

듀얼 공급 이산형과 일체형 계측 증폭기의 비교

Peter Semig
Applications Manager

Jacob Nogaj
Applications Engineer

Jerry Madalvanos
Applications Engineer

머리말

개별 계측 증폭기(IA) 설계와 통합 IA 설계의 장점과 단점은 다양하며 종종 논쟁의 여지가 있습니다. 고려해야 할 몇 가지 변수에는 PCB(인쇄 회로 기판) 영역, 게인 범위, 성능(초과 온도) 및 비용 등이 있습니다. 이 문서의 목적은 쿼드 연산 증폭기(연산 증폭기)를 사용하는 개별 IA, 통합 게인 설정 저항(R_G)이 있는 범용 IA, 외부 R_G 를 사용하는 정밀 IA의 세 가지 듀얼 공급 IA 회로를 비교하는 것입니다.

듀얼 공급 회로

그림 1은 텍사스 인스트루먼트(TI) TLV9064 쿼드 연산 증폭기 회로를 사용한 개별 듀얼 공급 IA의 간소화된 회로도입니다. 이 회로에서는 4개의 증폭기 채널 중 3개(A, B 및 C)가 기존의 3개 연산 증폭기 IA로 연결됩니다. 기준 전압(V_{REF})이 접지에 연결됩니다. 네 번째 채널인 D를 사용할 수 없으므로 과도 안정성을 위해 저항을 통해 버퍼-중간 전원(접지)으로 연결됩니다. "R" 레이블이 붙은 모든 저항의 값은 $10k\Omega$ 이며, R_G 는 차동 게인을 설정합니다. 차동 입력 전압은 $V_{IN+} - V_{IN-}$ 이며 출력 전압은 V_{OUT} 입니다. 부하 저항($10k\Omega$)과 디커플링 커패시터와 같은 일부 부품은 표시되지 않습니다. 패키지 관점에서 모든 회로를 그리면 외부 개별 구성품의 수가 표시됩니다.

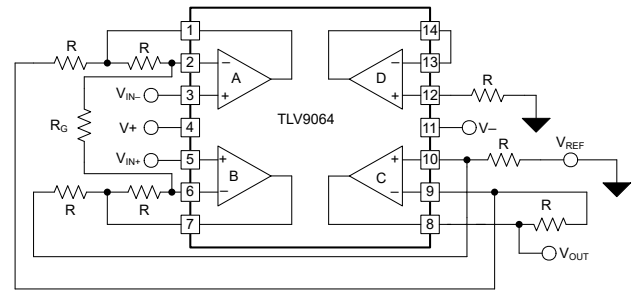


그림 1. 쿼드 연산 증폭기를 사용하는 개별 듀얼 전압 IA.

방정식 1에서는 이 회로의 전송 기능을 제공합니다.

$$V_{OUT} = (V_{IN+} - V_{IN-}) \times \left[1 + \frac{20k\Omega}{R_G} \right] \quad (1)$$

설계자는 PCB 면적과 성능이 비용 및 게인 범위에 보조적인 경우 일반적으로 개별 IA를 선택합니다. 이 비교를 위해 TI의 **TLV9064IRUCR** 연산 증폭기가 넓은 대역폭($10MHz$)과 낮은 일반 초기 입력 오프셋 전압($V_{OS(일반)} = 300\mu V$)을 가진 레일 투 레일 입력/출력 장치(RRIO)이며 소형 패키지($RUC = X2QFN = 4mm^2$)로 선택되어 있습니다. RUC/X2QFN 패키지에는 저렴한 RRIO 쿼드 연산 증폭기가 있지만 대역폭과 일반적인 오프셋 전압이 희생됩니다.

개별 IA의 설계 우선 순위에 따라 저렴한 $\pm 1\%$ 허용 오차, $\pm 100ppm/^\circ C$ 드리프트 저항이 설치되었습니다. 이 저항은 초기 값뿐 아니라 온도에 따라 크게 드리프트가 될 수 있습니다. R_G 가 외부이므로 이 구성의 게인은 주로 연산 증폭기의 입력 오프셋 전압으로 제한됩니다.

그림 2는 R_G 가 통합된 범용 듀얼 공급 IA인 TI **INA350ABS**의 간소화된 회로도입니다. V_{REF} 가 접지에 연결됩니다. 이 회로는 IA의 모든 저항을 통합합니다. 차동 입력 전압은

$V_{IN+} - V_{IN-}$ 이며 출력 전압은 V_{OUT} 입니다. 부하 저항($10\text{ k}\Omega$)과 디커플링 커패시터와 같은 일부 부품은 표시되지 않습니다. IA의 게인은 핀 1에 연결된 스위치를 기준으로 설정됩니다(개방 = 20V/V , 폐쇄 = 10V/V). 실제 애플리케이션에서는 스위치가 존재하지 않습니다. 장치를 활성화하려면 핀 8(SHDN)을 $V+$ 에 연결하거나 플로팅 상태로 둡니다.

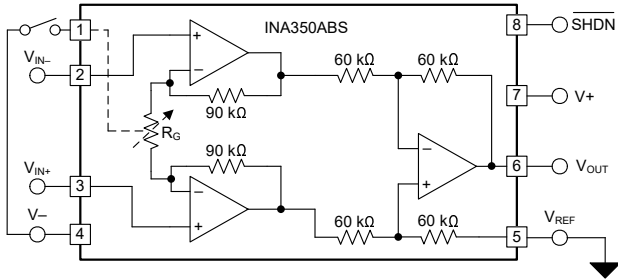


그림 2. R_G 가 통합된 범용 듀얼 공급 IA

방정식 2에서는 이 회로의 전송 기능을 제공합니다.

$$V_{OUT} = (V_{IN+} - V_{IN-}) \times \left[10 \frac{V}{V} \text{ or } 20 \frac{V}{V}\right] \quad (2)$$

설계자는 요구 사항에 따라 비용, 성능 및 PCB 영역의 균형이 요구되는 경우 일반적으로 이 IA를 선택합니다. 이 비교에서는 경제성, 성능, 소형 패키지(리드 DSG = WSON = 4mm^2), 선택 가능한 게인(10V/V 또는 20V/V), 낮은 일반 입력 오프셋 전압($V_{OS(\text{일반})} = 200\ \mu\text{V}$) 때문에

INA350ABSIDSGR IA가 선택되었습니다. 이 구현에는 외부 구성품이 필요하지 않습니다. 더 높은 게인을 필요로 하는 설계의 경우 INA350CDS는 30V/V 또는 50V/V 의 게인을 가집니다

그림 3는 외부 R_G 가 장착된 TI INA333 정밀 듀얼 공급 IA의 간소화된 회로도입니다. V_{REF} 가 접지에 연결됩니다. 이 회로에서 IA는 R_G 를 제외한 모든 저항을 통합합니다. 차동 입력 전압은 $V_{IN+} - V_{IN-}$ 이며 출력 전압은 V_{OUT} 입니다. 부하 저항($10\text{ k}\Omega$)과 디커플링 커패시터와 같은 일부 부품은 표시되지 않습니다.

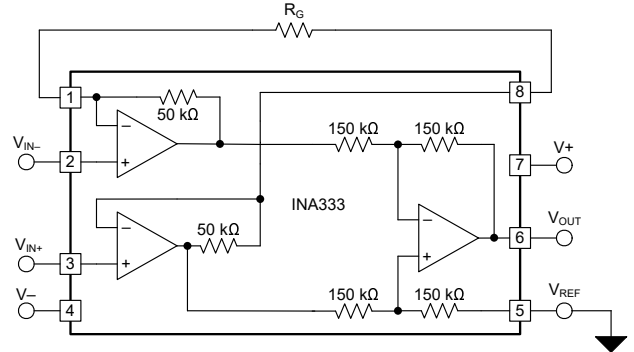


그림 3. 외부 R_G 가 있는 정밀 듀얼 공급 IA

방정식 3에서는 이 회로의 전송 기능을 제공합니다.

$$V_{OUT} = (V_{IN+} - V_{IN-}) \times \left[1 + \frac{100\text{ k}\Omega}{R_G}\right] \quad (3)$$

설계자들은 성능이 최우선 순위에 있을 때 보통 정밀 IA를 사용합니다. 이 비교에서 INA333AIDRGR 정밀 IA는 저전압(5V)이고, 탁월한 정밀도($G = 1\text{ V/V}$, $V_{OS(\text{일반})} = 35\ \mu\text{V}$)이며 소형 패키지(DRG = WSON = 9mm^2)를 가지고 있기 때문에 선택되었습니다. 온도에 따른 성능은 외부 R_G 선택에 따라 달라집니다. 따라서 기본 설계 우선 순위인 성능에 일관성을 유지하기 위해 $10\text{V/V}(\pm 0.05\%, \pm 10\text{ppm}/^\circ\text{C})$ 의 게인에 정밀 R_G 를 사용했습니다. 정밀 연산 증폭기가 통합되어 있어 이 구현 방법은 탁월한 게인 범위($1\text{V/V} \sim 1,000\text{ V/V}$)를 제공합니다. 하지만 통합 정밀 연산 증폭기와 필요한 정밀 R_G 를 고려할 때 전체 비용이 다른 두 솔루션보다 더 많 습니다.

PCB 레이아웃

온도 강제 장치의 노즐이 들어갈 수 있는 원형 영역에 위에 설명한 세 개의 회로가 포함된 이 비교를 위해 특별히 설계된 PCB입니다. 각 회로에 동일한 입력 신호를 제공하도록 주의를 기울여 "누설"에 대한 우려를 완화했습니다. 절연을 위해 각 출력은 별도로 라우팅되었습니다.

그림 4에서는 디커플링 커패시터를 포함하여 각 솔루션의 상대적 크기를 비교할 수 있도록 각 IA 회로의 단순화된 레이아웃을 보여줍니다. 비교를 위해 가장 작은 장치 패키지와 함께 0402 패키지의 저항기 및 커패시터를 사용했습니다.

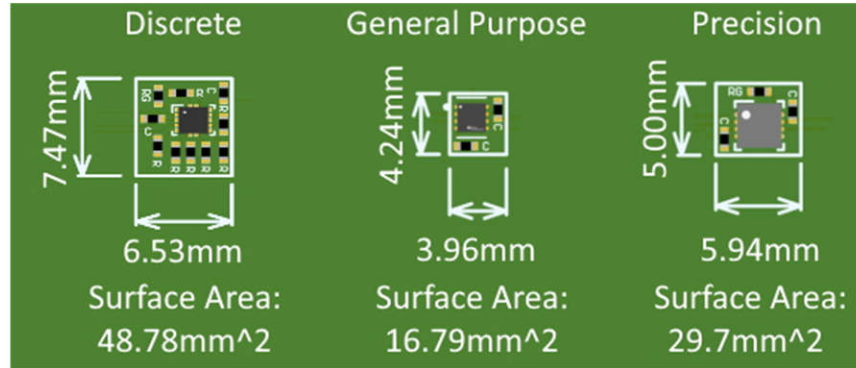


그림 4. 듀얼 공급 IA 회로를 위한 간소화된 PCB 레이아웃 비교.

보시다시피, 이산형 IA 구현은 두 개의 통합 솔루션에 비해 상당히 큼니다. 또한 R_G가 통합되고 전체적으로 더 작은 다이 크기를 갖춘 범용 IA 레이아웃은 정밀 IA 레이아웃의 거의 절반 크기에 육박합니다.

측정 결과

게인과 오프셋 오류는 전체 온도에 걸친 각 회로의 상대 성능 측정값으로 사용되었습니다. 기준 측정으로, 정밀 듀얼 공급 IA는 1 V/V (R_G = 개방)의 게인을 얻었습니다. 각 스위치에 대해 입력 신호는 출력 전압 범위가 -2V에서 +2V까지로 조정되었습니다.

표 1에는 전체 온도 범위에서 정밀 IA, G = 1V/V의 기준선 게인 및 오프셋 오류가 나와 있습니다. 이 표에는 측정 시스템을 검증하기 위한 데이터 시트의 일반적인 게인 및 오프셋 오류 값이 포함되어 있습니다.

온도	-40°C		0°C		25°C		100°C		125°C	
	게인	오프셋	게인	오프셋	게인	오프셋	게인	오프셋	게인	오프셋
측정값(일반 데이터 시트)	0.00270%	10.1µV	0.00019%	9.1µV	-0.00281% (±0.01%)	7.5µV (±35µV)	-0.00523%	23.5µV	-0.00572%	31.2µV

표 1. 정밀 IA 게인 및 오프셋 오류 대 온도(G = 1V/V).

표 2에는 10V/V의 게인과 온도에 걸쳐 모든 IAS에 대한 게인 및 오프셋 오류(출력 참조[RTO])가 나와 있습니다. 녹색 음영은 각 온도에서의 최고 성능 구현을 나타냅니다.

온도	-40°C		0°C		25°C		100°C		125°C	
	게인	오프셋	게인	오프셋	게인	오프셋	게인	오프셋	게인	오프셋
개별 IA	-0.60853%	-4.09 mV	-0.70079%	-3.67 mV	-0.73929%	-4.07 mV	-0.90846%	-4.07 mV	-0.95486%	-3.69 mV
범용 IA	-0.02532%	2.07 mV	-0.03182%	2.05 mV	-0.00250%	2.04 mV	0.00876%	2.12 mV	-0.00970%	2.21 mV
정밀 IA	0.17320%	-58.8µV	0.08103%	-43.2µV	0.02941%	-35.2µV	-0.06125%	-2.2µV	-0.07883%	33.8µV

표 2. 게인 및 오프셋 오류(RTO) 대 온도(게인 = 10V/V).

성능 측면에서 표 1 및 표 2은(는) 외부 R_G가 없는 정밀 듀얼 공급 IA가 다른 모든 솔루션보다 우수하다는 것을 보여줍니다. 게인 오류 관점에서 볼 때 범용 및 정밀 IA 솔루션은 서로 비슷합니다. 이는 범용 솔루션이 R_G를 통합하는 반면, G = 10 V/V 정밀 IA 구현에는 외부 R_G가 필요하기 때문입니다. 오프셋 오류를 볼 때 정밀 IA 솔루션은 분명히 가장 정확하지만 범용 오프셋 오류는 개별 솔루션의 절반 수준입니다. 전반적으로, 개별 IA는 두 통합 솔루션에 비해 성능이 크게 저하되었습니다.

결론

많은 설계자는 일반적으로 저렴한 애플리케이션에 개별 솔루션을 구현하는 반면, 새로운 범용 IAS(예: TI의 **INA350**)는 전체 비용이 낮고 성능이 떨어질 가능성이 있습니다. 게인에 따라 **INA333**과 같은 정밀 IA가 우수한 성능과 게인 범위를 제공할 수 있지만, 특히 온도에 따른 외부 R_G가 성능에 중요한 요소입니다.

표 3에 비교 내용이 요약되어 있습니다.

	PCB 영역	게인 범위	성능	비용
개별 IA	48.78 mm ²	1 V/V ~ 100 V/V	양호	\$\$
범용 IA	16.79 mm ²	10, 20, 30, 50V/V	우수	\$
정밀 IA	29.7 mm ²	1 V/V ~ 1,000 V/V	최고	\$\$\$\$

표 3. 듀얼 공급 IA 회로 솔루션 비교.

다음에 이중 공급 IA를 설계할 때는 이 기사에 설명된 장단점을 고려하십시오. 가장 높은 정확도를 필요로 하는 애플리케이션에는 정밀 IAS가 가장 적합합니다. 비용 효율적인 성능이 필요한 애플리케이션의 경우 선택은 더 이상 개별 IA를 구축하는 것만큼 쉽지 않습니다. 새로운 범용 IA는 개별 솔루션보다 훨씬 나은 성능을 제공하는 동시에 PCB 영역을 줄이고 시스템 비용을 절감할 수 있습니다.

중요 알림: 이 문서에 기술된 텍사스 인스트루먼트의 제품과 서비스는 TI의 판매 표준 약관에 의거하여 판매됩니다. TI 제품과 서비스에 대한 최신 정보를 완전히 숙지하신 후 제품을 주문해 주시기 바랍니다. TI는 애플리케이션 지원, 고객의 애플리케이션 또는 제품 설계, 소프트웨어 성능 또는 특허권 침해에 대해 책임을 지지 않습니다. 다른 모든 회사의 제품 또는 서비스에 관한 정보 공개는 TI가 승인, 보증 또는 동의한 것으로 간주되지 않습니다.

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

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 © 2023, Texas Instruments Incorporated