具有多路复用友好型输入的 TLVx886 零漂移、低功耗、低噪声运算放大器

1 特性

- 高直流精度
  - 零温漂：0.01 μV/°C
  - 低失调电压：3 μV
  - 高 PSRR：150dB
  - 高 CMRR：150dB
- 出色的交流性能：
  - 增益带宽：5.4MHz
  - 压摆率：13V/μs
  - 低噪声：9.5nV/√Hz
- 负电源轨输入，轨到轨输出
- 低静态电流：570μA
- 电源电压范围：4.5V 至 36V
- 温度：-40°C 至 +125°C
- 保护特性：
  - 热关断
  - 相位反转保护
  - 闩锁效应保护

2 应用

- PC PSU 和游戏机单元
- 商用直流/直流
- 流量变送器
- 压力变送器
- 商用电池充电器
- 电表

3 说明

TLV886、TLV2886 和 TLV4886 (TLVx886) 是低噪声、宽带宽、零漂移运算放大器。这些运算放大器在宽温度范围内具有仅 15μV 的偏移电压（最大值）和 0.05μV/°C 的偏移电压漂移（最大值）。

TLVx886 具有宽带宽和低功耗，适用于广泛的通用应用。该系列器件配备专有的多路复用器友好型输入架构，可提升多通道、多路复用应用的性能。

TLVx886 卓越的直流与交流性能，使其成为高精度、低噪声应用场景的理想选择，涵盖模拟输入模块、电池测试及精密仪器等领域。

TLVx886 提供业界通用封装以及微型封装，可适用于空间受限的应用。这些器件的指定工作温度范围为 -40°C 至 +125°C。

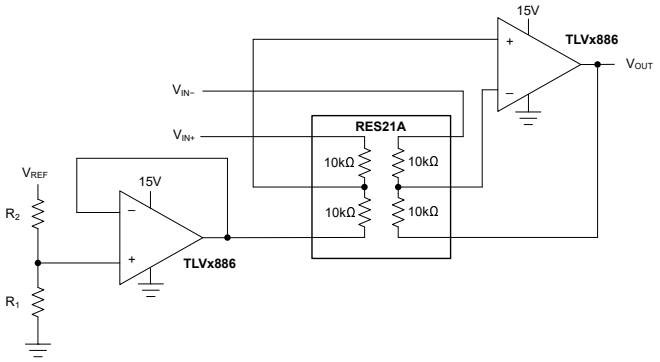
封装信息

器件型号(1)	通道数	封装(2)	封装尺寸(3)
TLV886	单通道	D（SOIC，8）	4.90mm × 6.00mm
		DBV（SOT-23，5）	2.90mm × 2.80mm
		DRL（SOT，5）	1.60mm × 1.60mm
TLV2886	双通道	D（SOIC，8）	4.90mm × 6.00mm
		DGK (VSSOP-8)	3.00mm × 4.90mm
		DSG (WSON-8)	2.00mm × 2.00mm
TLV4886	四通道	D（SOIC，14）	8.65mm × 6.00mm
		PW (TSSOP-14)	5.00mm × 6.40mm

(1) 预发布信息（非量产数据）。
(2) 有关更多信息，请参阅 节 10。
(3) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。

相关产品

器件型号	温漂	增益带宽	噪声	电源电流
TLVx888	50nV/°C	14MHz	7.5nV/√Hz	1.5mA



差分放大器

ADVANCE INFORMATION

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

ADVANCE INFORMATION

内容

1 特性.... 1
2 应用.... 1
3 说明.... 1
4 引脚配置和功能.... 3
5 规格.... 5
5.1 绝对最大额定值.... 5
5.2 ESD 等级.... 5
5.3 建议运行条件.... 5
5.4 热性能信息：TLV886.... 6
5.5 热性能信息：TLV2886.... 6
5.6 热性能信息：TLV4886.... 6
5.7 电气特性.... 7
6 详细说明.... 9
6.1 概述.... 9
6.2 功能方框图.... 9
6.3 特性说明.... 9
6.4 器件功能模式.... 12
7 应用和实施.... 13
7.1 应用信息.... 13
7.2 典型应用.... 16
7.3 电源相关建议.... 19
7.4 布局.... 20
8 器件和文档支持.... 22
8.1 器件支持.... 22
8.2 文档支持.... 22
8.3 接收文档更新通知.... 22
8.4 支持资源.... 22
8.5 商标.... 23
8.6 静电放电警告.... 23
8.7 术语表.... 23
9 修订历史记录.... 23
10 机械、封装和可订购信息.... 23

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

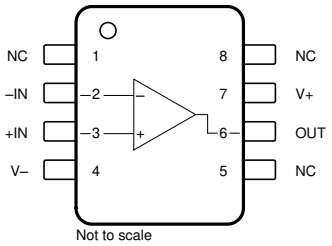


图 4-1. TLV886：D 封装，8 引脚 SOIC（顶视图）

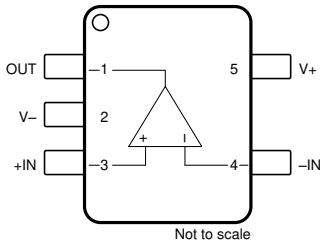


图 4-2. TLV886：DBV 封装，5 引脚 SOT-23（顶视图）

表 4-1. 引脚功能：TLV886

引脚			类型	说明
名称	编号			
	D	DBV		
– IN	2	4	输入	反相输入
+IN	3	3	输入	同相输入
NC	1、8、5	–	_	无连接（可以悬空）
OUT	6	1	输出	输出
V –	4	2	电源	负（最低）电源
V+	7	5	电源	正（最高）电源

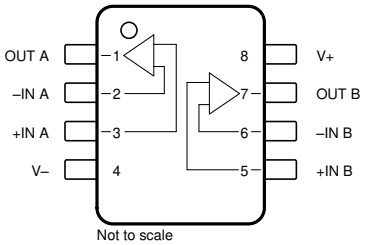


图 4-3. TLV2886：D 封装，8 引脚 SOIC 和 DGK 封装，8 引脚 VSSOP（顶视图）

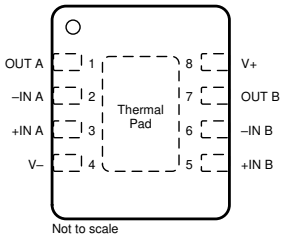


图 4-4. DSG 封装，8 引脚 WSON（带外露散热焊盘）（顶视图）

表 4-2. 引脚功能：TLV2886

引脚		类型	说明
名称	编号		
– IN A	2	输入	反相输入通道 A
– IN B	6	输入	反相输入通道 B
+IN A	3	输入	同相输入通道 A
+IN B	5	输入	同相输入通道 B
OUT A	1	输出	输出通道 A
OUT B	7	输出	输出通道 B
V –	4	电源	负电源
V+	8	电源	正电源

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

表 4-2. 引脚功能：TLV2886（续）

引脚		类型	说明
名称	编号		
散热焊盘[(1)]	-	-	将散热焊盘连接到负电源 (V－)。有关更多信息，另请参阅*具有外露散热焊盘的封装*。

(1) 仅限 DSG 封装

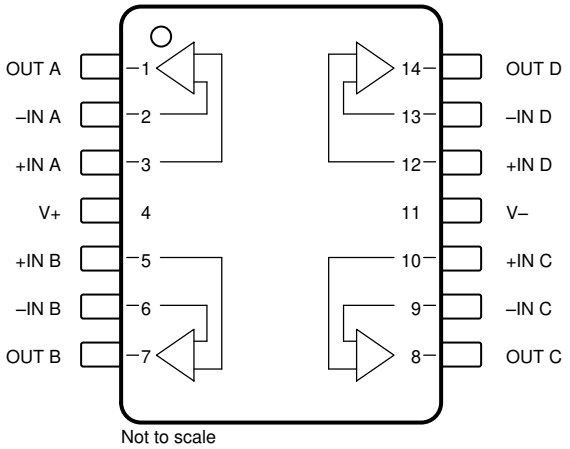


图 4-5. TLV4886：D 封装，14 引脚 SOIC 和 PW 封装，14 引脚 TSSOP（顶视图）

表 4-3. 引脚功能：TLV4886

引脚		类型	说明
名称	编号		
－IN A	2	输入	反相输入通道 A
－IN B	6	输入	反相输入通道 B
－IN C	9	输入	反相输入通道 C
－IN D	13	输入	反相输入通道 D
+IN A	3	输入	同相输入通道 A
+IN B	5	输入	同相输入通道 B
+IN C	10	输入	同相输入通道 C
+IN D	12	输入	同相输入通道 D
OUT A	1	输出	输出通道 A
OUT B	7	输出	输出通道 B
OUT C	8	输出	输出通道 C
OUT D	14	输出	输出通道 D
V－	11	电源	负电源
V+	4	电源	正电源

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）[(1)]

			最小值	最大值	单位
V_S	电源电压			40	V
	输入信号电压	共模	(V–) – 0.5	(V+) + 0.5	V
		差分		(V+) – (V–)	
	电流			±10	mA
	输出短路[(2)]		持续		
T_A	工作温度		-55	150	°C
T_J	结温			150	°C
T_{stg}	贮存温度		-65	150	°C

(1) 超出*绝对最大额定值*范围操作可能会导致器件永久损坏。*绝对最大额定值* 并不表示器件在这些条件下或在*建议的工作条件* 以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出 *建议运行条件* 但在*绝对最大额定值* 范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
(2) 接地短路，每个封装对应一个放大器。该器件旨在限制因输出电流过大而造成的电气损坏，但延长的短路电流，尤其是较高的电源电压下，可能会导致过热并最终导致热损坏。

5.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准[(1)]	±4000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准[(2)]	±250	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

			最小值	标称值	最大值	单位
V_S	电源电压，(V+) – (V–)	单电源	4.5		36	V
		双电源	±2.25		±18	
T_A	工作温度		-40		125	°C

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

5.4 热性能信息：TLV886

热指标[1]		TLV886		单位
		D (SOIC)	DBV (SOT-23)	
		8 引脚	5 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	144	197	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	82	96	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	89	65	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	26	33	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	88	65	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	不适用	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热指标*应用手册。

5.5 热性能信息：TLV2886

热指标[1]		TLV2886		单位
		D (SOIC)	DGK (VSSOP)	
		8 引脚	8 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	132	159	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	72	53	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	82	93	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	20	3	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	81	92	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	不适用	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热指标*应用手册。

5.6 热性能信息：TLV4886

热指标[1]		TLV4888		单位
		D (SOIC)	PW (TSSOP)	
		14 引脚	14 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	95	103	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	56	37	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	54	61	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	18	9	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	54	60	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	不适用	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热性能指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热性能指标*应用手册。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.7 电气特性

T_A = 25°C，V_S = 4.5V 至 36V，V_{CM} = V_{OUT} = V_S / 2 且 R_L = 10kΩ 连接至 V_S / 2（除非另有说明）

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
失调电压							
V_{OS}	输入失调电压(1)				±3	±15	μV
		T_A = -40°C 至 +125°C				±20	
dV_{OS}/dT	输入失调电压漂移(1)	T_A = -40°C 至 +125°C			±0.01	±0.05	μV/°C
PSRR	电源抑制比(1)	T_A = -40°C 至 +125°C			±0.03	±0.5	μV/V
输入偏置电流							
I_B	输入偏置电流(1)				±50	±350	pA
		T_A = -40°C 至 +125°C				±7	nA
I_{OS}	输入失调电流(1)				±100	±600	pA
		T_A = -40°C 至 +125°C				±3	nA
噪声							
E_n	输入电压噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz			0.27		$μV_{PP}$
e_n	输入电压噪声密度	f = 10Hz			9.5		nV/√Hz
		f = 100Hz			9.5		
		f = 1kHz			9.5		
i_n	输入电流噪声密度	f = 1kHz			200		fA/√Hz
输入电压							
V_{CM}	共模电压			(V－) － 0.1		(V+) － 2	V
CMRR	共模抑制比	(V－) － 0.1V ≤ V_{CM} ≤ (V+) － 2V	V_S = ±2.25V	118	135		dB
			V_S = ±18V	140	150		
		(V－) － 0.1V ≤ V_{CM} ≤ (V+) － 2V，T_A = －40°C 至 +125°C(1)	V_S = ±2.25V	118	130		
			V_S = ±18V	140	150		
输入阻抗							
z_{id}	差分输入阻抗				100 ‖ 1.6		MΩ ‖ pF
z_{ic}	共模输入阻抗				1 ‖ 1.9		TΩ ‖ pF
开环增益							
A_{OL}	开环电压增益	V_S = ±15V，(V－) + 0.6V < V_O < (V+) － 0.6V，R_{LOAD} = 10kΩ		130	148		dB
			T_A = -40°C 至 +125°C(1)	130			
		V_S = ±15V，(V－) + 1V < V_O < (V+) － 1V，R_{LOAD} = 2kΩ		130	144		
			T_A = -40°C 至 +125°C(1)	130			

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

5.7 电气特性（续）

T_A = 25°C，V_S = 4.5V 至 36V，V_{CM} = V_{OUT} = V_S / 2 且 R_L = 10kΩ 连接至 V_S / 2（除非另有说明）

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
频率响应							
GBW	增益带宽积				5.4		MHz
SR	压摆率	增益 = 1，10V 阶跃			13		V/μs
THD+N	总谐波失真 + 噪声	增益 = 1，f = 1kHz，V_{OUT} = $4V_{RMS}$			0.00012%		
	串扰	f = 100kHz			110		dB
t_S	趋稳时间	增益 = 1，10V 阶跃	达 0.1%		1.5		μs
			达 0.01%		15		
t_{OR}	过载恢复时间	V_{IN} × 增益 = V_S = ±18V			950		ns
输出							
V_O	相对于电源轨的电压输出摆幅	正电源轨，V_S = 30V	无负载(1)		26	40	mV
			R_{LOAD} = 10kΩ		122	150	
			R_{LOAD} = 2kΩ		500	575	
		负电源轨，V_S = 30V	无负载(1)		26	40	
			R_{LOAD} = 10kΩ		112	135	
			R_{LOAD} = 2kΩ		515	575	
		R_{LOAD} = 10kΩ，T_A = –40°C 至 +125°C，两个电源轨(1)				250	
I_{SC}	短路电流				±52		mA
C_{LOAD}	容性负载驱动				请参阅*典型特性*		pF
Z_O	开环输出阻抗	f = 1MHz			460		Ω
电源							
I_Q	每个放大器的静态电流	V_S = ±2.25V (V_S = 4.5V)，I_O = 0A			570	630	μA
			T_A = -40°C 至 +125°C(1)		570	650	
		V_S = ±18V (V_S = 36V)，I_O = 0A			570	615	
			T_A = -40°C 至 +125°C(1)		570	620	

(1) 根据器件组装工作台系统测量值建立的规范。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 详细说明

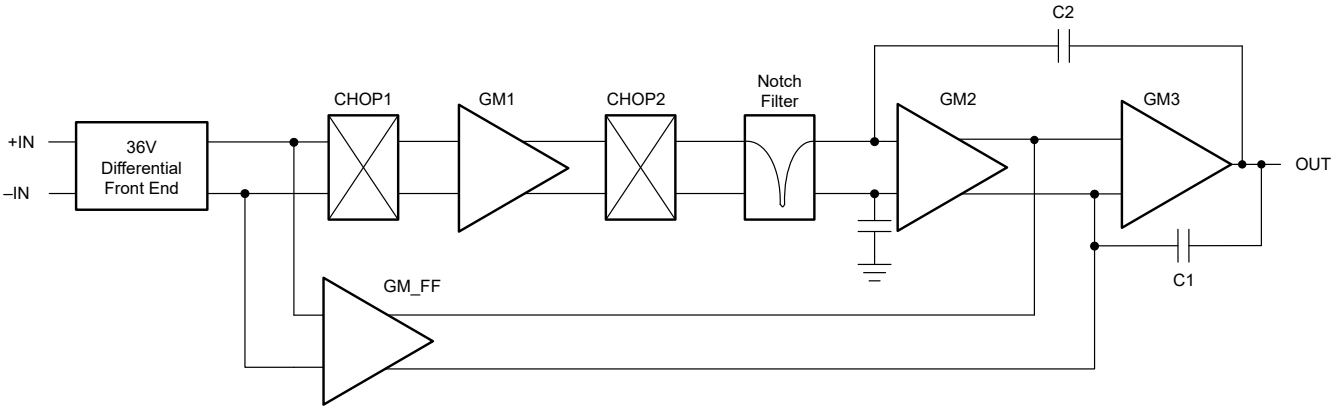
6.1 概述

TLVx886 运算放大器兼具精密的偏移和漂移与出色的总体性能，使该器件成为许多精密应用的理想选择。仅为 0.01μV/°C 的精密温漂可在 -40°C 至 +125°C 的整个工作温度范围内提供稳定性。此外，该器件还可提供出色的线性性能以及高 CMRR、PSRR 和 A_{OL}。与所有放大器一样，具有嘈杂或者高阻抗电源的应用需要放置在靠近器件引脚的去耦合电容器。在大多数情况下，0.1μF 电容器已足够满足需求。有关详细信息和布局示例，请参阅 节 7.4。

TLVx886 属于支持多路复用器的零漂移运算放大器系列。该器件的工作电压为 4.5V 至 36V，静态电流消耗低于 1mA，单位增益稳定，旨在用于各种通用应用和精密应用。零漂移架构提供超低输入偏移电压，并且随温度变化和时间推移实现接近于零的输入偏移电压漂移。该架构选项还提供出色的交流性能，如低宽带噪声，以及在低于斩波频率运行时实现零闪烁噪声。

以下部分显示了专有 TLVx886 架构的表示形式。

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

TLVx886 运算放大器使用专有的周期性自动校准技术，可提供非常低的输入偏移电压以及随时间和温度变化的输入偏移电压漂移。这些器件具有多种集成功能，有助于在各种应用中保持高精度水平。其中包括相位反转保护、EMI 抑制、电气过载保护和 MUX 友好型输入。

优化斩波放大器精度 和*运算放大器偏移电压和偏置电流限制* 应用手册详细介绍了用于保持 TLVx886 指定性能的若干设计技术和注意事项。

6.3.1 输入共模范围

TLVx886 的额定工作电压范围是 4.5V 至 36V（±2.25V 至 ±18V）。TLVx886 提供宽输入共模电压 (V_{CM}) 范围（包括负电源轨），因此成为单个电源操作的理想选择。正电源轨的输入共模电压限制为 (V+) − 2V。将输入共模电压限制为 (V－) － 0.1V ≤ V_{CM} ≤ (V+) － 2V 以保持指定的性能。

ADVANCE INFORMATION

6.3.2 多路复用器友好型输入

TLVx886 采用专有的输入级设计，允许在保持高输入阻抗的同时施加输入差分电压。通常情况下，高电压 CMOS 或双极结输入放大器具有反向并联二极管，可保护输入晶体管以承受可能超过半导体工艺最大值的高栅极到源极 (V_{GS}) 电压，并防止损坏器件。当施加较大的输入阶跃、在通道之间切换或试图使用放大器作为比较器时，可以强制实施高 V_{GS} 电压。

TLVx886 通过开关输入技术解决了这些问题，该技术可防止在施加较大的差分电压时出现较大的输入偏置电流。这种输入架构解决了开关或多路复用应用中出现的许多问题，其中 RC 滤波网络的较大中断是由较高电势之间的快速切换引起。图 6-1 展示了一个典型应用，在该应用中，多路复用器友好型输入可以提高趋稳时间性能。借助这些设计创新以及内置的压摆率提升和宽带宽，TLVx886 可提供出色的趋稳性能。TLVx886 也可用作比较器。差分和共模输入电压范围仍然适用。

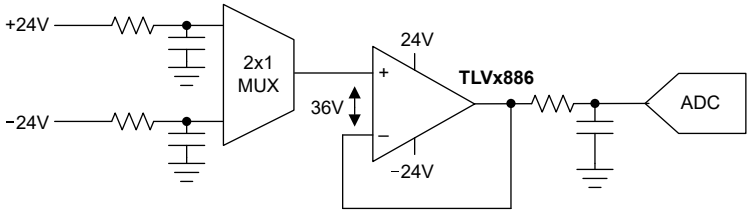


图 6-1. 多路复用应用

6.3.3 相位反转保护

TLVx886 具有内部相位反转保护功能。当输入驱动超出线性共模范围时，一些运算放大器会发生相位反转。这是同相电路中输入驱动超出额定共模电压范围时的最常见的现象，会导致输出反向进入相对的电源轨。TLVx886 的输入采用额外的共模电压来防止相位反转。或者，输出被限制至适当的电源轨。

6.3.4 斩波瞬态

零漂移放大器（如 TLVx886）在输入上使用开关架构来改正放大器的固有偏移和漂移。输入上来自集成开关的电荷注入可能会在放大器的输入偏置电流中引入短时瞬态。这些脉冲极短的持续时间可以防止放大，但是这些脉冲可通过反馈网络与放大器的输出进行耦合。使用低阻值电阻器可以更大限度地减小放大器输出端的输入瞬态影响。使用 RC 网络等低通滤波器，以更大限度地减少由瞬态引起的任何额外噪声。TLVx886 的斩波频率通常为 200kHz。

6.3.5 EMI 抑制

TLVx886 提供良好的集成电磁干扰 (EMI) 抑制性能来降低无线通信、混合使用模拟信号链和数字元件的高密度电路板等干扰源产生的 EMI 干扰影响。通过电路设计技术可改进 EMI 抗扰度；TLVx886 受益于这些设计改进措施。

传导或辐射到运算放大器任何引脚的高频信号都可能导致不利影响，因为放大器环路增益不足，无法校正频谱含量超出带宽的信号。在输入端、电源或输出端上传导或辐射的 EMI 可能会导致意想不到的直流偏置、瞬态电压或其他未知的行为。请注意在敏感模拟节点与噪杂的无线电信号以及数字时钟和接口之间实施适当的屏蔽和隔离。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3.6 电过应力

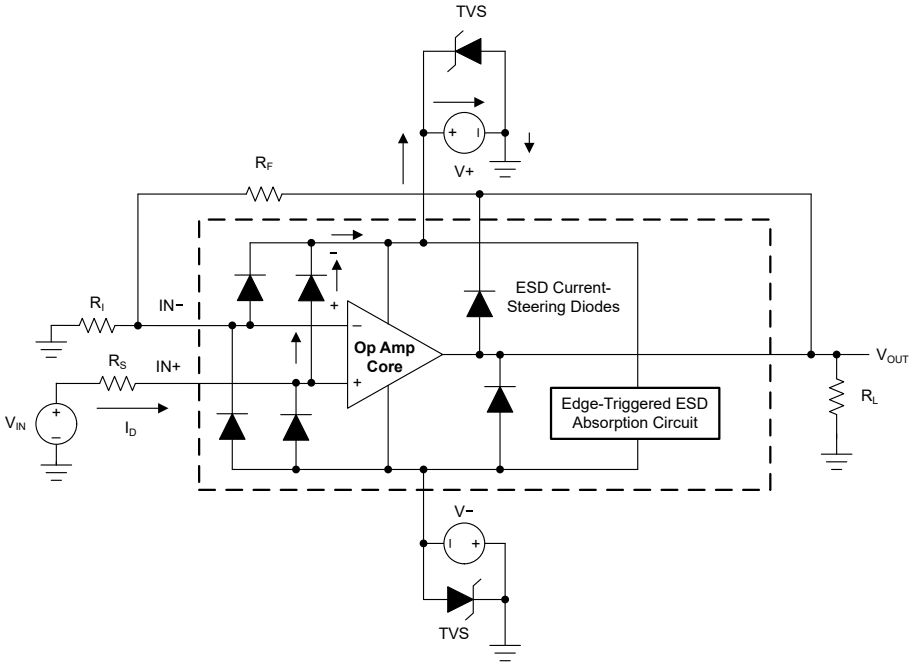
设计人员经常会问到关于运算放大器耐受电过应力的问题。这些问题侧重于器件输入，同时也会涉及电源引脚甚至输出引脚。这些不同引脚功能的每一个功能具有由独特的半导体制造工艺和连接到引脚的特定电路确定的电气过载限值。此外，这些电路均内置内部静电放电 (ESD) 保护功能，可在产品组装之前和组装过程中保护电路不受意外 ESD 事件的影响。

充分了解 ESD 基本电路及其与电气过载事件的关联性会有所帮助。图 6-2 展示了 TLVx886 中包含的 ESD 电路（用虚线区域展示）。ESD 保护电路涉及多个电流驱动二极管。这些二极管从输入和输出引脚方向连接回内部供电线路，并且均连接到运算放大器的内部吸收器件。该保护电路在电路正常工作时处于未运行状态。

ESD 事件可产生短时高电压脉冲，随后在通过半导体器件放电时转换为短时高电流脉冲。ESD 保护电路设计在运算放大器核心周围，旨在为其提供电流路径，以防止造成损坏。保护电路吸收的能量将以热量形式耗散。

当 ESD 电压作用于两个或多个放大器引脚时，电流将流经一个或多个导流二极管。根据电流所选路径，该路径上的吸收器件可能激活。吸收器件具有触发或阈值电压，该电压高于 TLVx886 的正常工作电压，但低于器件击穿电压。超出该阈值后，吸收器件会迅速激活并将电源轨两端电压稳定在安全水平。

图 6-2 显示了当运算放大器接入某个电路时，ESD 保护元件将保持未激活状态，并且不会参与应用电路的运行。不过，如果施加的电压超出指定引脚的工作电压范围，可能会引起一些问题。如果出现这种情况，则存在部分内部 ESD 保护电路可能被偏置并传导电流的风险。此类电流将流经导流二极管路径，但很少涉及吸收器件。



说明：V_{IN} = (V+) + 500mV。

TVS：V+ < $V_{TVSBR\ (min)}$ < 40V，其中 $V_{TVSBR\ (min)}$ 是 TVS 击穿电压的最小额定值。

过压条件下，R_S 的建议值约为 5kΩ。

图 6-2. 与典型电路应用相关的等效内部 ESD 电路

图 6-2 给出了一个具体示例，其中输入电压 (V_{IN}) 高于正电源电压 (V+) 500mV 甚至更多。电路中将发生的具体情况取决于电源特性。如果 V+ 能够灌入电流，那么上面的一个输入导流二极管就会导通，并将电流传导至 $+V_S$。越来越高的 V_{IN} 会带来过高的电流。因此，数据表规范建议将应用的输入电流限制为 10mA。

如果电源无法吸收电流，V_{IN} 会开始将电流拉至运算放大器，然后作为正电源电压源进行接管。这种情况比较危险，因为该电压可能会超出运算放大器的绝对最大额定值。

ADVANCE INFORMATION

另一个常见问题是，如果在电源 V+ 或 V – 为 0V 时向输入施加一个输入信号，放大器将如何响应。同样，此问题取决于电源在 0V 或低于输入信号幅值时的特性。如果电源呈现高阻抗状态，则运算放大器电源电流可由输入源通过导流二极管进行提供。该状态不是放大器的正常偏置条件，可能导致规格下降或运行异常。如果电源表现为低阻态，则通过钳位二极管的电流将变得非常大。电流水平取决于输入源的供电能力以及输入路径中的所有电阻。

如果不确定电源对该电流的吸收能力，可在电源引脚处外接瞬态电压抑制器 (TVS) 二极管；另请参阅 图 6-2。必须正确选择击穿电压，以确保二极管不会在正常工作期间导通。不过，击穿电压必须足够低，以便 TVS 二极管在电源引脚电压上升至超过安全工作电源电压水平时导通。

6.4 器件功能模式

TLVx886 具有单一功能模式，可在电源电压大于 4.5V (±2.25V) 时正常工作。TLVx886 的建议电源电压为 36V (±18V)。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

7.1 应用信息

TLVx886 运算放大器可在增益带宽、噪声和电流消耗之间达到良好的权衡。TLVx886 非常适合需要对极低电平信号进行信号调节的应用，例如电流检测、惠斯通电桥、热电偶、电阻温度检测器 (RTD) 和心电图 (ECG)。低偏移和高带宽可实现非常高的增益配置，而低宽带噪声和接近零的闪烁噪声有助于保持信号保真度。

7.1.1 基本噪声计算

低噪声电路设计需要仔细分析所有噪声源。在许多情况下，外部噪声源可能具有主导作用；应考虑源阻抗对整体运算放大器噪声性能的影响。电路总计噪声是所有噪声分量的平方和根值。

源阻抗的电阻部分产生的热噪声与电阻的方根成正比。源阻抗一般为固定的值；因此，需通过选择运算放大器和反馈电阻来尽可能降低总噪声的相应分量。

图 7-1 显示采用增益配置的同相运算放大器电路。图 7-2 显示采用增益配置的反相运算放大器电路。在增益配置电路中，反馈网络电阻也会产生噪声。通常情况下，运算放大器的电流噪声根据反馈电阻不同，进而产生额外的噪声分量。但是，TLVx886 的低电流噪声意味着我们可以忽略电流噪声的作用。

一般可通过选择合适的反馈电阻值使这些噪声源降低至忽略不计。低阻抗反馈电阻可负载放大器的输出。以下为两种配置的总噪声计算公式。

有关噪声计算的其他资源，请访问 *TI 高精度实验室*。

ADVANCE INFORMATION

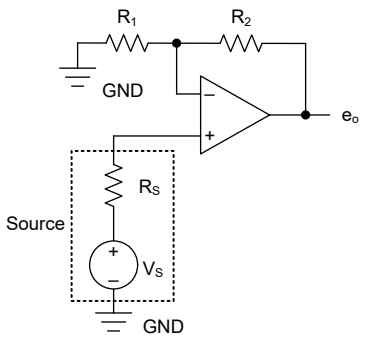


图 7-1. 同相增益配置中的噪声计算

$$E_o = e_o\sqrt{BW_N}\ [V_{RMS}] \tag{1}$$

$$e_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\sqrt{{e_S}^2 + {e_N}^2 + \left(e_{R_1||R_2}\right)^2 + \left(i_N R_S\right)^2 + \left(i_N \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)^2}\left[\frac{V}{\sqrt{Hz}}\right] \tag{2}$$

$$e_S = \sqrt{4k_B T(K) R_S}\left[\frac{V}{\sqrt{Hz}}\right] \tag{3}$$

$$e_{R_1||R_2} = \sqrt{4k_B T(K)\left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)}\left[\frac{V}{\sqrt{Hz}}\right] \tag{4}$$

$$k_B = 1.38065\ \times 10^{-23}\left[\frac{J}{K}\right] \tag{5}$$

$$T(K) = 2.37.15 + T(°C)\ [K] \tag{6}$$

其中

- e_N 是放大器的电压噪声频谱密度。对于 TLVx886，e_n = 10.5nV/ √Hz（1kHz 时）
- i_N 是放大器的电流噪声频谱密度。对于 TLVx886，i_n = 200fA/ √Hz（1kHz 时）
- e_N 是总计噪声密度
- e_S 是 R_S 的热噪声
- $e_{R_1 || R_2}$ 是 R_1 || R_2 的热噪声
- k_B 是玻尔兹曼常数
- T(K) 是以开尔文为单位的温度

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

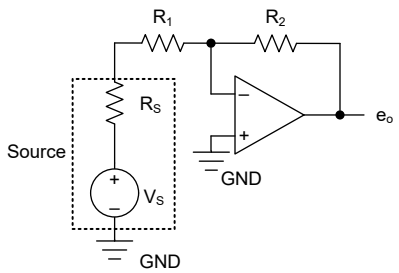


图 7-2. 反相增益配置中的噪声计算

$$E_o = e_o\sqrt{BW_N}\ [V_{RMS}] \tag{7}$$

$$e_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_S + R_1}\right)\sqrt{{e_N}^2 + \left(e_{R_1 + R_S||R_2}\right)^2 + \left(i_N\frac{(R_S + R_1)R_2}{R_S + R_1 + R_2}\right)^2}\left[\frac{V}{\sqrt{Hz}}\right] \tag{8}$$

$$e_{R_1 + R_S||R_2} = \sqrt{4k_BT(K)\left(\frac{(R_S + R_1)R_2}{R_S + R_1 + R_2}\right)}\left[\frac{V}{\sqrt{Hz}}\right] \tag{9}$$

$$k_B = 1.38065\ \times 10^{-23}\left[\frac{J}{K}\right] \tag{10}$$

$$T(K) = 2.37.15 + T(°C)\ [K] \tag{11}$$

其中

- 请参阅
- e_N 是放大器的电压噪声频谱密度。对于 TLVx886，e_n = 10.5nV/ √Hz（1kHz 时）
- i_N 是放大器的电流噪声频谱密度。对于 TLVx886，i_n = 200fA/ √Hz（1kHz 时）
- e_N 是总计噪声密度
- e_S 是 R_S 的热噪声
- $e_{(R_1 + R_S) || R_2}$ 是 $(R_1 + R_S) || R_2$ 的热噪声
- k_B 是玻尔兹曼常数
- T(K) 是以开尔文为单位的温度

ADVANCE INFORMATION

7.2 典型应用

7.2.1 高增益前置放大器

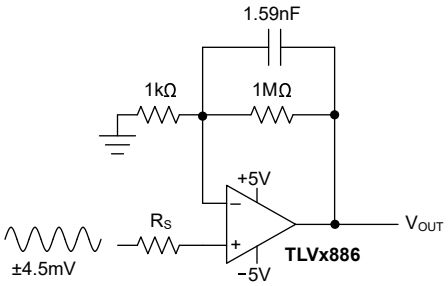


图 7-3. 高增益前置放大器

7.2.1.1 设计要求

信号放大是运算放大器的基本功能之一。放大功能使电子产品能够可靠地与外界连接。某些模拟信号需要专用放大器。此类情况在处理温度、压力及生物电信号时十分常见，这些信号可能仅为毫伏甚至微伏级别。

为使信号能被模数转换器精确数字化，必须采用极高的增益进行信号调理。电路非常简单，但选择正确的放大器至关重要。放大器需具备超低输入偏移与输偏移入漂移、高共模抑制与电源抑制比，以及极低的噪声特性。根据目标信号的频率特性，为实现特定增益下的理想频率响应，需要足够宽的增益带宽。

值得庆幸的是，设计人员可从德州仪器便捷获取具备上述特性的放大器产品。对于需对低电平信号进行极高增益放大的应用，兼具高直流精度与低闪烁噪声的 TLVx886 是极佳的选择。

本设计示例使用以下参数：

- 双电源：±5V
- 增益：1001V/V
- 满标度输入：±4.5mV

以下设计详细信息和公式可用于针对不同的输出电压范围和电流负载重新配置此设计。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.2.1.2 详细设计过程

在设计极高增益配置的放大器时，需要考虑一些特殊因素。具体而言，设计者必须仔细考量放大器固有的输入参考直流误差与噪声。电路的增益会同时放大信号与放大器的误差。为达成对低电平信号的高分辨率与精密测量，放大器必须具备超低漂移和超低噪声特性。

对于传感器产生的标度满 ±4.5mV 信号，要适配 ±10V 的模数转换器 (ADC) 输入范围，必须采用极高的增益。方程式 12 详细说明了选择计算所需增益的过程。输出设置为 ±4.5V，以使放大器保持在线性工作输出电压范围内。

$$\text{Gain} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{4.5V - (-4.5V)}{4.5mV - (-4.5mV)} = 1000\frac{V}{V} \tag{12}$$

任何选择的 R_F 和 R_I 电阻器都可行，但应考虑噪声对系统的影响。如 方程式 13 所述，该配置的输入参考噪声由 R_F 与 R_I 的并联组合决定。

$$e_{nr} = \sqrt{4KT\frac{R_F R_I}{R_F + R_I}} \tag{13}$$

当增益非常大时，R_F 远大于 R_i，输入基准电阻噪声由 R_i 给出。当然，将 R_I 设置为尽可能小，可提供出色的噪声性能。需要注意，放大器的稳定性决定了 R_I 的最小取值极限，从而也限定了 R_F 的最大范围。在此应用中，将 R_I 设置为 1kΩ 能实现良好的性能平衡。

许多过程控制与生物电信号传感器输出的信号极其微弱，接近直流电平，其频率通常低于 10Hz。为达成最佳的噪声抑制性能，可通过 C_F 与 R_R 设定 10Hz 低通滤波器以限制带宽。在接近直流电平的情况下，大器的闪烁噪声会限制电路的噪声性能。TLVx886 提供超低闪烁噪声，通常约为 180nV$_{PP}$。电路的总集成输出噪声如 图 7-4 所示。总集成噪声是电阻器噪声与放大器固有噪声的共同函数。

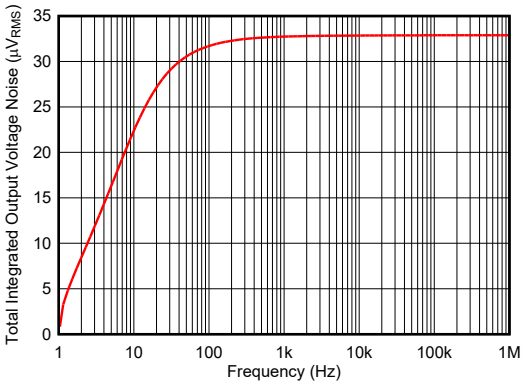


图 7-4. 总集成输出电压噪声

直流精度同样至关重要，它决定了电路的整体准确度。尽管输入偏移电压可通过校准消除，但对某些应用而言，输入偏移漂移的校准往往成本过高或过于繁琐。TLVx886 具有极低的输入偏移电压与输入偏移电压漂移特性。电路误差百分比可通过 方程式 14 计算得出。TLVx886 具备极高的共模抑制比和电源抑制比，因此在本分析中可忽略这些因素的影响。

$$\text{Error}_{dc} = \left(\frac{V_{os} + V_{os_drift} + V_{os_CMRR} + V_{os_PSRR}}{V_{IN}}\right) \times 100 \tag{14}$$

TLVx886 在 85°C 工作温度下，无需常温校准即可实现低于 0.5% 的误差；经过常温校准后，误差更可降至 0.1% 以下。请注意，此处列出的性能数据尚未包含电阻引起的增益误差及其漂移。为最大限度降低附加误差，应选用匹配度高、低漂移的电阻。

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

7.2.1.3 应用曲线

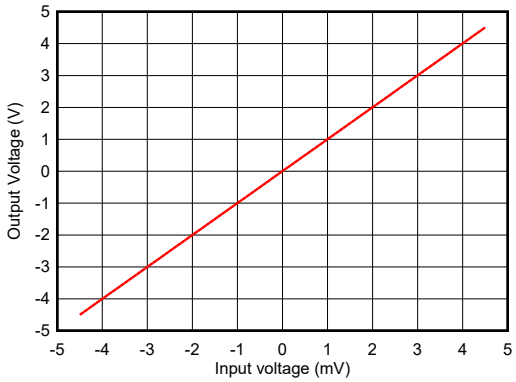


图 7-5. 高增益放大器结果

7.2.2 差分放大器

众多应用场景需要将差分信号转换为单端信号。图 7-6 显示了使用 RES21A 匹配电阻器将 TLVx886 配置为差分放大器。此电路可用于各种应用，例如电流检测、差分至单端转换以及电平转换。此电路的传输函数由 方程式 15 给定。

$$V_{OUT} = (V_{IN+} - V_{IN-})\left(\frac{R_F}{R_I}\right) + V_{REF} \tag{15}$$

TLVx886 配合 RES21A 能在全温度范围内提供极高的共模抑制比与偏移漂移性能。RES21A 专为保持极高的电阻比匹配精度与极低的比率漂移而设计，是差分放大器应用的理想选择。

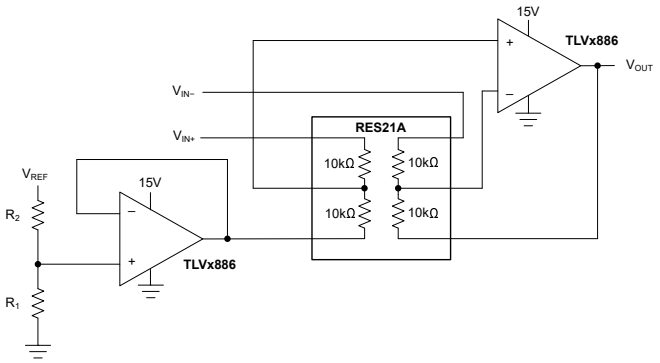


图 7-6. 差分放大器

为确保持续正常工作，需验证 方程式 16 与 方程式 17 条件是否满足，以确保输入共模电压维持在放大器的线性工作区域内。

$$V_{IN}\left(\frac{R_2}{R_2 + R_1}\right) + V_{REF}\left(\frac{R_1}{R_2 + R_1}\right) \le V_+ - 2V \tag{16}$$

$$V_{IN}\left(\frac{R_2}{R_2 + R_1}\right) + V_{REF}\left(\frac{R_1}{R_2 + R_1}\right) \ge V_- - 0.1V \tag{17}$$

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.2.3 可编程电流源

图 7-7 显示了使用 TLVx886 的精密电流源的基本配置。该电路为浮动负载提供可配置的电流源。图 7-7 使用数模转换器 (DAC) 根据 方程式 18 设置电流电平。额外配置的元件用于频率补偿与稳定性优化，但在部分应用中可省略。

$$I_L = \frac{V_{IN}}{R_{SET}} \tag{18}$$

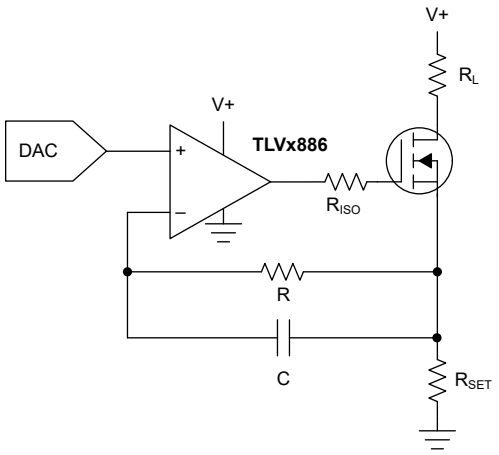


图 7-7. 可编程精密电流源

7.2.4 加法放大器

图 7-8 显示了 TLVx886 配置为加法放大器的情况。该电路可用于实现 N 个模拟信号的加权求和。部分应用场景需对来自不同传感器的多个信号进行加权求和。TLVx886 的低偏移和漂移低特性，使其能够对低电平信号进行高增益的精确叠加。根据电阻器的选择，该电路可以提供多个模拟信号的平均值。需注意，根据 方程式 19，该电路的输出信号为反相输出，请相应配置供电设置。

$$V_{OUT} = -RF\left(\frac{V_{IN1}}{R1} + \frac{V_{IN2}}{R2} + \frac{V_{IN3}}{R3}\right) \tag{19}$$

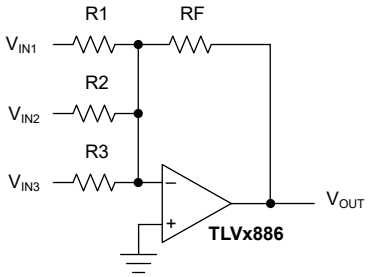


图 7-8. 加法放大器

7.3 电源相关建议

TLVx886 的额定工作电压范围是 4.5V 至 36V（±2.25V 至 ±18V）。TLVx886 可由单电源和双电源供电。TLVx886 不需要对称电源；运算放大器只需 4.5V 的最小电压即可工作。

> **小心**
>
> 电源电压大于 40V 会对器件造成永久性损坏（请参阅*绝对最大额定值*表）。

ADVANCE INFORMATION

将 0.1μF 旁路电容器置于电源引脚附近，以减少来自高噪声电源或高阻抗电源的耦合误差。有关旁路电容器放置的更多详细信息，请参阅 *节 7.4*。

7.4 布局

7.4.1 布局指南

为了实现器件的出色工作性能，请采用良好的 PCB 布局实践，：

- 要获得最低失调电压，请避免在因连接不均质导体形成的热电偶结中产生热电（塞贝克）效应的温度梯度。此外：
  - 使用低热电系数条件（避免异种金属）。
  - 将元件与电源或其他热源进行热隔离。
  - 将运算放大器和输入电路与气流（如冷却风扇气流）隔离。
- 噪声可通过运算放大器的电源引脚和整个电路的电源引脚传播到模拟电路中。旁路电容器通过提供模拟电路的本地低阻抗电源来减少耦合噪声。
  - 在每个电源引脚和接地端之间连接低 ESR 0.1μF 陶瓷旁路电容器，放置位置尽量靠近器件。针对单电源应用，V+ 与接地端之间可以接入单个旁路电容器。
- 将电路中模拟和数字部分单独接地是最简单和最有效的噪声抑制方法之一。多层 PCB 上的一层或多层通常专门用于作为接地平面。接地层有助于散热和减少 EMI 噪声拾取。对数字接地和模拟接地进行物理隔离，同时应注意接地电流的流动。有关更多详细信息，请参阅 *PCB 是一个运算放大器设计的组件* 模拟应用期刊。
- 为了减少寄生耦合，请让输入布线尽可能远离电源或输出布线。如果这些布线无法分离，则相比平行，敏感布线与有噪声布线应垂直相交。
- 外部元件应尽可能靠近器件放置。如 图 7-10 所示，使反馈电阻 (R3) 和增益电阻 (R4) 靠近反相输入以更大限度地减小寄生电容。
- 尽可能缩短输入走线的长度。反相输入的短布线有助于更大限度地减小反相输入上的寄生电容。切记，输入布线是电路中最敏感的部分。
- 为获得出色性能，请在组装 PCB 板后对其进行清洁。
- 任何精密集成电路都可能因湿气渗入塑料封装中而出现性能变化。在执行任何 PCB 水清洁流程之后，将 PCB 组件烘干，以去除清洁时渗入器件封装中的湿气。大多数情形下，清洗后在 85°C 下低温烘干 30 分钟即可。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.4.2 布局示例

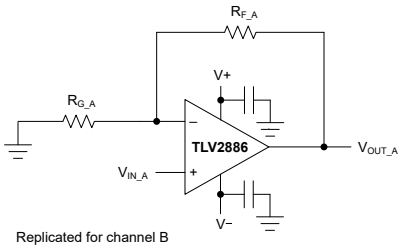


图 7-9. 原理图表示

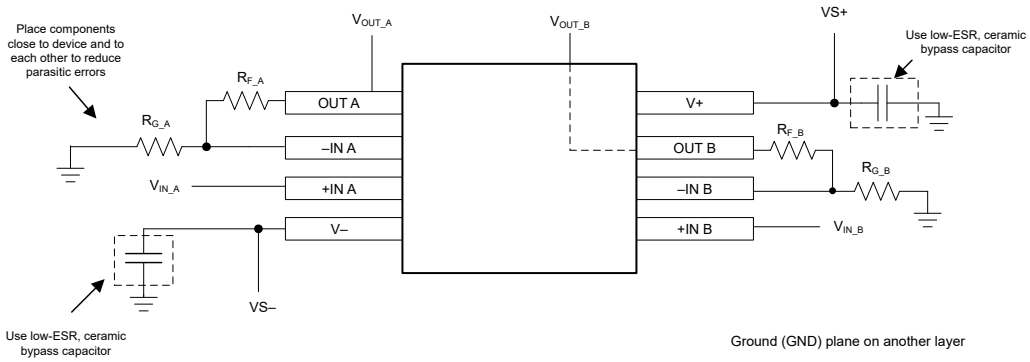


图 7-10. 同相放大器配置的运算放大器电路板布局

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

8 器件和文档支持

8.1 器件支持

8.1.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

8.1.2 开发支持

8.1.2.1 PSpice® for TI

PSpice® for TI 是可帮助评估模拟电路性能的设计和仿真环境。在进行布局和制造之前创建子系统设计和原型设计，可降低开发成本并缩短上市时间。

8.1.2.2 TINA-TI™ 仿真软件（免费下载）

TINA-TI™ 仿真软件是一款简单易用、功能强大且基于 SPICE 引擎的电路仿真程序。TINA-TI 仿真软件是 TINA™ 软件的一款免费全功能版本，除了一系列无源和有源模型外，此版本软件还预先载入了一个宏模型库。TINA-TI 仿真软件提供所有传统的 SPICE 直流、瞬态和频域分析，以及其他设计功能。

TINA-TI 仿真软件提供全面的后处理能力，便于用户以多种方式获得结果，用户可从设计和仿真工具网页免费下载。虚拟仪器提供选择输入波形和探测电路节点、电压以及波形的能力，从而构建一个动态的快速启动工具。

备注

必须安装 TINA 软件或者 TINA-TI 软件后才能使用这些文件。请从 TINA-TI™ 软件文件夹中下载免费的 TINA-TI 仿真软件。

8.2 文档支持

8.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，*零漂移放大器：特性和优势* 应用简报
- 德州仪器 (TI)，*PCB 是一个运算放大器设计的组件* 应用说明
- 德州仪器 (TI)，*运算放大器增益稳定性，第 3 部分：交流增益误差分析*
- 德州仪器 (TI)，*运算放大器增益稳定性，第 2 部分：直流增益误差分析*
- 德州仪器 (TI)，*在全差分有源滤波器中使用无限增益、MFB 滤波器拓扑* 应用说明
- 德州仪器 (TI)，*运算放大器性能分析* 应
- 德州仪器 (TI)，*运算放大器的单电源操作* 应用说明
- 德州仪器 (TI)，*无铅组件涂层的货架期评估* 应用说明
- 德州仪器 (TI)，*反馈曲线图定义运算放大器交流性能* 应用说明
- 德州仪器 (TI)，*运算放大器的 EMI 抑制比* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*电阻式温度检测器的模拟线性化* 应用说明
- 德州仪器 (TI)，*TI 精密设计 TIPD102 高侧电压电流 (V-I) 转换器*

8.3 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

8.4 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

8.5 商标

TINA-TI™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.
TINA™ is a trademark of DesignSoft, Inc.
PSpice® is a registered trademark of Cadence Design Systems, Inc.
所有商标均为其各自所有者的财产。

8.6 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

8.7 术语表

TI 术语表	本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

9 修订历史记录

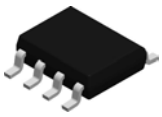
注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
February 2026	*	初始发行版

10 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

ADVANCE INFORMATION

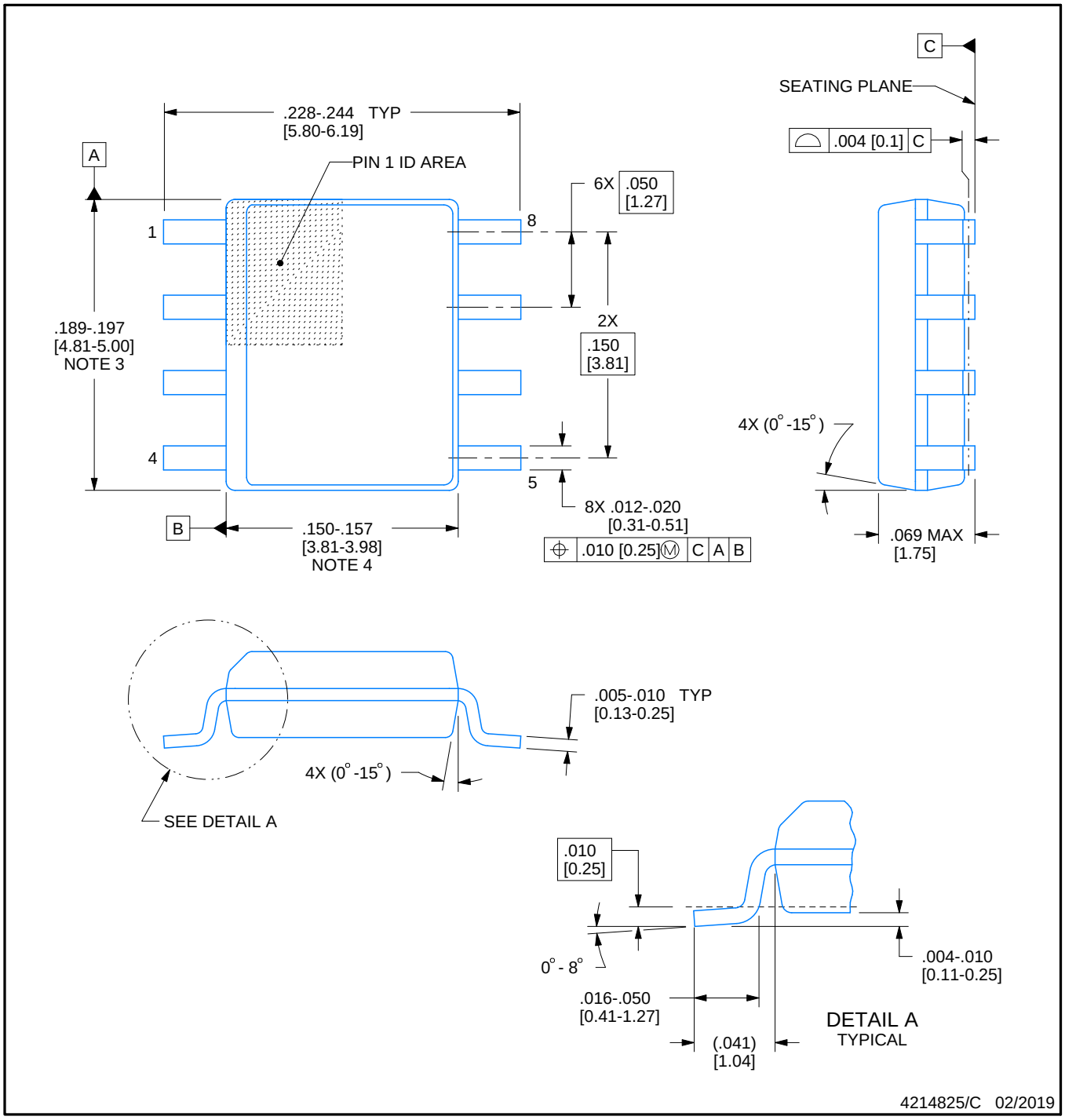


PACKAGE OUTLINE

D0008A

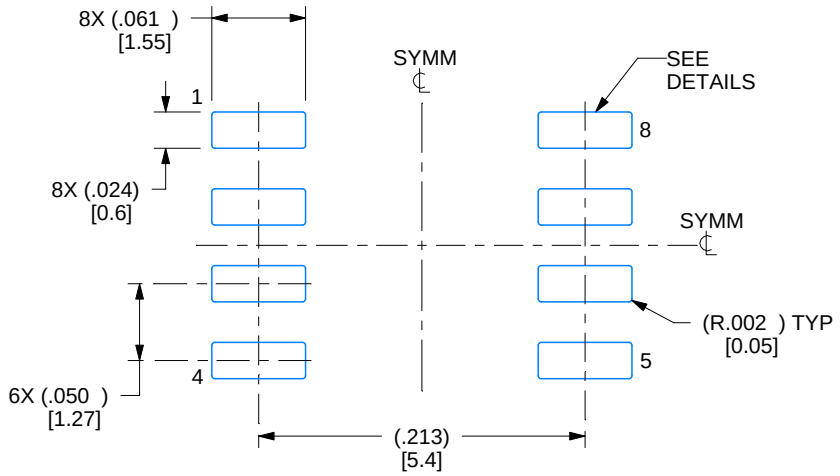
SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT

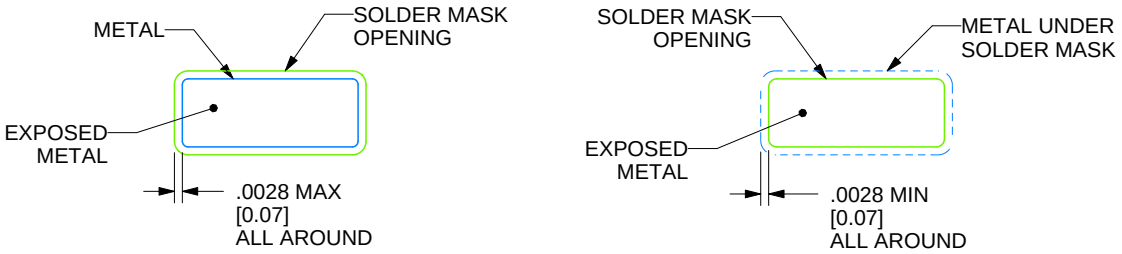


NOTES:

1. Linear dimensions are in inches [millimeters]. Dimensions in parenthesis are for reference only. Controlling dimensions are in inches. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed .006 [0.15] per side.
4. This dimension does not include interlead flash.
5. Reference JEDEC registration MS-012, variation AA.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:8X

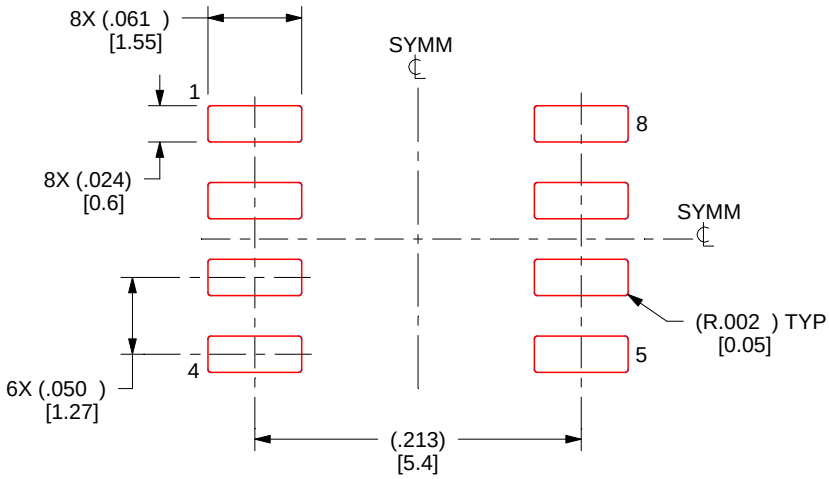


SOLDER MASK DETAILS

4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON .005 INCH [0.125 MM] THICK STENCIL
SCALE:8X

4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月