

### 特性

#### 易于使用

引脚绑定的增益：10和100

宽电源电压范围：±2.3 V至±18 V

直流规格 (B级, G = 10)

增益漂移：2 ppm/°C

增益误差：0.02%

输入失调电压：50 μV(最大值)

输入失调漂移：0.8 μV/°C(最大值)

输入偏置电流：0.6 nA(最大值)

CMRR：100 dB

#### 交流规格

-3 dB带宽：650 kHz (G = 10)

压摆率：2 V/μs

#### 低噪声

8 nV/√Hz (1 kHz, G = 100)

0.3 μV p-p(0.1 Hz至10 Hz, G = 100)

### 应用

电子秤

工业过程控制

桥式放大器

精密数据采集系统

医疗仪器

应变计

传感器接口

### 概述

AD8228是一款高性能仪表放大器，具有非常高的增益精度。由于所有增益设置电阻均内置并经过激光调整，因此该器件的增益精度和增益漂移性能优于典型的仪表放大器。

低电压失调、低失调漂移、低增益漂移、高增益精度和高共模抑制比特性，使这款器件成为需要具备最佳直流性能应用(如桥式信号调理)的绝佳选择。

### 连接图

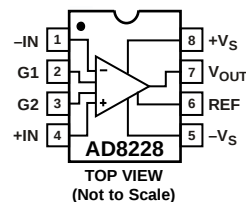


图1

表1. 仪表放大器分类

| 通用                  | 零漂移                 | 军用级   | 低功耗                | 高速PGA  |
|---------------------|---------------------|-------|--------------------|--------|
| AD8220 <sup>1</sup> | AD8231 <sup>1</sup> | AD620 | AD627 <sup>1</sup> | AD8250 |
| AD8221              | AD8553 <sup>1</sup> | AD621 | AD623 <sup>1</sup> | AD8251 |
| AD8222              | AD8555 <sup>1</sup> | AD524 |                    | AD8253 |
| AD8224 <sup>1</sup> | AD8556 <sup>1</sup> | AD526 |                    |        |
| AD8228              | AD8557 <sup>1</sup> | AD624 |                    |        |

<sup>1</sup> 轨到轨输出。

AD8228可以采用单电源或双电源供电。电源电压最高可达±18 V，因此它特别适合高共模输入电压的应用。AD8228提供8引脚MSOP和SOIC两种封装。

该器件所有等级的额定温度范围均为-40°C至+85°C工业温度范围。此外，AD8228也能在-40°C至+125°C范围内工作。欲了解引脚兼容、具有类似规格但增益范围为1至1000的仪表放大器，请参考AD8221。

#### Rev. 0

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 [www.analog.com](http://www.analog.com)  
Fax: 781.461.3113 ©2008 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

目录

|                |    |                |    |
|----------------|----|----------------|----|
| 特性.....        | 1  | 架构.....        | 16 |
| 应用.....        | 1  | 设置增益.....      | 16 |
| 概述.....        | 1  | 共模输入电压范围.....  | 16 |
| 连接图.....       | 1  | 基准引脚.....      | 17 |
| 修订历史.....      | 2  | 布局.....        | 17 |
| 技术规格.....      | 3  | 输入保护.....      | 18 |
| 增益 = 10.....   | 3  | 射频干扰(RFI)..... | 18 |
| 增益 = 100.....  | 5  | 应用信息.....      | 19 |
| 绝对最大额定值.....   | 7  | 差分驱动.....      | 19 |
| 热阻.....        | 7  | 精密应变计.....     | 19 |
| ESD警告.....     | 7  | 驱动差分ADC.....   | 19 |
| 引脚配置和功能描述..... | 8  | 外形尺寸.....      | 20 |
| 典型工作特性.....    | 9  | 订购指南.....      | 21 |
| 工作原理.....      | 16 |                |    |

修订历史

2008年7月—修订版0：初始版

# 技术规格

## 增益 = 10

除非另有说明,  $V_S = \pm 15\text{ V}$ ,  $V_{REF} = 0\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ , 所有规格均折合到输入端。

表2

| 参数                          | 条件<br>(增益 = 10)                                                  | 最小值          | A级<br>典型值      | 最大值          | 最小值          | B级<br>典型值      | 最大值          | 单位                           |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|------------------------------|
| 共模抑制比(CMRR)                 |                                                                  |              |                |              |              |                |              |                              |
| DC至60 Hz的CMRR, 1 k $\Omega$ | $V_{CM} = -10\text{ V}$ 至 $+10\text{ V}$                         | 94           |                |              | 100          |                |              | dB                           |
| 非均衡信号源<br>2 kHz时的CMRR       | $V_{CM} = -10\text{ V}$ 至 $+10\text{ V}$                         | 90           |                |              | 100          |                |              | dB                           |
| 噪声                          | $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF} = 0\text{ V}$                       |              |                |              |              |                |              |                              |
| 电压噪声                        | $f = 1\text{ kHz}$                                               |              |                | 15           |              |                | 15           | nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$       |
|                             | $f = 0.1\text{ Hz}$ 至 $10\text{ Hz}$                             |              | 0.5            |              |              | 0.5            |              | $\mu\text{V p-p}$            |
| 电流噪声                        | $f = 1\text{ kHz}$                                               |              | 40             |              |              | 40             |              | fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$       |
|                             | $f = 0.1\text{ Hz}$ 至 $10\text{ Hz}$                             |              | 6              |              |              | 6              |              | pA p-p                       |
| 失调电压                        | Referred to input,<br>$V_S = \pm 5\text{ V}$ 至 $\pm 15\text{ V}$ |              |                |              |              |                |              |                              |
| 失调                          |                                                                  |              |                | 90           |              |                | 50           | $\mu\text{V}$                |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                    |              |                | 180          |              |                | 100          | $\mu\text{V}$                |
| 平均温度系数(TC)                  | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                    |              |                | 1.5          |              |                | 0.8          | $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ |
| 失调与电源的关系(PSR)               |                                                                  | 104          | 120            |              | 106          | 120            |              | dB                           |
| 输入电流                        |                                                                  |              |                |              |              |                |              |                              |
| 输入偏置电流                      |                                                                  |              | 0.5            | 1.5          |              | 0.4            | 0.6          | nA                           |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                    |              |                | 2.0          |              |                | 1            | nA                           |
| 平均温度系数(TC)                  | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                    |              | 1              |              |              | 1              |              | pA/ $^\circ\text{C}$         |
| 输入失调电流                      |                                                                  |              | 0.2            | 0.6          |              | 0.1            | 0.4          | nA                           |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                    |              |                | 0.8          |              |                | 0.6          | nA                           |
| 平均温度系数(TC)                  | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                    |              | 1              |              |              | 1              |              | pA/ $^\circ\text{C}$         |
| 基准输入                        |                                                                  |              |                |              |              |                |              |                              |
| $R_{IN}$                    |                                                                  |              | 20             |              |              | 20             |              | k $\Omega$                   |
| $I_{IN}$                    | $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF} = 0\text{ V}$                       |              | 50             | 60           |              | 50             | 60           | $\mu\text{A}$                |
| 电压范围                        |                                                                  | $-V_S$       |                | $+V_S$       | $-V_S$       |                | $+V_S$       | V                            |
| 输出增益                        |                                                                  |              | $1 \pm 0.0001$ |              |              | $1 \pm 0.0001$ |              | V/V                          |
| 动态响应                        |                                                                  |              |                |              |              |                |              |                              |
| 小信号-3 dB带宽                  |                                                                  |              | 650            |              |              | 650            |              | kHz                          |
| 0.01%建立时间                   | 10 V step                                                        |              | 6              |              |              | 6              |              | $\mu\text{s}$                |
| 0.001%建立时间                  | 10 V step                                                        |              | 9              |              |              | 9              |              | $\mu\text{s}$                |
| 压摆率                         |                                                                  | 2            | 2.5            |              | 2            | 2.5            |              | V/ $\mu\text{s}$             |
| 增益                          | $V_{OUT} = -10\text{ V}$ 至 $+10\text{ V}$                        |              |                |              |              |                |              |                              |
| 增益误差                        |                                                                  |              |                | 0.07         |              |                | 0.02         | %                            |
| 增益非线性度                      |                                                                  |              |                |              |              |                |              |                              |
| $R_L = 10\text{ k}\Omega$   |                                                                  |              | 3              | 10           |              | 3              | 10           | ppm                          |
| $R_L = 2\text{ k}\Omega$    |                                                                  |              | 3              | 10           |              | 3              | 10           | ppm                          |
| 增益与温度的关系                    |                                                                  |              | 1              | 10           |              | 1              | 2            | ppm/ $^\circ\text{C}$        |
| 输入                          |                                                                  |              |                |              |              |                |              |                              |
| 输入阻抗                        |                                                                  |              |                |              |              |                |              |                              |
| 差分                          |                                                                  |              | 100  2         |              |              | 100  2         |              | G $\Omega$   pF              |
| 共模                          |                                                                  |              | 100  2         |              |              | 100  2         |              | G $\Omega$   pF              |
| 输入工作电压范围 <sup>1</sup>       | $V_S = \pm 2.3\text{ V}$ 至 $\pm 5\text{ V}$                      | $-V_S + 1.9$ |                | $+V_S - 1.1$ | $-V_S + 1.9$ |                | $+V_S - 1.1$ | V                            |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                    | $-V_S + 2.0$ |                | $+V_S - 1.2$ | $-V_S + 2.0$ |                | $+V_S - 1.2$ | V                            |
| 输入工作电压范围 <sup>1</sup>       | $V_S = \pm 5\text{ V}$ 至 $\pm 18\text{ V}$                       | $-V_S + 1.9$ |                | $+V_S - 1.2$ | $-V_S + 1.9$ |                | $+V_S - 1.2$ | V                            |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                    | $-V_S + 2.0$ |                | $+V_S - 1.2$ | $-V_S + 2.0$ |                | $+V_S - 1.2$ | V                            |

# AD8228

| 参数                | 条件<br>(增益 = 10)                               | 最小值          | A级<br>典型值 | 最大值          | 最小值          | B级<br>典型值 | 最大值          | 单位               |
|-------------------|-----------------------------------------------|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|------------------|
| 输出                | $R_L = 10\text{ k}\Omega$                     |              |           |              |              |           |              |                  |
| 输出摆幅              | $V_S = \pm 2.3\text{ V}$ 至 $\pm 5\text{ V}$   | $-V_S + 1.1$ |           | $+V_S - 1.2$ | $-V_S + 1.1$ |           | $+V_S - 1.2$ | V                |
| 全温度范围             | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$ | $-V_S + 1.4$ |           | $+V_S - 1.3$ | $-V_S + 1.4$ |           | $+V_S - 1.3$ | V                |
| 输出摆幅              | $V_S = \pm 5\text{ V}$ 至 $\pm 18\text{ V}$    | $-V_S + 1.2$ |           | $+V_S - 1.4$ | $-V_S + 1.2$ |           | $+V_S - 1.4$ | V                |
| 全温度范围             | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$ | $-V_S + 1.6$ |           | $+V_S - 1.5$ | $-V_S + 1.6$ |           | $+V_S - 1.5$ | V                |
| 短路电流              |                                               |              | 18        |              |              | 18        |              | mA               |
| 电源                |                                               |              |           |              |              |           |              |                  |
| 工作范围              | $V_S = \pm 2.3\text{ V}$ 至 $\pm 18\text{ V}$  | $\pm 2.3$    |           | $\pm 18$     | $\pm 2.3$    |           | $\pm 18$     | V                |
| 静态电流              |                                               |              | 0.85      | 1            |              | 0.85      | 1            | mA               |
| 全温度范围             | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$ |              | 1         | 1.2          |              | 1         | 1.2          | mA               |
| 温度范围              |                                               |              |           |              |              |           |              |                  |
| 额定性能              |                                               | $-40$        |           | $+85$        | $-40$        |           | $+85$        | $^\circ\text{C}$ |
| 工作范围 <sup>2</sup> |                                               | $-40$        |           | $+125$       | $-40$        |           | $+125$       | $^\circ\text{C}$ |

<sup>1</sup> 在输入电压范围限值附近工作可能会降低可用的输出范围。输入共模范围与输出电压的关系参见图10和图11。

<sup>2</sup> 关于85°C至125°C范围内的工作特性，请参见“典型工作特性”部分。

**增益 = 100**

除非另有说明,  $V_S = \pm 15\text{ V}$ ,  $V_{\text{REF}} = 0\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ , 所有规格均折合到输入端。

**表3**

| 参数                          | 条件<br>(增益 = 10)                                                 | A级           |                |              | B级           |                |              | 单位                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|------------------------------|
|                             |                                                                 | 最小值          | 典型值            | 最大值          | 最小值          | 典型值            | 最大值          |                              |
| 共模抑制比(CMRR)                 |                                                                 |              |                |              |              |                |              |                              |
| DC至60 Hz的CMRR, 1 k $\Omega$ | $V_{\text{CM}} = -10\text{ V}$ 至 $+10\text{ V}$                 | 114          |                |              | 120          |                |              | dB                           |
| 非均衡信号源                      |                                                                 |              |                |              |              |                |              |                              |
| 2 kHz时的CMRR                 | $V_{\text{CM}} = -10\text{ V}$ 至 $+10\text{ V}$                 | 100          |                |              | 105          |                |              | dB                           |
| 噪声                          | $V_{\text{IN}+} = V_{\text{IN}-} = V_{\text{REF}} = 0\text{ V}$ |              |                |              |              |                |              |                              |
| 电压噪声                        | $f = 1\text{ kHz}$                                              |              |                | 8            |              |                | 8            | nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$       |
|                             | $f = 0.1\text{ Hz}$ 至 $10\text{ Hz}$                            |              | 0.3            |              |              | 0.3            |              | $\mu\text{V p-p}$            |
| 电流噪声                        | $f = 1\text{ kHz}$                                              |              | 40             |              |              | 40             |              | fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$       |
|                             | $f = 0.1\text{ Hz}$ 至 $10\text{ Hz}$                            |              | 6              |              |              | 6              |              | pA p-p                       |
| 失调电压                        | 折合到输入端,<br>$V_S = \pm 5\text{ V}$ 至 $\pm 15\text{ V}$           |              |                |              |              |                |              |                              |
| 失调                          |                                                                 |              |                | 90           |              |                | 50           | $\mu\text{V}$                |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                   |              |                | 140          |              |                | 80           | $\mu\text{V}$                |
| 平均温度系数(TC)                  | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                   |              |                | 0.9          |              |                | 0.5          | $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ |
| 失调与电源的关系(PSR)               |                                                                 | 118          | 140            |              | 124          | 140            |              | dB                           |
| 输入电流                        |                                                                 |              |                |              |              |                |              |                              |
| 输入偏置电流                      |                                                                 |              | 0.5            | 1.5          |              | 0.4            | 0.6          | nA                           |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                   |              |                | 2.0          |              |                | 1            | nA                           |
| 平均温度系数(TC)                  | $T = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$                  |              | 1              |              |              | 1              |              | pA/ $^\circ\text{C}$         |
| 输入失调电流                      |                                                                 |              | 0.2            | 0.6          |              | 0.1            | 0.4          | nA                           |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                   |              |                | 0.8          |              |                | 0.6          | nA                           |
| 平均温度系数(TC)                  | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                   |              | 1              |              |              | 1              |              | pA/ $^\circ\text{C}$         |
| 基准输入                        |                                                                 |              |                |              |              |                |              |                              |
| $R_{\text{IN}}$             |                                                                 |              | 20             |              |              | 20             |              | k $\Omega$                   |
| $I_{\text{IN}}$             | $V_{\text{IN}+} = V_{\text{IN}-} = V_{\text{REF}} = 0\text{ V}$ |              | 50             | 60           |              | 50             | 60           | $\mu\text{A}$                |
| 电压范围                        |                                                                 | $-V_S$       |                | $+V_S$       | $-V_S$       |                | $+V_S$       | V                            |
| 输出增益                        |                                                                 |              | $1 \pm 0.0001$ |              |              | $1 \pm 0.0001$ |              | V/V                          |
| 动态响应                        |                                                                 |              |                |              |              |                |              |                              |
| 小信号-3 dB带宽                  |                                                                 |              | 110            |              |              | 110            |              | kHz                          |
| 0.01%建立时间                   | 10 V step                                                       |              | 13             |              |              | 13             |              | $\mu\text{s}$                |
| 0.001%建立时间                  | 10 V step                                                       |              | 15             |              |              | 15             |              | $\mu\text{s}$                |
| 压摆率                         |                                                                 | 2            | 2.5            |              | 2            | 2.5            |              | V/ $\mu\text{s}$             |
| 增益                          | $V_{\text{OUT}} = -10\text{ V}$ 至 $+10\text{ V}$                |              |                | 0.1          |              |                | 0.05         | %                            |
| 增益误差                        |                                                                 |              |                |              |              |                |              |                              |
| 增益非线性度                      |                                                                 |              |                |              |              |                |              |                              |
| $R_L = 10\text{ k}\Omega$   |                                                                 |              | 5              | 15           |              | 5              | 15           | ppm                          |
| $R_L = 2\text{ k}\Omega$    |                                                                 |              | 15             | 45           |              | 15             | 45           | ppm                          |
| 增益与温度的关系                    |                                                                 |              | 1              | 10           |              | 1              | 2            | ppm/ $^\circ\text{C}$        |
| 输入                          |                                                                 |              |                |              |              |                |              |                              |
| 输入阻抗                        |                                                                 |              |                |              |              |                |              |                              |
| 差分                          |                                                                 |              | 100  2         |              |              | 100  2         |              | G $\Omega$   pF              |
| 共模                          |                                                                 |              | 100  2         |              |              | 100  2         |              | G $\Omega$   pF              |
| 输入工作电压范围 <sup>1</sup>       | $V_S = \pm 2.3\text{ V}$ 至 $\pm 5\text{ V}$                     | $-V_S + 1.9$ |                | $+V_S - 1.1$ | $-V_S + 1.9$ |                | $+V_S - 1.1$ | V                            |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                   | $-V_S + 2.0$ |                | $+V_S - 1.2$ | $-V_S + 2.0$ |                | $+V_S - 1.2$ | V                            |
| 输入工作电压范围 <sup>1</sup>       | $V_S = \pm 5\text{ V}$ 至 $\pm 18\text{ V}$                      | $-V_S + 1.9$ |                | $+V_S - 1.2$ | $-V_S + 1.9$ |                | $+V_S - 1.2$ | V                            |
| 全温度范围                       | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$                   | $-V_S + 2.0$ |                | $+V_S - 1.2$ | $-V_S + 2.0$ |                | $+V_S - 1.2$ | V                            |

# AD8228

| 参数                | 条件<br>(增益 = 10)                               | A级           |      |              | B级           |      |              | 单位               |
|-------------------|-----------------------------------------------|--------------|------|--------------|--------------|------|--------------|------------------|
|                   |                                               | 最小值          | 典型值  | 最大值          | 最小值          | 典型值  | 最大值          |                  |
| 输出                | $R_L = 10\text{ k}\Omega$                     |              |      |              |              |      |              |                  |
| 输出摆幅              | $V_S = \pm 2.3\text{ V}$ 至 $\pm 5\text{ V}$   | $-V_S + 1.1$ |      | $+V_S - 1.2$ | $-V_S + 1.1$ |      | $+V_S - 1.2$ | V                |
| 全温度范围             | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$ | $-V_S + 1.4$ |      | $+V_S - 1.3$ | $-V_S + 1.4$ |      | $+V_S - 1.3$ | V                |
| 输出摆幅              | $V_S = \pm 5\text{ V}$ 至 $\pm 18\text{ V}$    | $-V_S + 1.2$ |      | $+V_S - 1.4$ | $-V_S + 1.2$ |      | $+V_S - 1.4$ | V                |
| 全温度范围             | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$ | $-V_S + 1.6$ |      | $+V_S - 1.5$ | $-V_S + 1.6$ |      | $+V_S - 1.5$ | V                |
| 短路电流              |                                               |              | 18   |              |              | 18   |              | mA               |
| 电源                |                                               |              |      |              |              |      |              |                  |
| 工作范围              | $V_S = \pm 2.3\text{ V}$ 至 $\pm 18\text{ V}$  | $\pm 2.3$    |      | $\pm 18$     | $\pm 2.3$    |      | $\pm 18$     | V                |
| 静态电流              |                                               |              | 0.85 | 1            |              | 0.85 | 1            | mA               |
| 全温度范围             | $T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$ |              | 1    | 1.2          |              | 1    | 1.2          | mA               |
| 温度范围              |                                               |              |      |              |              |      |              |                  |
| 额定性能              |                                               | $-40$        |      | $+85$        | $-40$        |      | $+85$        | $^\circ\text{C}$ |
| 工作范围 <sup>2</sup> |                                               | $-40$        |      | $+125$       | $-40$        |      | $+125$       | $^\circ\text{C}$ |

<sup>1</sup> 在输入电压范围限值附近工作可能会降低可用的输出范围。输入共模范围与输出电压的关系参见图12和图13。

<sup>2</sup> 关于85°C至125°C范围内的工作特性，请参见“典型工作特性”部分。

绝对最大额定值

表4

| 参数                  | 额定值             |
|---------------------|-----------------|
| 电源电压                | ±18 V           |
| 输出短路电流              | 不定              |
| 输入电压(共模)            | ±V <sub>S</sub> |
| 差分输入电压              | ±V <sub>S</sub> |
| 存储温度范围              | −65°C 至 +150°C  |
| 工作温度范围 <sup>1</sup> | −40°C 至 +125°C  |
| 最高结温                | 140°C           |
| ESD                 |                 |
| 人体模型                | 2 kV            |
| 充电器件模型              | 1 kV            |

<sup>1</sup> 额定温度范围为−40°C至+85°C。关于85°C至125°C范围内的工作特性，请参见“典型工作特性”部分。

注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定最值，不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，器件能够正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

热阻

θ<sub>JA</sub>是针对暴露于空气中的器件而言。

表5

| 封装               | θ <sub>JA</sub> | 单位   |
|------------------|-----------------|------|
| 8引脚MSOP，4层JEDEC板 | 135             | °C/W |
| 8引脚SOIC，4层JEDEC板 | 121             | °C/W |

ESD警告



**ESD(静电放电)敏感器件。**  
带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路，但在遇到高能量ESD时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的ESD防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。

引脚配置和功能描述

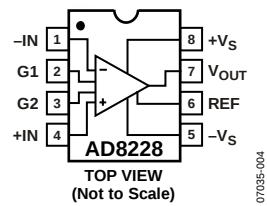


图2. 引脚配置

表6. 引脚功能描述

| 引脚编号 | 引脚名称   | 描述                             |
|------|--------|--------------------------------|
| 1    | -IN    | 负输入。                           |
| 2, 3 | G1, G2 | 增益引脚。短接在一起时，增益为100；不连接时，增益为10。 |
| 4    | +IN    | 正输入。                           |
| 5    | -Vs    | 负电源。                           |
| 6    | REF    | 基准电压源。                         |
| 7    | VOUT   | 输出。                            |
| 8    | +Vs    | 正电源。                           |

# 典型工作特性

除非另有说明， $T = 25^{\circ}\text{C}$ ， $V_s = \pm 15\text{ V}$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 。

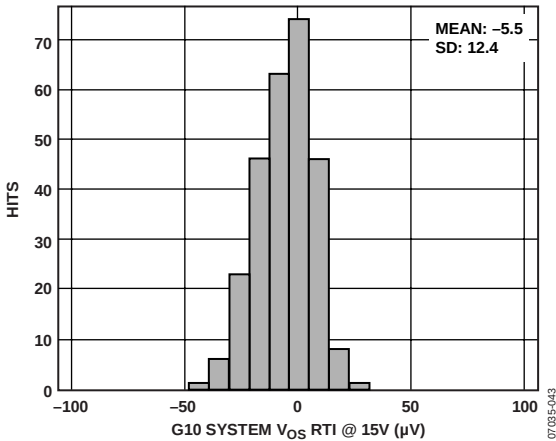


图3. 输入失调电压的典型分布图( $G = 10$ )

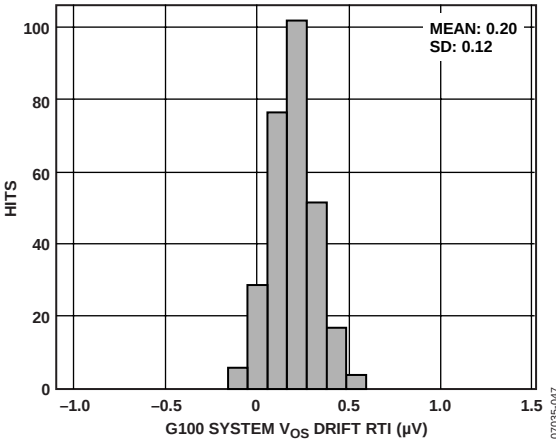


图6. 输入失调电压漂移的典型分布图( $G = 100$ )

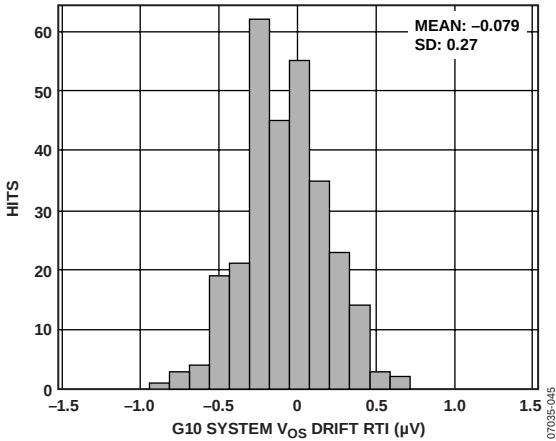


图4. 输入失调电压漂移的典型分布图( $G = 10$ )

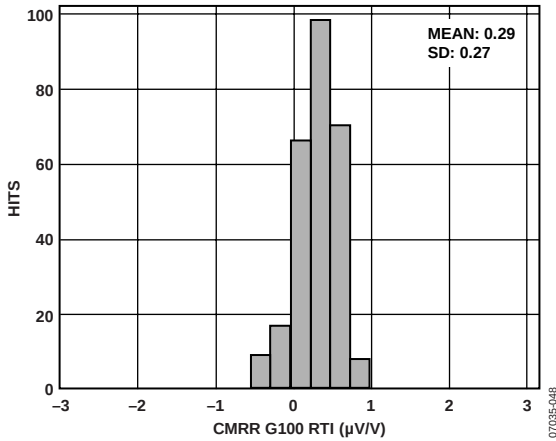


图7. CMRR典型分布图( $G = 100$ )

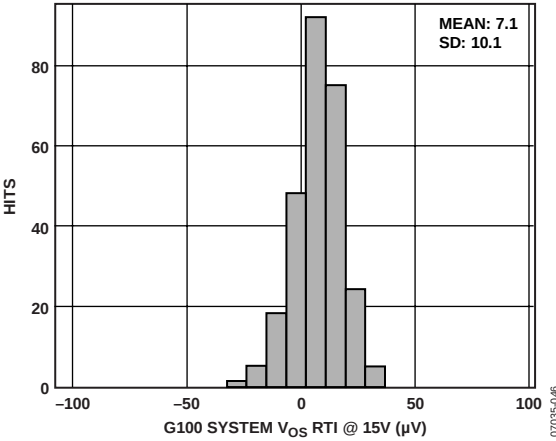


图5. 输入失调电压的典型分布图( $G = 100$ )

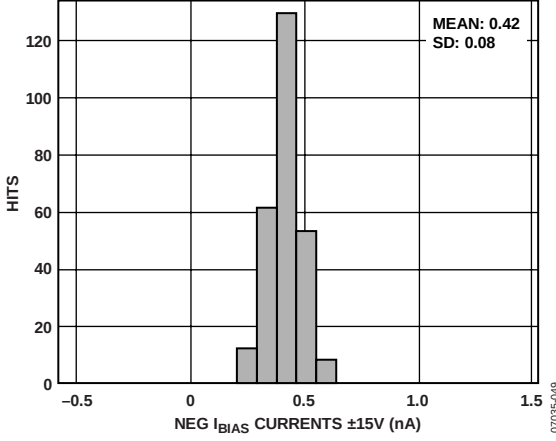


图8. 输入偏置电流的典型分布图

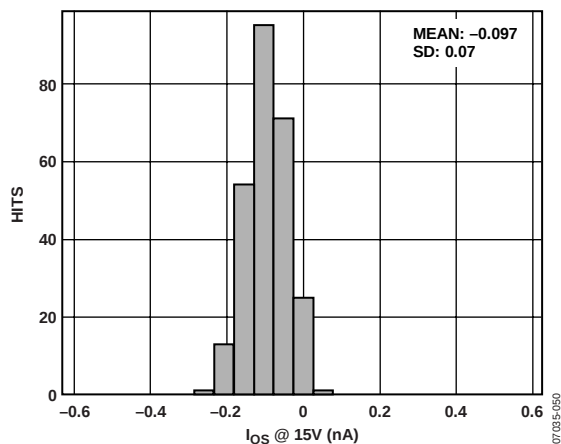


图9. 输入失调电流的典型分布图

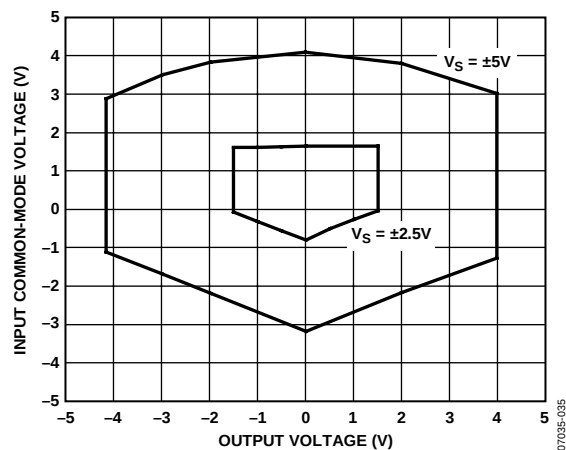
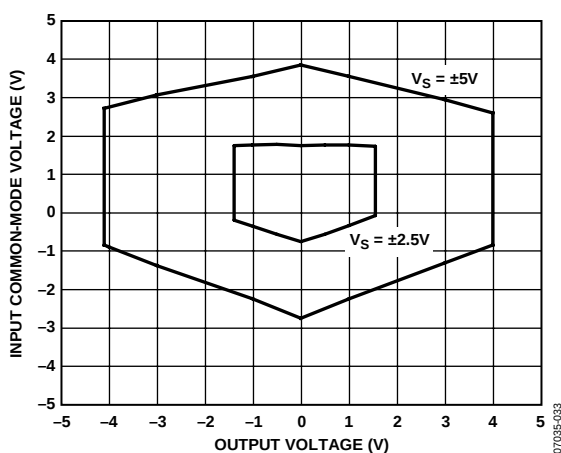
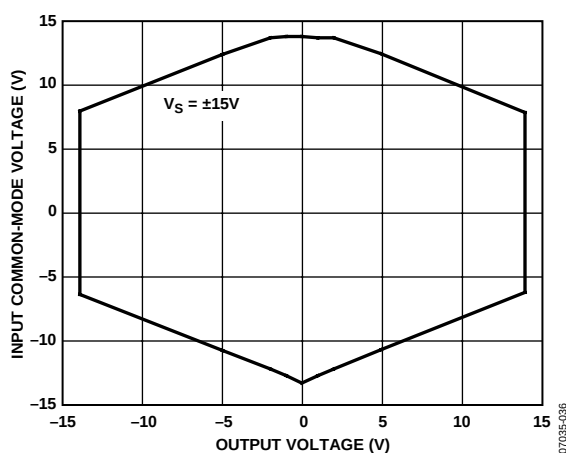
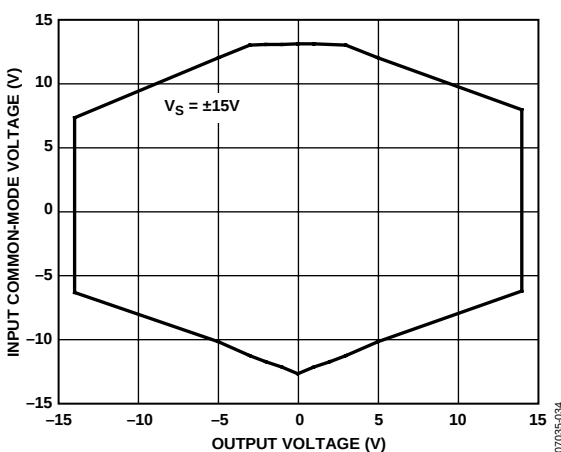
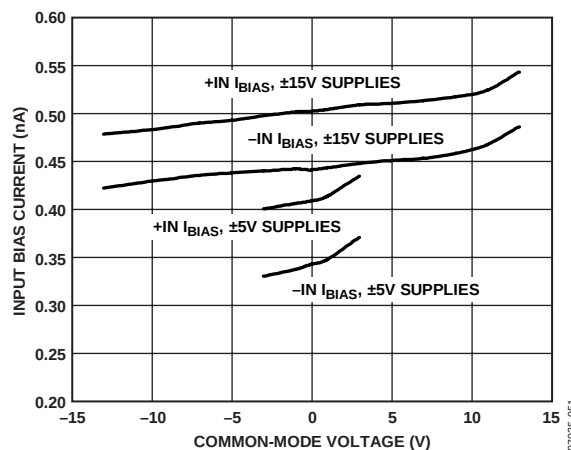
图12. 输入共模电压与输出电压的关系  
( $V_S = \pm 2.5V$ ,  $\pm 5V$ ,  $G=100$ )图10. 输入共模电压与输出电压的关系  
( $V_S = \pm 2.5V$ ,  $\pm 5V$ ,  $G=10$ )图13. 输入共模电压与输出电压的关系  
( $V_S = \pm 15V$ ,  $G=100$ )图11. 输入共模电压与输出电压的关系  
( $V_S = \pm 15V$ ,  $G=10$ )

图14. 输入偏置电流与共模电压的关系

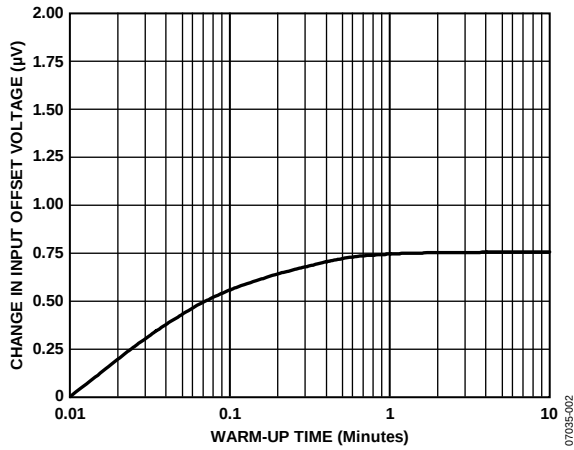


图15. 输入失调电压变化与预备时间的关系

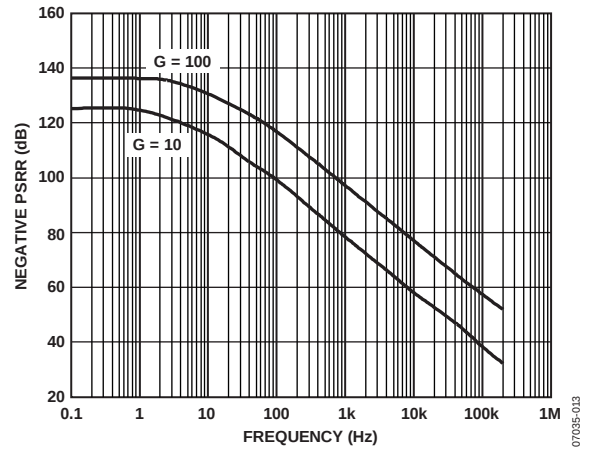


图18. 负PSRR与频率的关系

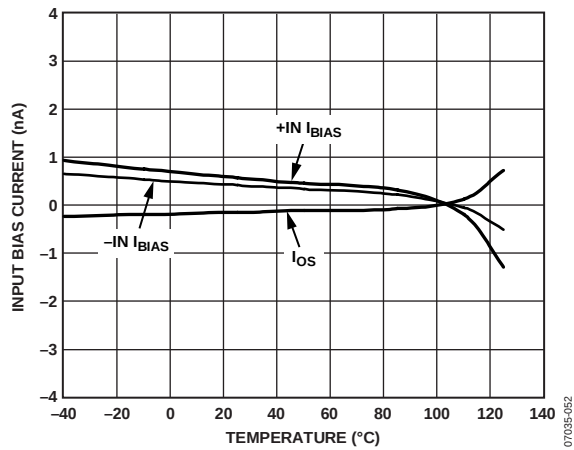


图16. 输入偏置电流和失调电流与温度的关系

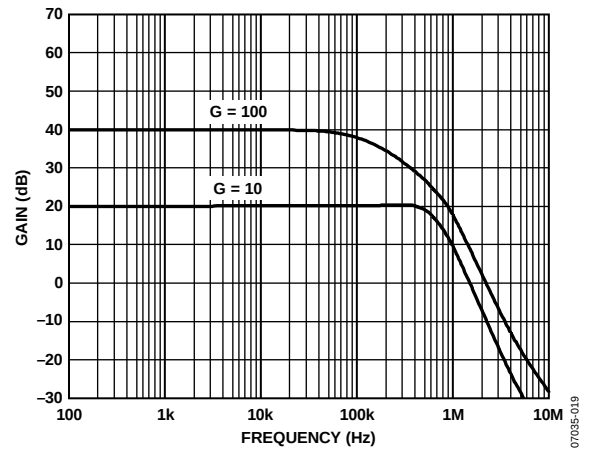


图19. 增益与频率的关系

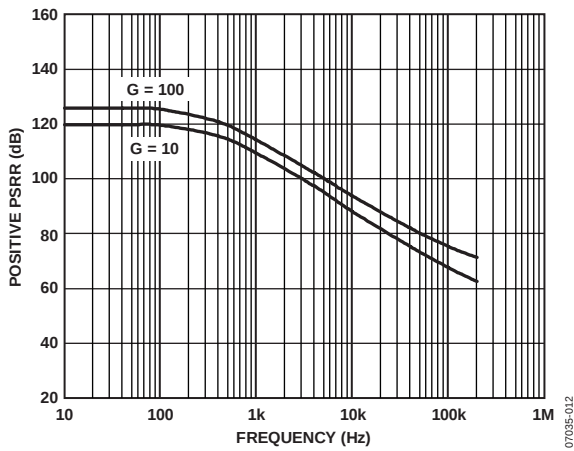


图17. 正PSRR与频率的关系, RTI

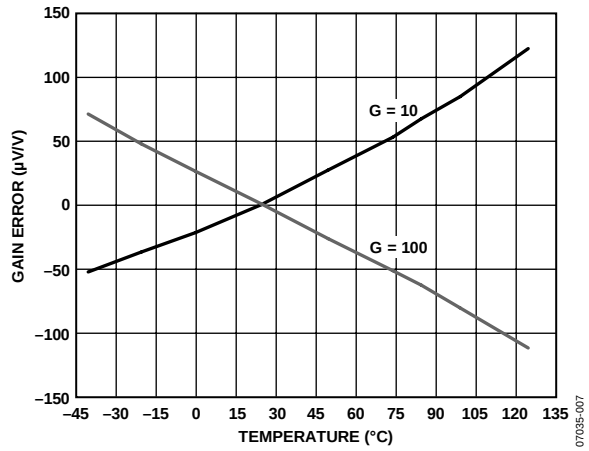


图20. 增益误差与温度的关系

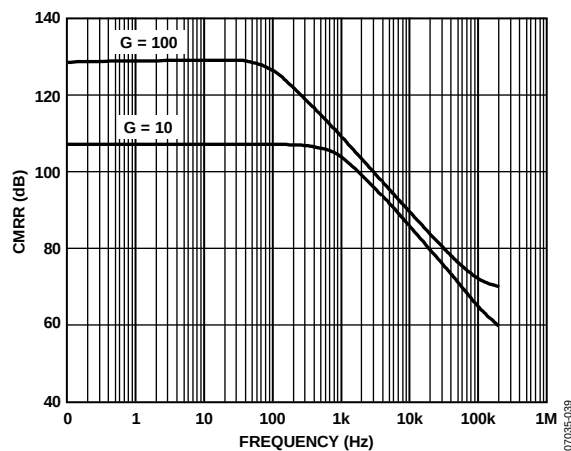


图21. CMRR与频率的关系, RTI

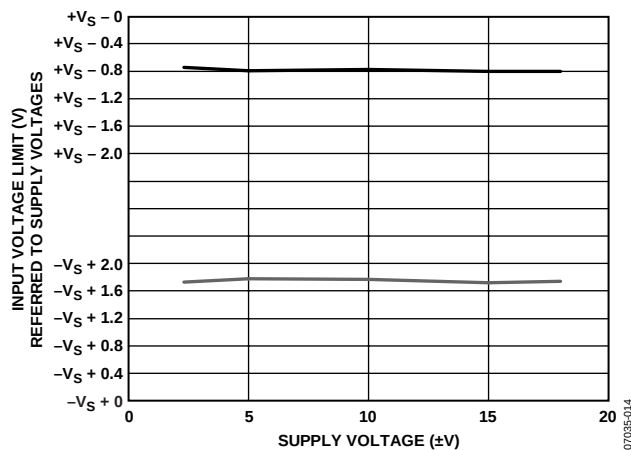


图24. 输入电压限制与电源电压的关系

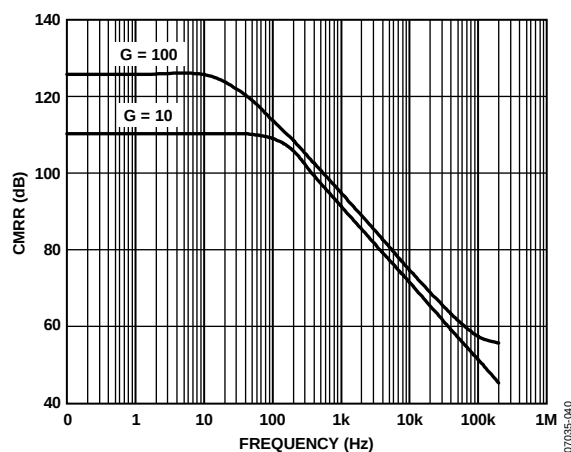


图22. CMRR与频率的关系 (RTI, 1 kΩ非均衡信号源)

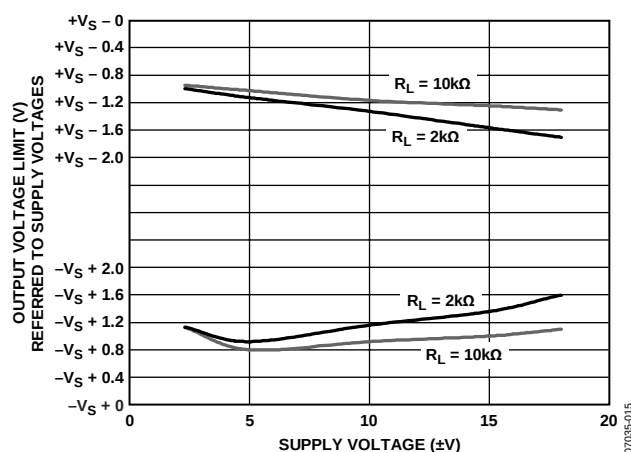


图25. 输出电压摆幅与电源电压的关系

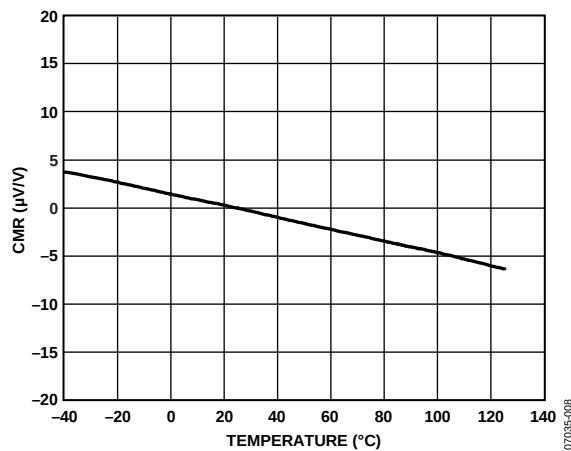


图23. CMR与温度的关系

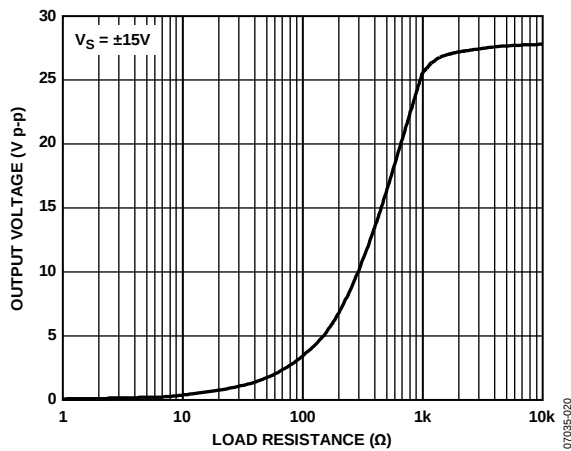


图26. 输出电压摆幅与负载阻抗的关系

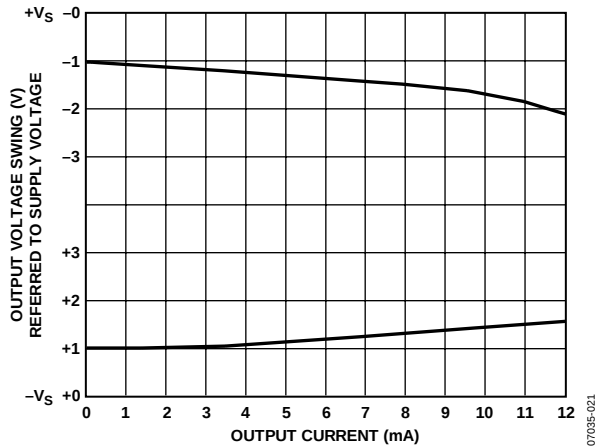


图27. 输出电压摆幅与输出电流的关系 ( $G=1$ )

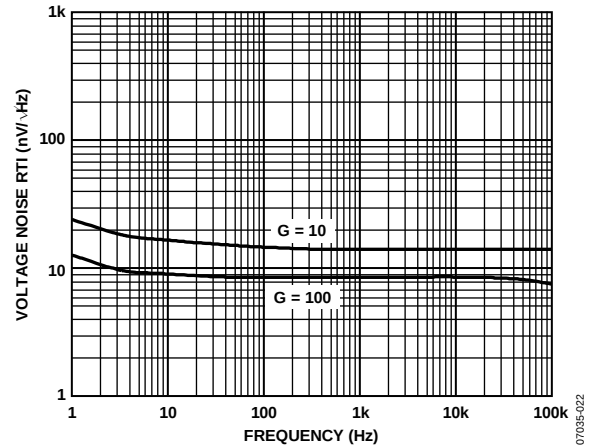


图30. 电压噪声谱密度与频率的关系

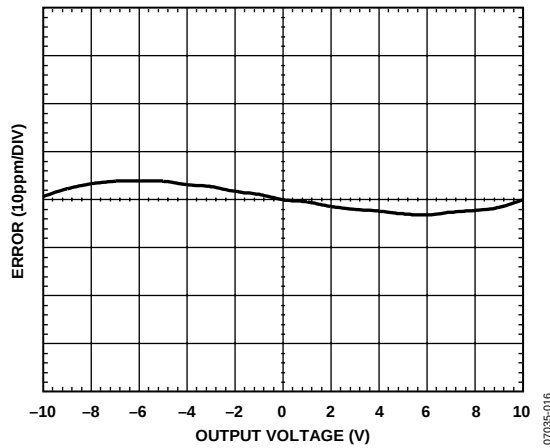


图28. 增益非线性度 ( $G=10$ ,  $R_L=10\text{ k}\Omega$ )

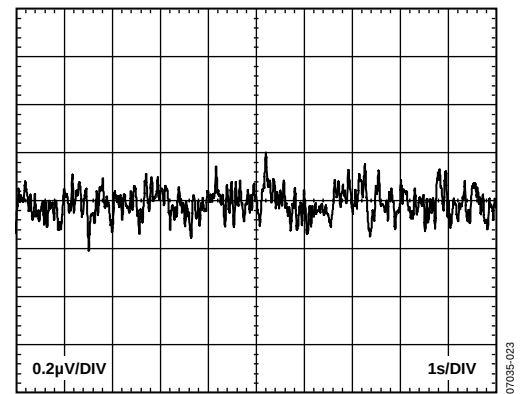


图31. 0.1 Hz至10 Hz折合到输入端电压噪声( $G=10$ )

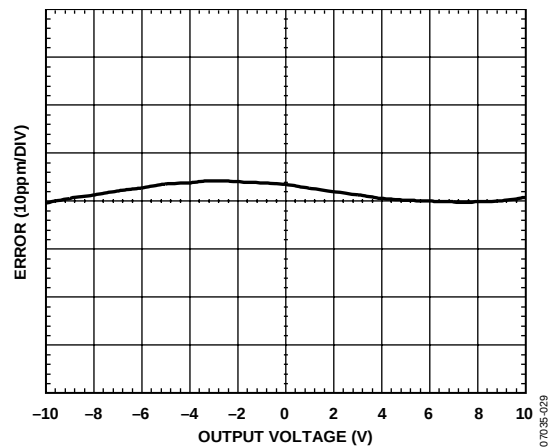


图29. 增益非线性度 ( $G=100$ ,  $R_L=10\text{ k}\Omega$ )

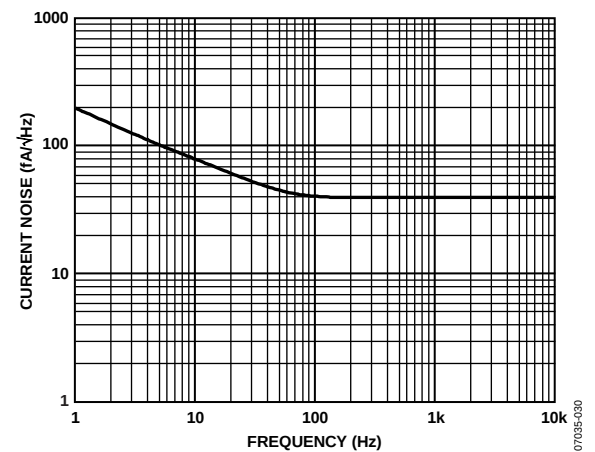


图32. 电流噪声谱密度与频率的关系

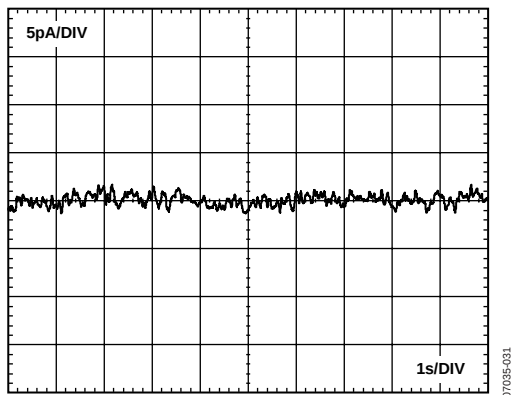


图33. 0.1 Hz至10 Hz电流噪声

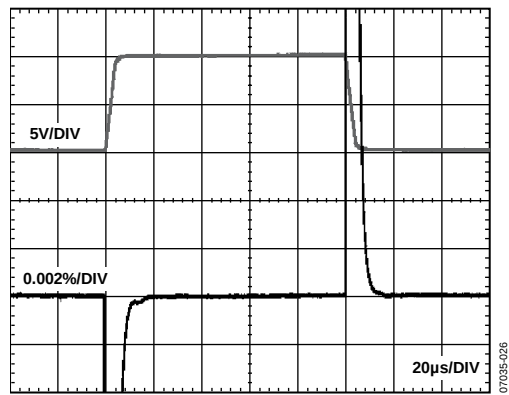
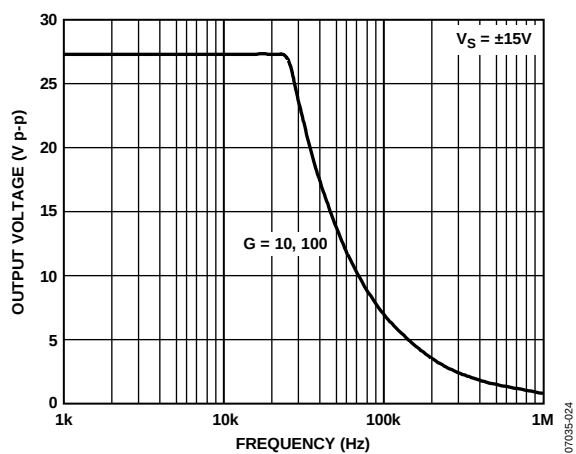
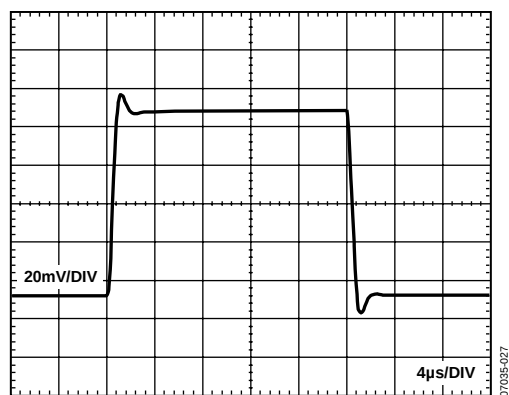
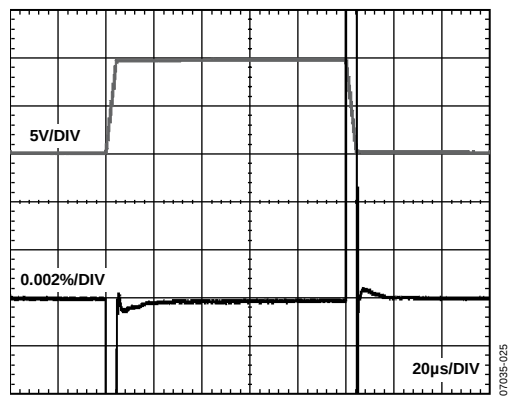
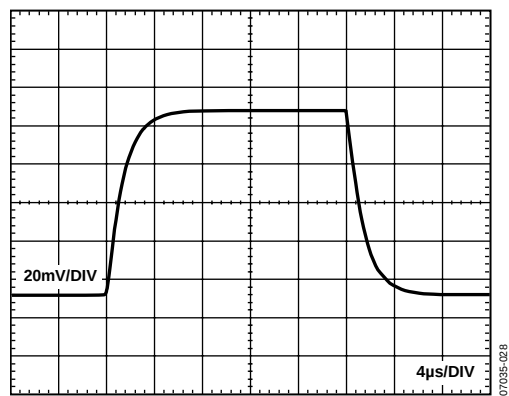
图36. 大信号脉冲响应与建立时间的关系 ( $G = 100$ )

图34. 大信号频率响应

图37. 小信号响应 ( $G = 10$ ,  $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $C_L = 100 \text{ pF}$ )图35. 大信号脉冲响应与建立时间的关系 ( $G = 10$ )图38. 小信号响应 ( $G = 100$ ,  $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $C_L = 100 \text{ pF}$ )

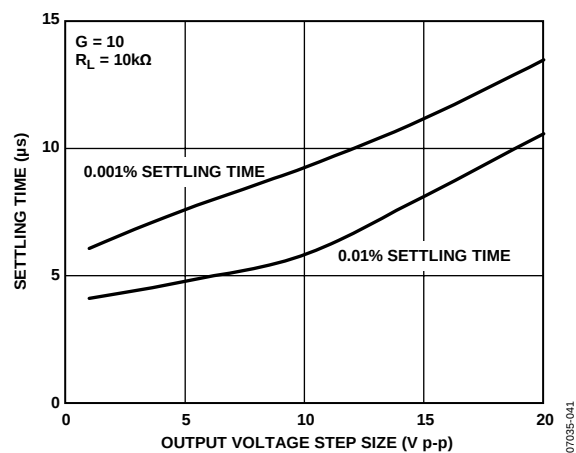


图39. 建立时间与阶跃大小的关系 ( $G = 10$ )

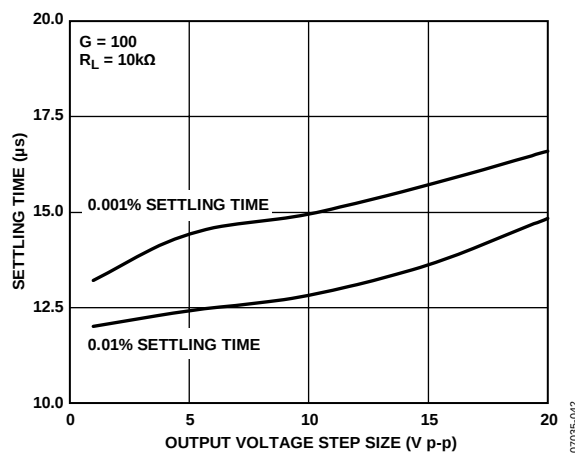


图40. 建立时间与阶跃大小的关系 ( $G = 100$ )

## 工作原理

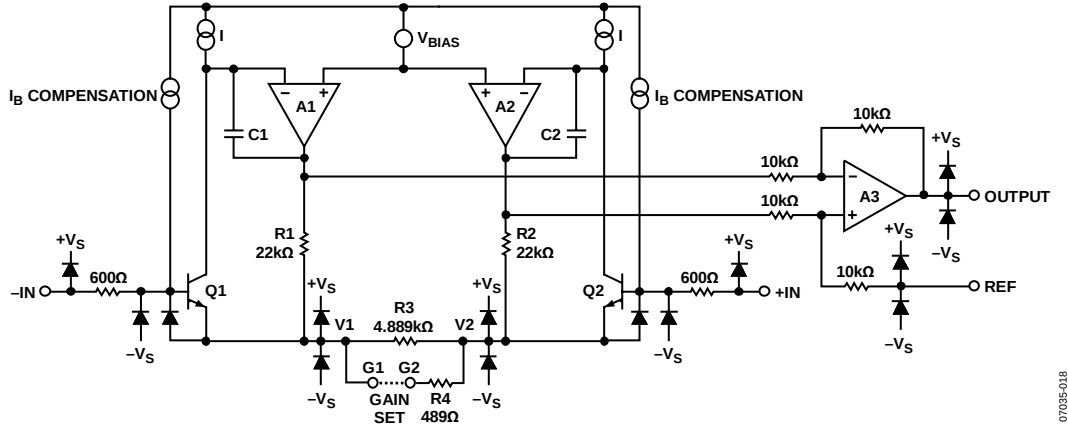


图41. 原理示意图

### 架构

AD8228以传统的三运放拓扑结构为基础。这种拓扑由两级组成：一级提供差分放大的前置放大器，其后是一个消除共模电压的差动放大器。图41显示了AD8228的原理示意图。

第一级由放大器A1和A2、输入晶体管Q1和Q2、电阻R1至R4组成。A1、R1和Q1组成的反馈环路确保V1电压比负输入电压低一个稳定的二极管压降。同样，V2比正输入电压低一个稳定的二极管压降。因此，差分输入电压就被复制到R3(增益引脚处于开路时)或R3||R4(增益引脚短路时)上。流过这个电阻的电流也必然流过电阻R1和R2，这就在A2和A1输出端之间产生了经增益调节的差分信号。注意，作为经增益调节的差分信号的附加产物，下移一个二极管压降电压的原始共模信号仍然存在。

第二级是差动放大器，由A3和4个10 kΩ电阻组成。这一级的作用是消除放大后的差分信号上的共模信号。

AD8228不需要外部电阻。精密电路的直流性能大部分取决于电阻的精度和匹配。AD8228上的电阻布局合理，严格匹配。各器件的电阻均经过激光调整和测试以确保匹配精度。由于这种调整和测试，AD8228能够保证增益漂移、共模抑制(CMRR)和增益误差等特性高度精确。

### 设置增益

AD8228的增益可以配置为10或100，且无需利用外部元件。引脚2和引脚3开路时，增益为10；引脚2和引脚3短接在一起时，增益为100(参见图42)。

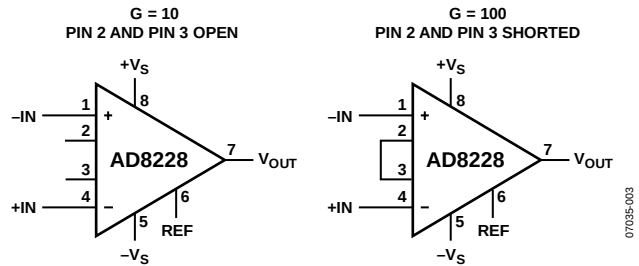


图42. 设置增益

引脚2和引脚3开路时的传递函数为：

$$V_{OUT} = 10 \times (V_{IN+} - V_{IN-}) + V_{REF}$$

引脚2和引脚3短接时的传递函数为：

$$V_{OUT} = 100 \times (V_{IN+} - V_{IN-}) + V_{REF}$$

### 共模输入电压范围

AD8228的三运放拓扑结构是先施加增益，然后消除共模电压。因此，AD8228的内部节点会遇到增益信号和共模信号的合并信号。这一合并后的信号会受电源电压限制，即使在单独输入和输出信号没有被限制的时候也是如此。图10至图13显示了在多种输出电压和电源电压条件下所允许的共模输入电压范围。

## 基准引脚

AD8228的输出电压是相对于基准引脚上的电位而言的。这在输出信号需要偏移到精确的中间电平时会很有用。例如，可以将一个电压源与REF引脚相连，对输出进行电平转换，使AD8228可以驱动单电源ADC。REF引脚由ESD二极管保护，该引脚不应超出 $+V_S$ 或 $-V_S$ 的0.3 V以上。

为获得最好的性能，REF引脚的源阻抗应保持在 $1\ \Omega$ 以下。如图41所示，基准引脚REF位于一个 $10\ \text{k}\Omega$ 电阻的一端。REF引脚附加到这个 $10\ \text{k}\Omega$ 电阻的阻抗会导致连接到正输入端的信号被放大。附加RREF的信号放大值可由下式求出：

$$\frac{2 \times (10\ \text{k}\Omega + R_{REF})}{20\ \text{k}\Omega + R_{REF}}$$

只有正信号路径会被放大；负路径不受影响。这种不平衡的放大作用会降低放大器的共模抑制比(CMRR)。

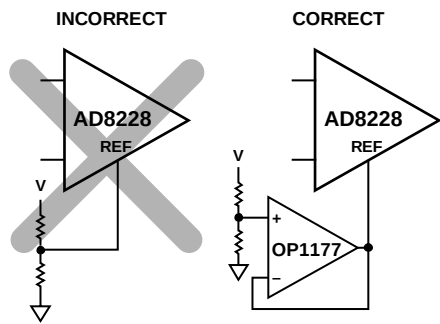


图43. 驱动基准引脚

## 布局

AD8228是一款高精度器件。为确保在PCB层次上达到最佳性能，必须精心设计电路板布局。AD8228的引脚以合乎逻辑的方式进行安排，便于实现这一目标。

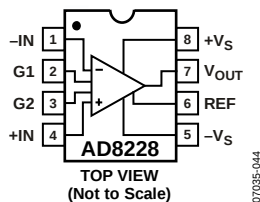


图44. 引脚排列图

## 整个频率范围内的共模抑制比

AD8228在整个频率范围内具有高于典型仪表放大器的CMRR，因此它对线路噪声及其相关谐波等的抗干扰性能更强。AD8228的引脚排列设计合理，电路板设计人员可以通过良好的布线充分发挥这一性能。

若布局不当，会导致部分共模信号转换为差分信号，而后传送至仪表放大器。各输入路径的频率响应不同时，会进行信号转换。要使共模抑制比在整个频率范围内都保持较高水平，每个路径的输入源阻抗和电容需要严格匹配。输入路径的附加源电阻(例如，用于输入保护)需要靠近仪表放大器的输入端放置，这样可以使其与PCB走线产生的寄生电容的相互作用降到最低。

增益设置引脚的寄生电容也能影响整个频率范围内的共模抑制比(CMRR)。如果电路板设计中在增益设置引脚处有一个元件(例如，一个开关或跳线)，那么该器件的寄生电容应该尽可能的小。

## 电源

这款仪表放大器应当采用稳定的直流电压供电。电源引脚上的噪声会对器件性能产生不利影响。欲了解更多信息，请参见图17和图18中的电源抑制比(PSRR)性能曲线。

应该在尽可能靠近各电源引脚处放置一个 $0.1\ \mu\text{F}$ 电容。如图45所示，离该器件较远的位置可以用一个 $10\ \mu\text{F}$ 钽电容。大多数情况下，其它精密集成电路可以共享该钽电容。

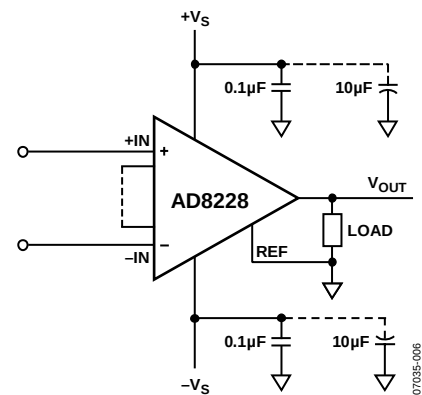


图45. 电源去耦、REF及输出以局部地为参考

# AD8228

## 基准电压

AD8228的输出电压是相对于基准引脚上的电位而言的。应注意将REF连接至适当的局部接地。

## 输入偏置电流回路

AD8228的输入偏置电流必须有一个公共端的返回路径。当热电偶等信号源无法提供电流回路时，必须创建一条返回路径，如图46所示。

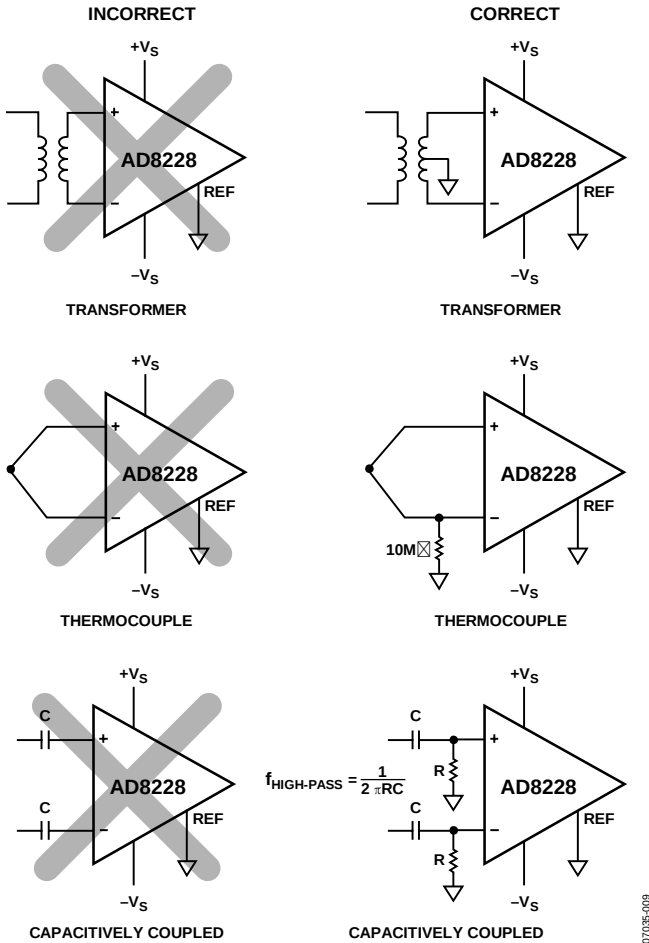


图46. 创建一条 $I_{BIAS}$ 返回路径

## 输入保护

AD8228的所有引脚均提供1 kV人体模型ESD保护。此外，输入结构考虑了超出电源电压约3.5 V的直流过载情况。

## 输入电压超出供电轨

对于较大的输入电压，应当用一个与各输入端串联的外部电阻来限制过载时的电流。AD8228可以安全地处理6 mA连续电流。限流电阻值可由下式求出：

$$R_{LIMIT} \geq \frac{V_{IN} - V_{SUPPLY}}{6 \text{ mA}} - 600 \Omega$$

对于AD8228会遇到极端过载电压的应用，例如心脏除颤器等，应当使用外部串联电阻和低泄漏二极管钳位（如BAV199L、FJH1100或SP720）。

## G = 100时的大差分电压

以100倍的增益工作时，大差分输入电压可能导致6 mA以上的电流流入输入端。当+IN与-IN之间的电压超过5 V时，就会发生这种情况。任一极性的差分电压都是如此。

通过在各输入端串联一个输入保护电阻，可以提高最大容许差分电压。各保护电阻的阻值由下式给出：

$$R_{PROTECT} = (V_{DIFF\_MAX} - 5 \text{ V}) / 6 \text{ mA}$$

## 射频干扰(RFI)

在有强RF信号的应用中使用放大器时，一般都存在RF整流问题。这种干扰可能会表现为较小的直流失调电压。高频信号可以通过仪表放大器输入端的低通RC网络滤除，如图47所示。滤波器根据以下关系式对输入信号带宽加以限制：

$$FilterFrequency_{DIFF} = \frac{1}{2\pi R(2C_D + C_C)}$$

$$FilterFrequency_{CM} = \frac{1}{2\pi RC_C}$$

其中 $C_D \geq 10 C_C$ 。

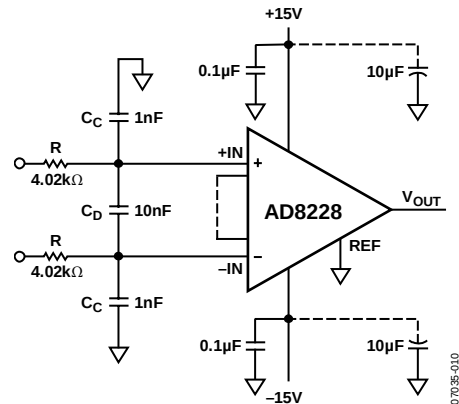


图47. 射频干扰(RFI)抑制

$C_D$ 影响差分信号， $C_C$ 影响共模信号。应适当选择R和 $C_C$ 的值，使射频干扰降至最小。正输入端 $R \times C_C$ 与负输入端 $R \times C_C$ 的不匹配会降低AD8228的CMRR性能。使 $C_D$ 的值比 $C_C$ 大一个数量级，可以降低不匹配的影响，从而改善性能。

## 应用信息

### 差分驱动

图48显示如何配置AD8228进行差分输出。这个电路的好处是直流差分精度取决于AD8228而不是运算放大器或者电阻。该电路利用了AD8228对其基准电压相关的输出电压的精确控制。差分输出的理想计算公式如下：

$$V_{DIFF\_OUT} = V_{OUT+} - V_{OUT-} = Gain \times (V_{IN+} - V_{IN-})$$

运算放大器的直流性能和电阻匹配决定直流共模输出精度。不过，共模误差很可能被信号链中的下一个器件抑制，因此这些误差几乎不会影响系统的整体精度。共模输出的理想计算公式如下：

$$V_{CM\_OUT} = \frac{V_{OUT+} + V_{OUT-}}{2} = V_{REF}$$

为获得最好的交流性能，推荐使用具有至少3 MHz增益带宽积和2 V/μs压摆率的运算放大器。

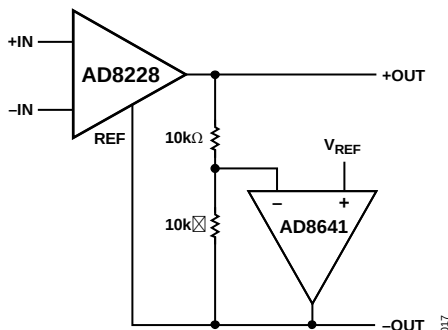


图48. 使用运算放大器的差分输出

### 精密应变计

AD8228的低失调整个频率范围内的高共模抑制比使之成为桥式测量应用的绝佳选择。如图49所示，电桥可以直接连至放大器的输入端。

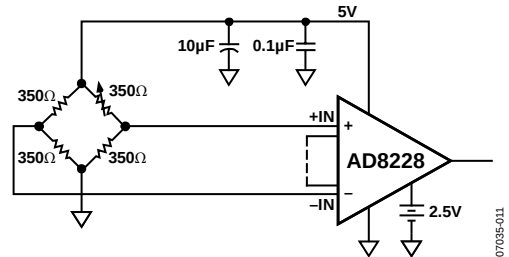


图49. 精密应变计

### 驱动差分ADC

图50显示如何利用AD8228来驱动差分ADC。AD8228结合一个运算放大器和两个电阻来实现差分驱动。510Ω电阻和2200 pF电容将仪表放大器与典型SAR型转换器的开关电容前端产生的开关瞬变隔离。ADC与放大器之间的这些元件也会构成一个142 kHz的滤波器，用于提供抗混叠和噪声滤波功能。这种配置的优点是其功耗低于专用ADC驱动器：AD8641的典型功耗为200 μA，最高输出电压时流过两个10 kΩ电阻的电流为250 μA。

结合AD7688使用时，这种配置能够提供出色的直流性能和71 dB的总谐波失真(THD, 10 kHz输入时)。对于需要更好失真性能的应用，推荐使用ADA4941-1或ADA4922-1等专用ADC驱动器。

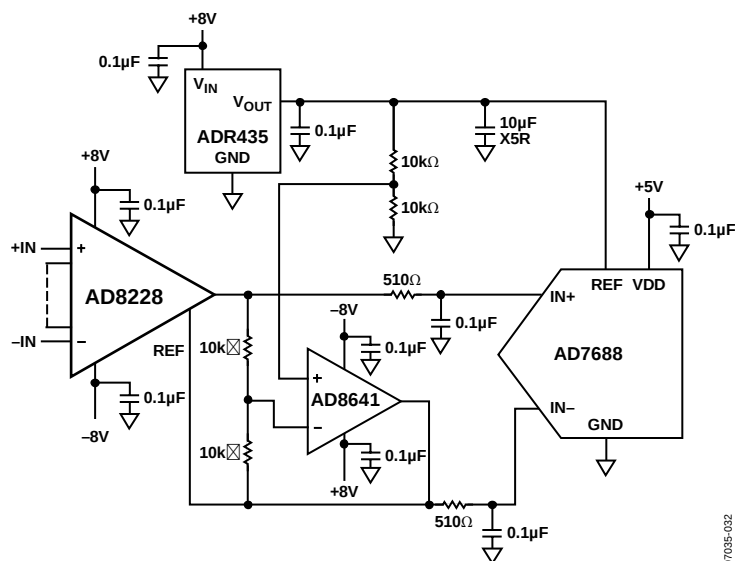
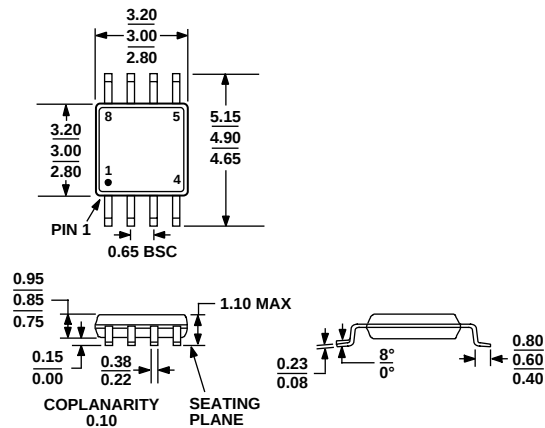


图50. 驱动差分ADC

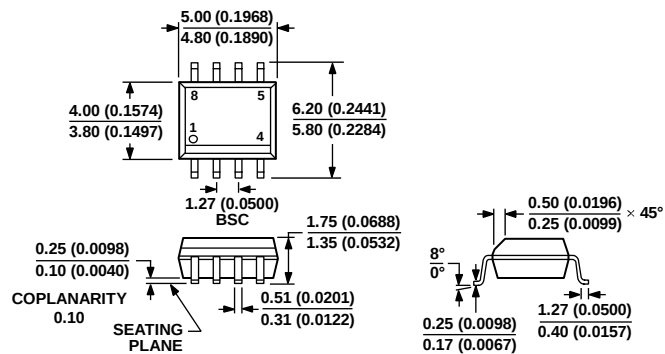
## 外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-187-AA

图51. 8引脚超小型封装[MSOP] (RM-8)

图示尺寸单位: mm



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AA

CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

图52. 8引脚标准小型封装[SOIC\_N]窄体(R-8)

图示尺寸单位: mm和(inches)

012407-A

订购指南

| 型号                         | 温度范围          | 封装描述                 | 封装选项 | 标识  |
|----------------------------|---------------|----------------------|------|-----|
| AD8228ARMZ <sup>1</sup>    | −40°C 至 +85°C | 8引脚 MSOP             | RM-8 | Y16 |
| AD8228ARMZ-RL <sup>1</sup> | −40°C 至 +85°C | 8引脚 MSOP, 13"卷带和卷盘   | RM-8 | Y16 |
| AD8228ARMZ-R7 <sup>1</sup> | −40°C 至 +85°C | 8引脚 MSOP, 7"卷带和卷盘    | RM-8 | Y16 |
| AD8228ARZ <sup>1</sup>     | −40°C 至 +85°C | 8引脚 SOIC_N           | R-8  |     |
| AD8228ARZ-RL <sup>1</sup>  | −40°C 至 +85°C | 8引脚 SOIC_N, 13"卷带和卷盘 | R-8  |     |
| AD8228ARZ-R7 <sup>1</sup>  | −40°C 至 +85°C | 8引脚 SOIC_N, 7"卷带和卷盘  | R-8  |     |
| AD8228BRMZ <sup>1</sup>    | −40°C 至 +85°C | 8引脚 MSOP             | RM-8 | Y1M |
| AD8228BRMZ-RL <sup>1</sup> | −40°C 至 +85°C | 8引脚 MSOP, 13"卷带和卷盘   | RM-8 | Y1M |
| AD8228BRMZ-R7 <sup>1</sup> | −40°C 至 +85°C | 8引脚 MSOP, 7"卷带和卷盘    | RM-8 | Y1M |
| AD8228BRZ <sup>1</sup>     | −40°C 至 +85°C | 8引脚 SOIC_N           | R-8  |     |
| AD8228BRZ-RL <sup>1</sup>  | −40°C 至 +85°C | 8引脚 SOIC_N, 13"卷带和卷盘 | R-8  |     |
| AD8228ARZ-R7 <sup>1</sup>  | −40°C 至 +85°C | 8引脚 SOIC_N, 7"卷带和卷盘  | R-8  |     |

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的器件。

**AD8228**

**注释**

注释

## 注释