

Application Note

절연 증폭기와 절연 모듈레이터 비교



Krunal Maniar

추상

모터 드라이브, 광발전 인버터, UPS(무정전 전원 공급 장치), 온보드 충전기(OBC), 트랙션 인버터, DC/DC 컨버터와 같은 산업용 애플리케이션은 고전압 및 전류 수준에서 작동하여 전체 효율과 전력 처리량을 최적화합니다. 이러한 시스템은 전기 소음, 진동, 기계적 충격, 극한 온도, 오염 물질 유입, 등 열악한 환경에 노출됩니다. 이러한 시스템은 저전압 회로에서 고전압을 격리하기 위한 견고하고 안정적인 갈바닉 절연이 필요합니다. 이러한 고전압에서 측정된 피드백 신호는 절연 증폭기 또는 절연 모듈레이터로 저전압 컨트롤러에서 갈바닉 방식으로 절연됩니다.

이 문서에서는 절연 증폭기와 절연 모듈레이터 기반 설계를 비교하고 절연 모듈레이터 기반 설계의 몇 가지 고유한 장점을 설명합니다.

목차

1 절연 증폭기 소개.....	2
2 절연 모듈레이터 소개.....	2
3 절연 증폭기와 절연 모듈레이터 간의 성능 비교.....	3
4 트랙션 인버터의 절연 모듈레이터.....	4
5 절연 증폭기 및 모듈레이터 권장 사항.....	5
6 결론.....	5
7 개정 내역.....	6

그림

그림 1-1. 절연 증폭기 구현.....	2
그림 2-1. 절연 모듈레이터 구현.....	2
그림 3-1. 두 개의 디지털 필터를 병렬로 구현.....	4
그림 4-1. 절연 모듈레이터를 사용한 전류 측정.....	4

표

표 3-1. 절연 증폭기와 절연 모듈레이터 간의 성능 비교.....	3
표 3-2. Sinc ³ 필터를 사용하는 CLKIN = 20MHz에서 AMC1306에 대한 ENOB와 정착, 지연 시간 또는 대역폭 사이의 성능 절충.....	3
표 5-1. 권장 장치.....	5

상표

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

1 절연 증폭기 소개

그림 1-1에서는 절연 증폭기 기반 측정 설계의 구현을 보여줍니다.

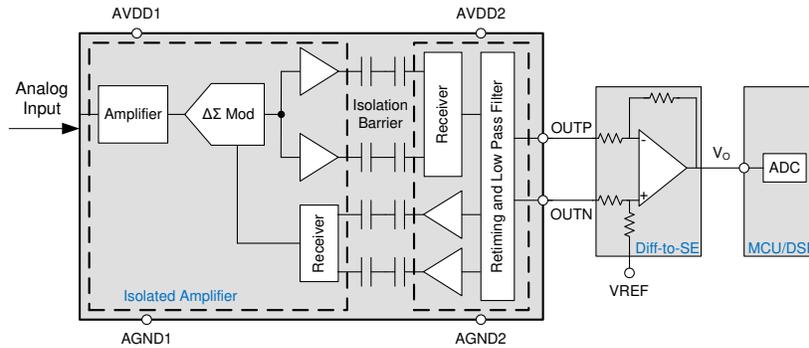


그림 1-1. 절연 증폭기 구현

절연 증폭기의 입력 단계는 델타-시그마($\Delta\Sigma$) 모듈레이터를 구동하는 입력 증폭기로 구성됩니다. 입력 증폭기의 게인은 고정되어 있고 내부 정밀 저항에 의해 설정됩니다. $\Delta\Sigma$ 모듈레이터는 내부 레퍼런스 전압과 클록 생성기를 사용하여 아날로그 입력 신호를 디지털 비트 스트림으로 변환합니다. 드라이버는 고전압 및 저전압 영역을 분리하는 절연 장벽을 통해 모듈레이터의 출력을 전송합니다. 수신된 비트 스트림과 클록은 저전압 측에서 아날로그 저역 필터에 의해 동기화 및 처리되며 아날로그 출력 신호로 제공됩니다.

절연 증폭기의 차동 출력은 종종 연산 증폭기 기반 회로를 사용한 단일 종단 아날로그 출력으로 변환됩니다. 이 연산 증폭기 기반 회로는 저역 필터를 구현하여 신호 대역폭을 관심 대역폭으로 더 줄이고 시스템 잡음 성능을 향상시킬 수도 있습니다.

MCU(마이크로컨트롤러) 또는 DSP(디지털 신호 프로세서)의 외부 또는 내부의 ADC(아날로그-디지털 컨버터)는 이 피드백 아날로그 출력을 수신하고 이 출력을 다시 디지털 도메인으로 변환합니다.

2 절연 모듈레이터 소개

그림 2-1에서는 절연 모듈레이터 기반 측정 설계의 구현을 보여줍니다.

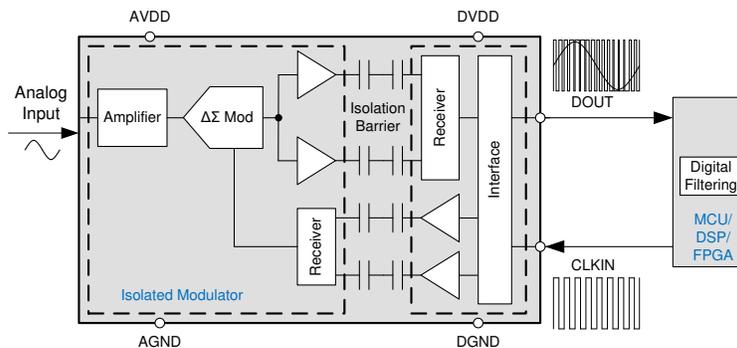


그림 2-1. 절연 모듈레이터 구현

절연 모듈레이터의 입력 스테이지는 절연 증폭기의 입력 스테이지와 비슷합니다. 드라이버는 절연 장벽을 통해 모듈레이터 출력을 전송합니다. 절연 데이터 출력 DOUT는 훨씬 더 높은 주파수(최대 20MHz)에서 1과 0의 디지털 비트 스트림을 제공합니다. 이 비트 스트림 출력의 시간 평균은 아날로그 입력 전압에 비례합니다. 측정된 신호는 TMS320F2807x 및 TMS320F2837x, DSP 또는 FPGA(필드 프로그래머블 게이트 어레이)과 같은 마이크로컨트롤러 제품군 내에서 디지털 필터로 재구성됩니다.

3 절연 증폭기와 절연 모듈레이터 간의 성능 비교

표 3-1에서는 절연 증폭기와 절연 모듈레이터 간의 기본적인 성능 차이를 보여줍니다.

표 3-1. 절연 증폭기와 절연 모듈레이터 간의 성능 비교

카테고리	절연 증폭기	절연 모듈레이터
샘플 해상도	11비트(대역폭 = 100kHz)	14비트 초과 달성 가능, 해상도와 대역폭 또는 지연 간의 절충
지연	2 μ ~3 μ s(고정)	1 μ s 미만 달성 가능, 해상도와 대역폭 또는 지연 간의 절충
대역폭	최대 300kHz	1MHz 이상 달성 가능, 해상도와 대역폭 또는 지연 간의 절충
정밀도 및 드리프트 성능	높음	매우 높음
필요한 부품 수	더 보기	더 적게 보기

절연 증폭기 기반 설계에서 측정된 아날로그 신호는 여러 아날로그-디지털 및 디지털-아날로그 변환을 겪습니다. 절연 증폭기, 차동-단일 종단 단계, MCU 또는 DSP 외부의 ADC 또는 DSP 내부의 단계는 전반적인 정확도와 잡음 성능을 줄이고 지연 시간을 늘립니다. 절연 증폭기의 출력 스테이지에서 고정 저역 필터 구현은 신호 대역폭을 제한합니다. 차동-단일 종단 변환에 사용되는 외부 연산 증폭기 기반 회로를 사용하여 신호 대역폭을 더욱 제한하고 잡음 성능을 개선하는 능동 저역 필터를 만들 수 있습니다. 절연 증폭기는 하며 고정 지연 시간을 가집니다. 절연 증폭기 기반 설계는 친숙하고 구현이 비교적 쉽기 때문에 널리 사용됩니다.

그림 2-1에서 보듯이 절연 모듈레이터 기반 설계에서 측정된 아날로그 신호는 한 개의 아날로그-디지털 변환만 수행됩니다. 이 설계는 차동-단일 종단 단계가 필요하지 않으므로 부품 수와 설계 크기를 줄일 수 있습니다. 많은 상황에서 달성 가능한 최대 샘플 분해능 및 정확도를 제한하는 절연 증폭기 기반 설계에 사용되는 ADC는 더 이상 필요하지 않습니다. 이 절연 모듈레이터 기반 접근 방식은 신호 잡음 성능, 전체 정확도를 개선하며, 절연 증폭기 기반 설계보다 더 높은 신호 대역폭과 더 낮은 지연 시간을 달성할 수 있습니다. 절연 모듈레이터는 일반적으로 최대 20MHz까지 훨씬 더 빠른 디지털 비트 출력을 제공합니다. 마이크로컨트롤러 제품군(예: TMS320F2807x 및 TMS320F2837x) 내의 시그마-델타 필터 모듈(SDFM)은 잡음 성능과 신호 대역폭 또는 지연 시간을 손쉽게 튜닝하는 방법을 제공합니다. 표 3-2에서 보듯이 오버샘플링 비율(OSR)이 높을수록 정확도와 샘플 해상도가 향상되지만 신호 대역폭이 줄어들고 지연 시간이 길어집니다. 마찬가지로 OSR을 낮추면 정확도와 샘플 해상도가 감소하지만 대역폭이 증가하고 지연 시간이 줄어듭니다. 비슷한 DSP 또는 FPGA는 이러한 디지털 필터를 구현할 수도 있습니다.

표 3-2. Sinc³ 필터를 사용하는 CLKIN = 20MHz에서 AMC1306 에 대한 ENOB와 정착, 지연 시간 또는 대역폭 사이의 성능 절충

OSR	ENOB(비트)	정착(μ s)	지연 시간(μ s)	대역폭(kHz)
8	4.65	1.2	0.6	1250
16	7.57	2.4	1.2	625
32	10.02	4.8	2.4	312.5
64	12.3	9.6	4.8	156.25
128	13.51	19.2	9.6	78.13
256	14.11	38.4	19.2	39.06
512	14.39	76.8	38.4	19.53

또한 그림 3-1에서 보듯이 여러 디지털 필터를 병렬로 구현하여 더 높은 샘플 분해능, 낮은 지연 시간, 더 높은 대역폭을 동시에 달성할 수 있습니다. 디지털 필터 중 하나는 더 나은 잡음 성능을 위한 높은 OSR 디지털 필터를 구현할 수 있고, 다른 하나는 저지연 디지털 필터를 구현할 수 있습니다.

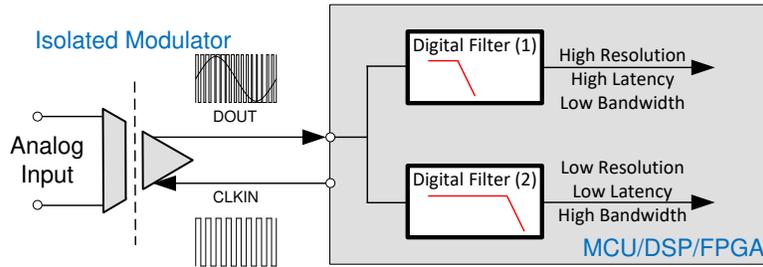


그림 3-1. 두 개의 디지털 필터를 병렬로 구현

절연 모듈레이터 기반 설계에서 제공하는 시스템 장점에 대해, 고성능 시스템에서 절연 모듈레이터 기반 설계로 이동하려는 추세가 있습니다.

4 트랙션 인버터의 절연 모듈레이터

그림 4-1에서는 차량용 트랙션 인버터에서 절연 모듈레이터 기반 설계의 구현을 보여줍니다.

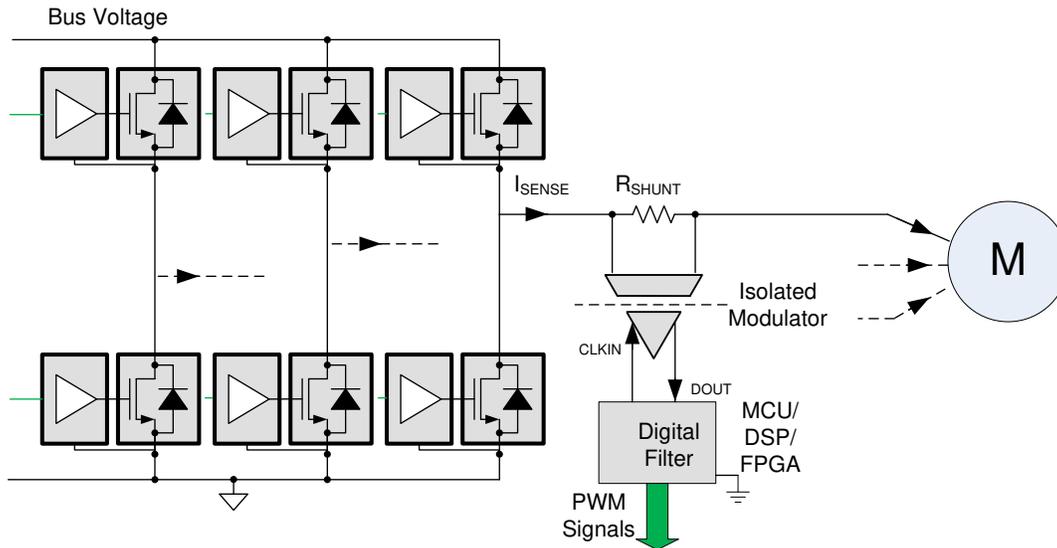


그림 4-1. 절연 모듈레이터를 사용한 전류 측정

트랙션 인버터는 주행 경험에 직접적인 영향을 미치며, 트랙션 모터의 속도 및 토크의 정밀한 제어가 필요합니다. 절연 델타-시그마 모듈레이터와 결합된 션트는 컨트롤러에 최고 품질의 피드백 신호를 제공하여 브리지 트랜지스터를 위한 PWM(펄스 폭 변조) 패턴을 설정합니다. 디지털 필터를 구현하면 엔지니어가 트랙션 모터 제어의 품질을 조정할 수 있습니다.

그림 3-1에서 보듯이 FPGA, MCU 및 DSP에는 여러 개의 디지털 필터를 병렬로 실행할 수 있습니다. 디지털 필터 중 하나는 브리지 트랜지스터를 제어하기 위한 정확한 피드백 신호를 제공하는 고성능 디지털 필터가 될 수 있습니다. 또 다른 디지털 필터는 과부하 또는 과전류 조건을 감지하기 위한 저지연 디지털 필터가 될 수 있습니다. 다른 OSR이 있는 3차(sinc³) 필터를 두 디지털 필터 모두에 사용할 수 있습니다.

5 절연 증폭기 및 모듈레이터 권장 사항

표 5-1에는 절연 증폭기 및 모듈레이터와 함께 사용할 권장 장치가 나와 있습니다.

표 5-1. 권장 장치

장치	절연	설명
AMC1306	강화	±50mV, ±250mV 소형 절연 모듈레이터
AMC1305, AMC1305-Q1	강화	±50mV, ±250mV 절연 모듈레이터
AMC1301, AMC1301-Q1	강화	±250mV 절연 증폭기
AMC1302, AMC1302-Q1	강화	±50mV 절연 증폭기
AMC1311, AMC1311-Q1	강화	0V~2V 절연 증폭기

6 결론

절연 모듈레이터는 절연 증폭기에 비해 더 높은 샘플 해상도와 정확도를 제공합니다. 절연 모듈레이터와 사용자 지정 디지털 필터를 조합하여 엔지니어는 시스템 지연 시간과 대역폭을 샘플 분해능과 절충할 수 있습니다. 절연 모듈레이터 기반 설계는 필요한 부품 수가 적고 합리적인 비용으로 더 작은 설계 크기를 가능하게 합니다. 높은 샘플 분해능이나 낮은 지연 시간이 필요한 절연 측정 애플리케이션에서는 절연 모듈레이터를 사용하는 것이 좋습니다.

7 개정 내역

Changes from Revision A (February 2019) to Revision B (June 2024) **Page**

- 문서 전체에서 표, 그림 및 상호 참조에 대한 번호 매기기 형식이 업데이트되었습니다..... **1**
-

Changes from Revision * (February 2019) to Revision A (February 2019) **Page**

- 최대 20MHz에서 일반적으로 최대 20MHz까지 디지털 비트 스트림 출력을 업데이트했습니다..... **3**
 - ENOB와 정착, 지연 시간 또는 대역폭 간의 성능 절충 업데이트..... **3**
-

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