

Product Overview

GEO 및 LEO 플랫폼의 전압 및 고압측 전류 센싱을 위한 $\pm 150V$ 공통 모드 차동 증폭기



실용적인 통합 대안의 부재로, 수십 년 동안 우주 항공 및 방위 엔지니어들은 방사능 저항 설계 시 개별 설계 부품에 의존해 왔습니다. INA1H94-SP 및 INA1H94-SEP는 GEO 및 LEO 시스템 모두를 위한 배터리 관리 시스템과 같은 견고한 방사능 저항 설계를 만드는 엔지니어를 지원하는 동시에 무게, BOM(재료 사양서) 크기를 줄이고 정확도를 개선하는 데 도움이 됩니다.

우주 항공 시장의 고전압 트렌드

우주 산업이 우주 여행의 상업화를 추진함에 따라 매일 더 많은 비행체가 우주에 발사되고 있습니다. 위성, 탐사선, 탐사선을 포함한 이 우주 비행체들은 모두 태양열 배터리를 탑재하고 있습니다. 배터리 팩을 만드는 데 사용되는 배터리 토폴로지의 유형은 다양합니다. 구현할 배터리 기술을 고려할 때 엔지니어는 에너지 밀도, 사이클 수명 및 자체 방전 속도 같은 다양한 성능 사양을 평가해야 합니다. 각 개별 배터리 셀 전압 모니터링이 배터리 상태 평가에 매우 중요하기 때문에 이러한 사양은 모두 중요합니다. 가장 일반적인 배터리 팩 토폴로지인 리튬 이온은 직렬로 연결된 여러 개의 3.6V COTS(상용 기성품 배터리)로 구성되어 있으며, 28V~120V까지 다양합니다. 우주 항공 임무 기간을 늘리고 우주 비행체의 발사 무게를 줄이려는 노력으로 인해 고전압 배터리 팩이 새로운 추세로 부상하고 있습니다. 또한 버스 전압의 증가로 인해 모터 제어 시스템을 위한 인라인 전류 센싱과 같은 애플리케이션에서 최대 120V(추가 마진 포함)까지의 입력을 처리할 수 있는 방사능 저항 장치가 요구되고 있습니다.

통합 차동 증폭기가 필요한 이유

통합 차동 증폭기를 통해 설계자는 탁월한 전압 및 전류 센싱 방법을 탐색할 기회를 제공하며, 개별 구현 대비 뛰어난 성능 이점을 제공합니다. 통합 차동 증폭기는 고가의 고허용 오차 저항(일반적으로 $\pm 0.1\%$ 미만의 허용 오차) 없이도 향상된 정밀도와 정확도를 제공합니다. 정확도 외에도 차동 증폭기는 본질적으로 우수한 CMRR(공통 모드 제거 비율)을 유지하면서 공통 모드 전압 범위를 증폭기 공급 레일을 초과하여 확장할 수 있으며, 이는 개별 저항을 사용할 경우 엄격한 매칭 없이는 달성하기 어렵습니다. 아래 표 1은 INA1H94-SP, INA1H94-SEP와 개별 차동 증폭기 간의 주요 매개 변수를 비교합니다.

표 1. 통합 대 개별 - 전기 성능 비교

	INA1H94-SP	INA1H94-SEP	0.1% 저항을 사용하는 개별 유니티 게인 차동 증폭기
동상 전압	$\pm 150V$		(V-)~(V+) - 1.5V
공통 모드 제거 비율(분)	84dB		약 54dB
저항 드리프트 (ppm/°C)(최대)	10		약 100
게인 드리프트(최대)	0.047%	0.067%	1% 미만

통합 차동 증폭기로 크기, 무게 및 부품 수 절감

무게 절감은 출시 비용 절감으로 이어집니다. 임무 유형에 관계없이 방사능 저항 시스템을 위한 기존의 증폭기 설계는 오랫동안 크고 무거운 세라믹 패키징을 사용해야 했습니다. 이 새로운 통합 차동 증폭기 제품군은 각각 GEO 및 LEO 임무를 위한 세라믹 및 우주 항공 강화 플라스틱으로 제공되어 기존 시스템의 무게를 줄이는 데 도움이 됩니다. 그림 1에서는 SOIC-8 우주 항공 강화 플라스틱 패키징(INA1H94-SEP), 밀봉 처리 HKX-8 패키지(INA1H94-SP), 세라믹 CDIP-14 패키지의 쿼드 채널 증폭기(LM124AQML-SP)의 크기를 비교합니다.

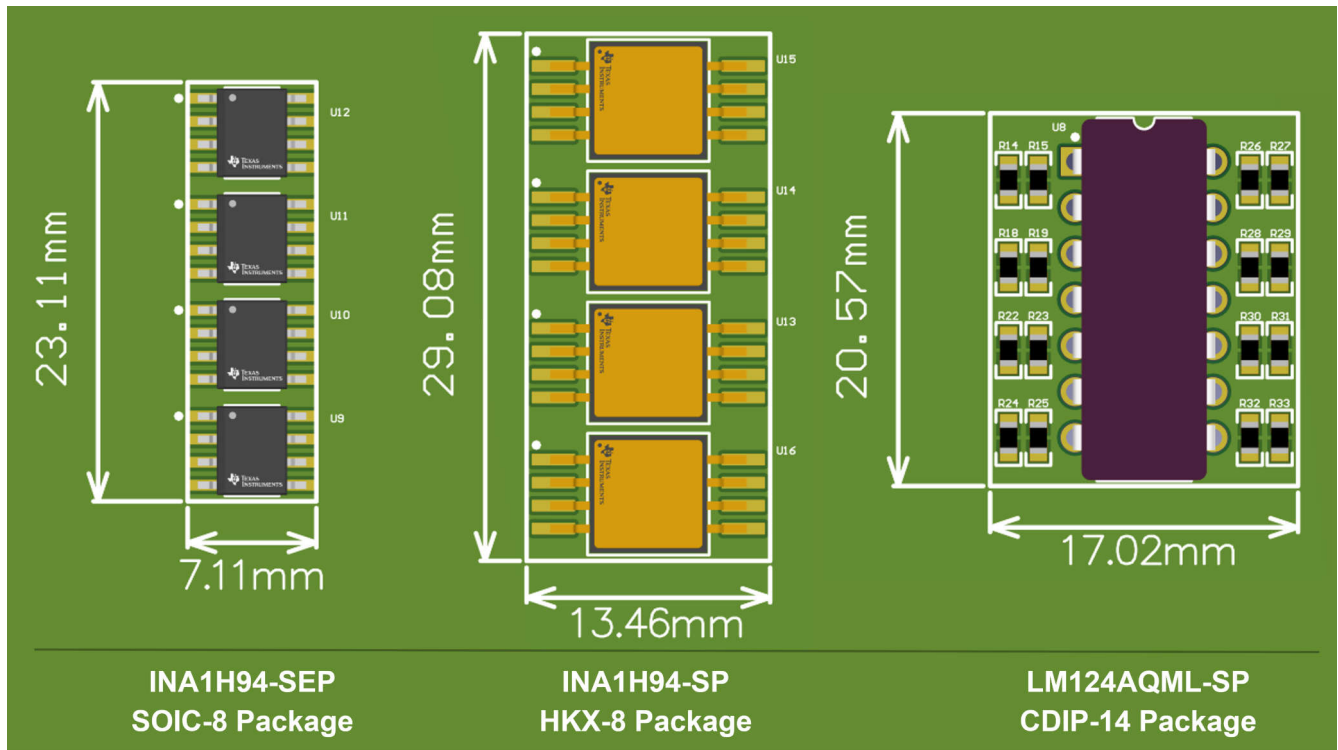


그림 1. INA1H94-SEP, INA1H94-SP 및 LM124AQML-SP 간 크기 비교

표 2은(는) GEO 및 LEO 임무에 대해 기존의 쿼드 채널 증폭기 설계와 4개의 INA1H94(-SP 및 -SEP) 장치(동일한 4채널 모니터링 기능 제공)의 크기, 무게 및 BOM을 공정한 수준으로 비교합니다. 4개의 개별 장치를 사용함에도 불구하고, 통합 차동 증폭기 설계는 크기, 무게 및 BOM 측면에서 상당한 이점을 제공합니다.

표 2. 통합 대 개별 - 크기, 무게 및 BOM 비교

	INA1H94-SEP	INA1H94-SP	증폭기 + 0603 저항
패키지 개요	SOIC-8	HKX-8	CDIP-14
크기(mm ²)	164.3*	391.4*	약 350
질량(mg)	370*	1,700*	4,850
부품 수	4	4	20+

직렬 배터리 스택 전압 모니터링

배터리 팩의 상태를 모니터링하기 위해 INA1H94-SP 또는 INA1H94-SEP를 각 개별 COTS 배터리의 전압 센싱에 사용할 수 있습니다. 엔지니어들은 일반적으로 전압 분배기를 사용하거나 개별 차동 증폭기 설계를 구성합니다. 이러한 각 구현 방식에는 고유한 일련의 과제가 있습니다.

단일 전압 분배기를 사용하여 배터리의 양극 단자를 모니터링하면 해당 노드의 전압 출력만 표시되고 레퍼런스를 알 수 없기 때문에 배터리 전압 정보는 제공할 수 없습니다. 차동 증폭기를 사용하면 각 개별 배터리의 전압을 정확하게 측정할 수 있지만, 앞서 언급한 바와 같이 개별 구현에서의 불일치로 CMRR 성능이 저하될 수 있습니다. 그림 2은(는) 33.6V 배터리 팩의 직렬 배터리 전압 모니터링에 INA1H94-SP를 사용하는 예를 보여줍니다.

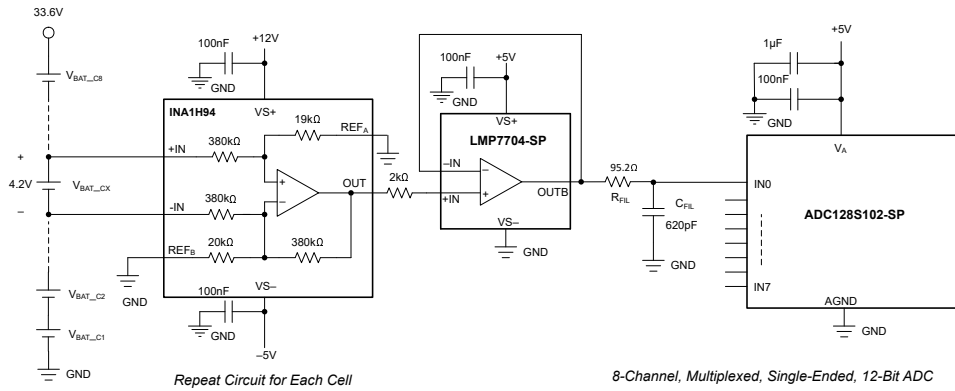


그림 2. INA1H94-SP를 사용한 단일 셀 전압 모니터링

48V 이상의 배터리 팩의 경우, 일반적으로 개별 설계에는 높은 공통 모드 전압으로부터 연산 증폭기 입력을 보호하기 위해 절연 기능을 갖춘 장치가 필요합니다. INA1H94-SP 및 INA1H94-SEP의 $\pm 150V$ 공통 모드 전압 범위를 이용하면 추가 절연 회로 없이 배터리 팩 내의 모든 셀과 직접 상호 작용할 수 있습니다. 개별 설계에서는 개별 저항 허용 오차가 복합적으로 작용하여 전체 게인 오류와 온도에 따른 드리프트를 증가시킵니다. 일반적인 1% 허용 오차 저항을 사용할 경우 개별 차동 증폭기 구현 방식은 정합된 박막 저항 네트워크를 사용하는 통합 설계 대비 정확도가 낮아질 수 있습니다.

고압측 전류 센싱

시스템이 120V 버스 전압 추세를 따름에 따라, INA1H94-SP는 $\pm 150V$ 의 광대역 공통 모드 전압 범위 덕분에 접지 단락 부하를 감지하는 고압측 전류 센싱에도 실용적인 장치입니다. INA1H94-SP는 차동 게인이 1이기 때문에, 소형 감지 저항 양단의 전압을 감지할 때 OPA4H199-SP와 같은 연산 증폭기를 사용하는 것이 권장됩니다. 이 접근 방식은 그림 3에 나와 있는 것처럼 ADC128S102QML-SP와 같은 ADC(아날로그-디지털 컨버터)의 최대 눈금 범위로 출력을 확장하면서 전력 손실을 최소화합니다.

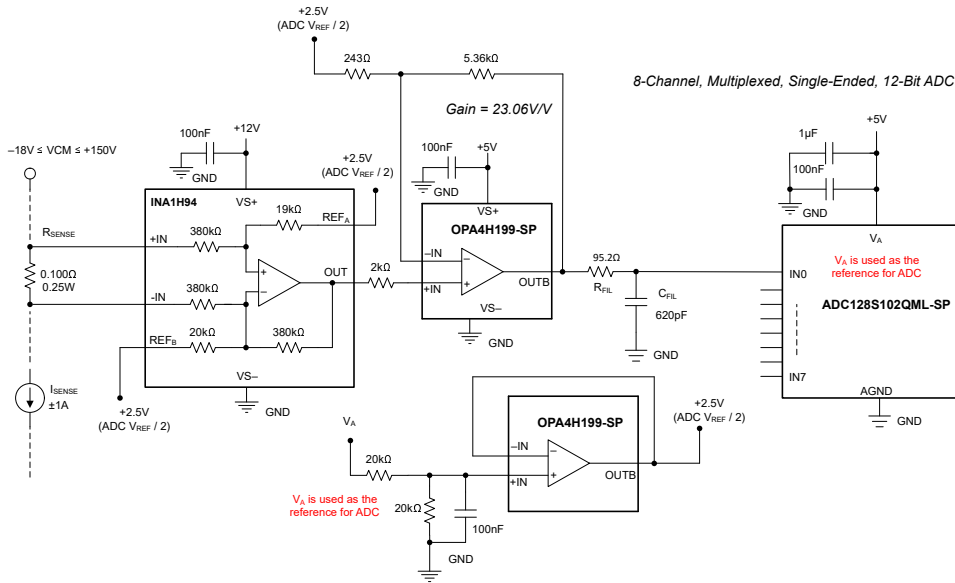


그림 3. INA1H94-SP/-SEP를 이용한 고압측 전류 센싱, 단극 공급

그림 3의 회로 예에서 INA1H94는 +12V(VS+) 및 GND(VS-)의 단극 전원을 통해 전원을 공급받습니다. 헤드룸을 확보하기 위해 REF_A 및 REF_B 핀을 ADC 중간 전압인 2.5V로 설정하여 차동 증폭기 레퍼런스 전압을 GND 이상으로 설정합니다. OPA4H199-SP는 약 23.05V/V의 게인을 지원하는 비반전 게인 구성으로 설정되어 있으며, 연산 증폭기 게인 저항 네트워크도 2.5V(ADC 중간 스케일)를 기준으로 합니다. 이 회로는 차동 증폭기 입력에서 +150V~18V의 공통 모드 전압 범위와 100m Ω 션트 저항 양단에 $\pm 100mV$ 의 입력 차동 전압을 지원합니다. 결과적으로 통해 감지 저항에서 $\pm 1A$ 의 전류를 모니터링할 수 있습니다.

더 넓은 공통 모드 전압이 필요한 시스템의 경우, 그림 4에 나와 있는 것처럼 양극 전원을 사용하여 음의 공통 모드 전압을 확장할 수 있습니다.

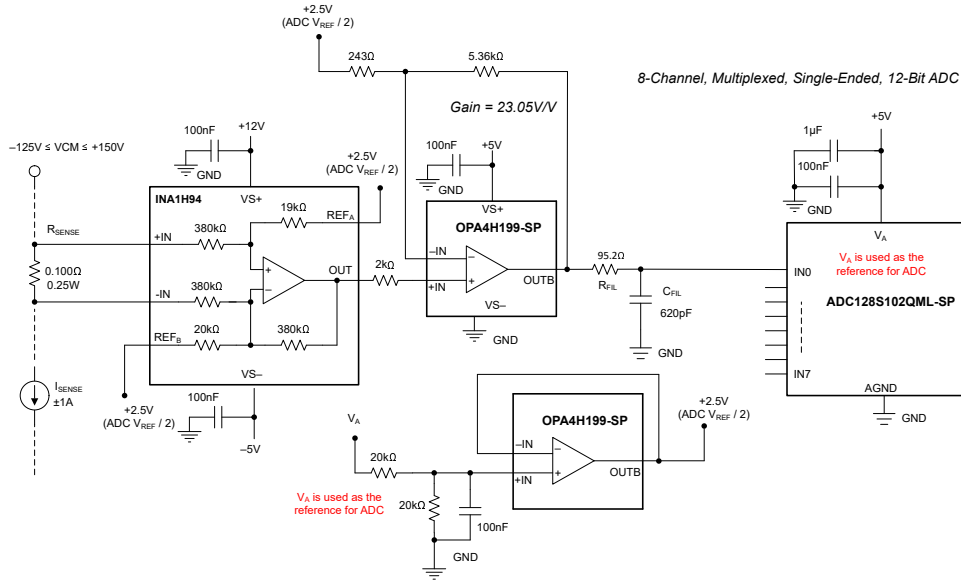


그림 4. INA1H94-SP/-SEP을 사용한 고압측 전류 센싱, 양극 공급

INA1H94-SP/-SEP은 차동 증폭기로, 입력 공통 모드 전압 범위, 차동 입력 전압 범위 및 선형 출력 전압 범위는 양극(V+) 및 음극(VS-) 전원과 레퍼런스 전압 전위 REF_A 및 REF_B의 함수입니다. 시스템 요구 사항에 맞는 다른 부품 값으로 검증 및 시뮬레이션하려면 INA1H94-SP/-SEP 차동 증폭기 입력/출력 범위 파인더 툴을 참조하여 장치의 입력 공통 모드 범위를 확인하십시오.

표 3은 음극 전원 레일을 추가 시 INA1H94의 공통 모드 전압이 -140V까지 대폭 확장되는 방법을 보여줍니다.

	단극 공급	양극 공급
전원 전압	VS+ = +12V, VS- = GND	VS+ = +12V, VS- = -5V
레퍼런스 전압	REF _A = REF _B = 2.5	REF _A = REF _B = 2.5
공통 모드 범위	-18V < V _{CM} < +150V	-140V < V _{CM} < +150V
차동 입력 범위	±100mV	±100mV
선트 저항	100mΩ	100mΩ
입력 전류 범위	±1 A	±1 A
OPA4H199 출력	+0.194 < V _O < 4.806V	+0.194 < V _O < 4.806V

자세히 보기

- 텍사스 인스트루먼트, 방사능 저항 배터리 관리 시스템, 레퍼런스 설계
- 텍사스 인스트루먼트, 정밀 일치 저항 분할기 쌍을 사용하여 차동 증폭기 회로에서 CMRR 최적화, 애플리케이션 노트

EVM, 툴 및 샘플 주문 정보

- TI.com에서 제공되는 엔지니어링 모델(INA1H94HKX/EM)을 사용하여 INA1H94-SP의 성능을 확인해 보십시오!
- INA1H94-SP/-SEP 입력/출력 전압 범위 파인더 툴
- INA1H94-SP 데이터시트
- INA1H94-SEP 데이터시트
- INA1H94-SP 평가 모듈
- INA1H94-SP 평가 모듈 사용 설명서

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 비침해에 대한 명시적 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 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 [TI의 판매 약관](#), [TI의 일반 품질 지침](#) 또는 [ti.com](#) 이나 해당 TI 제품과 함께 제공되는 기타 조건의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다. TI가 명시적으로 제품을 사용자 정의 또는 고객 정의용으로 지정하지 않는 한, TI 제품은 범용의 표준 카탈로그 장치입니다.

TI는 사용자가 제안할 수 있는 어떠한 추가적이거나 상이한 조건도 반대하며 이를 거부합니다.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

최종 업데이트: 2025/10/25

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), 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 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](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on [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. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025