되고, OUT1 및 OUT2는 각각 트레이스 2와 3에 표시됩니다. 입력의 상승 및 하강 에지 모두에서 측정하면 입력의 제로 크로싱과 출력 전환 사이의 지연은 220ns를 초과하지 않습니다.



정류 입력의 제로 크로싱 감지



제로 크로싱 감지 출력 지연 - 하강 에지



제로 크로싱 감지 출력 지연 - 상승 에지

설계 레퍼런스

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

텍사스 인스트루먼트, [AMC23C10 빠른 응답, 강화 절연 콤파레이터](#), [듀얼 출력 데이터 시트](#)

주요 절연 콤파레이터 설계

AMC23C10	
작동 전압	1000V _{RMS}
VDD1	3.0V~27V
VDD2	2.7 V~5.5 V
입력 전압 범위	±1000 mV
출력 옵션	OUT1 - 오픈 드레인
	OUT2 - 푸시-풀
AMC23C10	

230VAC 입력을 위한 대체 설계

AMC23C10	
작동 전압	1000V _{RMS}
AC 입력	325V _{pk}
R1 이상	3.25 MΩ
R1 E96 표준	1.09MΩ당 3개

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