

### 特性

#### 易于使用

采用节省空间的MSOP封装

增益通过1个外部电阻设置(增益范围: 1至1000)

宽电源电压范围:  $\pm 2.3$  V至 $\pm 18$  V

额定温度范围:

-40°C至+85°C

工作温度最高可达125°C<sup>1</sup>

出色的交流特性

CMRR: 80 dB(最小值, 10 kHz, G = 1)

-3 dB带宽: 825 kHz (G = 1)

压摆率: 2 V/ $\mu$ s

低噪声

输入电压噪声: 8 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  (最大值, 1 kHz)

0.25  $\mu$ V峰峰值输入噪声(0.1 Hz至10 Hz)

高精度直流性能(AD8221BR)

CMRR: 90 dB (最小值, G = 1)

输入失调电压: 25  $\mu$ V(最大值)

输入失调漂移: 0.3  $\mu$ V/°C(最大值)

输入偏置电流: 0.4 nA(最大值)

### 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

AD8221是一款增益可编程、高性能仪表放大器, 在业界同类产品中, 其相对于频率的共模抑制比(CMRR)最高。当今市场上仪表放大器的CMRR在200 Hz开始下降。与之相比, 在G=1时, AD8221所有等级产品的最低CMRR均为80 dB并宽至10 kHz。相对于频率的高共模抑制比(CMRR)使得AD8221可以抑制宽带干扰和线路谐波, 从而大大简化对滤波器的要求。可能的应用包括精密数据采集、生物医学分析和航空航天仪器。

### 连接图

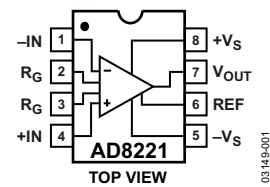


图1

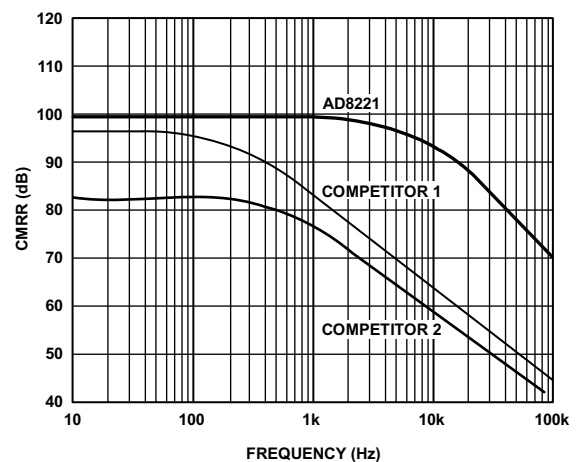


图2. 典型CMRR与频率的关系(G = 1)

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, 使这款器件成为要求具备最佳直流性能应用(如桥式信号调理)的绝佳选择。

可编程增益为用户提供设计灵活性。通过单一电阻, 可在1到1000范围内设置增益。AD8221可以采用单电源或双电源供电, 特别适合输入电压为 $\pm 10$  V的应用。

该器件采用低成本的8引脚SOIC和MSOP两种封装, 且均能提供业界最佳性能。MSOP只需SOIC一半的电路板空间, 因此非常适合多通道或空间受限的应用。

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, AD8221也能在-40°C至+125°C<sup>1</sup>范围内工作。

<sup>1</sup>请参考在85°C至125°C范围内工作的典型特性曲线。

### Rev. B

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 ©2003–2007 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

## 目 录

特性 .....	1	布局 .....	17
应用 .....	1	基准端子 .....	18
概述 .....	1	电源调整与旁路 .....	18
连接图 .....	1	输入偏置电流回路 .....	18
修订历史 .....	2	输入保护 .....	18
技术规格 .....	3	射频(RF)干扰 .....	19
绝对最大额定值 .....	8	精密应变计 .....	19
热特性 .....	8	针对+5 V差分输入ADC的±10 V输入信号调理 .....	19
ESD警告 .....	8	交流耦合仪表放大器 .....	20
典型工作特性 .....	9	外形尺寸 .....	21
工作原理 .....	16	订购指南 .....	22
增益选择 .....	17		

## 修订历史

### 2007年9月—修订版A至修订版B

修改“特性”部分 .....	1
修改表1布局 .....	3
修改表2布局 .....	5
修改图15 .....	11
修改图32 .....	13
修改图33、图34和图35 .....	14
更新“外形尺寸”部分 .....	21
修改“订购指南”部分 .....	22

### 2003年11月—修订版0至修订版A

修改“特性”部分 .....	1
修改“技术规格”部分 .....	4
修改“工作原理”部分 .....	13
修改“增益选择”部分 .....	14

### 2003年10月—修订版0：初始版

## 技术规格

$V_S = \pm 15\text{ V}$ ,  $V_{REF} = 0\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $G = 1$ ,  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ , 特别声明除外。

表 1

参数	条件	AR级			BR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								
共模抑制比, DC至60 Hz, 1 k $\Omega$ 非均衡信号源	$V_{CM} = -10\text{ V至}+10\text{ V}$							
G = 1		80			90			dB
G = 10		100			110			dB
G = 100		120			130			dB
G = 1000		130			140			dB
共模抑制比CMRR(10 kHz)	$V_{CM} = -10\text{ V至}+10\text{ V}$							
G = 1		80			80			dB
G = 10		90			100			dB
G = 100		100			110			dB
G = 1000		100			110			dB
噪声	折合到输入端噪声 $=\sqrt{e_{NI}^2 + (e_{NO}/G)^2}$							
电压噪声, 1 kHz								
输入电压噪声, $e_{NI}$	$V_{IN+}, V_{IN-}, V_{REF}=0$			8			8	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
输出电压噪声, $e_{NO}$				75			75	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
RTI	$f = 0.1\text{ Hz至}10\text{ Hz}$							
G = 1			2			2		$\mu\text{V p-p}$
G = 10			0.5			0.5		$\mu\text{V p-p}$
G = 100至1000			0.25			0.25		$\mu\text{V p-p}$
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 <sup>1</sup>								
输入失调, $V_{OSI}$	$V_S = \pm 5\text{ V至}\pm 15\text{ V}$			60			25	$\mu\text{V}$
全温度范围	$T = -40^\circ\text{C至}+85^\circ\text{C}$			86			45	$\mu\text{V}$
平均温度系数(TC)				0.4			0.3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输出失调, $V_{OSO}$	$V_S = \pm 5\text{ V至}\pm 15\text{ V}$			300			200	$\mu\text{V}$
全温度范围	$T = -40^\circ\text{C至}+85^\circ\text{C}$			0.66			0.45	mV
平均温度系数(TC)				6			5	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
折合到输入端的失调与电源的关系(PSR)	$V_S = \pm 2.3\text{ V至}\pm 18\text{ V}$							
G = 1		90	110		94	110		dB
G = 10		110	120		114	130		dB
G = 100		124	130		130	140		dB
G = 1000		130	140		140	150		dB
输入电流								
输入偏置电流			0.5	1.5		0.2	0.4	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)			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)			1			1		pA/ $^\circ\text{C}$
基准输入								
$R_{IN}$			20			20		k $\Omega$
$I_{IN}$	$V_{IN+}, V_{IN-}, V_{REF} = 0$		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

# AD8221

参数	条件	AR级			BR级			单位
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
<b>电源</b>								
工作电压范围	$V_S = \pm 2.3 \text{ V至}\pm 18 \text{ V}$	$\pm 2.3$		$\pm 18$	$\pm 2.3$		$\pm 18$	V
静态电流			0.9	1		0.9	1	mA
全温度范围	$T = -40^\circ\text{C至}+85^\circ\text{C}$		1	1.2		1	1.2	mA
<b>动态响应</b>								
小信号-3 dB带宽								
G = 1			825			825		kHz
G = 10			562			562		kHz
G = 100			100			100		kHz
G = 1000			14.7			14.7		kHz
0.01%建立时间	10 V步进							
G = 1至100			10			10		$\mu\text{s}$
G = 1000			80			80		$\mu\text{s}$
0.001%建立时间	10 V步进							
G = 1至100			13			13		$\mu\text{s}$
G = 1000			110			110		$\mu\text{s}$
压摆率	G = 1	1.5	2		1.5	2		V/ $\mu\text{s}$
	G = 5至100	2	2.5		2	2.5		V/ $\mu\text{s}$
<b>增益</b>								
增益范围	$G = 1 + (49.4 \text{ k}\Omega/R_G)$	1		1000	1		1000	V/V
增益误差	$V_{OUT} \pm 10 \text{ V}$							
G = 1				0.03			0.02	%
G = 10				0.3			0.15	%
G = 100				0.3			0.15	%
G = 1000				0.3			0.15	%
增益非线性度	$V_{OUT} = -10 \text{ V至}+10 \text{ V}$							
G = 1 to 10	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$		3	10		3	10	ppm
G = 100	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$		5	15		5	15	ppm
G = 1000	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$		10	40		10	40	ppm
G = 1 to 100	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$		10	95		10	95	ppm
增益与温度的关系								
G = 1			3	10		2	5	ppm/ $^\circ\text{C}$
G > 1 <sup>2</sup>				-50			-50	ppm/ $^\circ\text{C}$
<b>输入</b>								
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>3</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	$V_S = \pm 5 \text{ V至}\pm 18 \text{ V}$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	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
<b>输出</b>								
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

参数	条件	AR级			BR级			单位
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
温度范围								
额定温度		-40		+85	-40		+85	°C
工作范围 <sup>4</sup>		-40		+125	-40		+125	°C

<sup>1</sup>折合到输入端(RTI)总失调电压 $V_{OS} = (V_{OSI}) + (V_{OSO}/G)$ 。

<sup>2</sup>不包括外部电阻RG的影响。

<sup>3</sup>一路输入接地。G = 1。

<sup>4</sup>请参考在85°C至125°C范围内工作的典型工作特性。

表 2

参数	条件	ARM级			单位
		最小值	典型值	最大值	
共模抑制比(CMRR)					
共模抑制比, DC至60 Hz, 1 kΩ非均衡信号源	$V_{CM} = -10\text{ V至}+10\text{ V}$				
G = 1		80			dB
G = 10		100			dB
G = 100		120			dB
G = 1000		130			dB
共模抑制比(10 kHz)	$V_{CM} = -10\text{ V至}+10\text{ V}$				
G = 1		80			dB
G = 10		90			dB
G = 100		100			dB
G = 1000		100			dB
噪声					
电压噪声, 1 kHz	折合到输入端噪声 = $\sqrt{e_{NI}^2 + (e_{NO}/G)^2}$				
输入电压噪声, $e_{NI}$	$V_{IN+}, V_{IN-}, V_{REF} = 0$			8	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
输出电压噪声, $e_{NO}$				75	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
RTI	f = 0.1 Hz至10 Hz				
G = 1				2	μV p-p
G = 10				0.5	μV p-p
G = 100至1000				0.25	μV p-p
电流噪声	f = 1 kHz			40	fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
	f = 0.1 Hz至10 Hz			6	pA p-p
失调电压 <sup>1</sup>					
输入失调, $V_{OSI}$	$V_S = \pm 5\text{ V至}\pm 15\text{ V}$			70	μV
全温度范围	T = -40°C至+85°C			135	μV
平均温度系数(TC)				0.9	μV/°C
输出失调, $V_{OSO}$	$V_S = \pm 5\text{ V至}\pm 15\text{ V}$			600	μV
全温度范围	T = -40°C至+85°C			1.00	mV
平均温度系数(TC)				9	μV/°C
折合到输入端的失调与电源的关系(PSR)	$V_S = \pm 2.3\text{ V至}\pm 18\text{ V}$				
G = 1		90	100		dB
G = 10		100	120		dB
G = 100		120	140		dB
G = 1000		120	140		dB
输入电流					
输入偏置电流				0.5	nA
全温度范围	T = -40°C至+85°C			3	nA
平均温度系数(TC)				3	pA/°C
输入失调电流				0.3	nA
全温度范围	T = -40°C至+85°C			1.5	nA
平均温度系数(TC)				3	pA/°C

# AD8221

参数	条件	ARM级			单位	
		最小值	典型值	最大值		
基准输入						
$R_{IN}$	$V_{IN+}, V_{IN-}, V_{REF} = 0$		20		k $\Omega$	
$I_{IN}$			50	60	$\mu$ A	
电压范围		$-V_S$		$+V_S$	V	
输出增益				$1 \pm 0.0001$	V/V	
电源						
工作电压范围	$V_S = \pm 2.3$ V至 $\pm 18$ V	$\pm 2.3$		$\pm 18$	V	
静态电流	$T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$		0.9	1	mA	
全温度范围			1	1.2	mA	
动态响应						
小信号-3 dB带宽	10 V步进		825		kHz	
$G = 1$			562		kHz	
$G = 10$			100		kHz	
$G = 100$			14.7		kHz	
0.01%建立时间	10 V步进		10		$\mu$ s	
$G = 1$ 至100			80		$\mu$ s	
0.001%建立时间	10 V步进		13		$\mu$ s	
$G = 1$ 至100			110		$\mu$ s	
$G = 1000$					$\mu$ s	
压摆率	$G = 1$	1.5	2		V/ $\mu$ s	
	$G = 5$ 至100	2	2.5		V/ $\mu$ s	
增益	$G = 1 + (49.4 \text{ k}\Omega/R_G)$					
增益范围	$V_{OUT} \pm 10$ V	1		1000	V/V	
增益误差						
$G = 1$				0.1	%	
$G = 10$				0.3	%	
$G = 100$			0.3	%		
$G = 1000$			0.3	%		
增益非线性度	$V_{OUT} = -10$ V至 $+10$ V		5	15	ppm	
$G = 1$ 至10		$R_L = 10$ k $\Omega$	7	20	ppm	
$G = 100$		$R_L = 10$ k $\Omega$	10	50	ppm	
$G = 1000$		$R_L = 10$ k $\Omega$	15	100	ppm	
增益与温度的关系	$R_L = 2$ k $\Omega$		3	10	ppm/ $^\circ\text{C}$	
$G = 1$				-50	ppm/ $^\circ\text{C}$	
$G > 1^2$						
输入						
输入阻抗			100  2		G $\Omega$ /pF	
差分				100  2		G $\Omega$ /pF
共模	$V_S = \pm 2.3$ V至 $\pm 5$ V	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.1$	V	
输入工作电压范围 <sup>3</sup>		$T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$	$-V_S + 2.0$		$+V_S - 1.2$	V
全温度范围		$V_S = \pm 5$ V至 $\pm 18$ V	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	V
输入工作电压范围		$T = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$	$-V_S + 2.0$		$+V_S - 1.2$	V
全温度范围						
输出	$R_L = 10$ k $\Omega$					
输出摆幅	$V_S = \pm 2.3$ V至 $\pm 5$ V	$-V_S + 1.1$		$+V_S - 1.2$	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
输出摆幅	$V_S = \pm 5$ V至 $\pm 18$ V	$-V_S + 1.2$		$+V_S - 1.4$	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
短路电流			18		mA	

参数	条件	ARM级			单位
		最小值	典型值	最大值	
温度范围					
额定温度		-40		+85	°C
工作范围 <sup>4</sup>		-40		+125	°C

<sup>1</sup> 折合到输入端(RTI)总失调电压 $V_{OS} = (V_{OS1}) + (V_{OSO}/G)$ 。

<sup>2</sup> 不包括外部电阻RG的影响。

<sup>3</sup> 一路输入接地。G = 1。

<sup>4</sup> 请参考在85°C至125°C范围内工作的典型工作特性。

## 绝对最大额定值

表 3

参数	额定值
电源电压	$\pm 18$ V
内部功耗	200 mW
输出短路电流	未定
输入电压(共模)	$\pm V_S$
差分输入电压	$\pm V_S$
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

<sup>1</sup> 额定温度范围为-40°C至+85°C。请参考在85°C至125°C范围内工作的典型工作特性。

注意，超出以上所列的绝对最大额定值可能导致器件永久性损坏。这只是强调的额定值，不涉及器件在这些或任何其它条件下超出本技术规格指标的功能性操作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

### 热特性

针对空气中的器件而言。

表 4

封装	$\theta_{JA}$	单位
8引脚SOIC, 4层JEDEC电路板	121	°C/W
8引脚MSOP, 4层JEDEC电路板	135	°C/W

### ESD警告



ESD(静电放电)敏感元件。充电器件和电路板在没有察觉的情况下可能放电。尽管这些产品具有专利的或专用的保护电路，在遇到高能量ESD时可能发生器件的损坏。因此，适当的ESD预警可避免器件性能的减退或功能丧失。



# 典型工作特性

T = 25°C, V<sub>S</sub> = ±15 V, R<sub>L</sub> = 10 kΩ. 特别声明除外。

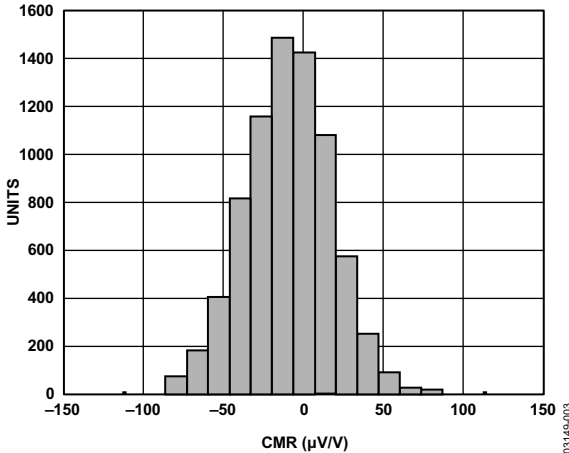


图3. CMR典型分布图(G = 1)

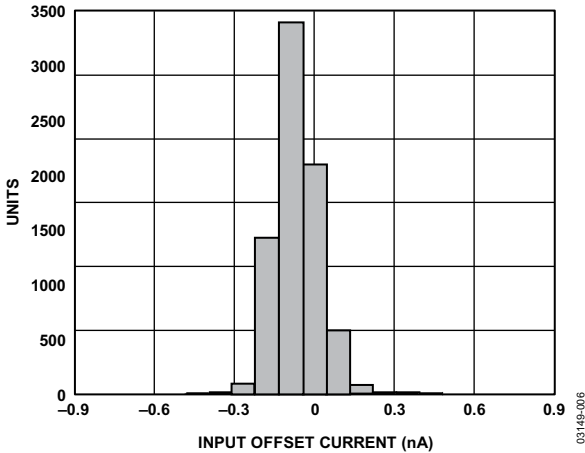


图6. 输入失调电流的典型分布图

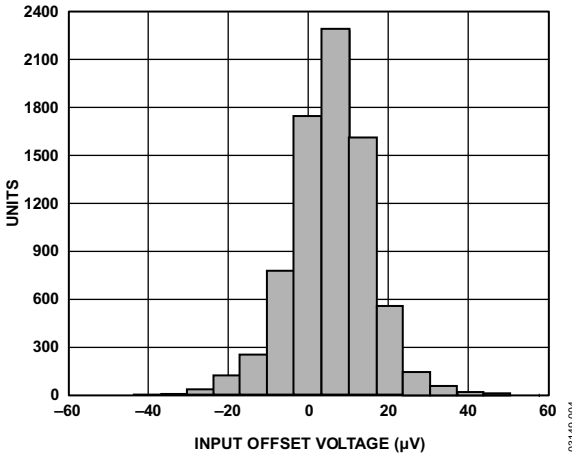


图4. 输入失调电压的典型分布图

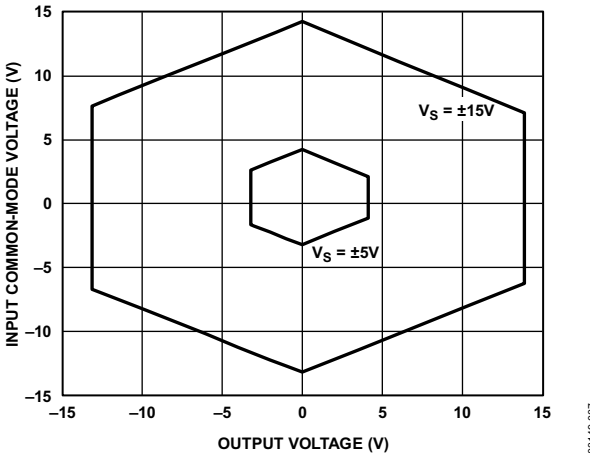


图7. 输入共模电压范围与输出电压的关系(G = 1)

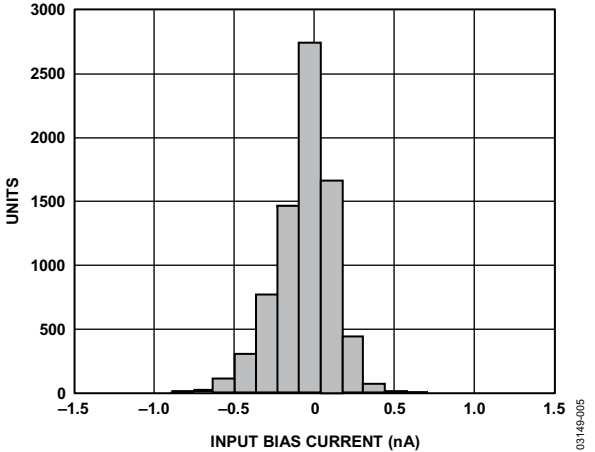


图5. 输入偏置电流的典型分布图

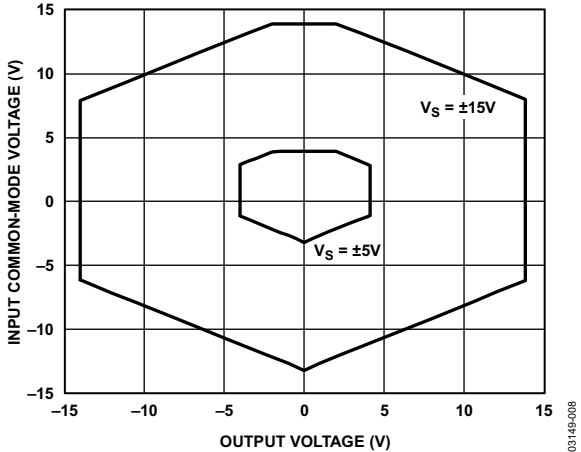


图8. 输入共模范围电压与输出电压的关系 (G = 100)

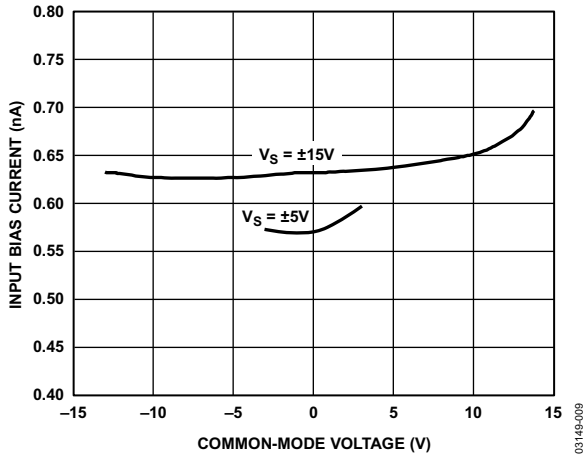


图9.  $I_{BIAS}$ 与CMV的关系

03149-009

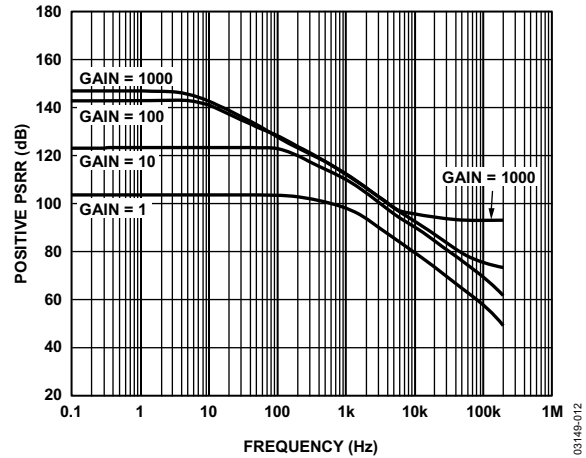


图12. 正PSRR与频率的关系, RTI (G = 1至1000)

03149-012

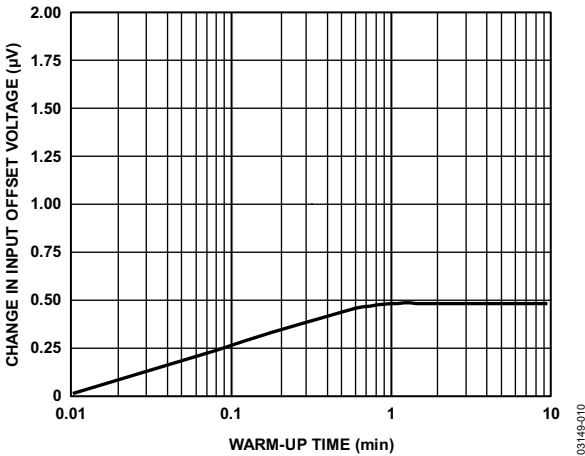


图10. 输入失调电压变化与预备时间的关系

03149-010

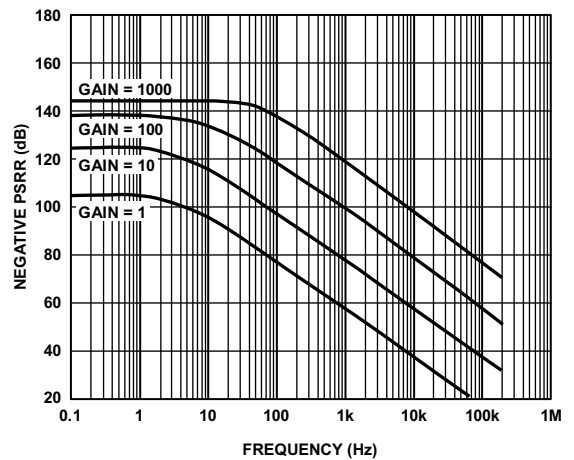


图13. 负PSRR与频率的关系, RTI (G = 1至1000)

03149-013

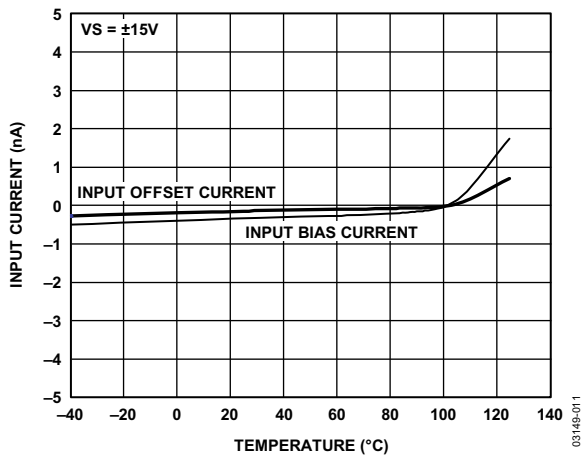


图11. 输入偏置电流和失调电流与温度的关系

03149-011

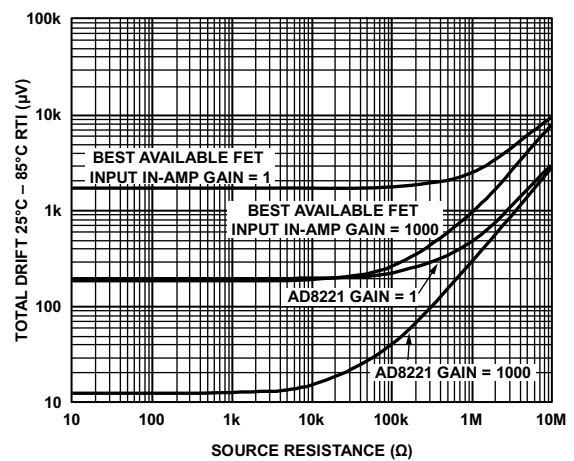


图14. 总漂移与信号源电阻的关系

03149-014

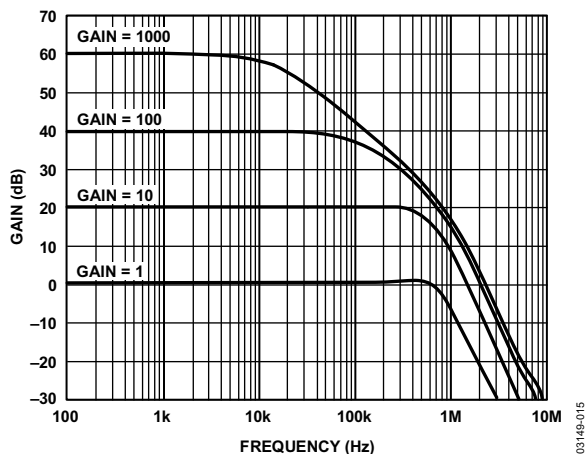


图15. 增益与频率的关系

03148-015

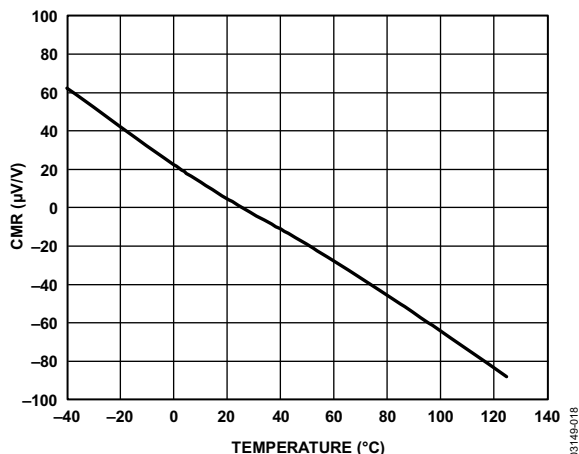


图18. CMR与温度的关系

03148-018

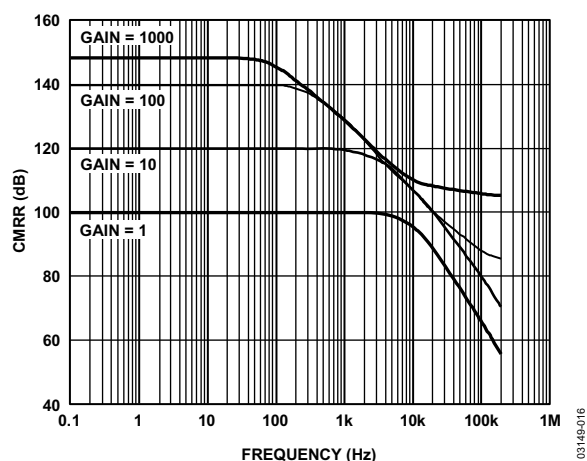


图16. CMRR与频率的关系(RTI)

03148-016

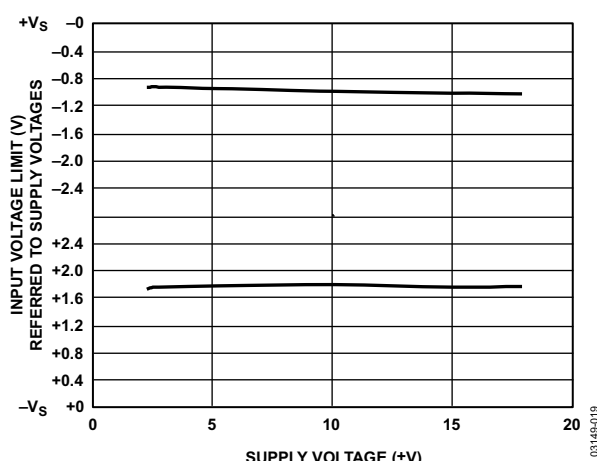


图19. 输入电压限制与电源电压的关系 (G = 1)

03148-019

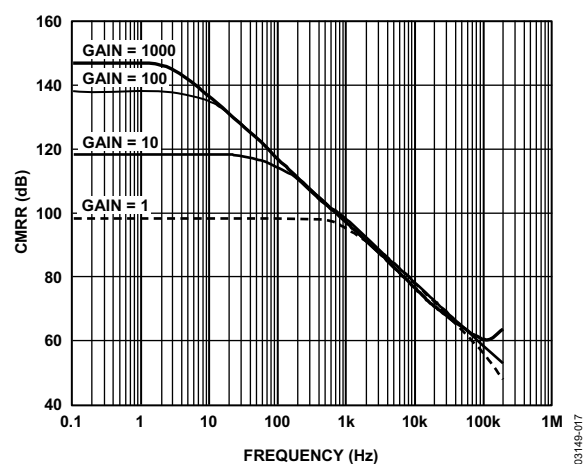


图17. CMRR与频率的关系(RTI, 1 kΩ非均衡信号源)

03148-017

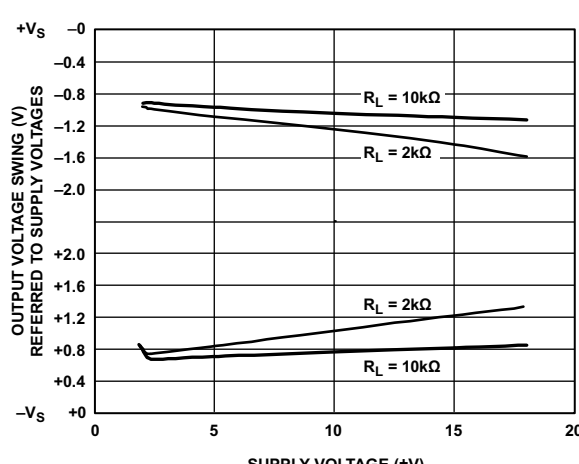


图20. 输出电压摆幅与电源电压的关系 (G = 1)

03148-020

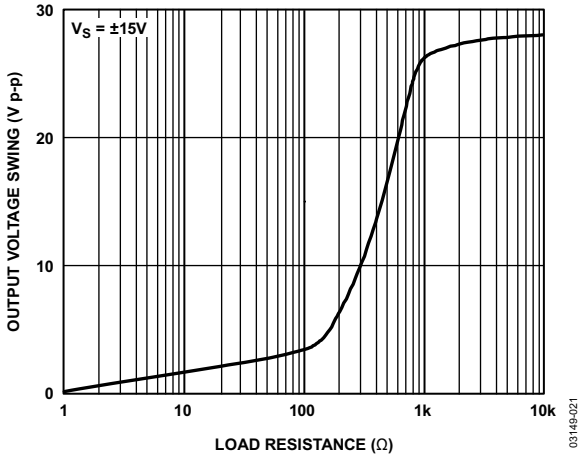


图21. 输出电压摆幅与负载电阻的关系

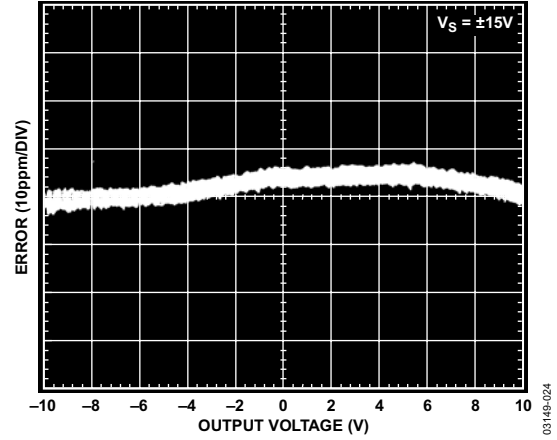


图24. 增益非线性度( $G = 100$ ,  $R_L = 10\text{ k}\Omega$ )

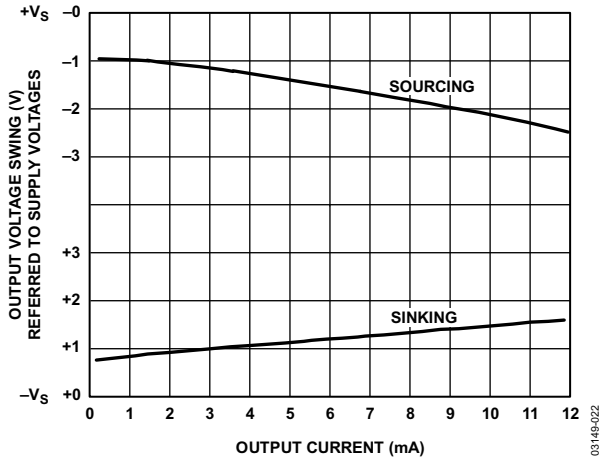


图22. 输出电压摆幅与输出电流的关系 ( $G = 1$ )

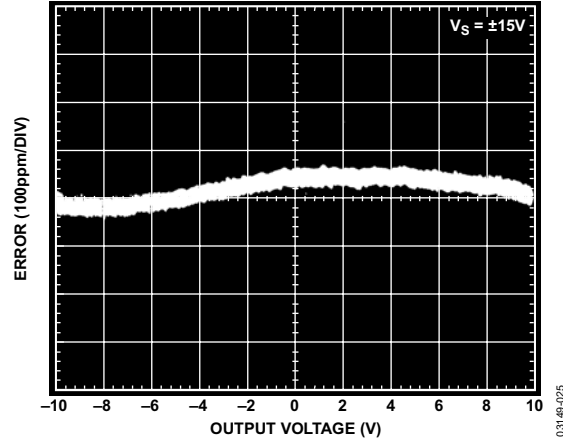


图25. 增益非线性度 ( $G = 1000$ ,  $R_L = 10\text{ k}\Omega$ )

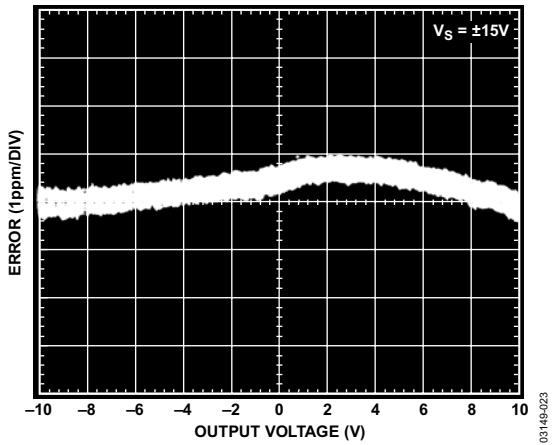


图23. 增益非线性度 ( $G = 1$ ,  $R_L = 10\text{ k}\Omega$ )

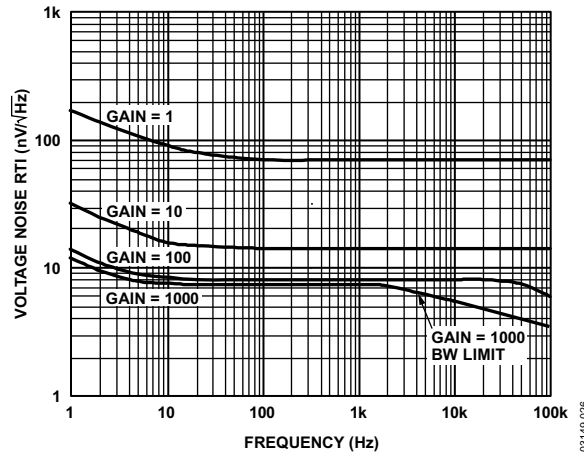


图26. 电压噪声谱密度与频率的关系 ( $G = 1$ 至 $1000$ )

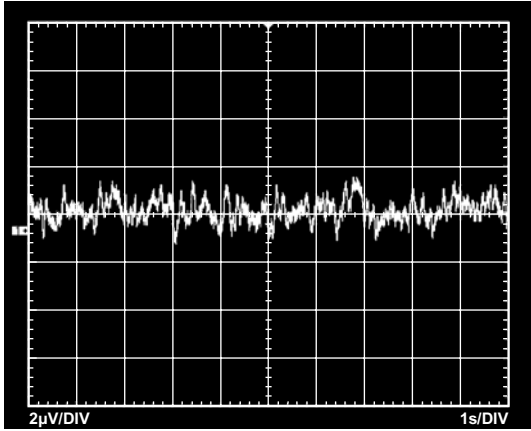


图27. 0.1 Hz至10 Hz RTI电压噪声(G = 1)

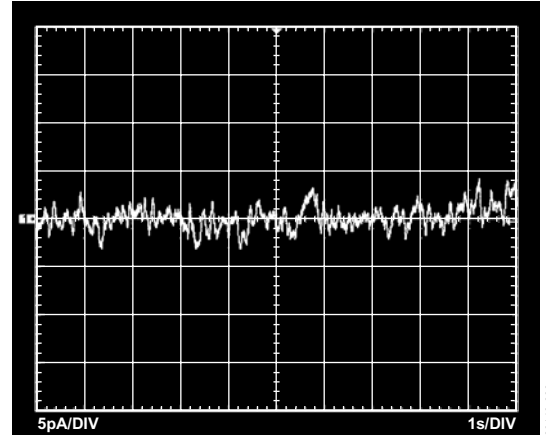


图30. 0.1 Hz至10 Hz电流噪声

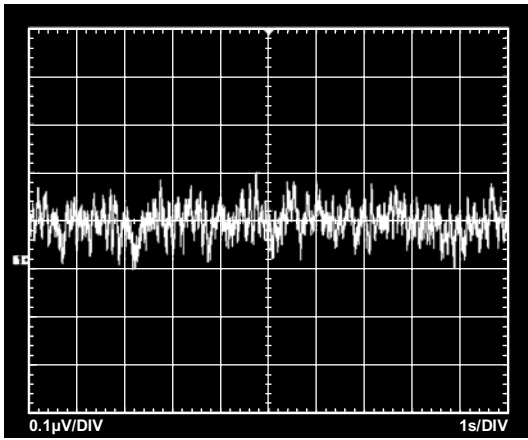


图28. 0.1 Hz至10 Hz RTI电压噪声(G = 1000)

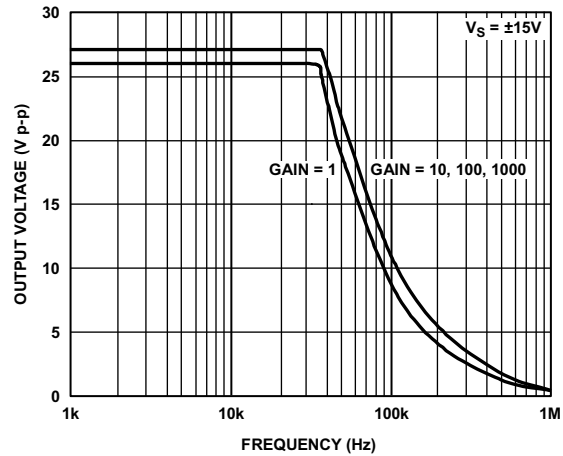


图31. 大信号频率响应

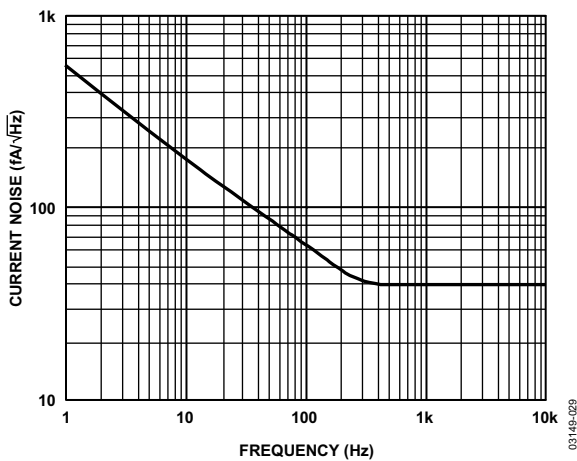


图29. 电流噪声谱密度与频率的关系

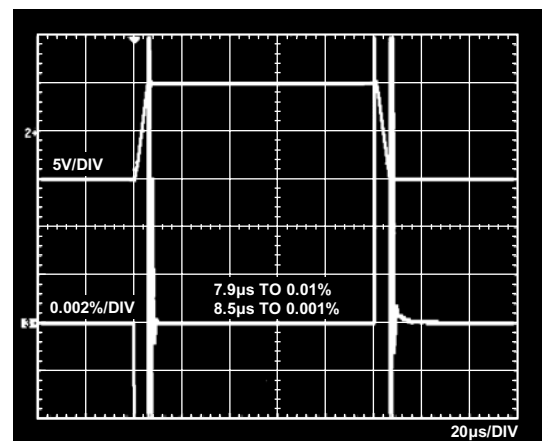


图32. 大信号脉冲响应与建立时间的关系(G = 1, 0.002%/刻度)

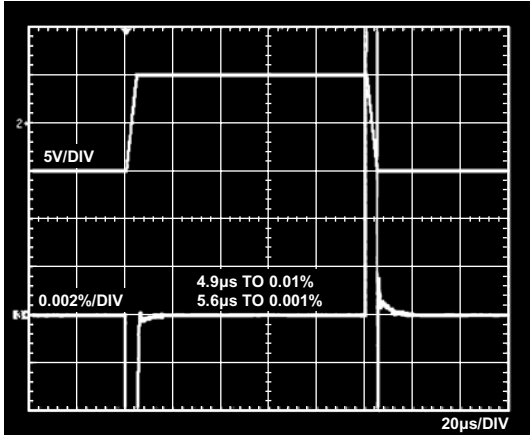


图33. 大信号脉冲响应与建立时间的关系( $G = 10$ ,  $0.002\%$ /刻度)

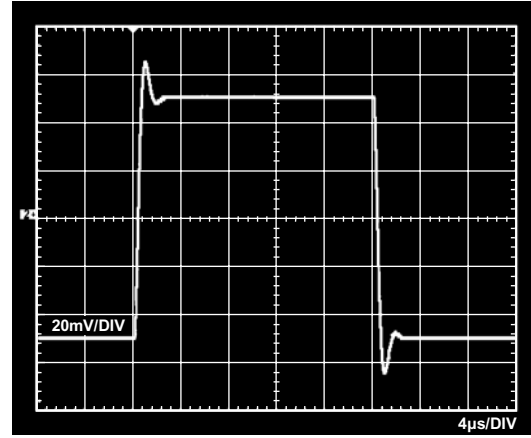


图36. 小信号响应( $G = 1$ ,  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ ,  $C_L = 100\text{ pF}$ )

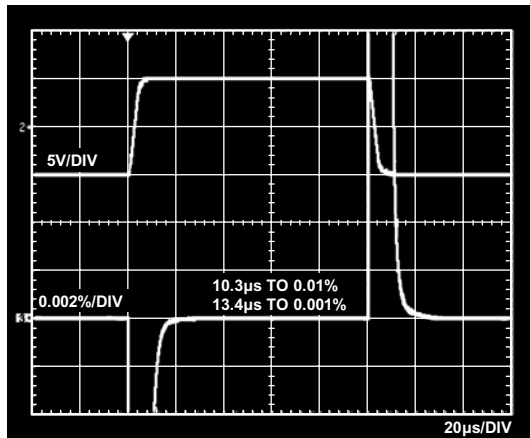


图34. 大信号脉冲响应与建立时间的关系( $G = 100$ ,  $0.002\%$ /刻度)

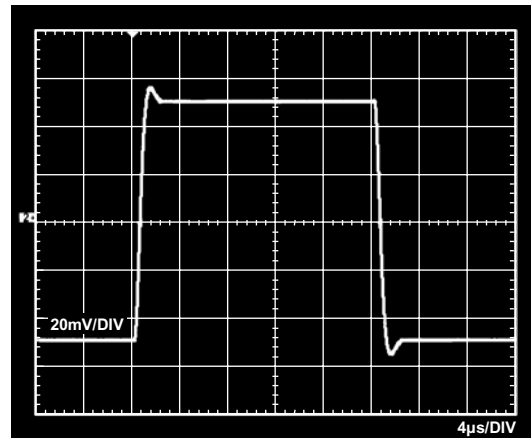


图37. 小信号响应( $G = 10$ ,  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ ,  $C_L = 100\text{ pF}$ )

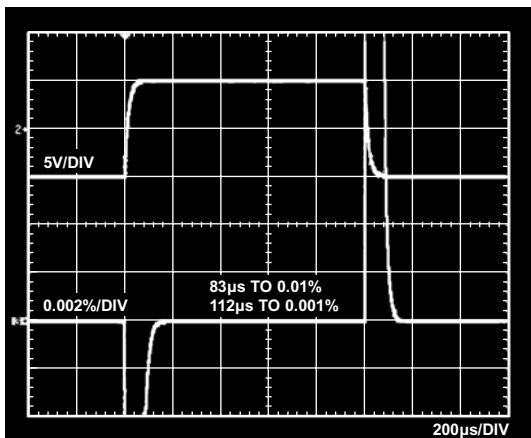


图35. 大信号脉冲响应与建立时间的关系( $G = 1000$ ,  $0.002\%$ /刻度)

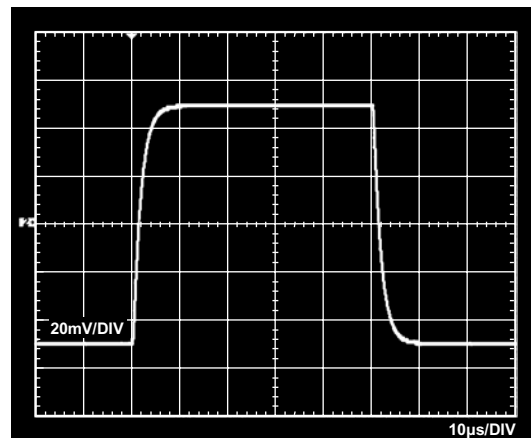


图38. 小信号响应( $G = 100$ ,  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ ,  $C_L = 100\text{ pF}$ )

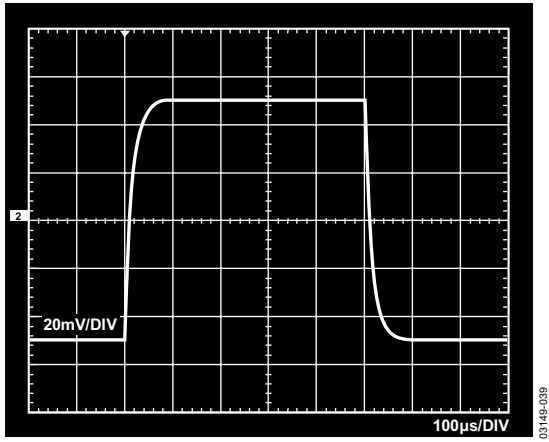


图39. 小信号响应( $G = 1000$ ,  $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $C_L = 100 \text{ pF}$ )

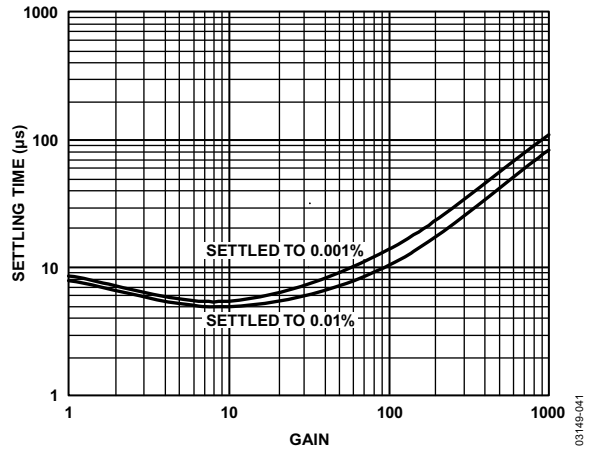


图41. 建立时间与增益的关系(步进大小为 10 V)

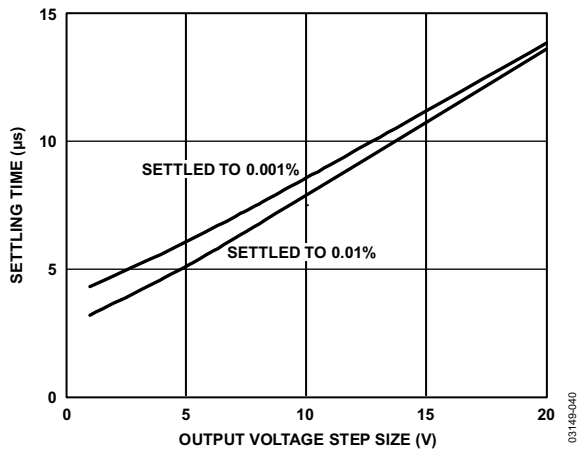


图40. 建立时间与步进大小的关系( $G = 1$ )

## 工作原理

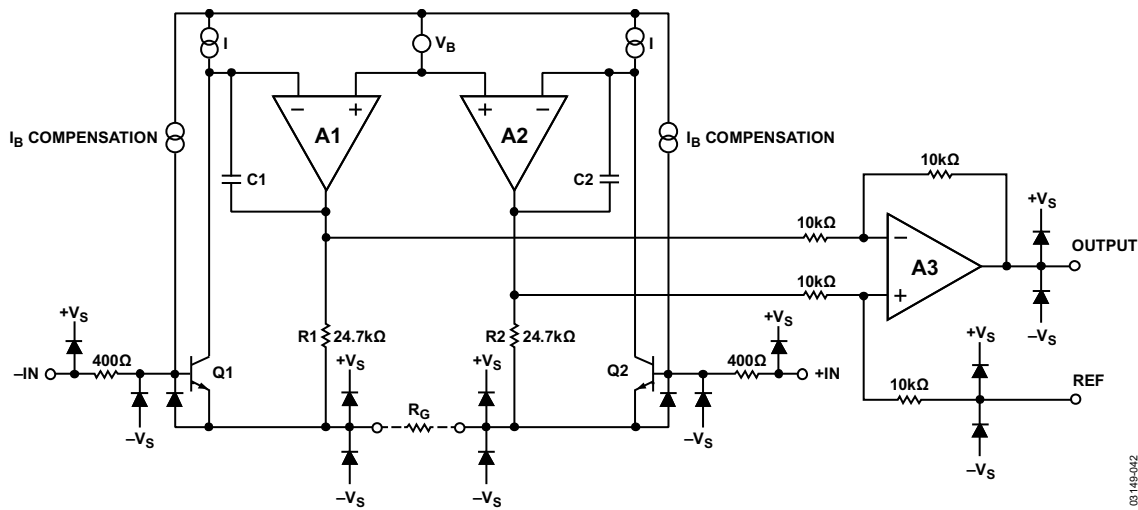


图42. 原理示意图

AD8221是一款单芯片仪表放大器，采用经典的三运放拓扑结构设计。输入晶体管Q1和Q2以固定电流偏置，因此任何差分输入信号都会使A1和A2的输出电压发生相应变化。输入信号产生电流通过R<sub>G</sub>、R1和R2，使得A1和A2的输出正确的电压。从拓扑意义上说，Q1、A1、R1与Q2、A2、R2均可视为精密电流反馈放大器。经过放大的差分信号和共模信号作用于差动放大器，后者抑制共模电压，但放大差分电压。该差动放大器采用创新技术，可实现低输出失调电压及低输出失调电压漂移。激光调整电阻使这款仪表放大器具有很高的精度，典型增益误差小于20 ppm，CMRR超过90 dB (G = 1)。

AD8221采用Superbeta输入晶体管和I<sub>B</sub>补偿方案，所以具有极高的输入阻抗、低I<sub>B</sub>、低I<sub>B</sub>漂移、低I<sub>OS</sub>、低输入偏置电流噪声和极低的电压噪声(8 nV/√Hz)特性。

AD8221的传递函数为：

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

用户可以通过一个标准电阻轻松而精确地设置增益。

由于输入放大器采用电流反馈结构，因此AD8221的增益-带宽乘积会随增益提高而增加，使系统不受较高增益时电压反馈结构存在带宽损失的影响。

为了在输入电平较低时仍能维持高精度，对AD8221进行了精心设计和布局，使其性能可满足最严格的应用要求。

独特的引脚排列使AD8221在10 kHz (G = 1)时的CMRR达到80 dB，在1 kHz (G = 1000)时的CMMR达到110 dB。如图43所示的平衡引脚排列，可减小过去会使CMRR性能恶化的寄生效应。此外，这种新式引脚排列将相关走线组织在一起，简化了电路板布局。例如，增益设置电阻引脚与输入相邻，基准引脚则紧挨着输出。

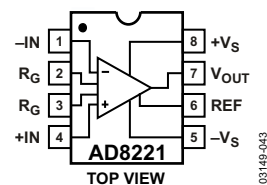


图43. 引脚排列图



## 增益选择

将一个电阻跨接在RG引脚上，即可设置AD8221的增益，电阻值计算可参考表5或利用增益公式。

$$R_G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{G - 1}$$

表 5. 用1%电阻实现的增益

1%标准表RG值(Ω)	计算得到的增益值
49.9 k	1.990
12.4 k	4.984
5.49 k	9.998
2.61 k	19.93
1.00 k	50.40
499	100.0
249	199.4
100	495.0
49.9	991.0

不用增益电阻时，AD8221默认设置 $G = 1$ 。增益精度取决于 $R_G$ 的绝对公差。外部增益电阻的温度系数(TC)会增大仪表放大器的增益漂移。不用增益电阻时，增益误差和增益漂移保持最小。

## 布局

精心规划的电路板布局可以让系统实现最高性能。从增益设置电阻到 $R_G$ 引脚的走线应尽可能短，以使寄生电感最小。为了确保获得最精确的输出，从REF引脚引出的走线应连接至AD8221的局部接地，如图46所示，或者连接至AD8221局部接地的基准电压。

## 共模抑制

AD8221相对于频率具有高共模抑制比(CMRR)，这一优势体现在其抗干扰(如线路噪声及其谐波)性能比典型的仪表放大器更好。通常来说，仪表放大器的CMRR会从200 Hz开始下降，一般可用共模滤波器来弥补这一缺陷。AD8221能够在更大频率范围内抑制CMRR，因而降低了对滤波的需求。

良好的布线有助于保持AD8221相对于频率的高共模抑制比。输入源阻抗和电容应当严格匹配。此外，信号源电阻和电容应在允许的范围尽可能靠近输入。

## 接地

AD8221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连至相应的局部接地。

在混合信号环境中，低电平模拟信号需要从高噪声数字环境中隔离出来。许多ADC都具有单独的模拟接地引脚和数字接地引脚。虽然将这两种接地连至单一接地层会很方便，但是流经接地线和PC板的电流可能会引起数百毫伏的误差。因此应采用分开的模拟和数字接地回路，使得从敏感点流至系统接地的电流最小。图44和图45是良好布线示例。

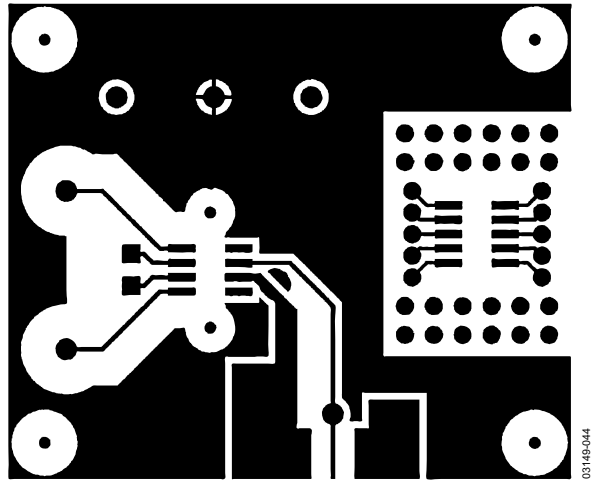


图44. AD8221-EVAL顶层

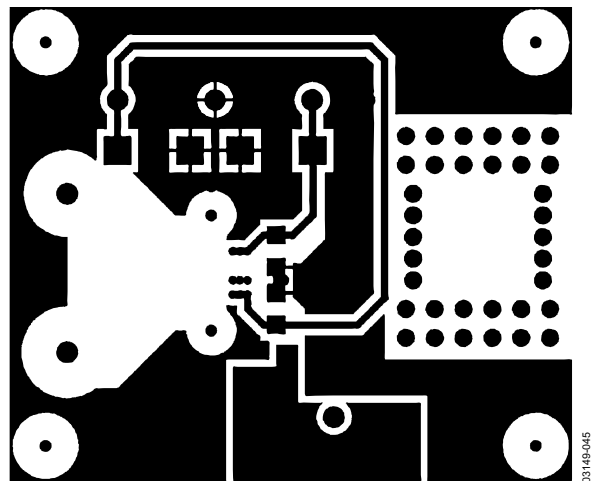


图45. AD8221-EVAL底层

# AD8221

## 基准引脚

如图42所示，基准引脚REF位于一个10 kΩ电阻的一端。仪表放大器的输出以REF引脚上的电压为基准，这在输出信号需要偏移到精确的中间电源电平时会很有用。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AD8221可以与ADC实现接口。容许的基准电压范围与增益、输入和电源电压呈函数关系。REF引脚不应高出 $+V_S$ 或 $-V_S$  0.5 V以上。

为了获得最佳性能，REF引脚应保持较低的源阻抗，因为寄生电阻会使CMRR和增益精度恶化。

## 电源调整与旁路

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使器件性能恶化。应当用旁路电容来去耦。

靠近各电源引脚处应当配置一个0.1 μF电容。如图46所示，离该器件较远的位置可以用一个10 μF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。

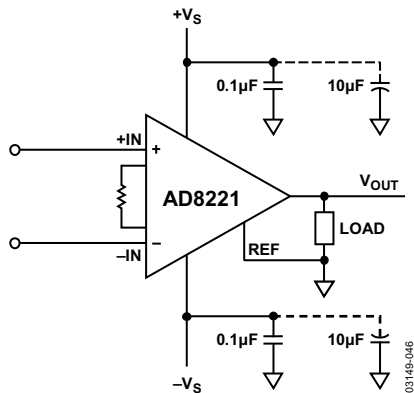
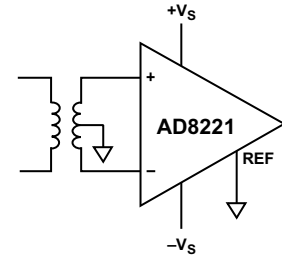


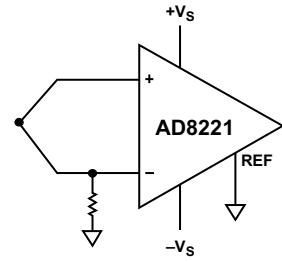
图46. 电源去耦、REF及输出以局部接地为基准

## 输入偏置电流回路

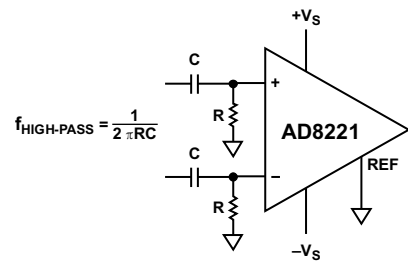
AD8221的输入偏置电流必须有一个公共端的返回路径。当热电偶等信号源无法提供电流回路时，必须创建一条返回路径，如图47所示。



TRANSFORMER



THERMOCOUPLE



CAPACITOR COUPLED

图47. 创建一条 $I_{BIAS}$ 返回路径

## 输入保护

AD8221的所有引脚均提供1 kV人体模型ESD保护。此外，输入结构考虑了负电源 $-V_S$ 以下的直流过载情况；当发生负电源故障时，内部400 Ω电阻可以限制电流。不过，对于正电源 $+V_S$ 以上的直流过载电压，大电流将直接通过ESD二极管流至正轨。因此，对于 $+V_S$ 以上的电压，应当用一个与输入串联的外部电阻来限制电流。无论是哪一种情况，AD8221均能安全地处理持续的6 mA电流：对于正过压情况， $I = V_{IN}/R_{EXT}$ ；对于负过压情况， $I = V_{IN}/(400 \Omega + R_{EXT})$ 。

对于AD8221会遇到极端过载电压的应用，例如心脏除颤器等，应当用外部串联电阻和低泄漏二极管钳位(如BAV199L、FJH1100或SP720)。

## RF干扰

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48所示。滤波器根据以下关系式对输入信号带宽加以限制：

$$FilterFreq_{diff} = \frac{1}{2\pi R(2C_D + C_C)}$$

$$FilterFreq_{CM} = \frac{1}{2\pi R C_C}$$

其中  $C_D \geq 10C_C$ 。

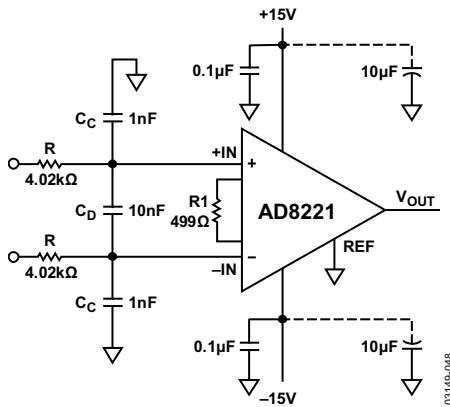


图48. 射频干扰(RFI)抑制

$C_D$ 影响差动信号， $C_C$ 影响共模信号。应适当选择R和 $C_C$ 的值，使射频干扰最小。正输入端与负输入端 $R \times C_C$ 的不匹配会降低AD8221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。

## 精密应变计

AD8221的低失调和宽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。

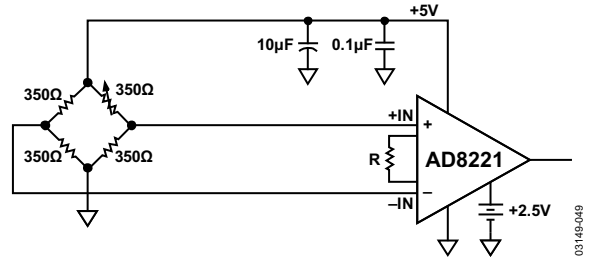


图49. 精密应变计

## 针对+5 V差分输入ADC的±10 V输入信号调理

许多应用都需要对±10 V信号进行调理。但是，当今的许多ADC和数字IC都采用电压很低的单电源供电。此外，新型ADC也采用差分输入，因为差分输入能提供更好的共模抑制、抗噪性和低电源电压性能。因此，将±10 V单端仪表放大器与+5 V差分ADC接口会是个难题，需要进行衰减和电平转换处理。图50提供了一种解决方案。

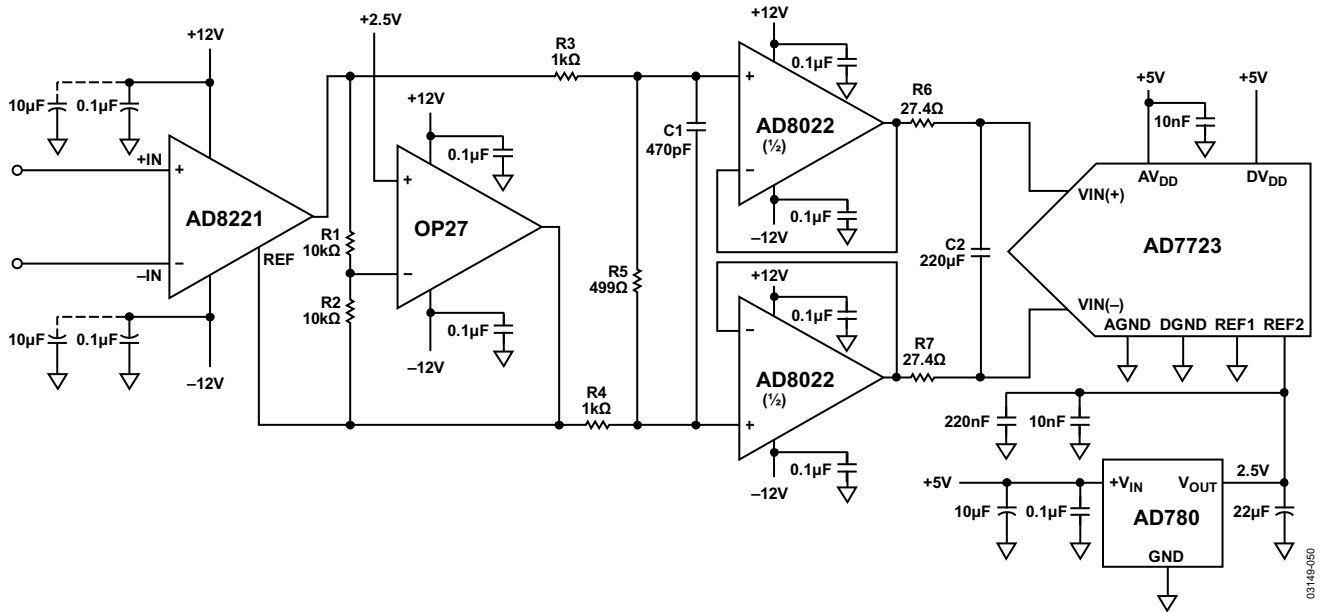


图50. 与差分输入ADC接口

# AD8221

在该拓扑结构中，OP27设置AD8221的基准电压。仪表放大器的输出信号从OUT引脚和REF引脚上获得。两个1 kΩ电阻和一个499 Ω电阻用来将±10 V信号衰减至+4 V。一个可选的电容C1用来充当抗混叠滤波器。AD8022用来驱动ADC。

此拓扑结构具有五大优点。除电平转换和衰减之外，它对系统噪声的贡献非常小。来自R1和R2的噪声属于ADC两路输入的共模噪声，很容易被抑制。R5的噪声是主要噪声的1/3，因此对系统噪声的影响可忽略。衰减器会缩小R3和R4的噪声，因此其噪声影响同样可忽略不计。此接口电路的第四大优点是AD8221的采集时间缩减一倍。借助OP27，AD8221只需提供全摆幅的一半输出，因而信号可以更快地建立。最后，AD8022的建立时间很短，这一点很有益，因为建立时间越短，ADC采集数据时能分辨的位数就越多。这种配置不仅提供了衰减、电平转换、与差分输入ADC接口方便的特性，同时还能保持高性能。

## 交流耦合仪表放大器

测量放大器隐藏在噪声或失调中的小信号是一个挑战。图51所示的电路可以改善交流小信号分辨率。较大增益可将放大器的折合输入噪声降至8 nV/√Hz。这样，因为本底噪声

较低，便可测量较小的信号。经过100倍放大的直流失调电压可通过积分器反馈网络在AD8221的输出端消除。

在低频时，OP1177会使AD8221的输出降至0 V。一旦信号频率超过 $f_{HIGH-PASS}$ ，AD8221便输出经过放大的输入信号。

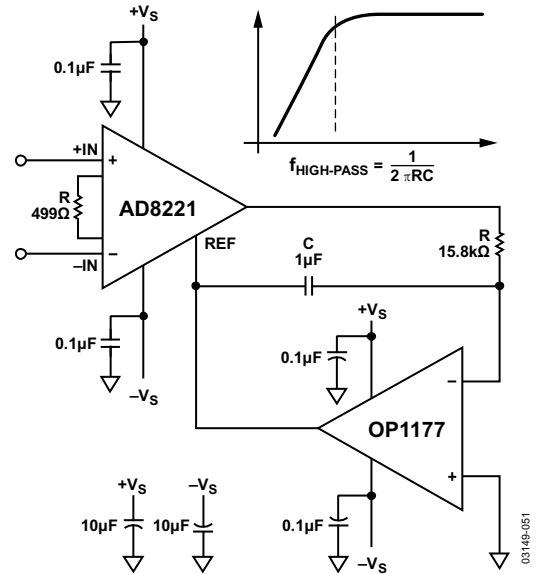
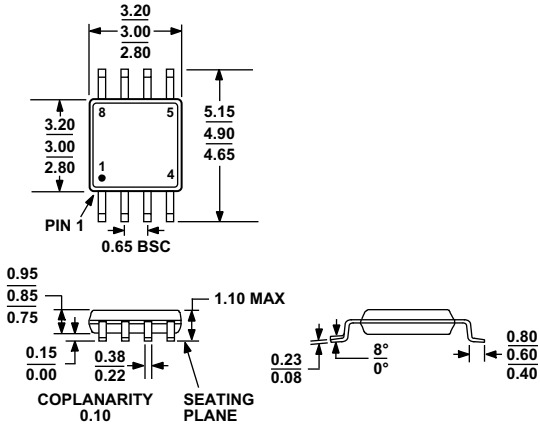


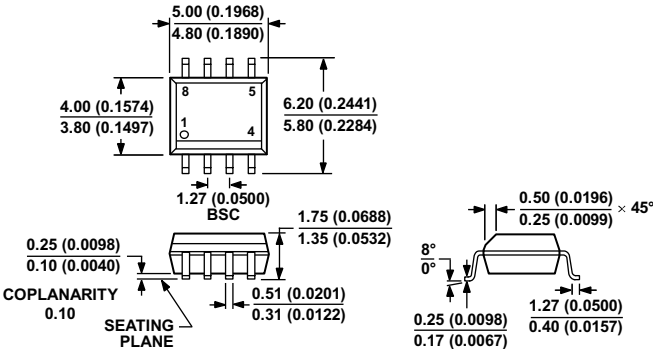
图51. 交流耦合电路

外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-187-AA

图52. 8引脚超小型封装[MSOP] (RM-8)  
图示尺寸单位: 毫米



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53. 8引脚标准小型封装[SOIC\_N] 窄体 (R-8)  
图示尺寸单位: 毫米和(英寸)

012407-A

# AD8221

## 订购指南

型号	额定温度范围	工作 <sup>1</sup> 温度范围	封装描述	封装选项	标识
AD8221AR	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N	R-8	
AD8221AR-REEL	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N, 13"卷带和卷盘	R-8	
AD8221AR-REEL7	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N, 7"卷带和卷盘	R-8	
AD8221ARZ <sup>2</sup>	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N	R-8	
AD8221ARZ-R7 <sup>2</sup>	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N, 7"卷带和卷盘	R-8	
AD8221ARZ-RL <sup>2</sup>	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N, 13"卷带和卷盘	R-8	
AD8221ARM	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP	RM-8	JLA
AD8221ARM-REEL	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP, 13"卷带和卷盘	RM-8	JLA
AD8221ARM REEL7	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP, 7"卷带和卷盘	RM-8	JLA
AD8221ARMZ <sup>2</sup>	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP	RM-8	JLA#
AD8221ARMZ-R7 <sup>2</sup>	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP, 7"卷带和卷盘	RM-8	JLA#
AD8221ARMZ-RL <sup>2</sup>	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP, 13"卷带和卷盘	RM-8	JLA#
AD8221BR	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N	R-8	
AD8221BR-REEL	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N, 13"卷带和卷盘	R-8	
AD8221BR-REEL7	-40°C至+85°C	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N, 7"卷带和卷盘	R-8	
AD8221-EVAL			评估板		

<sup>1</sup> 请参考在85°C至125°C范围内工作的典型工作特性。

<sup>2</sup> Z = RoHS兼容器件, #表示RoHS兼容器件的产品可能在顶部或底部进行标识。

注释

**AD8221**

**注释**