

INA1H182-SEP 低偏置、 $7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 噪声、低功耗、抗辐射、高精度仪表放大器， 采用航天级增强型塑料封装

1 特性

- 抗辐射
 - 每个晶圆的 RLAT 总电离剂量 (TID) 高达 $30\text{krad}(\text{Si})$
 - 在高达 $\text{TID} = 30\text{krad}(\text{Si})$ 的条件下无 ELDRS
 - 单粒子闩锁 (SEL) 抗扰度高达 $43\text{MeV}\times\text{cm}^2/\text{mg}$
 - 单粒子瞬变 (SEE) 额定值为 $43\text{MeV}\times\text{cm}^2/\text{mg}$
- 增强型航天塑料
 - 支持国防与航空航天应用
 - 受控基线
 - 一个封装测试厂
 - 一个制造厂
 - 延长了产品生命周期
 - 产品可追溯性
 - 根据 ASTM E595 进行了释气测试
 - Au 键合线和 NiPdAu 铅涂层
- 低失调电压： $10\mu\text{V}$ (典型值)
- 输入级电压噪声： $7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- 带宽：在 $G = 1$ 时为 2MHz ，在 $G = 100$ 时为 190kHz
- 输入保护高达 $\pm 40\text{V}$
- 共模抑制： 110dB ， $G = 10$ (最小值)
- 电源抑制： 110dB ， $G = 1$ (最小值)
- 电源电流： $650\mu\text{A}$ (最大值)
- 电源电压范围：
 - 单电源： 4.5V 至 18V
 - 双电源： $\pm 2.25\text{V}$ 至 $\pm 9\text{V}$
- 封装： 8 引脚 VSSOP

2 应用

- 航天传感器和控制 (遥测)
- [卫星命令和数据处理](#)
- [飞行控制](#)
- [卫星有效载荷](#)

3 说明

INA1H182-SEP 是一款耐辐射、高精度仪表放大器，可提供低功耗且可在较宽的单电源或双电源电压范围内工作。可通过单个外部电阻器在 1 到 $10,000$ 范围内设置任意增益。该器件采用超 β 型输入晶体管，因此具有高精度，可提供低输入偏置电压、偏置电压漂移、输入偏置电流和输入电压和电流噪声。附加电路可保护输入端免受高达 $\pm 40\text{V}$ 过压的影响。

INA1H182-SEP 经过优化，可提供高共模抑制比。当增益 (G) = 1 时，整个输入共模范围内的共模抑制比超过 90dB 。根据设计，此器件在低电压下运行，由 4.5V 单电源和高达 $\pm 9\text{V}$ 的双电源供电。

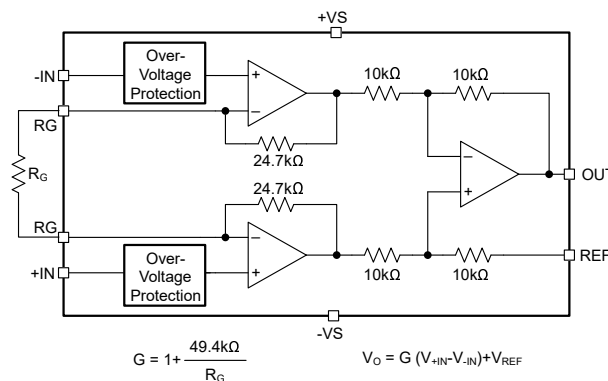
INA1H182-SEP 采用 8 引脚 VSSOP 封装。

封装信息

| 器件型号 | 封装 ⁽¹⁾ | 封装尺寸 ⁽²⁾ |
|--------------|-------------------|--------------------------------|
| INA1H182-SEP | DGK (VSSOP, 8) | $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ |

(1) 有关更多信息，请参阅节 10。

(2) 封装尺寸 (长 \times 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



INA1H182-SEP 简化版内部原理图



内容

| | | | |
|------------------------|----|-----------------------------|----|
| 1 特性 | 1 | 7 应用和实施 | 21 |
| 2 应用 | 1 | 7.1 应用信息..... | 21 |
| 3 说明 | 1 | 7.2 典型应用..... | 24 |
| 4 引脚配置和功能 | 3 | 7.3 电源相关建议..... | 25 |
| 5 规格 | 4 | 7.4 布局..... | 25 |
| 5.1 绝对最大额定值..... | 4 | 8 器件和文档支持 | 27 |
| 5.2 ESD 等级..... | 4 | 8.1 器件支持..... | 27 |
| 5.3 建议运行条件..... | 4 | 8.2 文档支持..... | 27 |
| 5.4 热性能信息..... | 4 | 8.3 接收文档更新通知..... | 27 |
| 5.5 电气特性..... | 5 | 8.4 支持资源..... | 27 |
| 5.6 典型特性..... | 7 | 8.5 商标..... | 27 |
| 6 详细说明 | 16 | 8.6 静电放电警告..... | 27 |
| 6.1 概述..... | 16 | 8.7 术语表..... | 27 |
| 6.2 功能方框图..... | 16 | 9 修订历史记录 | 27 |
| 6.3 特性说明..... | 17 | 10 机械、封装和可订购信息 | 28 |
| 6.4 器件功能模式..... | 21 | | |

4 引脚配置和功能

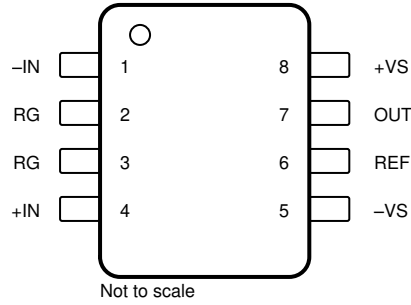


图 4-1. DGK 封装，8 引脚 VSSOP (俯视图)

引脚功能

| 引脚 | | 类型 | 说明 |
|------|-----|----|---------------------------------|
| 名称 | 编号 | | |
| - IN | 1 | 输入 | 负 (反相) 输入 |
| +IN | 4 | 输入 | 正 (同相) 输入 |
| OUT | 7 | 输出 | 输出 |
| RG | 2、3 | 输入 | 增益设置引脚。在引脚 2 和引脚 3 之间放置一个增益电阻器。 |
| REF | 6 | 输入 | 基准输入。该引脚必须由低阻抗源驱动。 |
| - VS | 5 | — | 负电源 |
| +VS | 8 | — | 正电源 |

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 |
|---------------------|-----------------------|-----|-----|----|
| 电源电压 | $V_S = (+VS) - (-VS)$ | | 20 | V |
| 信号输入引脚 | 电压 | -40 | +40 | V |
| | REF 引脚 | -VS | +VS | |
| 输出短路 ⁽²⁾ | | 持续 | | |
| 环境温度, T_A | | -55 | 150 | °C |
| 结温 T_J | | | 175 | °C |
| 贮存温度, T_{stg} | | -65 | 150 | °C |

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。“绝对最大额定值”并不表示器件在这些条件下或在“建议运行条件”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) 对 $V_S/2$ 短路。

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⁾ | ±1500 | V |
| | | 充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JESD22C101 ⁽²⁾ | ±750 | |

(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 | 最大值 | 单位 |
|-----------------------------|------|-------|-----|----|
| 电源电压, $V_S = (+VS) - (-VS)$ | 单电源 | 4.5 | 18 | V |
| | 双电源 | ±2.25 | ±9 | |
| 环境温度, T_A | 额定温度 | -55 | 125 | °C |

5.4 热性能信息

| 热指标 ⁽¹⁾ | | INA1H182-SEP | 单位 |
|----------------------|--------------|--------------|------|
| | | DGK (VSSOP) | |
| | | 8 引脚 | |
| $R_{\theta JA}$ | 结至环境热阻 | 149.0 | °C/W |
| $R_{\theta JC(top)}$ | 结至外壳 (顶部) 热阻 | 58.5 | °C/W |
| $R_{\theta JB}$ | 结至电路板热阻 | 83.6 | °C/W |
| ψ_{JT} | 结至顶部特征参数 | 4.4 | °C/W |
| ψ_{JB} | 结至电路板特征参数 | 82.3 | °C/W |
| $R_{\theta JC(bot)}$ | 结至外壳 (底部) 热阻 | 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 电气特性

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{\text{REF}} = 0\text{V}$ 和 $G = 1$ 时 (除非另有说明)

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------|----------------------------|--|--------------|-------------------|--------------|--------------------------------------|
| 输入 | | | | | | |
| V_{OSI} | 输入级失调电压 ^{(1) (2)} | | | 10 | 55 | μV |
| | | $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ | | | 100 | |
| | 输入级失调漂移 | $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ | | 0.1 | | $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ |
| V_{OSO} | 输出级失调电压 ^{(1) (2)} | | | 50 | 500 | μV |
| | | NDD 暴露后 ⁽⁶⁾ | | | 800 | |
| | | $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ | | | 900 | |
| | 输出级失调漂移 | $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ | | 1 | | $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ |
| PSRR | 电源抑制比 | $G = 1$, RTI | 110 | 120 | | dB |
| | | $G = 10$, RTI | 114 | 130 | | |
| | | $G = 100$, RTI | | 135 | | |
| | | $G = 1000$, RTI | | 140 | | |
| Z_{id} | 差分阻抗 | | | $100 \parallel 1$ | | $\text{G}\Omega \parallel \text{pF}$ |
| Z_{ic} | 共模阻抗 | | | $100 \parallel 7$ | | $\text{G}\Omega \parallel \text{pF}$ |
| | RFI 滤波器, -3dB 频率 | | | 45 | | MHz |
| V_{CM} | 工作输入电压 ⁽³⁾ | | $(-V_S) + 2$ | | $(+V_S) - 2$ | V |
| | | $V_S = \pm 2.25\text{V}$ 至 $\pm 9\text{V}$, $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ | | 请参阅典型特性 | | |
| | 输入过压范围 | $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ | -40 | | 40 | V |
| CMRR | 共模抑制比 | 在直流至 60Hz 时, RTI $V_{\text{CM}} = (-V_S) + 2\text{V}$ 至 $(+V_S) - 2\text{V}$ $G = 1$ | 90 | 103 | | dB |
| | | 在直流至 60Hz 时, RTI $V_{\text{CM}} = (-V_S) + 2\text{V}$ 至 $(+V_S) - 2\text{V}$ $G = 1$, $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ | 88 | | | |
| | | 在直流至 60Hz 时, RTI $V_{\text{CM}} = (-V_S) + 2\text{V}$ 至 $(+V_S) - 2\text{V}$ $G = 10$ | 110 | 122 | | |
| | | 在直流至 60Hz 时, RTI $V_{\text{CM}} = (-V_S) + 2\text{V}$ 至 $(+V_S) - 2\text{V}$ $G = 10$, $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ | 108 | | | |
| | | 在直流至 60Hz 时, RTI $V_{\text{CM}} = (-V_S) + 2\text{V}$ 至 $(+V_S) - 2\text{V}$ $G = 100$ | | 145 | | |
| | | 在直流至 60Hz 时, RTI $V_{\text{CM}} = (-V_S) + 2\text{V}$ 至 $(+V_S) - 2\text{V}$ $G = 1000$ | | 150 | | |
| 偏置电流 | | | | | | |
| I_B | 输入偏置电流 | $V_{\text{CM}} = V_S/2$ | | 0.15 | 0.5 | nA |
| | | $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$, $V_{\text{CM}} = V_S/2$ | | | 1 | |
| | | NDD 暴露后 ⁽⁶⁾ , $V_{\text{CM}} = V_S/2$ | | | 5 | |
| I_{OS} | 输入失调电流 | $V_{\text{CM}} = V_S/2$ | | 0.15 | 0.5 | nA |
| | | $T_A = -55^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$, $V_{\text{CM}} = V_S/2$ | | | 1 | |
| | | NDD 暴露后 ⁽⁶⁾ , $V_{\text{CM}} = V_S/2$ | | | 5 | |
| 噪声电压 | | | | | | |
| e_{NI} | 输入级电压噪声 ⁽⁵⁾ | $f = 1\text{kHz}$, $G = 100$, $R_S = 0\Omega$ | | 7.2 | | $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ |
| | | $f_B = 0.1\text{Hz}$ 至 10Hz , $G = 100$, $R_S = 0\Omega$ | | 0.14 | | μV_{PP} |
| e_{NO} | 输出级电压噪声 ⁽⁵⁾ | $f = 1\text{kHz}$, $R_S = 0\Omega$ | | 70.5 | | $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ |
| | | $f_B = 0.1\text{Hz}$ 至 10Hz , $R_S = 0\Omega$ | | 2.5 | | μV_{PP} |
| I_n | 噪声电流 | $f = 1\text{kHz}$ | | 130 | | $\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$ |
| | | $f_B = 0.1\text{Hz}$ 至 10Hz , $G = 100$ | | 4.7 | | pA_{PP} |

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{\text{REF}} = 0\text{V}$ 和 $G = 1$ 时 (除非另有说明)

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|--------------------------|--|---|-------------|---------------------------|-----------------------|
| 增益 | | | | | | |
| G | 增益公式 | | 1 + (49.4 k Ω / R _G) | | | V/V |
| | 增益范围 | | 1 | | 10000 | V/V |
| GE | 增益误差 | G = 1, V _O = $\pm 5\text{V}$ | | ± 0.007 | ± 0.035 | % |
| | | G = 10, V _O = $\pm 5\text{V}$ | | ± 0.032 | ± 0.22 | |
| | | G = 100, V _O = $\pm 5\text{V}$ | | ± 0.032 | | |
| | | G = 1000, V _O = $\pm 5\text{V}$ | | ± 0.05 | | |
| | 增益与温度间的关系 ⁽⁴⁾ | G = 1, T _A = -55 $^\circ\text{C}$ 至 +125 $^\circ\text{C}$ | | ± 1 | | ppm/ $^\circ\text{C}$ |
| | | G > 1, T _A = -55 $^\circ\text{C}$ 至 +125 $^\circ\text{C}$ | | ± 5.5 | | |
| | 增益非线性 | G = 1 至 10, V _O = -5V 至 +5V, R _L = 10k Ω | | ± 1 | | ppm |
| | | G = 10, V _O = -5V 至 +5V, R _L = 10k Ω | | ± 2 | | |
| | | G = 1000, V _O = -5V 至 +5V, R _L = 10k Ω | | ± 10 | | |
| | | G = 1 至 100, V _O = -5V 至 +5V, R _L = 2k Ω | | ± 30 | | |
| 输出 | | | | | | |
| | 电压摆幅 | | (-V _S) + 0.15 | | (+V _S) - 0.15 | V |
| | 负载电容稳定性 | | | 1000 | | pF |
| Z _O | 闭环输出阻抗 | f = 10kHz | | 1.3 | | Ω |
| I _{SC} | 短路电流 | 持续达 V _S /2 | | ± 20 | | mA |
| 频率响应 | | | | | | |
| BW | 带宽, -3dB | G = 1 | | 2 | | MHz |
| | | G = 10 | | 750 | | kHz |
| | | G = 100 | | 190 | | |
| | | G = 1000 | | 30 | | |
| SR | 压摆率 | G = 1, V _O = $\pm 5\text{V}$ | | 2.0 | | V/ μs |
| t _S | 趋稳时间 | 0.01%, G = 1 至 100, V _{STEP} = 5V | | 6 | | μs |
| | | 0.01%, G = 1000, V _{STEP} = 5V | | 40 | | |
| | | 0.001%, G = 1 至 100, V _{STEP} = 5V | | 10 | | |
| | | 0.001%, G = 1000, V _{STEP} = 5V | | 50 | | |
| 参考输入 | | | | | | |
| R _{IN} | 输入阻抗 | | | 10 | | k Ω |
| | 电压范围 | | (-V _S) | | (+V _S) | V |
| | 输出增益 | | | 1 | | V/V |
| | 基准增益误差 | | | 0.01% | | |
| 电源 | | | | | | |
| I _Q | 静态电流 | V _{IN} = 0V | | 600 | 650 | μA |
| | | 与温度间的关系 (T _A = -55 $^\circ\text{C}$ 至 +125 $^\circ\text{C}$) | | | 870 | |

- (1) 总失调电压, 以输入为参考 (RTI): $V_{\text{OS}} = (V_{\text{OSI}}) + (V_{\text{OSO}}/G)$ 。
- (2) 失调漂移具有不相关性。使用以下公式计算输入参考失调漂移: $\Delta V_{\text{OS(RTI)}} = \sqrt{[\Delta V_{\text{OSI}}]^2 + (\Delta V_{\text{OSO}}/G)^2}$ 。
- (3) 仪表放大器输入级的输入电压范围。输入范围取决于共模电压、差分电压、增益和基准电压。有关更多信息, 请参阅 *典型特性*。
- (4) 为 $G > 1$ 指定的值不包括外部增益设置电阻器 R_G 带来的影响。
- (5) 总 RTI 电压噪声等于: $e_{\text{N(RTI)}} = \sqrt{[e_{\text{NI}}]^2 + (e_{\text{NO}}/G)^2}$ 。
- (6) 更多信息, 请参阅 [INA1H182-SEP 中子位移损伤 \(NDD\) 辐射报告](#)。

5.6 典型特性

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{REF} = 0\text{V}$ 且 $G = 1$ 时 (除非另有说明)

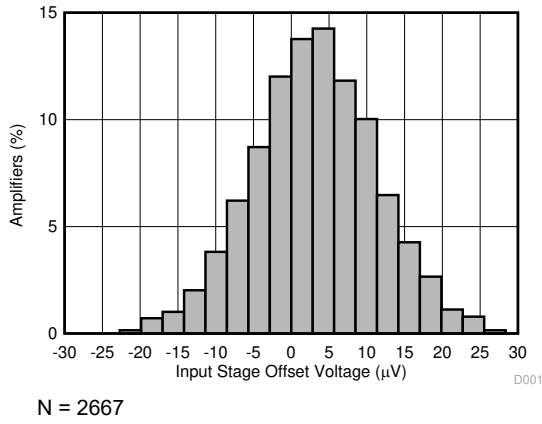


图 5-1. 输入阶段失调电压的典型分布

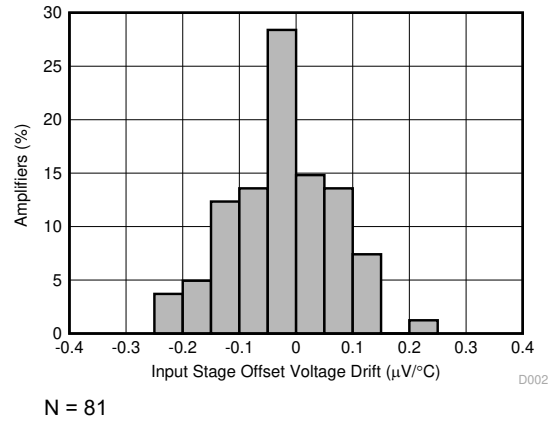


图 5-2. 输入阶段失调电压漂移的典型分布

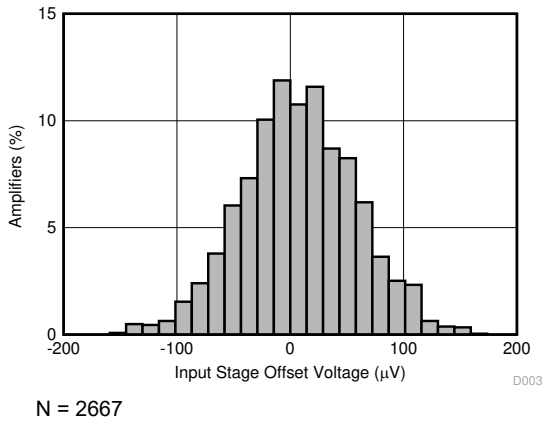


图 5-3. 输出阶段失调电压的典型分布

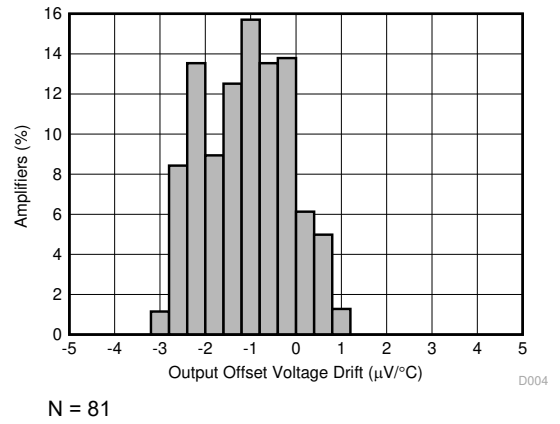


图 5-4. 输出阶段失调电压漂移的典型分布

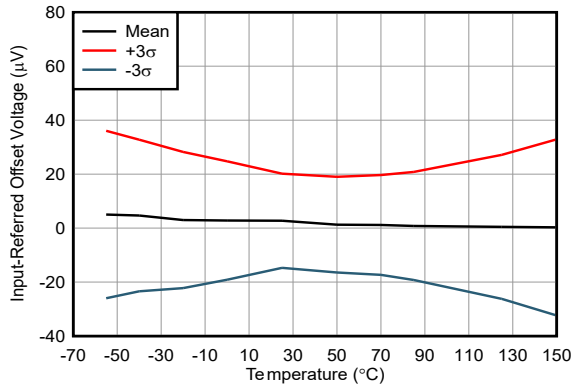


图 5-5. 输入级失调电压与温度间的关系

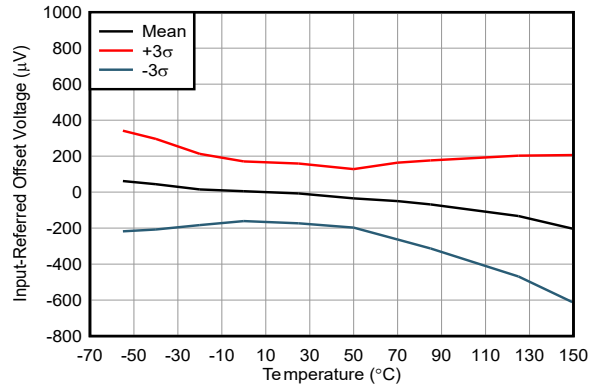
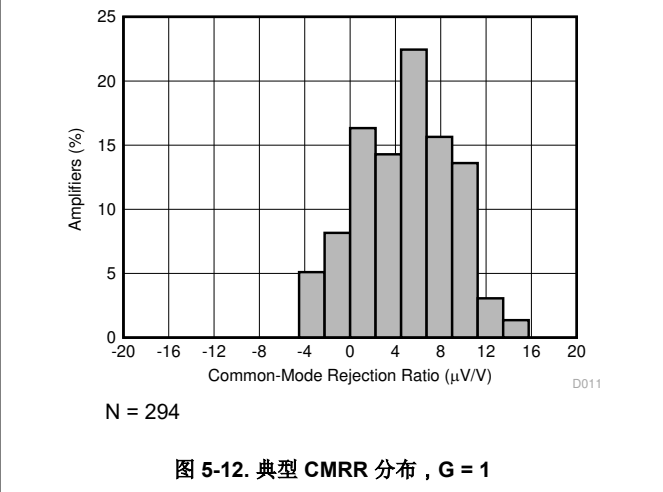
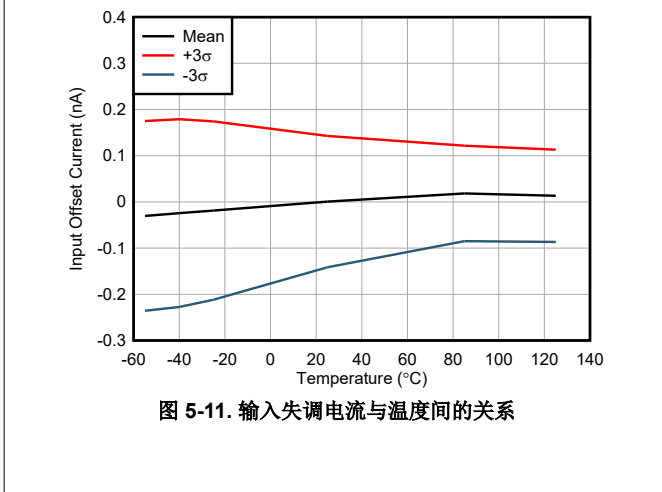
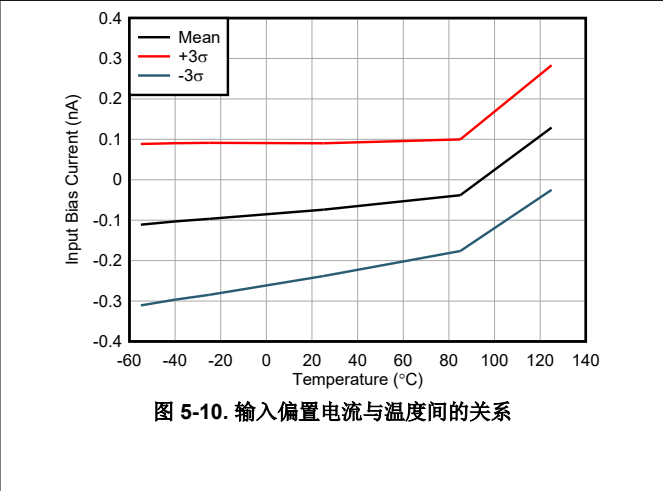
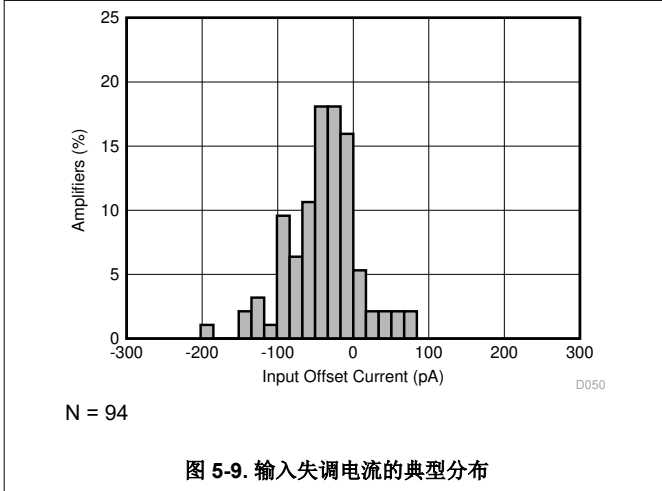
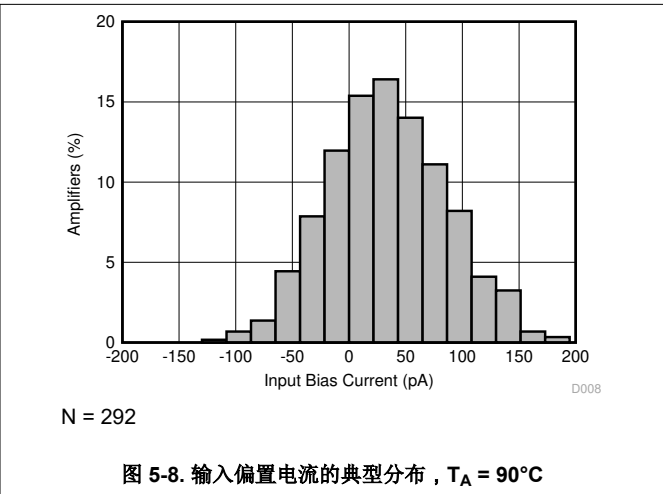
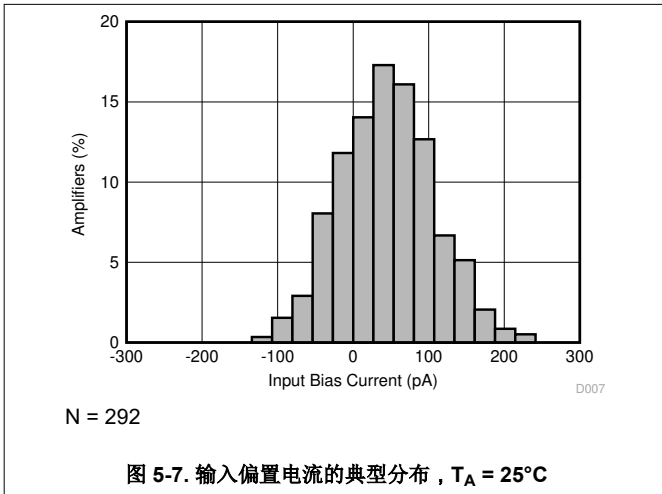


图 5-6. 输出级失调电压与温度间的关系

5.6 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{REF} = 0\text{V}$ 且 $G = 1$ 时 (除非另有说明)



5.6 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{REF} = 0\text{V}$ 且 $G = 1$ 时 (除非另有说明)

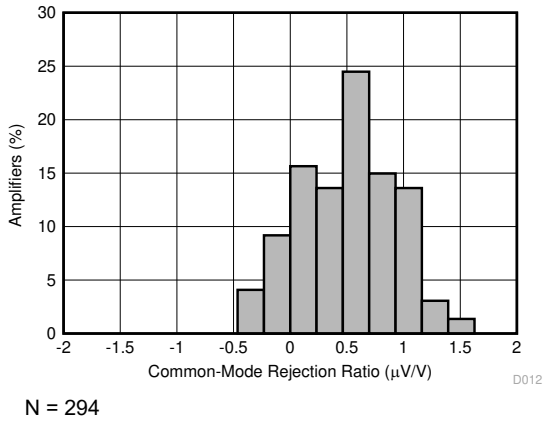


图 5-13. 典型 CMRR 分布, $G = 10$

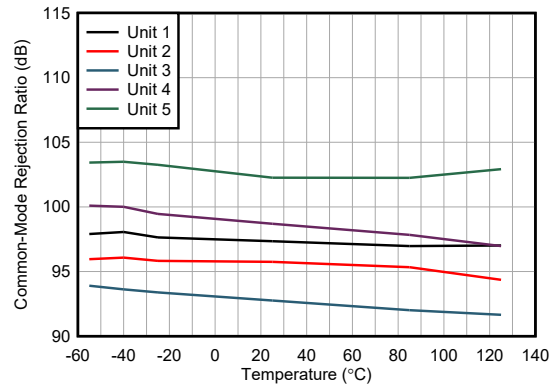


图 5-14. CMRR 与温度之间的关系, $G = 1$

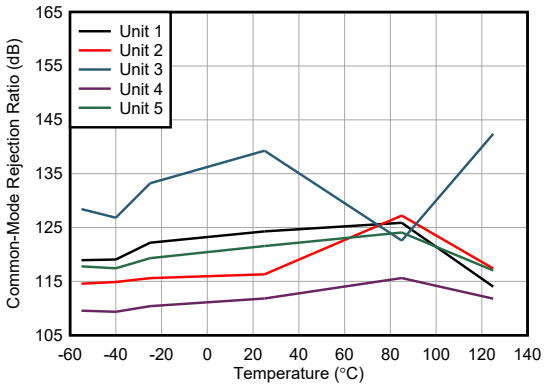


图 5-15. CMRR 与温度之间的关系, $G = 10$

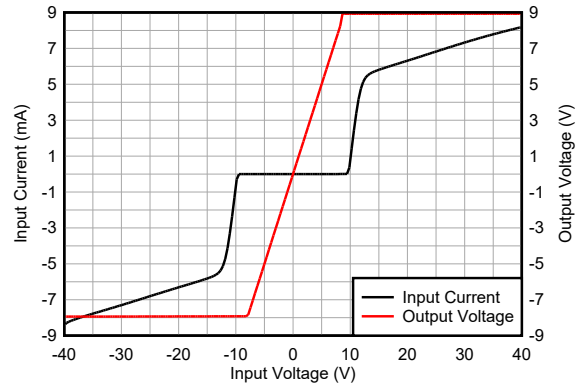


图 5-16. 输入电流与输入过压间的关系

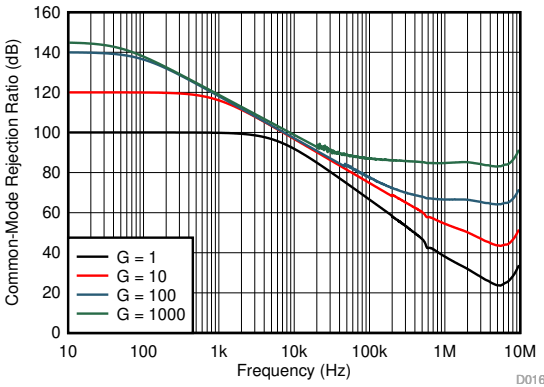


图 5-17. CMRR 与频率间的关系 (RTI)

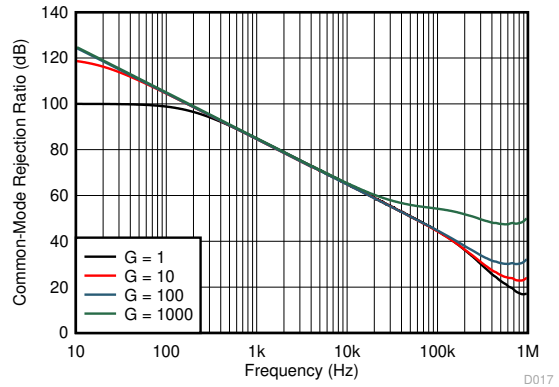


图 5-18. CMRR 与频率间的关系 (RTI, $1\text{k}\Omega$ 源不平衡)

5.6 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{REF} = 0\text{V}$ 且 $G = 1$ 时 (除非另有说明)

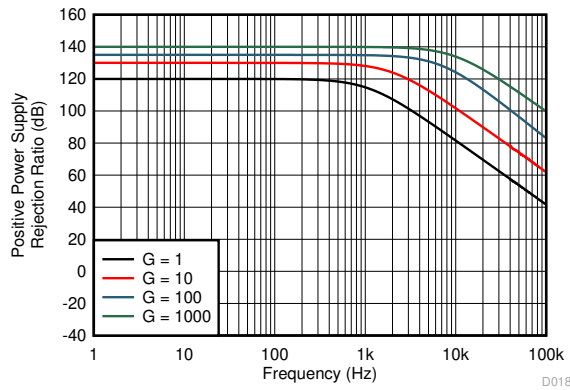


图 5-19. 正 PSRR 与频率间的关系 (RTI)

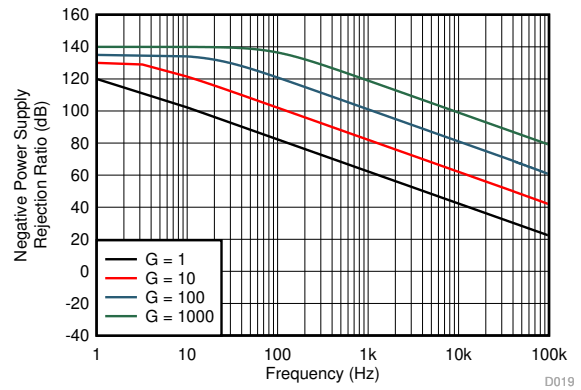


图 5-20. 负 PSRR 与频率间的关系 (RTI)

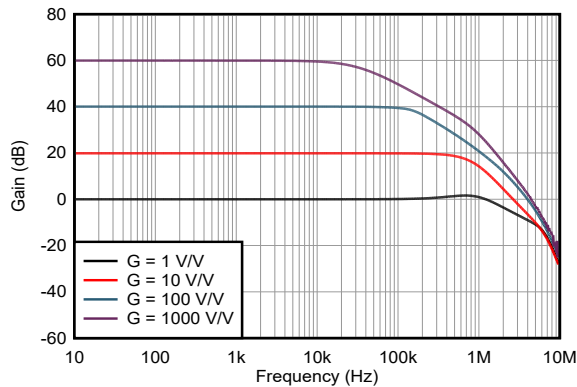


图 5-21. 增益与频率间的关系

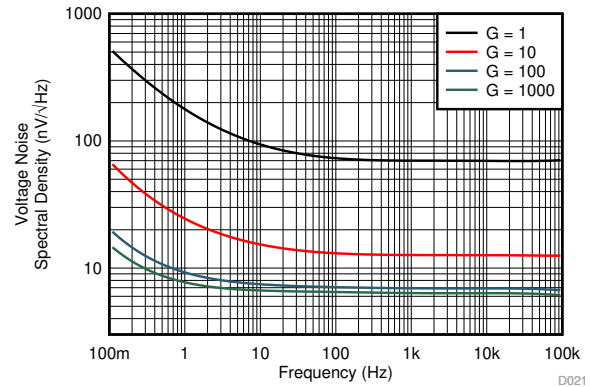


图 5-22. 电压噪声频谱密度与频率间的关系 (RTI)

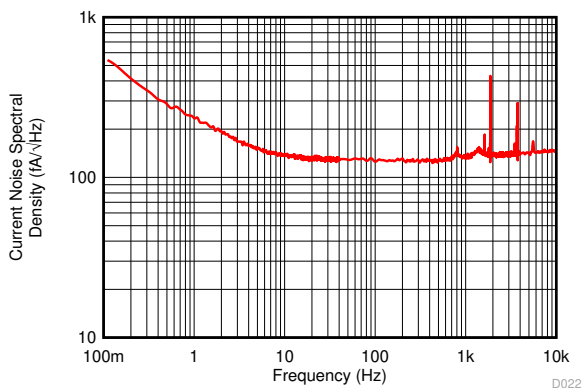


图 5-23. 电流噪声频谱密度与频率间的关系 (RTI)

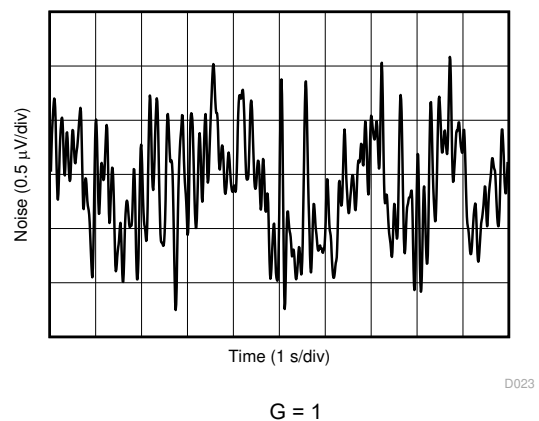
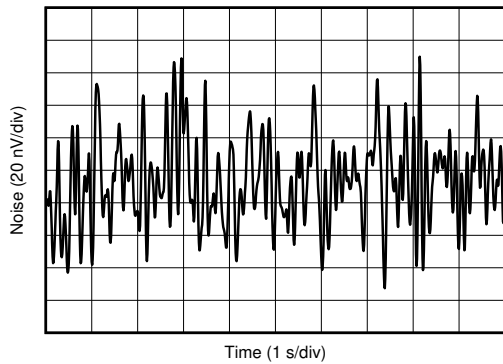


图 5-24. 0.1Hz 至 10Hz RTI 电压噪声， $G = 1$

5.6 典型特性 (续)

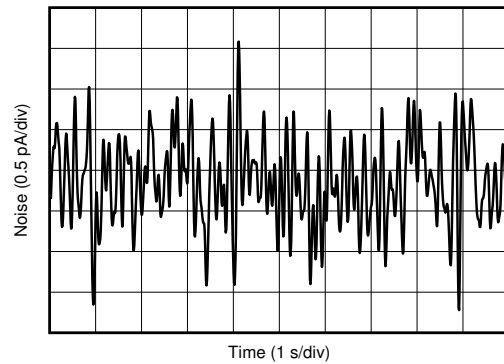
在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{REF} = 0\text{V}$ 且 $G = 1$ 时 (除非另有说明)



G = 1000

D024

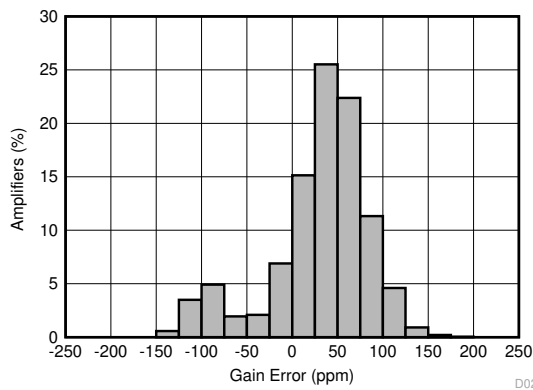
图 5-25. 0.1Hz 至 10Hz RTI 电压噪声，
G = 1000



G = 1

D025

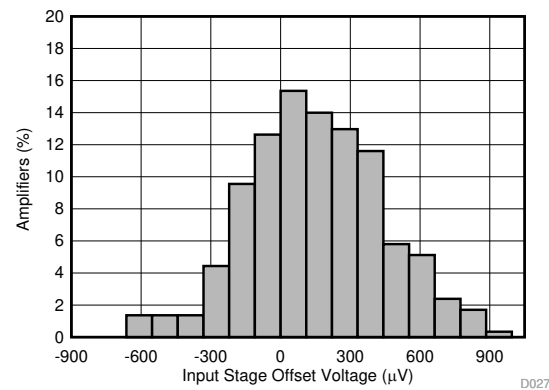
图 5-26. 0.1Hz 至 10Hz RTI 电流噪声



N = 5412

D026

图 5-27. 增益误差的典型分布，
G = 1



N = 293

D027

图 5-28. 增益误差的典型分布，
G = 10

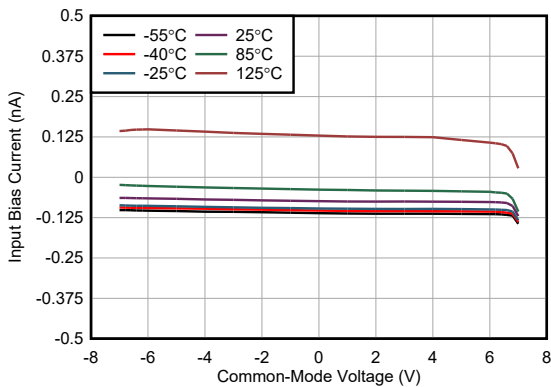
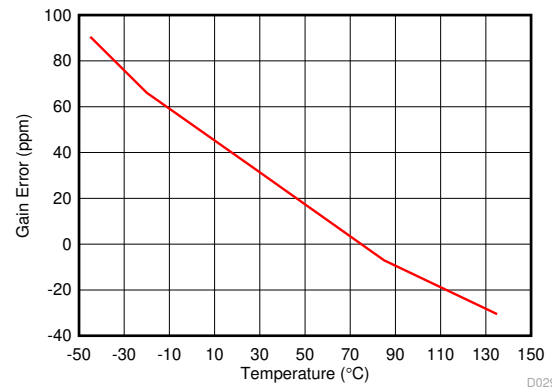


图 5-29. 输入偏置电流与共模电压间的关系



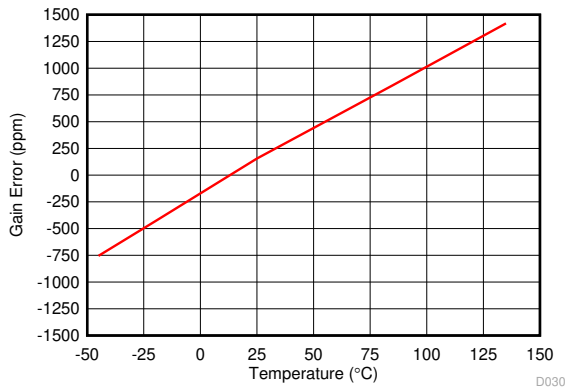
平均 294 个器件

图 5-30. 增益误差与温度间的关系，G = 1

D029

5.6 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{REF} = 0\text{V}$ 且 $G = 1$ 时 (除非另有说明)



平均 294 个器件

$G = 10$

图 5-31. 增益误差与温度间的关系, $G = 10$

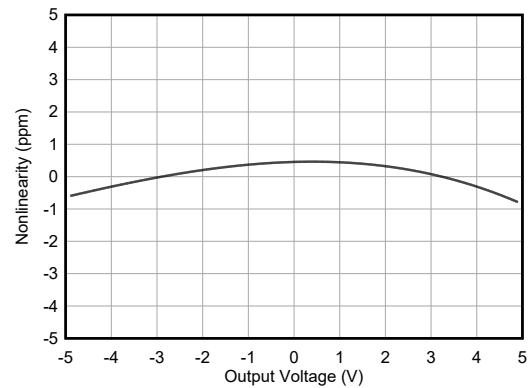


图 5-32. 增益非线性, $G = 1$

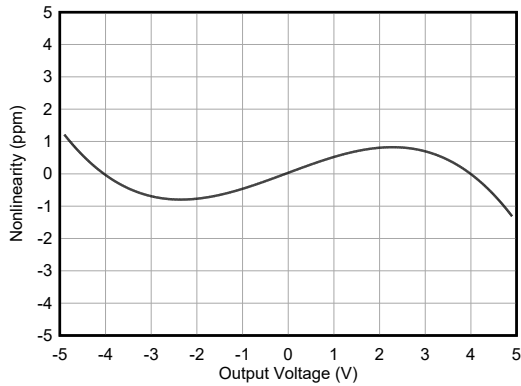


图 5-33. 增益非线性, $G = 10$

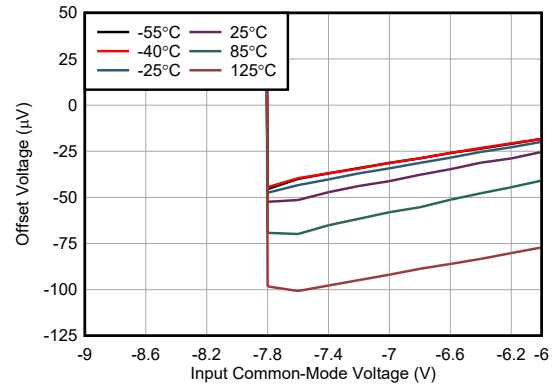


图 5-34. 失调电压与负共模电压间的关系

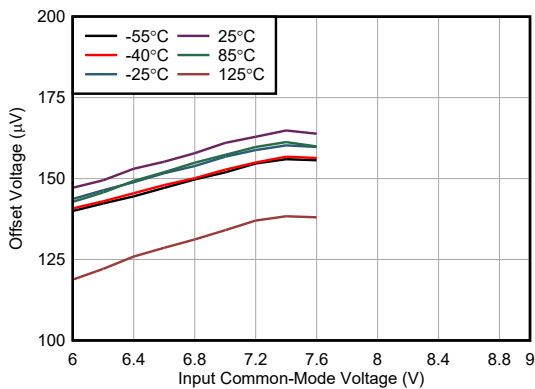


图 5-35. 失调电压与正共模电压间的关系

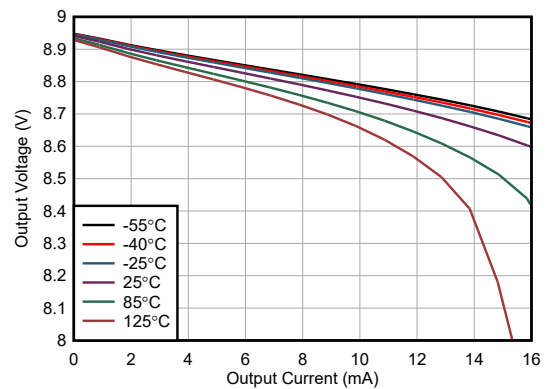


图 5-36. 正输出电压摆幅与输出电流间的关系

5.6 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{REF} = 0\text{V}$ 且 $G = 1$ 时 (除非另有说明)

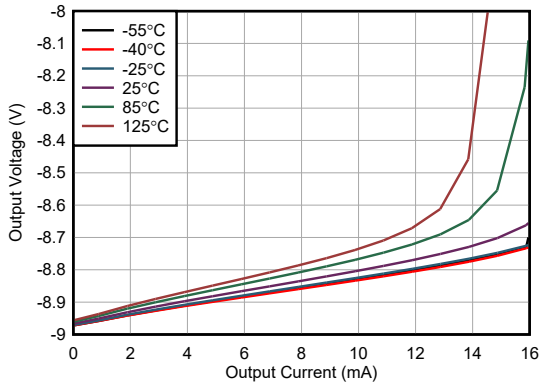


图 5-37. 负输出电压摆幅与输出电流间的关系

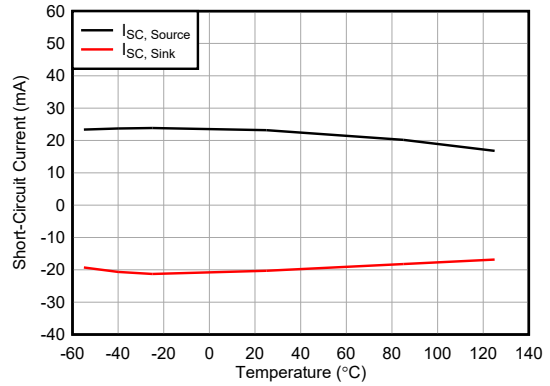


图 5-38. 短路电流与温度间的关系

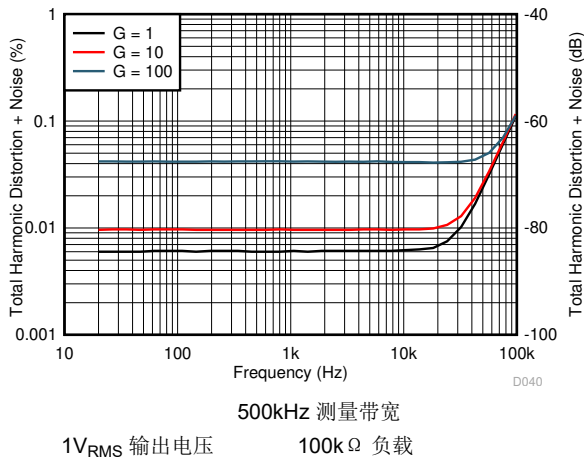


图 5-39. THD+N 与频率间的关系

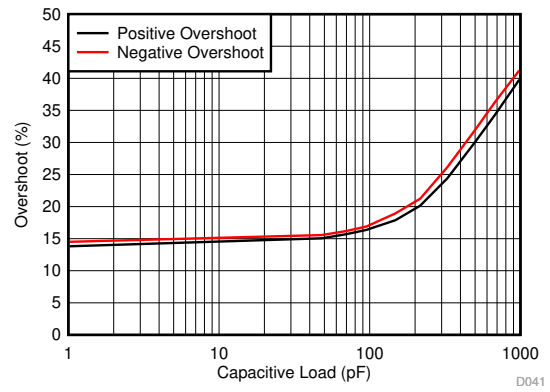


图 5-40. 过冲与容性负载间的关系

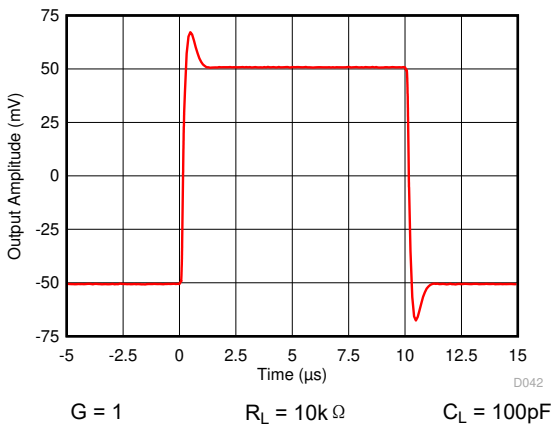


图 5-41. 小信号响应

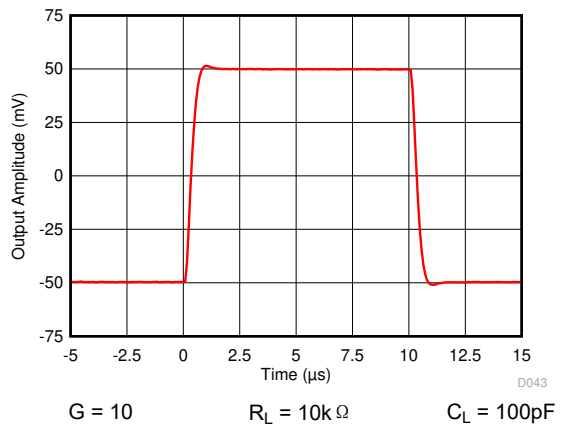
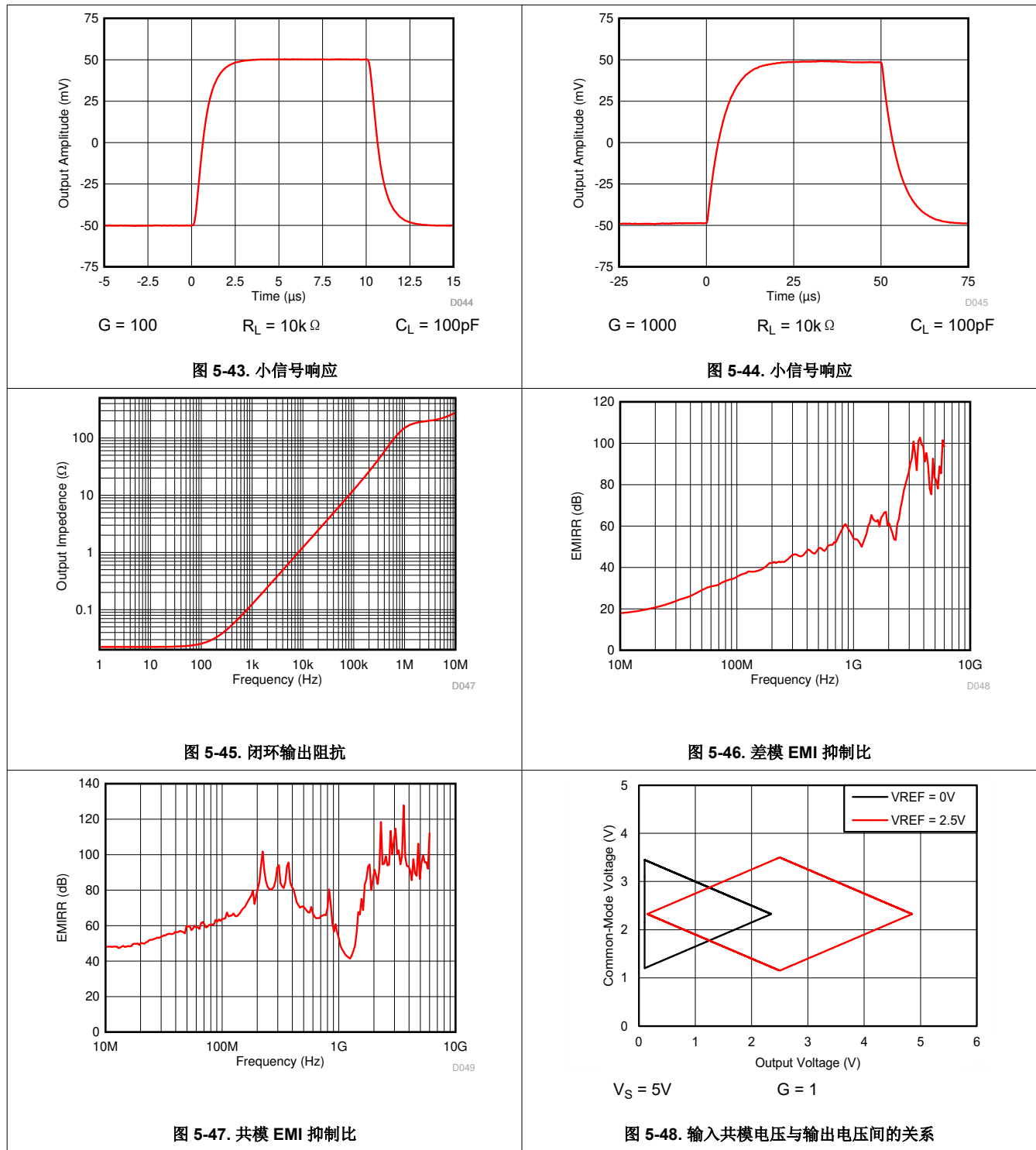


图 5-42. 小信号响应

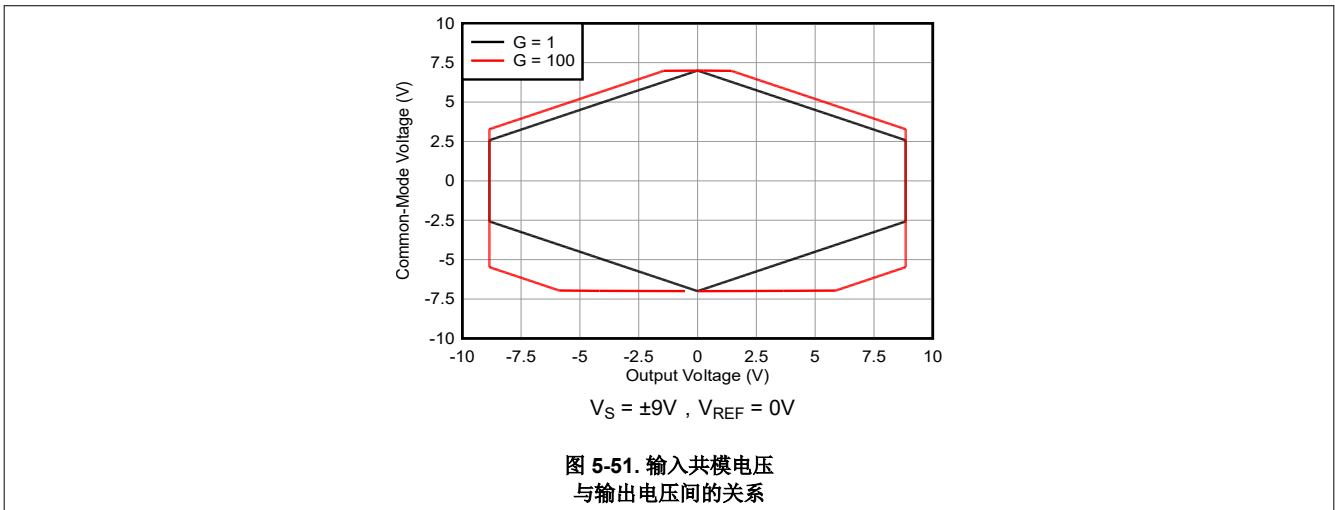
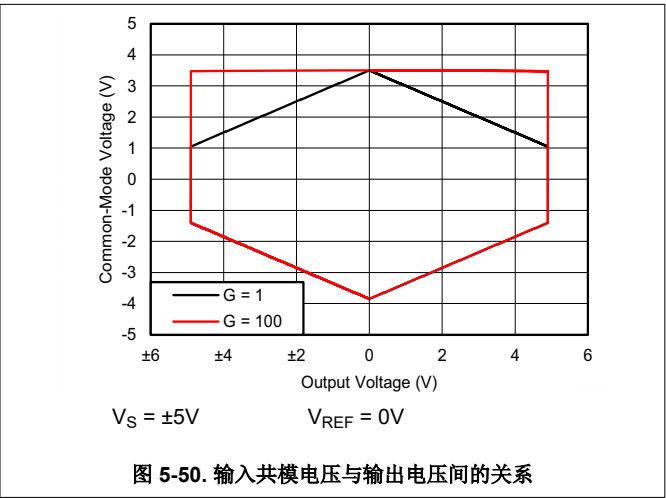
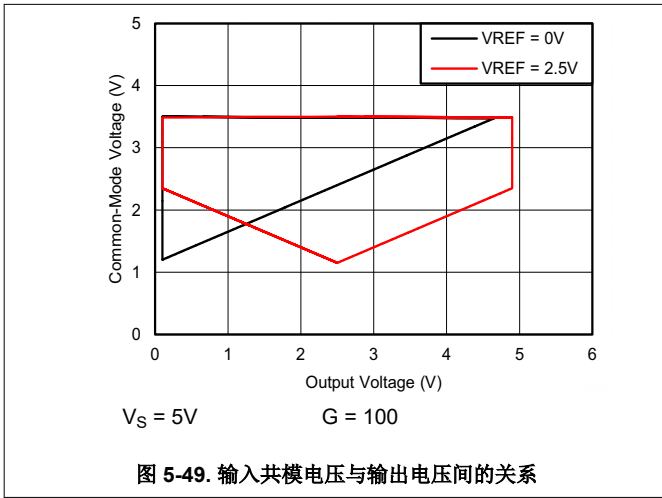
5.6 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{REF} = 0\text{V}$ 且 $G = 1$ 时 (除非另有说明)



5.6 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = \pm 9\text{V}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$ 、 $V_{REF} = 0\text{V}$ 且 $G = 1$ 时 (除非另有说明)



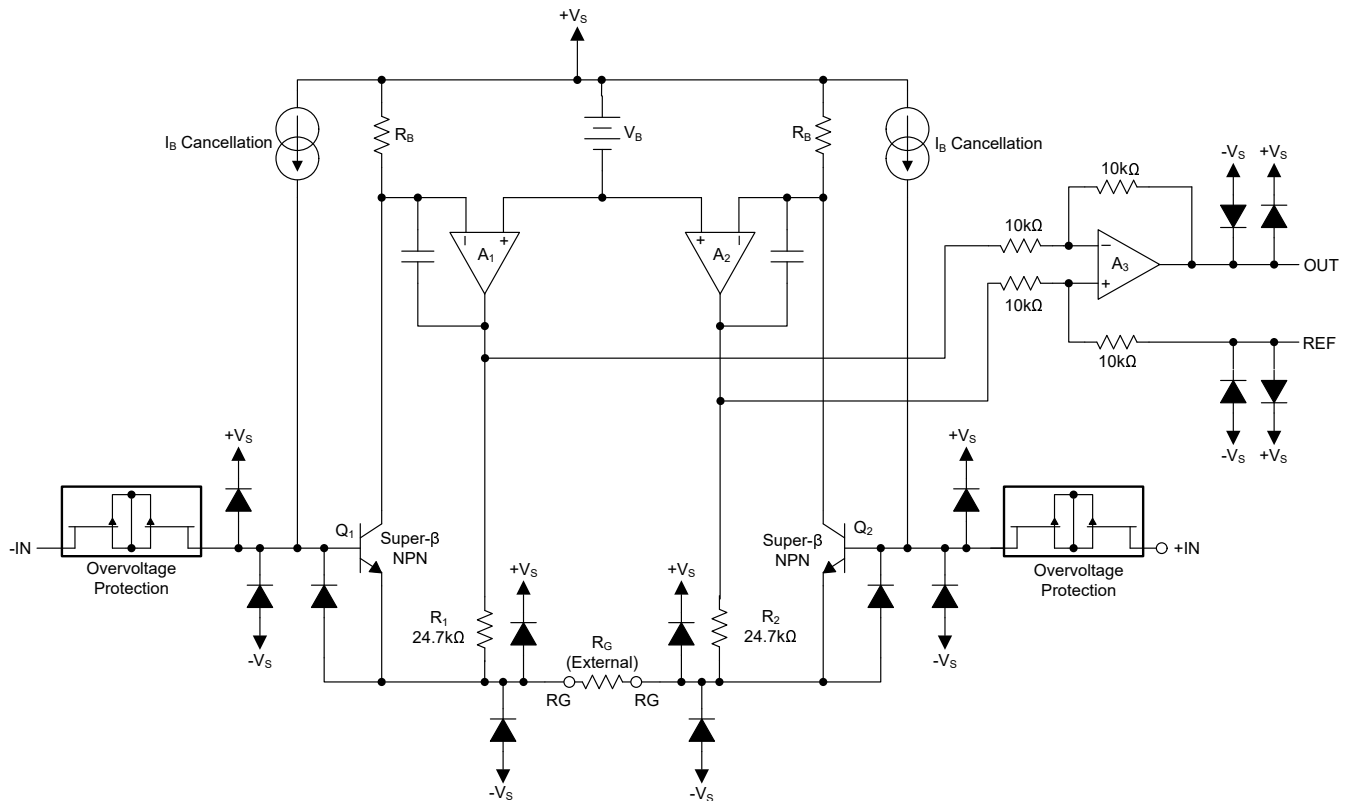
6 详细说明

6.1 概述

INA1H182-SEP 是一款单片精密仪表放大器，它集成了电流反馈输入级和四电阻器差分放大器输出级。下一节中的功能方框图显示了差分输入电压如何被 Q_1 和 Q_2 缓冲，并被迫穿过 R_G ，从而使信号电流流经 R_G 、 R_1 和 R_2 。输出差分放大器 A_3 可去除输入信号的共模分量，并将输出信号引向 REF 引脚。 V_{BE} 和 R_1 和 R_2 的压降在 A_1 和 A_2 上产生的输出电压大约比输入电压低 0.8V。

每个输入均由两个场效应晶体管 (FET) 保护，这些 FET 在正常信号条件下提供低串联电阻并保持出色的噪声性能。当施加过大的电压时，这些晶体管将输入电流限制在大约 8mA。

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

6.3.1 设置增益

图 6-1 显示了 INA1H182-SEP 的增益由连接在 R_G 引脚 (引脚 1 和引脚 8) 之间的单个外部电阻器 (R_G) 设置。

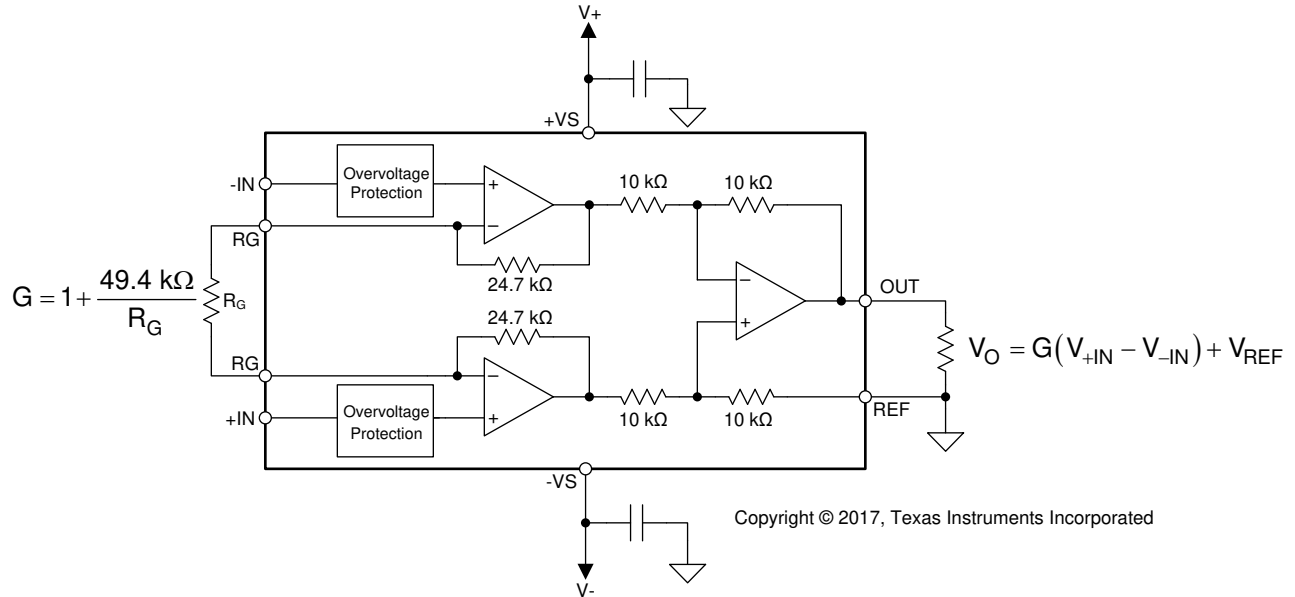


图 6-1. 带增益和输出公式的 INA1H182-SEP 简化图

根据内容选择 R_G 值：

$$G = 1 + \frac{49.4\text{k}\Omega}{R_G} \quad (1)$$

表 6-1 列出了几个常用的增益和电阻器阻值。方程式 1 中的 49.4kΩ 项代表两个内部 24.7kΩ 反馈电阻器之和。这些片上电阻器经过激光修整，达到精确的绝对值。INA1H182-SEP 的增益精度和漂移规格中包含这些电阻器的精度和温度系数。如图 6-1 所示和根据 节 7.4 中更为详细的说明，确保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，并尽可能靠近器件放置。

表 6-1. 常用的增益和电阻器阻值

| 所需增益 | R_G (Ω) | 最近 1% R_G (Ω) |
|------|--------------------|--------------------------|
| 1 | NC | NC |
| 2 | 49.4k | 49.9k |
| 5 | 12.35k | 12.4k |
| 10 | 5.489k | 5.49k |
| 20 | 2.600k | 2.61k |
| 50 | 1.008k | 1k |
| 100 | 499 | 499 |
| 200 | 248 | 249 |
| 500 | 99 | 100 |
| 1000 | 49.4 | 49.9 |

6.3.1.1 增益漂移

外部增益设置电阻器 (R_G) 的稳定性和温漂也会影响增益。 R_G 对增益精度和漂移的作用由方程式 1 确定。

当 INA1H182-SEP 在未连接 R_G 的情况下使用 $G = 1$ 时，可实现 $5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ （最大值）的最佳增益漂移。在这种情况下，增益漂移受到差分放大器 (A_3) 中集成的 $10\text{k}\Omega$ 电阻器温度系数轻微不匹配的限制。当增益大于 1 时，由于 A_1 和 A_2 反馈中的 $24.7\text{k}\Omega$ 电阻器产生单独漂移（相对于外部增益电阻器 R_G 的漂移），增益漂移增加内部反馈电阻的低温度系数，相较于其他方案，显著提升了采用大于 1V/V 增益的应用的整体温度稳定性。

高增益需要使用低阻值电阻，因此布线电阻成为一个重要考量因素。插座会增加配线电阻，并在增益约为 100 或更大时产生额外的增益误差（例如，可能的不稳定增益误差）。为了保持稳定性，应避免 R_G 连接处的寄生电容超过几皮法。通过仔细匹配 R_G 引脚上的任何寄生效应，可在频率范围内保持最佳的 CMRR，请参阅图 5-17。

6.3.2 EMI 抑制

德州仪器 (TI) 已制定了一种在 10MHz 至 6GHz 宽频谱范围内准确测量放大器抗扰度的方法。该方法使用 EMI 抑制比 (EMIRR) 来量化 INA1H182-SEP 抑制 EMI 的能力。输入 EMI 信号产生的失调电压使用公式 2 计算：

$$\Delta V_{OS} = \left(\frac{V_{RF_PEAK}^2}{100\text{mV}_P} \right) \times 10^{-\left(\frac{\text{EMIRR}(\text{dB})}{20} \right)} \quad (2)$$

其中

- V_{RF_PEAK} 是输入 EMI 信号的峰值振幅。

图 6-2 和 图 6-3 展示了 INA1H182-SEP EMIRR 图，即在此频率范围内实现差分 and 共模 EMI 抑制。表 6-2 列出了在实际应用中 INA1H182-SEP 在常见特定频率下的 EMIRR 值。表 6-2 中列出的应用主要围绕所示的特定频率或在该频率附近运行。根据终端系统要求，系统的信号输入附近可能需要额外的 EMI 滤波器。采用公认的优良做法，例如使用短走线、低通滤波器、阻尼电阻，并结合并联布线与屏蔽信号线布线。

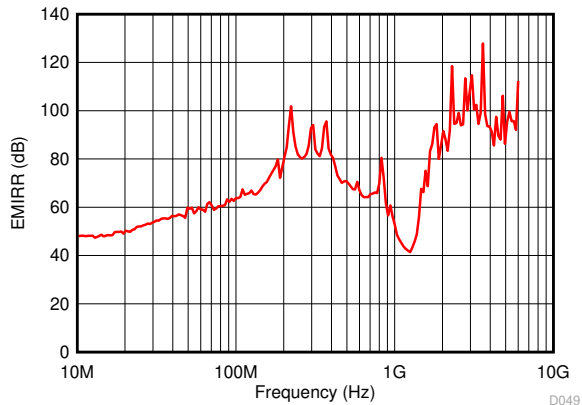


图 6-2. 共模 EMIRR 测试

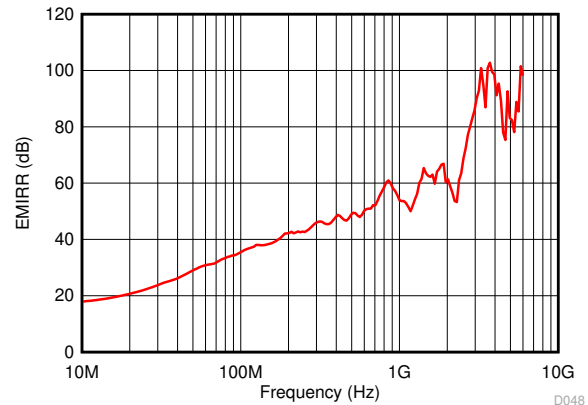


图 6-3. 差模 EMIRR 测试

表 6-2. 针对目标频率的 INA1H182-SEP EMIRR

| 频率 | 应用或分配 | 差分 EMIRR | 共模 EMIRR |
|--------|---|----------|----------|
| 400MHz | 移动无线电、移动卫星、太空操作、气象、雷达、超高频 (UHF) 应用 | 60dB | 88dB |
| 900MHz | 全球移动通信系统 (GSM) 应用、无线电通信、导航、GPS (最高可达 1.6GHz)、GSM、航空移动通信及 UHF 应用 | 58dB | 60dB |
| 1.8GHz | GSM 应用、移动个人通信、宽带、卫星和 L 波段 (1GHz 至 2GHz) | 66dB | 89dB |
| 2.4GHz | 802.11b、802.11g、802.11n、Bluetooth®、个人移动通信、工业、科学和医疗 (ISM) 无线频段、业余无线电通信和卫星、S 波段 (2GHz 至 4GHz) | 73dB | 98dB |
| 3.6GHz | 无线电定位、航空通信和导航、卫星、移动通信、S 波段 | 99dB | 111dB |
| 5GHz | 802.11a、802.11n、航空通信和导航、移动通信、太空和卫星运行、C 波段 (4GHz 至 8GHz) | 83dB | 91dB |

6.3.3 输入共模范围

INA1H182-SEP 输入电路的线性输入电压范围介于这些电源 2V 范围内，并在此范围内保持出色的共模抑制。图 6-4 至图 6-7 展示了某些常用工作条件下的共模范围。

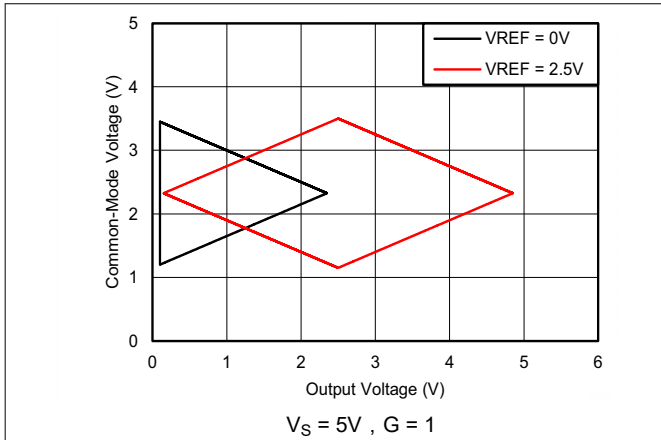


图 6-4. 输入共模电压与输出电压间的关系

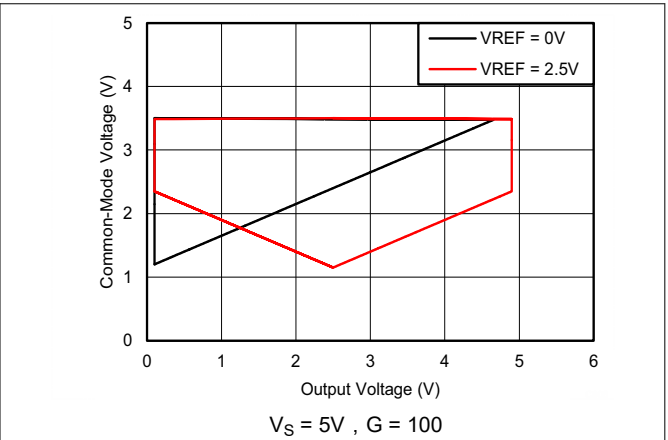


图 6-5. 输入共模电压与输出电压间的关系

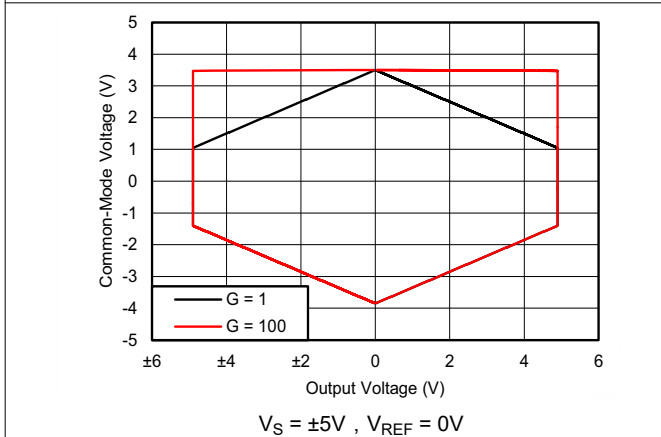


图 6-6. 输入共模电压与输出电压间的关系

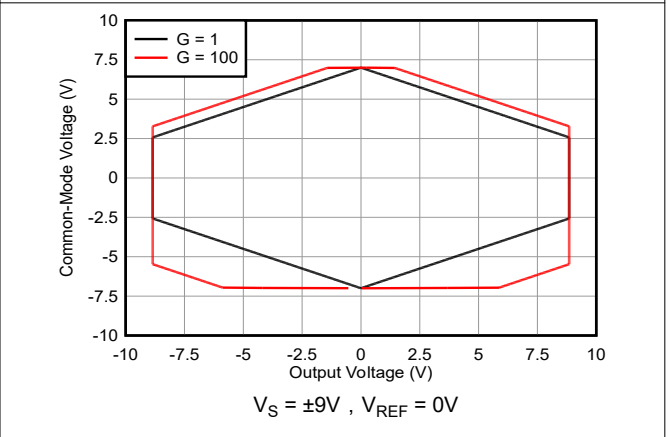


图 6-7. 输入共模电压与输出电压间的关系

6.3.4 输入保护

INA1H182-SEP 器件的各输入端均具备独立保护功能，可承受超过电源轨 $\pm 20\text{V}$ 的电压。例如，一个输入端的电压为 -20V ，另一个输入端的电压为 $+20\text{V}$ ，这种情况不会造成损坏。每个输入端的内部电路在正常信号条件下提供低串联阻抗。如果输入过载，则保护电路将输入电流限制到安全值。

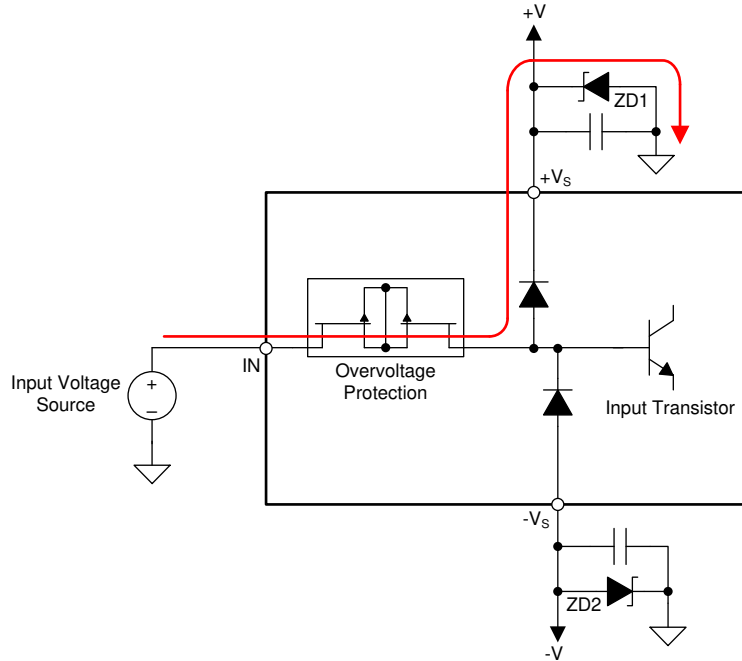


图 6-8. 过压条件下的输入电流路径

在输入过压条件下，电流通过输入保护二极管流入电源，如 图 6-8 所示。如果电源无法灌入电流，则必须在电源上放置齐纳二极管钳位 (图 6-8 中的 ZD1 和 ZD2)，从而提供接地的电流路径。图 6-9 显示了当 INA1H182-SEP 由 $\pm 9\text{V}$ 电源供电时， -40V 至 $+40\text{V}$ 输入电压范围对应的输入电流。

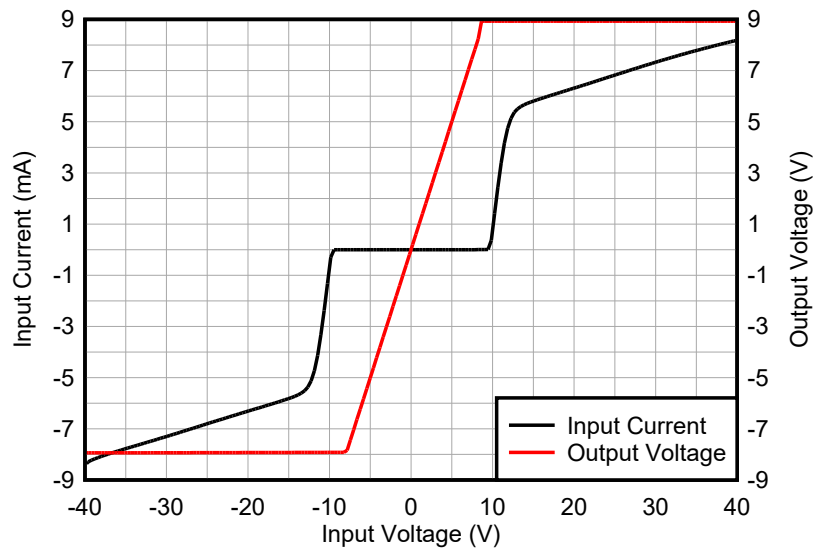


图 6-9. 输入电流与输入过压间的关系

6.4 器件功能模式

INA1H182-SEP 具有单一功能模式，可在电源电压大于 4.5V ($\pm 2.25V$) 时工作。INA1H182-SEP 的最大电源电压为 18V ($\pm 9V$)。

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

7.1.1 基准引脚

INA1H182-SEP 的输出电压是根据基准引脚 (REF) 上的电压确定的。在双电源运行中，REF (引脚 6) 通常连接到低阻抗系统接地端。在单电源运行中，将输出信号偏移到精确的中点电压很有用 (例如，5V 电源环境中的 2.5V)。为实现这一电平转换，必须将一个电压源连接到 REF 引脚以对输出执行电平转换，从而使 INA1H182-SEP 驱动单电源模数转换器 (ADC)。

施加在基准引脚上的电压源必须具有低输出阻抗。如图 7-1 所示，基准引脚的任何电阻 (图 7-1 中的 R_{REF}) 与内部 10k Ω 电阻器串联。

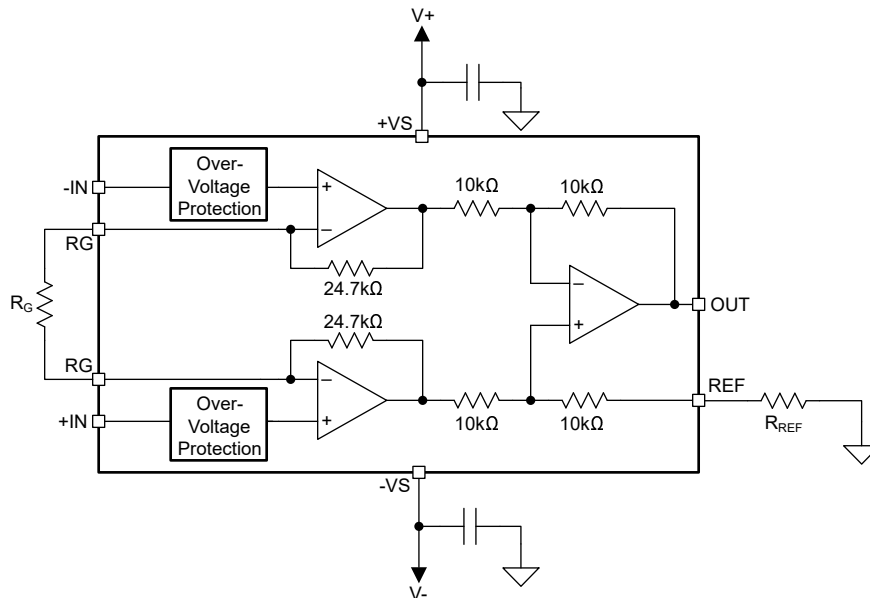


图 7-1. 基准引脚处显示的寄生电阻

基准引脚处的寄生电阻 (R_{REF}) 在内部差分放大器的四个电阻器中产生不平衡，这会导致共模抑制比 (CMRR) 降低。图 7-2 显示了由于基准引脚上的电阻增加，INA1H182-SEP 的 CMRR 会下降。为了获得最佳性能，请将 REF 引脚的源阻抗 (R_{REF}) 保持在 $5\ \Omega$ 以下。

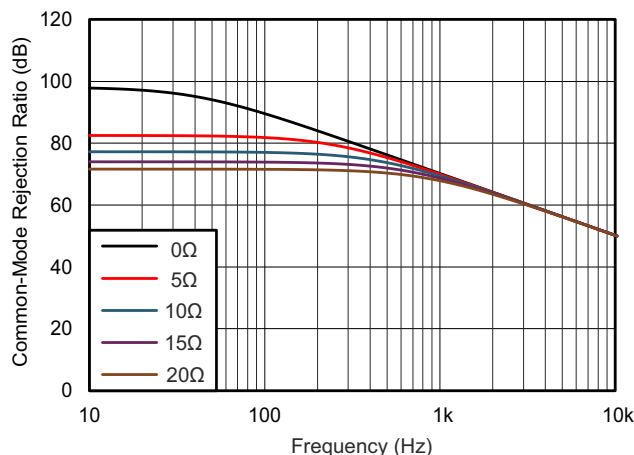


图 7-2. 增强基准引脚电阻的影响

电压基准器件是为基准引脚提供低阻抗电压源的上佳之选。然而，如果电阻分压器产生基准电压，则使用运算放大器 (如图 7-3 所示) 对分压器进行缓冲，以避免 CMRR 降低。

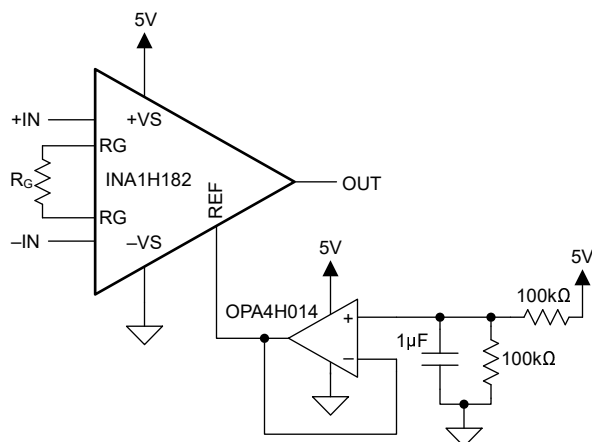


图 7-3. 使用运算放大器缓冲基准电压

7.1.2 输入偏置电流返回路径

INA1H182-SEP 的输入阻抗非常高 (约为 $100\text{G}\Omega$) 然而，必须为这两个输入的输入偏置电流提供路径。此输入偏置电流通常为 150pA 。高输入阻抗意味着，随着输入电压发生变化，该输入偏置电流变化很小。

为实现正常运行，输入电路必须为该输入偏置电流提供路径。图 7-4 显示了提供输入偏置电流路径的多种方式。在没有偏置电流路径的情况下，输入悬空到超过 INA1H182-SEP 共模范围的电位，且输入放大器饱和。如果差分源电阻较低，则偏置电流返回路径连接到一个输入端 (如图 7-4 中的热电偶示例所示)。在源阻抗较高的情况下，使用两个相等的电阻可提供平衡输入，其优点是偏置电流导致的输入失调电压更低，且高频共模抑制效果更好。

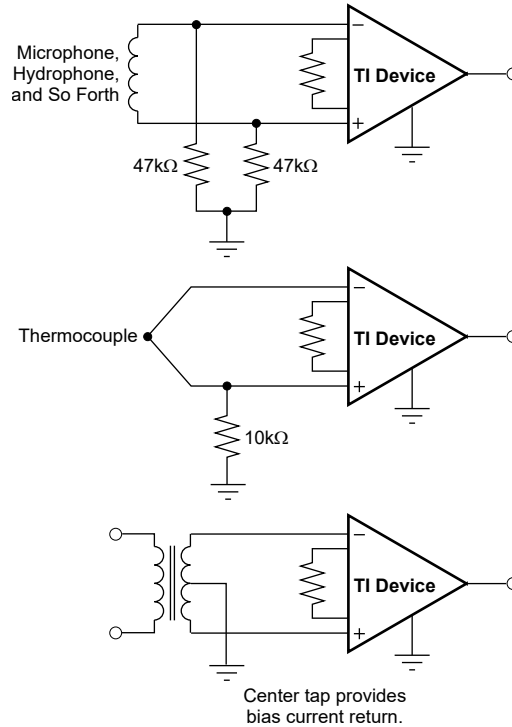


图 7-4. 提供输入共模电流路径

7.2 典型应用

7.2.1 电阻器温度检测器信号调节电路

图 7-5 所示为适用于电阻式温度检测器 (RTD) 的 4 线接口电路。此电路使用 OPA4H838-SEP 及 ADS1278-SP 进行构建。ADS1278-SP 是一款耐辐射精密 24B、8 通道同步采样 $\Delta - \Sigma$ ADC，OPA4H838-SEP 是一款抗辐射精密零漂移运算放大器。

该电路由单极 5V 电源供电，支持 -100°C 至 250°C 范围内的 RTD 温度测量，其中 RTD 传感器电阻的变化范围为 $60.26\ \Omega$ 至 $194.1\ \Omega$ 。OPA4H838 运算放大器电路使用 1mA 恒定激励电流偏置 RTD。相同的激励电流用于通过 $2.5\text{k}\Omega$ 电阻器生成 +2.5V 的比率指标 ADC 电压基准，从而实现低噪声和精确的 RTD 测量。INA1H182-SEP 能够在低速模式下直接驱动 ADS1278-SP，支持高达 10kSPS 的数据速率。

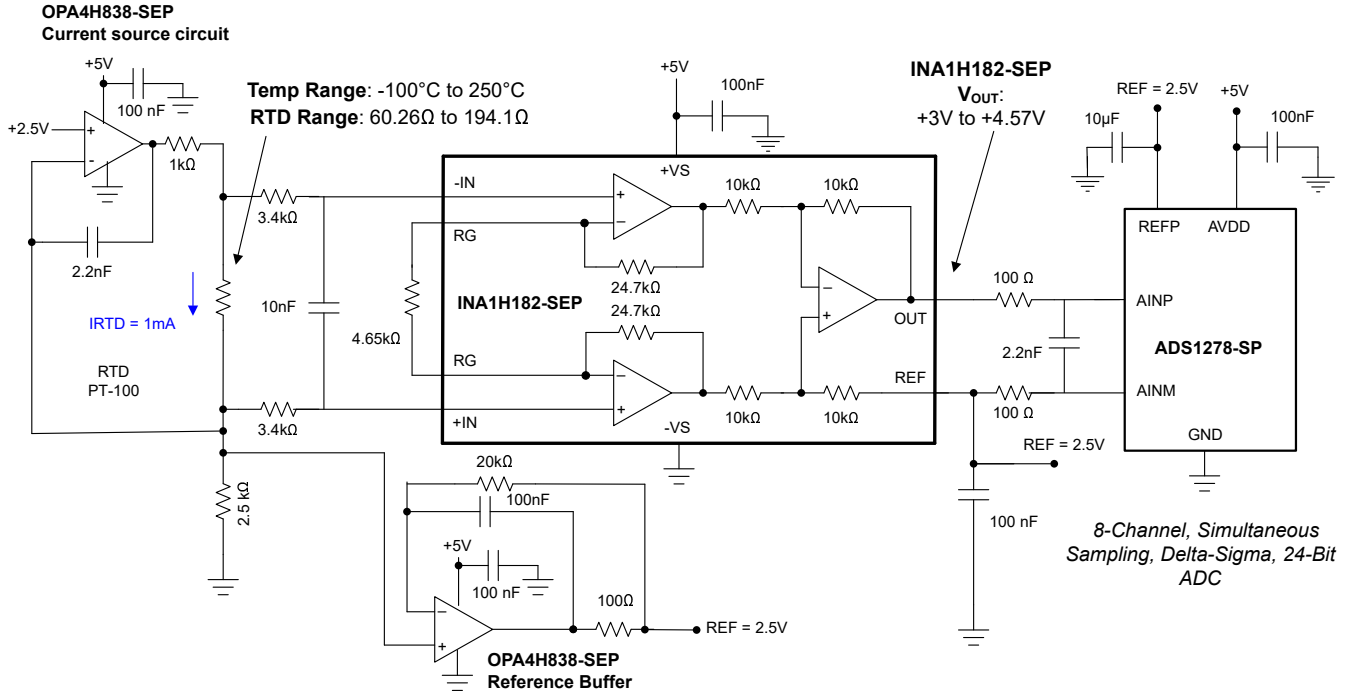


图 7-5. INA1H182-SEP RTD 传感器测量电路

7.2.1.1 设计要求

设计要求列出了 RTD 传感器测量电路的设计要求。

表 7-1. 设计要求

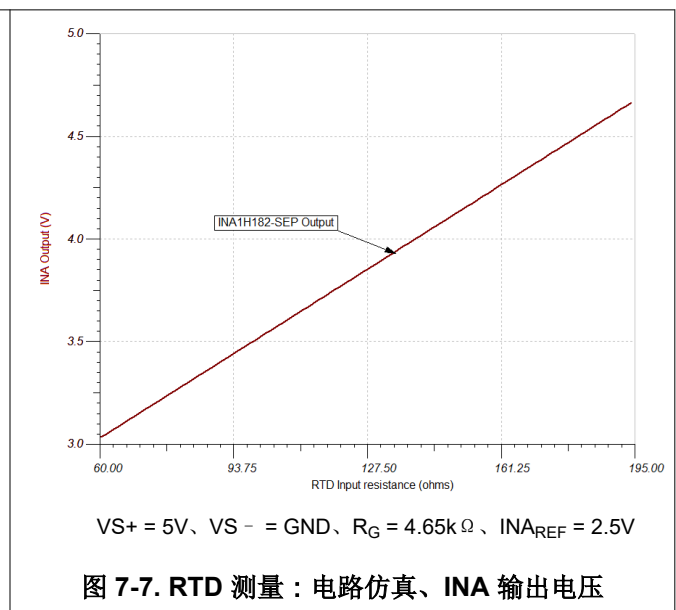
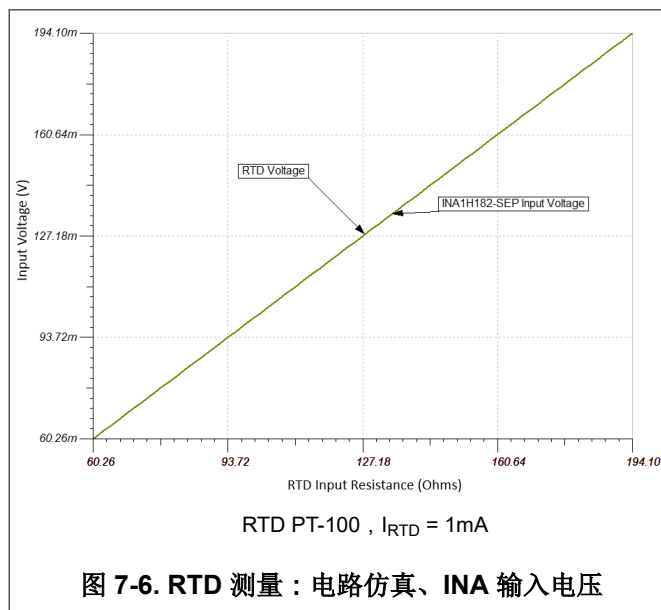
| 参数 | 值 |
|---------------|--|
| 电源电压 (单极电源电路) | VS+ = 5V、VS- = GND、ADC REF = +2.5V) |
| RTD 温度测量范围 | -100°C 至 250°C |
| RTD 电阻范围 | $60.26\ \Omega$ 至 $194.1\ \Omega$ |
| ADC 满标量程 | FSR = $\pm 2.5\text{V}$ |
| INA 输出范围 | 3V 至 4.57V (1.57V 范围) |
| 所支持的最高数据速率 | 10kSPS (ADC 处于低速模式) |

7.2.1.2 详细过程

1. 高等级 C0G (NP0) 用在信号路径上滤波器的任何位置，以实现高线性度和短建立时间。在表面贴装陶瓷电容器中，C0G (NP0) 陶瓷电容器可提供最佳的电容精度。C0G (NP0) 陶瓷电容器中使用的电介质类型在电压、频率和温度变化时可提供最稳定的电气特性。
2. ADS1278-SEP 输入端的 R-C-R 滤波器用作电荷库以过滤 ADC 的采样输入。电荷库减少了仪表放大器的瞬时电荷需求，保持了高线性度和低增益误差，否则会因放大器未完全稳定而降低性能。ADC 输入滤波器值为 $R = 100\ \Omega$ 和 $C = 2.2\text{nF}$ 。
3. 使用容差为 0.1% 的 $4.65\text{k}\ \Omega$ 精密低漂移 R_G 电阻器来设置仪表放大器增益并更大限度地降低增益和漂移误差。
4. 使用容差为 $\pm 0.1\%$ 的精密 $2.5\text{k}\ \Omega$ 电阻器生成 ADC 基准。电流源电路利用 OPA4H838 反馈，在 $2.5\text{k}\ \Omega$ 电阻器上强制施加 2.5V 电压，从而产生 1mA RTD 恒定电流激励。
5. OPA4H838 放大器参考缓冲器配置为双反馈配置，以在驱动 REFP ADC 输入引脚和 $10\ \mu\text{F}$ 旁路电容器的同时提供稳定性。RISO 是一个 $100\ \Omega$ 隔离电阻器，用于隔离两条反馈路径，优化稳定性。反馈路径 1 通过反馈电阻器， $R_F = 20\text{k}\ \Omega$ ，直接连接到 REF 引脚。反馈路径 2 通过反馈电容器， $C_F = 100\text{nF}$ ，连接到运算放大器的输出端。该电路提供了 95° 的环路增益相位裕度。

7.2.1.3 应用曲线

图 7-6 和图 7-7 展示了电路的典型特性曲线。



7.3 电源相关建议

INA1H182-SEP 的标称性能是在 $\pm 9\text{V}$ 的电源电压和 $1/2V_s$ 基准电压下规定的。该器件还可由 $\pm 2.25\text{V}$ (4.5V) 至 $\pm 9\text{V}$ (18V) 的电源和非 $1/2V_s$ 基准电压供电，且性能优异。第 5.6 节中显示了随工作电压和基准电压显著变化的参数。

7.4 布局

7.4.1 布局指南

建议使用良好的布局实践。为了实现器件的出色工作性能，请采用良好的 PCB 布局实践，包括：

- 确保两条输入路径在源阻抗和电容方面匹配良好，以避免将共模信号转换为差分信号。即使增益设置引脚处寄生电容存在轻微的不匹配，也会导致 CMRR 随频率降低。例如，在使用开关或 PhotoMOS® 继电器更改 R_G 值

来实现增益切换的应用中，应选择元件使开关电容尽可能小，最重要的是要尽量减少 R_G 引脚之间的电容不匹配。

- 噪声通过总体电路和器件的电源引脚传入模拟电路。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等效串联电阻 (ESR) $0.1\mu\text{F}$ 陶瓷旁路电容器，并尽量靠近器件放置。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。
- 为了减少寄生耦合，应让输入走线尽可能远离电源或输出走线。如果上述布线无法分离，则让敏感性布线与有噪声布线垂直交叉要远优于选择平行的布线方式。
- 外部元件应尽量靠近器件放置。如 图 7-8 所示，使 R_G 靠近引脚可最大限度减小寄生电容。
- 应使布线尽可能短。

7.4.2 布局示例

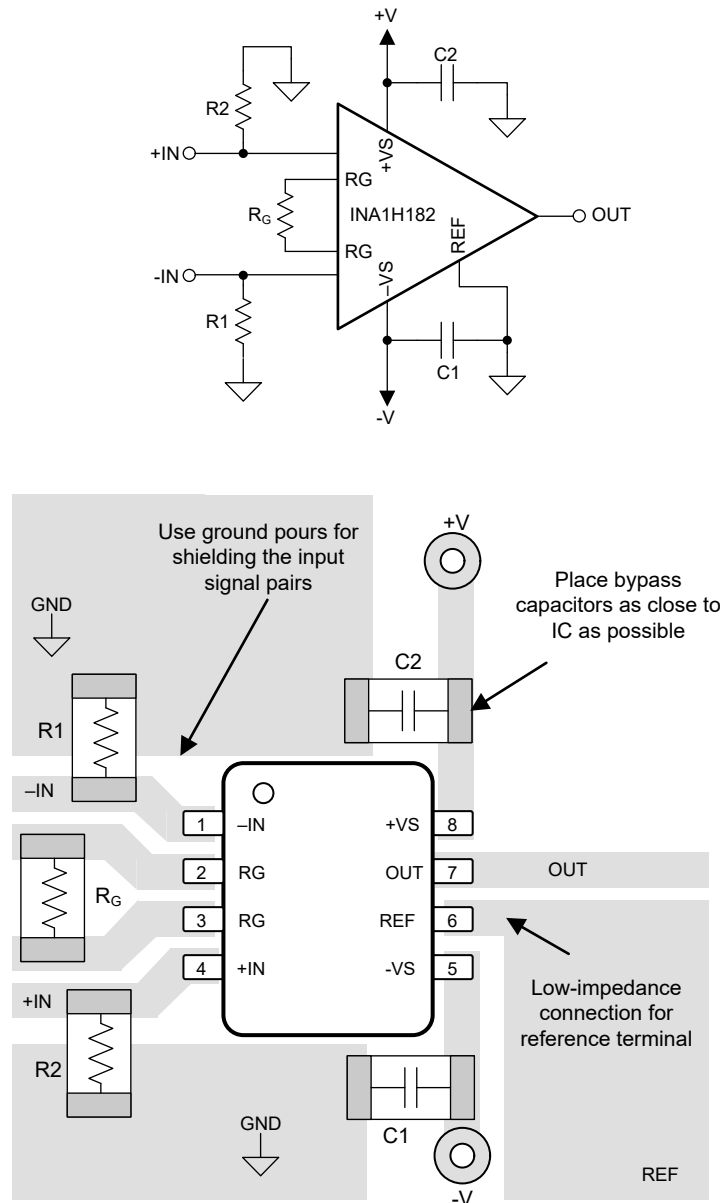


图 7-8. 原理图和相关 PCB 布局示例

8 器件和文档支持

8.1 器件支持

8.1.1 开发支持

- [基于 SPICE 的模拟仿真程序 - TINA-TI 软件文件夹](#)
- [仪表放大器的共模输入范围计算器](#)

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), [INA1H182-SEP 单粒子效应 \(SEE\) 辐射报告](#)
- 德州仪器 (TI), [INA1H182-SEP 抗辐射、低失调电压、低噪声、精密仪表放大器 TID 报告](#)
- 德州仪器 (TI), [INA1H182-SEP 中子位移损伤 \(NDD\) 表征](#)
- 德州仪器 (TI), [INA1H182-SEP 生产流程与可靠性报告](#)

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。

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

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.

PhotoMOS® is a registered trademark of Panasonic Electric Works Europe AG.

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 |
|------------|------|-------|
| March 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。

PACKAGING INFORMATION

| Orderable part number | Status (1) | Material type (2) | Package Pins | Package qty Carrier | RoHS (3) | Lead finish/ Ball material (4) | MSL rating/ Peak reflow (5) | Op temp (°C) | Part marking (6) |
|---------------------------------|---------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| INA1H182DGKTSEP | Active | Production | VSSOP (DGK) 8 | 250 SMALL T&R | Yes | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -55 to 125 | 821S |
| V62/25653-01XE | Active | Production | VSSOP (DGK) 8 | 250 SMALL T&R | - | NIPDAU | Level-2-260C-1 YEAR | -55 to 125 | 821S |

(1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer:The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

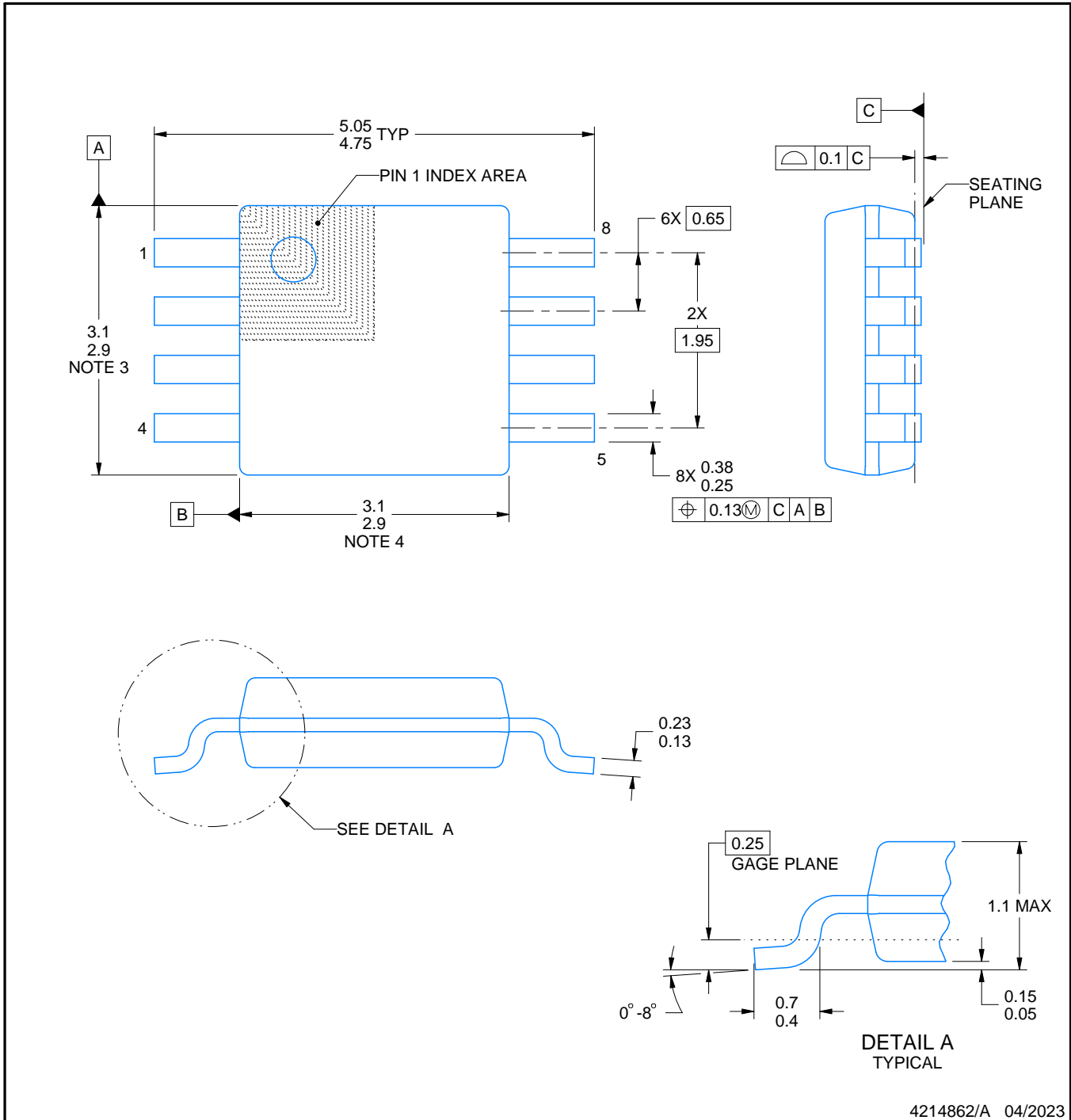
DGK0008A



PACKAGE OUTLINE

VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



NOTES:

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. 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 0.15 mm per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.25 mm per side.
5. Reference JEDEC registration MO-187.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

DGK0008A

™ VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 15X



SOLDER MASK DETAILS

4214862/A 04/2023

NOTES: (continued)

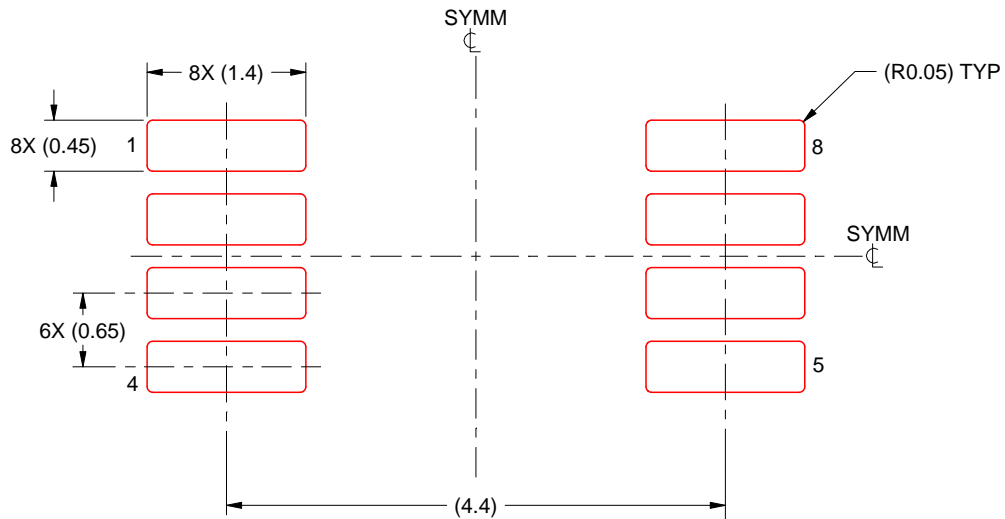
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DGK0008A

™ VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



SOLDER PASTE EXAMPLE
SCALE: 15X

4214862/A 04/2023

NOTES: (continued)

11. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
12. 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