

### 特性

低失调电压: 2.5  $\mu\text{V}$  (最大值)

低失调电压漂移: 0.015  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  (最大值)

低噪声

5.6 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  ( $f = 1 \text{ kHz}$ ,  $A_v = +100$ )

97 nVp-p ( $f = 0.1 \text{ Hz}$ 至 $10 \text{ Hz}$ ,  $A_v = +100$ )

开环电压增益: 130 dB (最小值)

CMRR: 135 dB (最小值)

PSRR: 130 dB (最小值)

增益带宽积: 4 MHz

单电源供电: 2.2 V至5.5 V

双电源供电:  $\pm 1.1 \text{ V}$ 至 $\pm 2.75 \text{ V}$

轨到轨输入和输出

单位增益稳定

### 应用

热电偶/热电堆

称重传感器和桥式传感器

精密仪器

电子秤

医疗仪器

手持式测试设备

### 概述

ADA4528-1是一款超低噪声、零漂移运算放大器，具有轨到轨输入输出摆幅能力。失调电压为2.5  $\mu\text{V}$ ，失调电压漂移为0.015  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ，噪声为97  $\mu\text{V}$  p-p (0.1 Hz至10 Hz,  $A_v = +100$ )，因而它非常适合不容许存在误差源的应用。

ADA4528-1具有2.2 V至5.5 V的宽工作电源电压范围、高增益、出色的CMRR和PSRR特性，是低电平信号精密放大应用的理想之选，如位置和压力传感器、应变计、医疗仪器等。

ADA4528-1的额定温度范围为 $-40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ 扩展工业温度范围，采用8引脚MSOP封装。

### 引脚配置

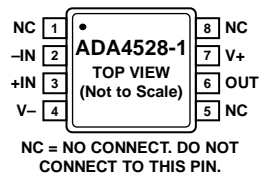


图1. 8引脚MSOP

表1. ADI公司零漂移运算放大器产品组合<sup>1</sup>

类型	超低噪声	微功耗 ( $<20 \mu\text{A}$ )	低功耗 ( $<1 \text{ mA}$ )	16 V 工作电压
单通道	ADA4528-1	ADA4051-1	AD8628 AD8538	AD8638
双通道		ADA4051-2	AD8629 AD8539	AD8639
四通道			AD8630	

<sup>1</sup> 欲选择零漂移运算放大器，请访问[www.analog.com](http://www.analog.com)。

### 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.

ADI中文版数据手册是英文版数据手册的译文，敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误，ADI不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性，请参考ADI提供的最新英文版数据手册。

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 ©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

目录

特性.....	1	ESD警告.....	5
应用.....	1	典型工作特性.....	6
引脚配置.....	1	应用信息.....	15
概述.....	1	输入保护.....	15
修订历史.....	2	轨到轨输入和输出.....	15
技术规格.....	3	噪声考虑因素.....	15
电气特性—2.5 V电源.....	3	印刷电路板布局布线.....	17
电气特性—5 V电源.....	4	外形尺寸.....	18
绝对最大额定值.....	5	订购指南.....	18
热阻.....	5		

修订历史

2011年1月—修订版0：初始版

## 技术规格

### 电气特性—2.5 V电源

除非另有说明,  $V_S = 2.5\text{ V}$ ,  $V_{CM} = V_{SY}/2\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表2

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性						
失调电压	$V_{OS}$	$V_{CM} = 0\text{ V}$ 至 $2.5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	0.3	2.5	4	$\mu\text{V}$
失调电压漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	0.002	0.015		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	$I_B$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	220	400	600	pA
输入失调电流	$I_{OS}$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	440	800	1	pA
输入电压范围			0		2.5	V
共模抑制比	CMRR	$V_{CM} = 0\text{ V}$ 至 $2.5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	135	158		dB
开环增益	$A_{VO}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $V_O = 0.1\text{ V}$ 至 $2.4\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	116	140		dB
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ , $V_O = 0.1\text{ V}$ 至 $2.4\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	126	132		dB
			125			dB
			121			dB
输入电阻 (差分模式)	$R_{INDM}$		225			k $\Omega$
输入电阻 (共模模式)	$R_{INCM}$		1			G $\Omega$
输入电容 (差分模式)	$C_{INDM}$		15			pF
输入电容 (共模模式)	$C_{INCM}$		30			pF
输出特性						
高电平输出电压	$V_{OH}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ 至 $V_{CM}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	2.49	2.495		V
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ 至 $V_{CM}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	2.485	2.48		V
			2.46			V
			2.44			V
低电平输出电压	$V_{OL}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ 至 $V_{CM}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		5	10	mV
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ 至 $V_{CM}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			15	mV
				20	40	mV
					60	mV
短路电流	$I_{SC}$		$\pm 30$			mA
闭环输出阻抗	$Z_{OUT}$	$f = 1\text{ kHz}$ , $A_V = +10$	0.1			$\Omega$
电源						
电源抑制比	PSRR	$V_S = 2.2\text{ V}$ 至 $5.5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	130	150		dB
			127			dB
每放大器电源电流	$I_{SY}$	$I_O = 0\text{ mA}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		1.4	1.7	mA
					2.1	mA
动态性能						
压摆率	SR	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , $A_V = +1$		0.45		V/ $\mu\text{s}$
0.1%建立时间	$t_s$	$V_{IN} = 1.5\text{ V}$ 步进, $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$		7		$\mu\text{s}$
增益带宽积	GBP	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , $A_V = +1$		4		MHz
相位余量	$\Phi_M$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , $A_V = +1$		57		度
过载恢复时间		$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , $A_V = -10$		50		$\mu\text{s}$
噪声性能						
电压噪声	$e_n$ p-p	$f = 0.1\text{ Hz}$ 至 $10\text{ Hz}$ , $A_V = +100$	97			nV p-p
电压噪声密度	$e_n$	$f = 1\text{ kHz}$ , $A_V = +100$	5.6			nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 1\text{ kHz}$ , $A_V = +100$ , $V_{CM} = 2.0\text{ V}$	5.5			nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
电流噪声	$i_n$ p-p	$f = 0.1\text{ Hz}$ 至 $10\text{ Hz}$ , $A_V = +100$	2.6			pA p-p
电流噪声密度	$i_n$	$f = 1\text{ kHz}$ , $A_V = +100$	0.7			pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$

# ADA4528-1

## 电气特性—5 V电源

除非另有说明， $V_S = 5\text{ V}$ ， $V_{CM} = V_{SY}/2\text{ V}$ ， $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。

表3

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
<b>输入特性</b>						
失调电压	$V_{OS}$	$V_{CM} = 0\text{ V}$ 至 $5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	0.3	2.5		$\mu\text{V}$
失调电压漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	0.002	0.015		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	$I_B$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	90	200		pA
输入失调电流	$I_{OS}$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	180	400		pA
输入电压范围		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			500	pA
共模抑制比	CMRR	$V_{CM} = 0\text{ V}$ 至 $5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	0	5		V
开环增益	$A_{VO}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $V_O = 0.1\text{ V}$ 至 $4.9\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	137	160		dB
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ , $V_O = 0.1\text{ V}$ 至 $4.9\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	122			dB
			127	139		dB
			125			dB
			121	131		dB
			120			dB
输入电阻 (差分模式)	$R_{INDM}$			190		k $\Omega$
输入电阻 (共模模式)	$R_{INCM}$			1		G $\Omega$
输入电容 (差分模式)	$C_{INDM}$			16.5		pF
输入电容 (共模模式)	$C_{INCM}$			33		pF
<b>输出特性</b>						
高电平输出电压	$V_{OH}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ 至 $V_{CM}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	4.99	4.995		V
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ 至 $V_{CM}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	4.98			V
			4.96	4.98		V
			4.94			V
低电平输出电压	$V_{OL}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ 至 $V_{CM}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		5	10	mV
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ 至 $V_{CM}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			20	mV
				20	40	mV
					60	mV
短路电流	$I_{SC}$			$\pm 40$		mA
闭环输出阻抗	$Z_{OUT}$	$f = 1\text{ kHz}$ , $A_V = +10$		0.1		$\Omega$
<b>电源</b>						
电源抑制比	PSRR	$V_{SY} = 2.2\text{ V}$ 至 $5.5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	130	150		dB
			127			dB
每放大器电源电流	$I_{SY}$	$I_O = 0\text{ mA}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		1.5	1.8	mA
					2.2	mA
<b>动态性能</b>						
压摆率	SR	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , $A_V = +1$		0.5		V/ $\mu\text{s}$
0.1%建立时间	$t_s$	$V_{IN} = 4\text{ V step}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$		10		$\mu\text{s}$
增益带宽积	GBP	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , $A_V = +1$		4		MHz
相位余量	$\Phi_M$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , $A_V = +1$		57		度
过载恢复时间		$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 100\text{ pF}$ , $A_V = -10$		50		$\mu\text{s}$
<b>噪声性能</b>						
电压噪声	$e_n\text{ p-p}$	$f = 0.1\text{ Hz}$ 至 $10\text{ Hz}$ , $A_V = +100$		99		nV p-p
电压噪声密度	$e_n$	$f = 1\text{ kHz}$ , $A_V = +100$		5.9		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 1\text{ kHz}$ , $A_V = +100$ , $V_{CM} = 4.5\text{ V}$		5.3		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
电流噪声	$i_n\text{ p-p}$	$f = 0.1\text{ Hz}$ 至 $10\text{ Hz}$ , $A_V = +100$		2.6		pA p-p
电流噪声密度	$i_n$	$f = 1\text{ kHz}$ , $A_V = +100$		0.5		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$

绝对最大额定值

表4

参数	额定值
电源电压	6 V
输入电压	$\pm V_{SY} \pm 0.3\text{ V}$
输入电流 <sup>1</sup>	$\pm 10\text{ mA}$
差分输入电压	$\pm V_{SY}$
对地输出短路持续时间	未定
存储温度范围	-65°C 至 +150°C
工作温度范围	-40°C 至 +125°C
结温范围	-65°C 至 +150°C
引脚温度（焊接，60秒）	300°C

<sup>1</sup> 输入引脚与电源引脚之间有箝位二极管。当输入信号超过供电轨0.5 V时，输入电流应以10 mA为限。

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

$\theta_{JA}$  针对最差条件，即器件焊接在电路板上以实现表贴封装。此值采用标准的4层电路板测得。

表5. 热阻

封装类型	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$	单位
8引脚MSOP (RM-8)	142	45	°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。

## 典型工作特性

除非另有说明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

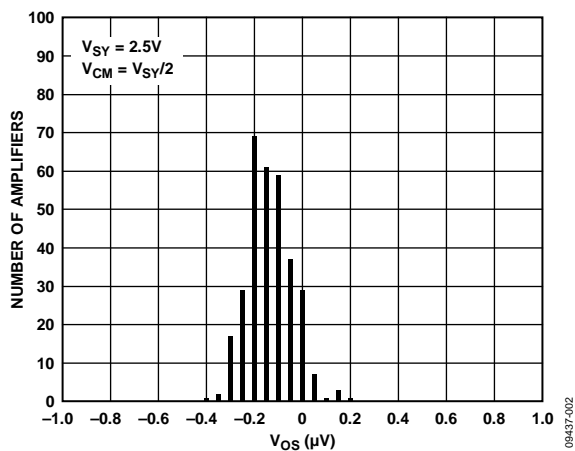


图2. 输入失调电压分布图

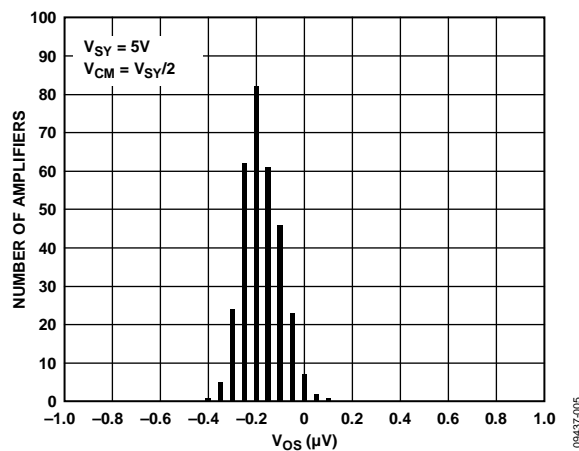


图5. 输入失调电压分布图

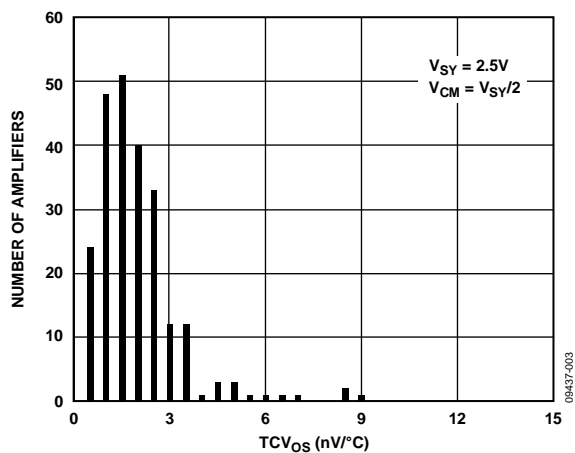


图3. 输入失调电压漂移分布图

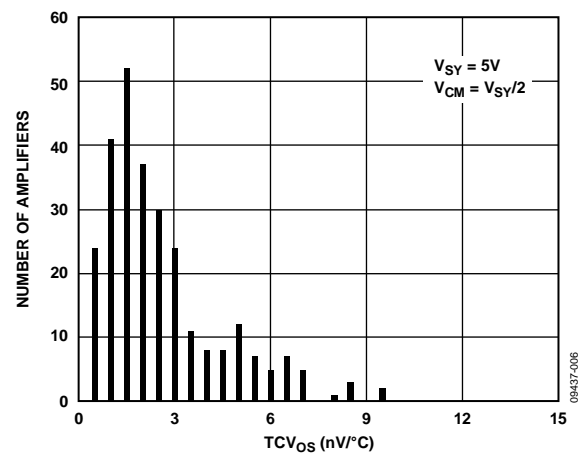


图6. 输入失调电压漂移分布图

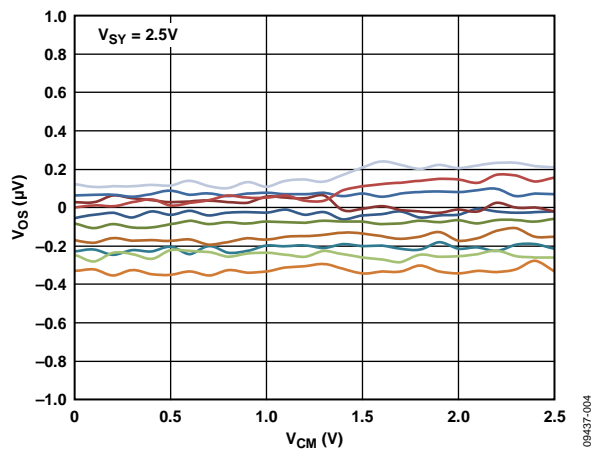


图4. 输入失调电压与共模电压的关系

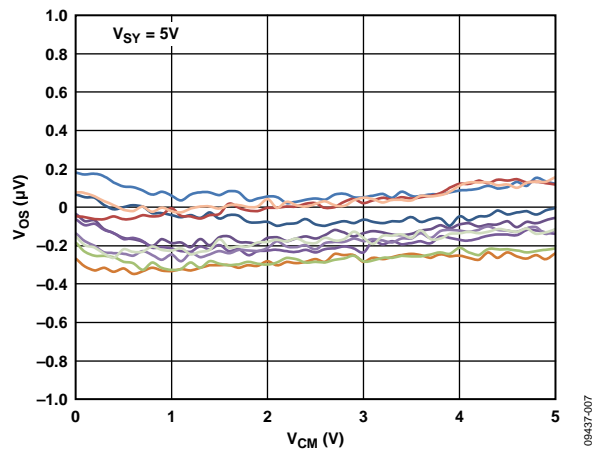


图7. 输入失调电压与共模电压的关系

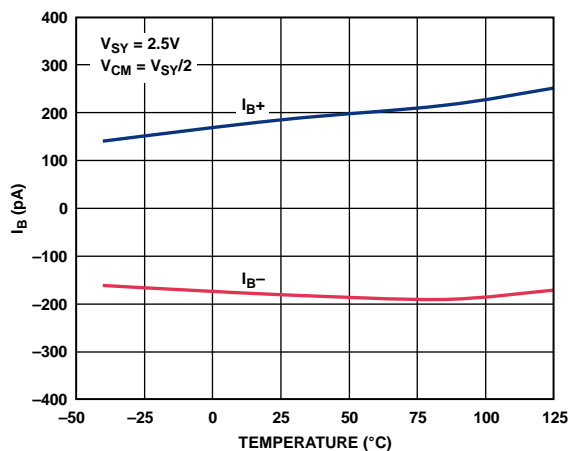


图8. 输入偏置电流与温度的关系

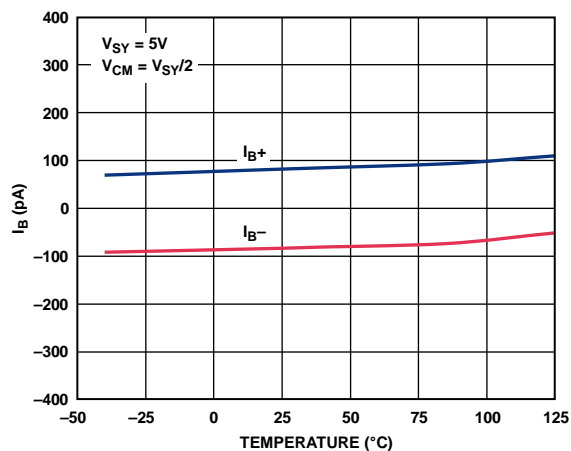


图11. 输入偏置电流与温度的关系

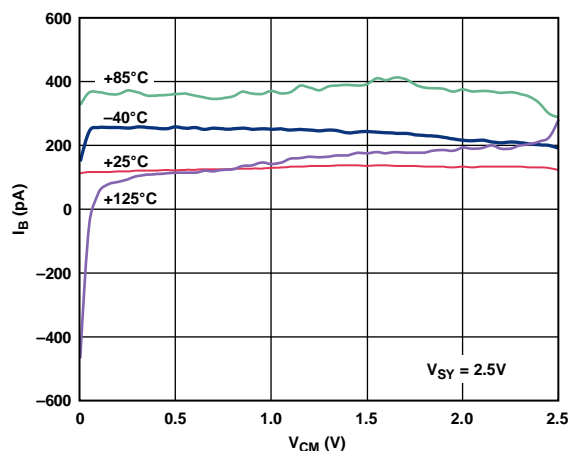


图9. 输入偏置电流与共模电压的关系

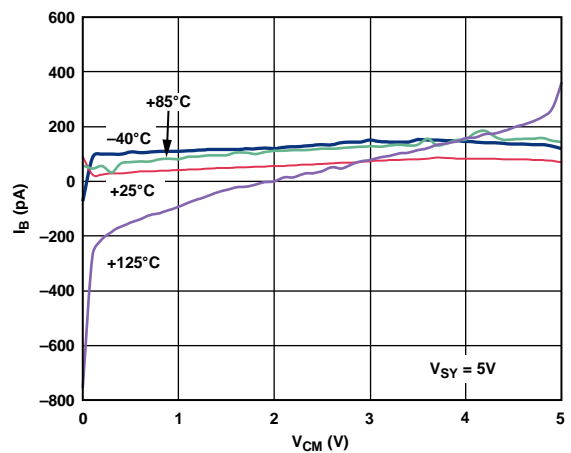


图12. 输入偏置电流与共模电压的关系

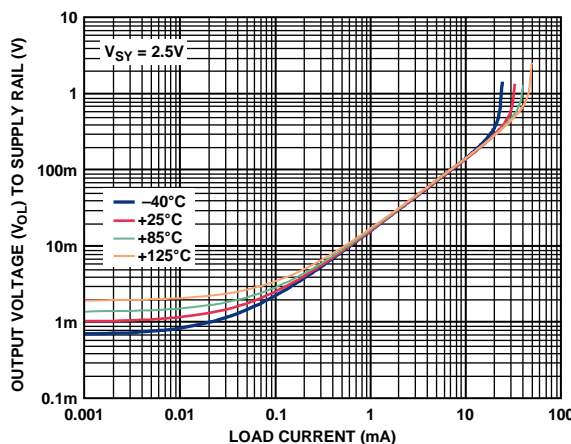


图10. 输出电压( $V_{OL}$ )至供电轨与负载电流的关系

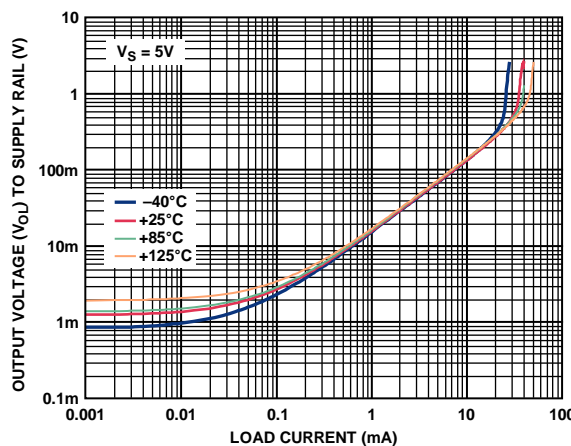


图13. 输出电压( $V_{OL}$ )至供电轨与负载电流的关系

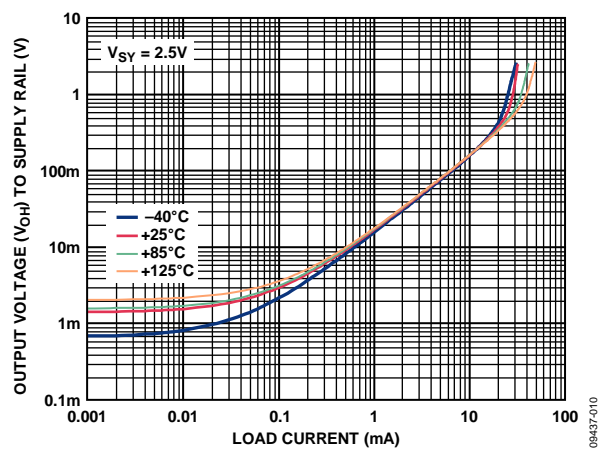


图14. 输出电压( $V_{OH}$ )至供电轨与负载电流的关系

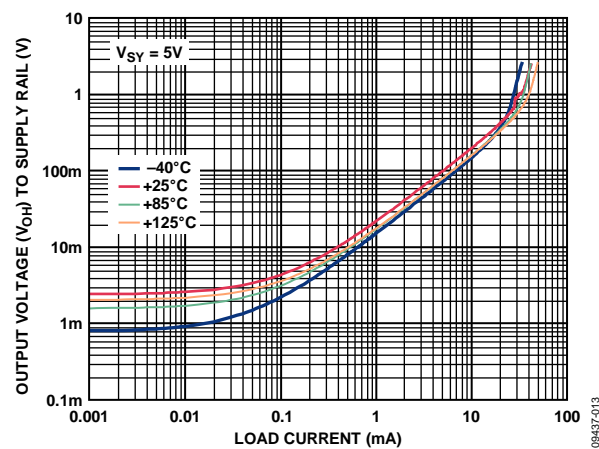


图17. 输出电压( $V_{OH}$ )至供电轨与负载电流的关系

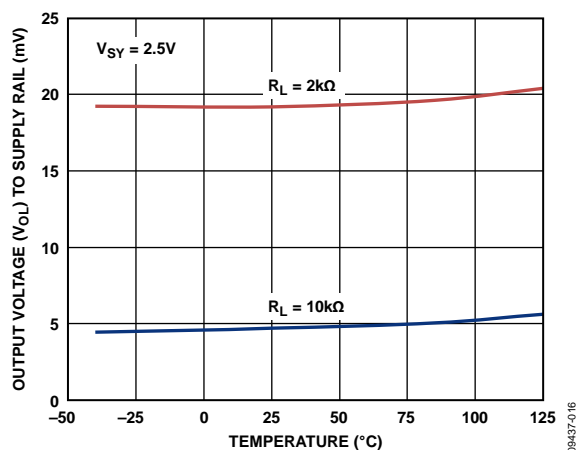


图15. 输出电压( $V_{OL}$ )至供电轨与温度的关系

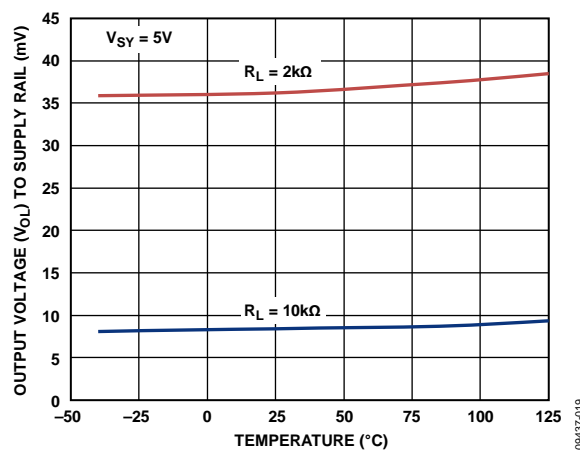


图18. 输出电压( $V_{OL}$ )至供电轨与温度的关系

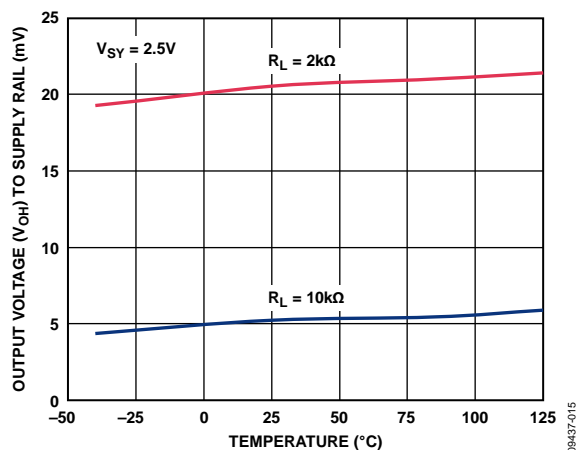


图16. 输出电压( $V_{OH}$ )至供电轨与温度的关系

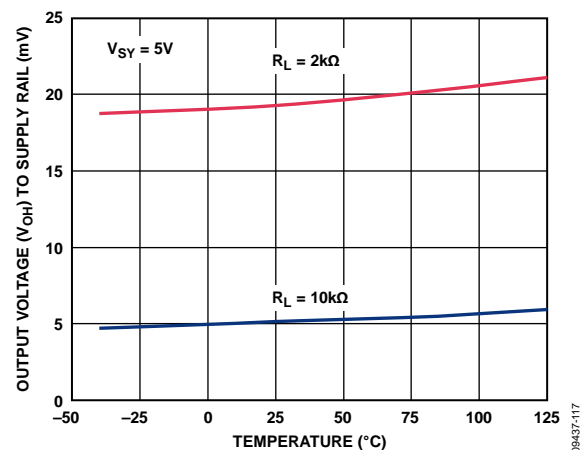


图19. 输出电压( $V_{OH}$ )至供电轨与温度的关系



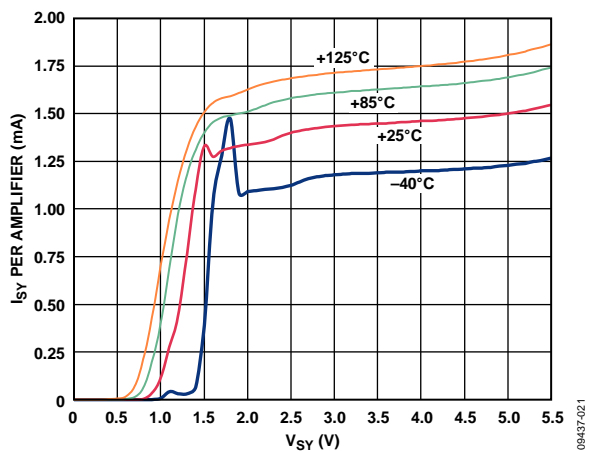


图20. 电源电流与电源电压的关系

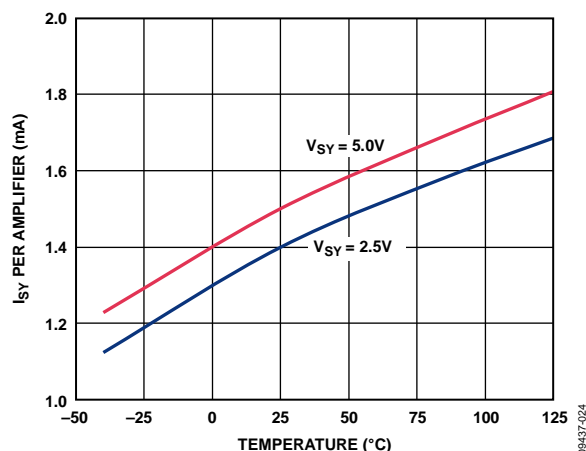


图23. 电源电流与温度的关系

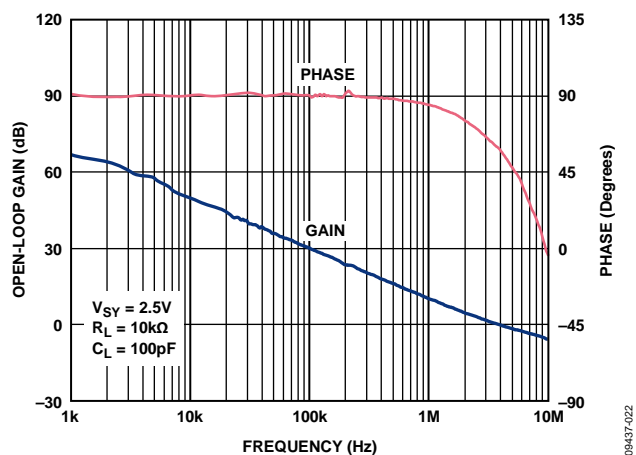


图21. 开环增益和相位与频率的关系

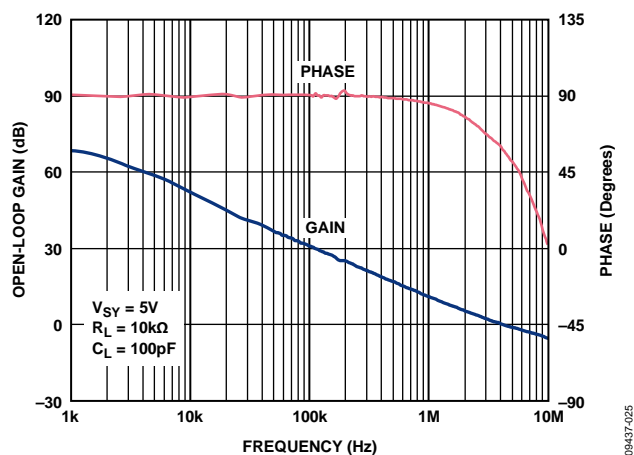


图24. 开环增益和相位与频率的关系

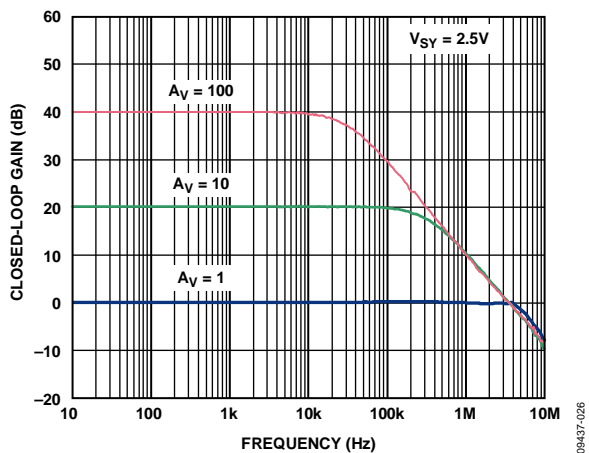


图22. 闭环增益与频率的关系

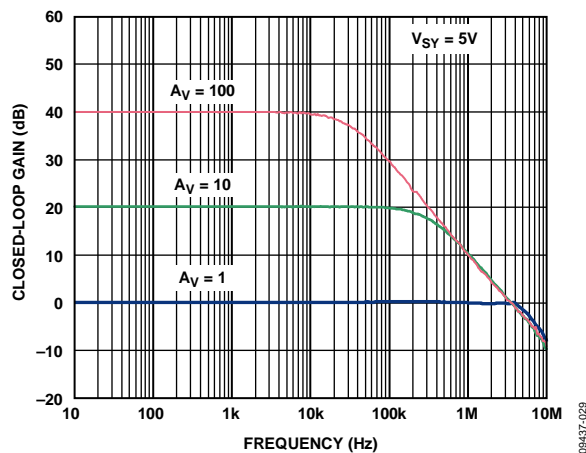


图25. 闭环增益与频率的关系

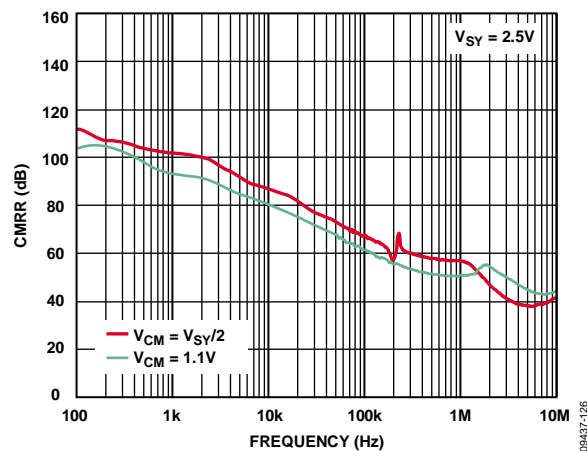


图26. CMRR与频率的关系

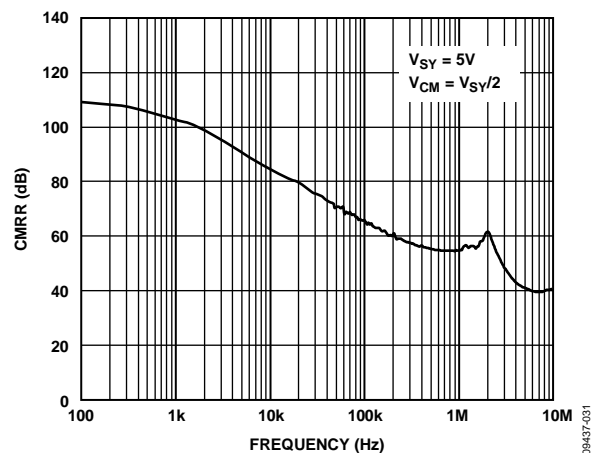


图29. CMRR与频率的关系

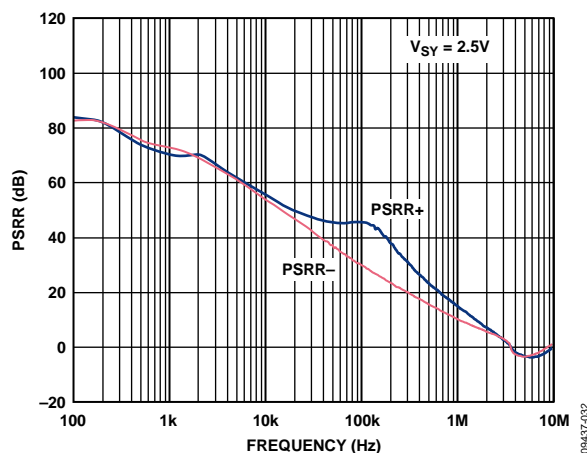


图27. PSRR与频率的关系

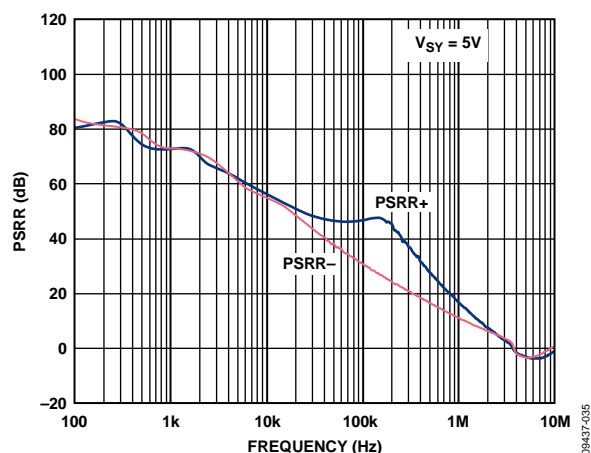


图30. PSRR与频率的关系

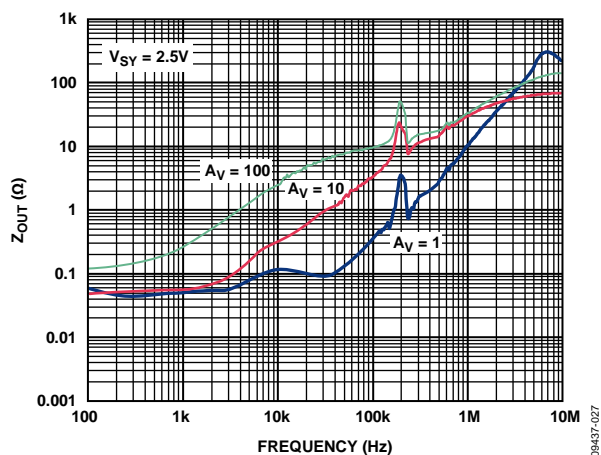


图28. 输出阻抗与频率的关系

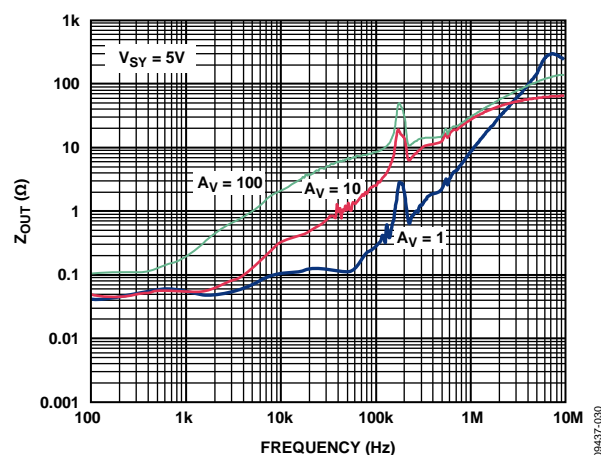


图31. 输出阻抗与频率的关系

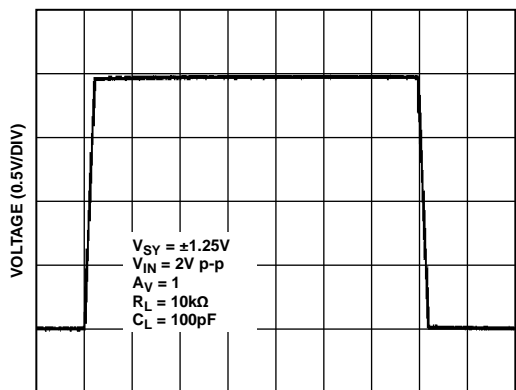


图32. 大信号瞬态响应

09437-034

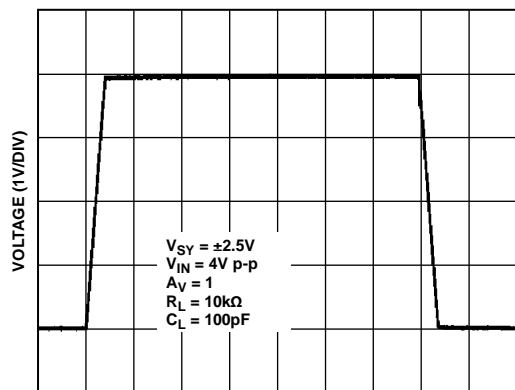


图35. 大信号瞬态响应

09437-037

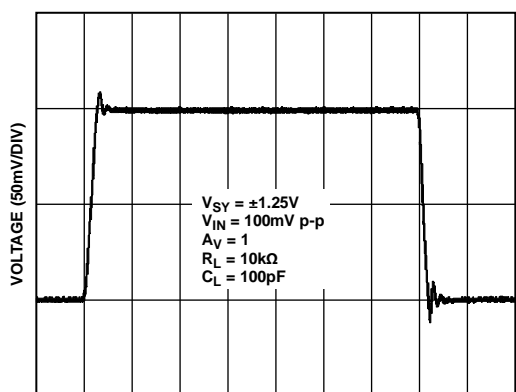


图33. 小信号瞬态响应

09437-038

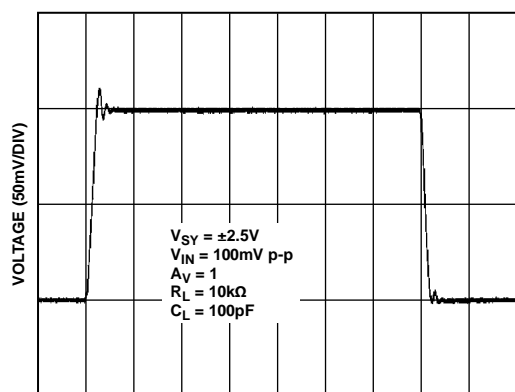


图36. 小信号瞬态响应

09437-041

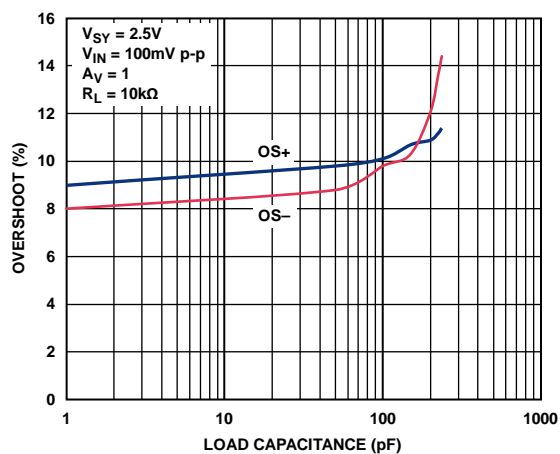


图34. 小信号过冲与负载电容的关系

09437-033

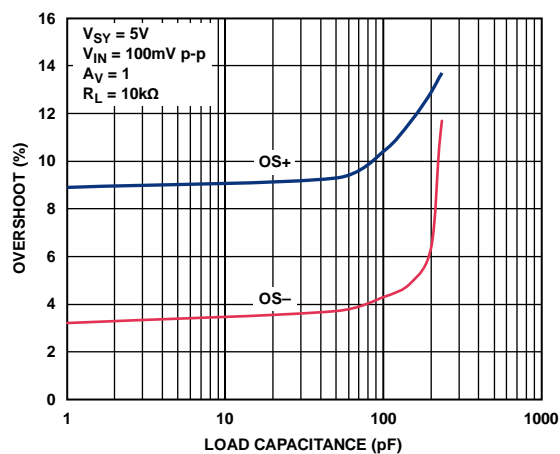


图37. 小信号过冲与负载电容的关系

09437-036

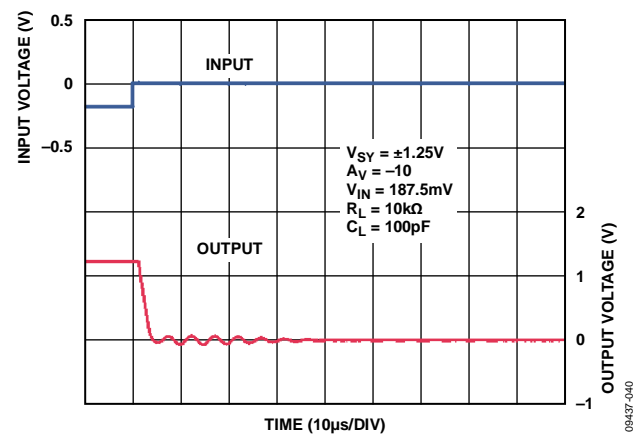


图38. 正过载恢复时间

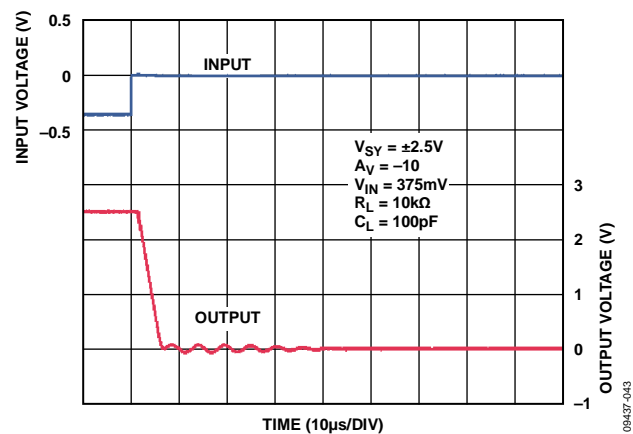


图41. 正过载恢复时间

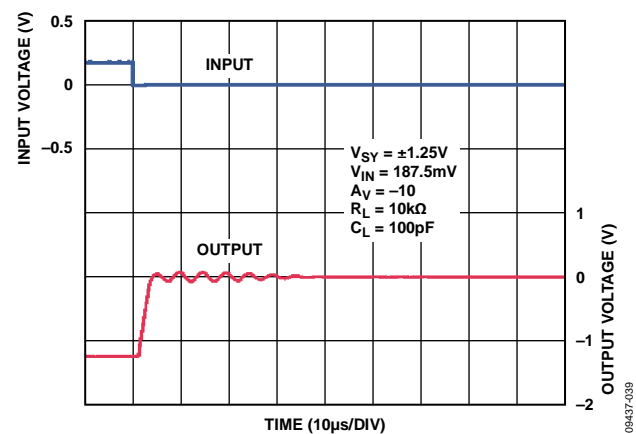


图39. 负过载恢复时间

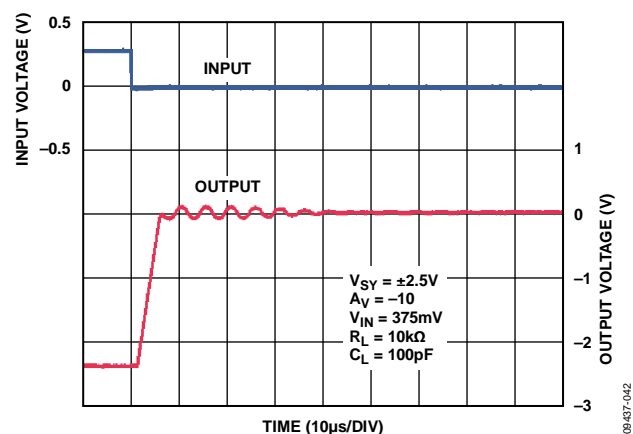


图42. 负过载恢复时间

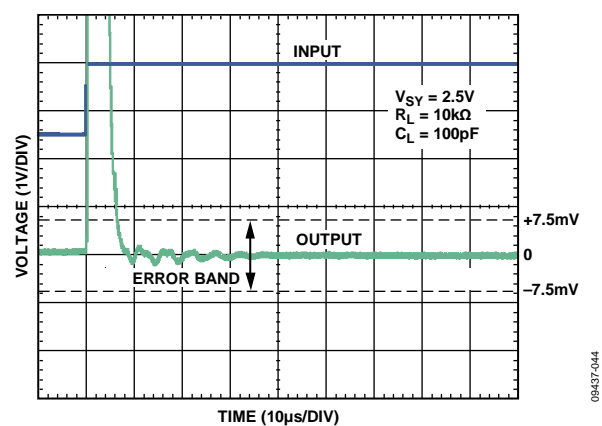


图40. 0.1%正建立时间

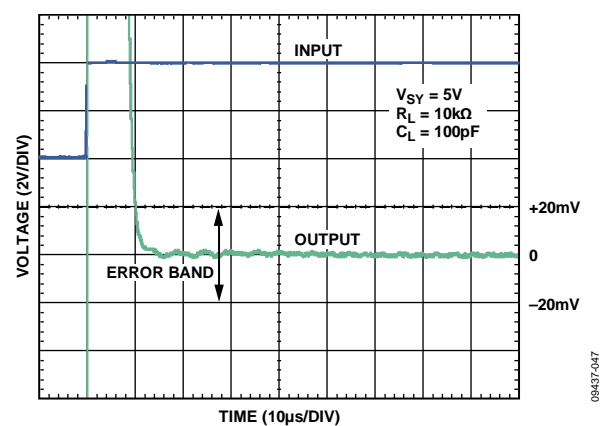


图43. 0.1%正建立时间

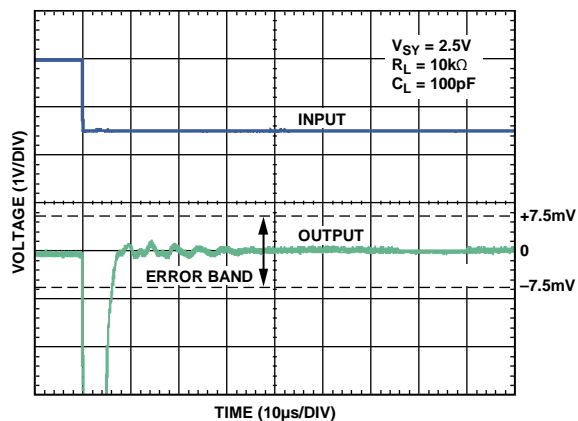


图44. 0.1%负建立时间

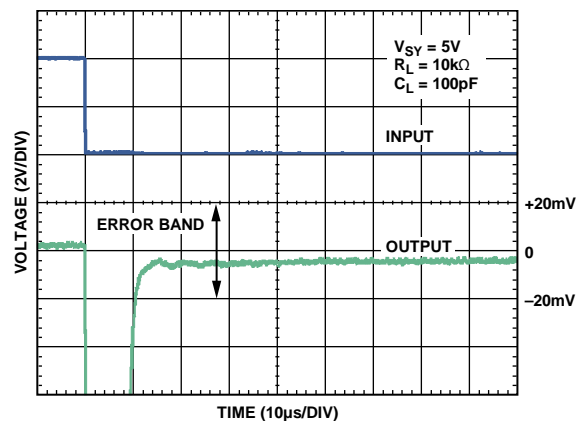


图47. 0.1%负建立时间

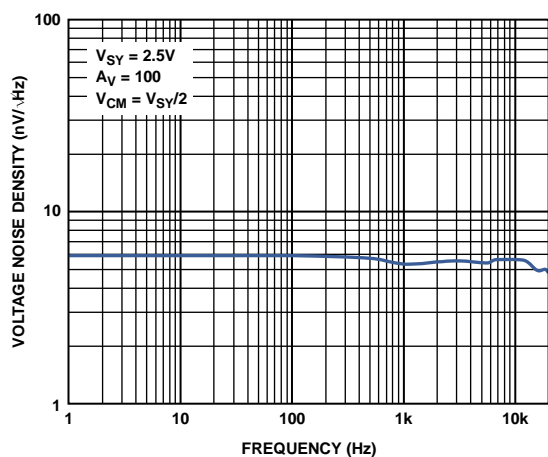


图45. 电压噪声密度与频率的关系

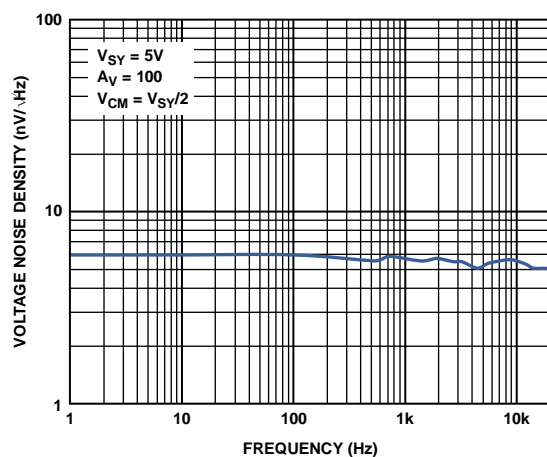


图48. 电压噪声密度与频率的关系

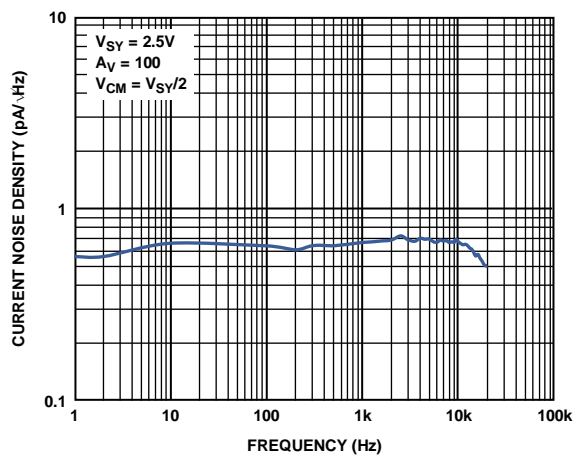


图46. 电流噪声密度与频率的关系

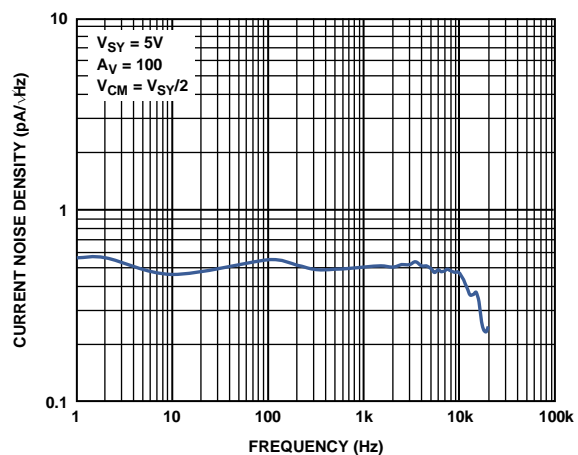


图49. 电流噪声密度与频率的关系

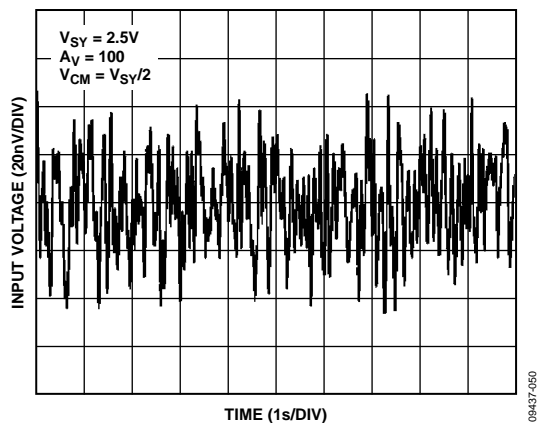


图50. 0.1 Hz至10 Hz噪声

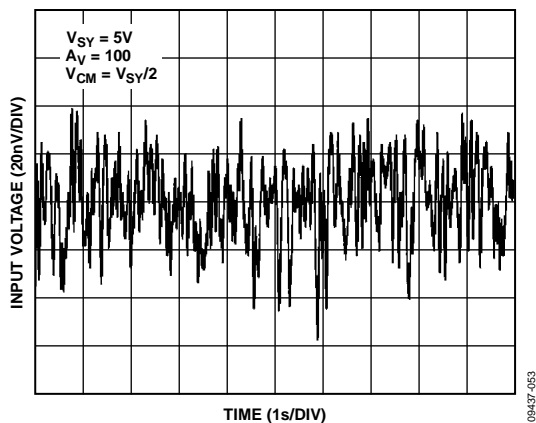


图53. 0.1 Hz至10 Hz噪声

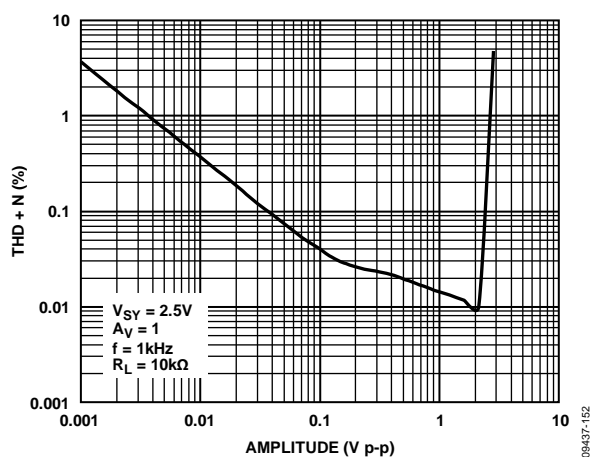


图51. THD + N与幅度的关系

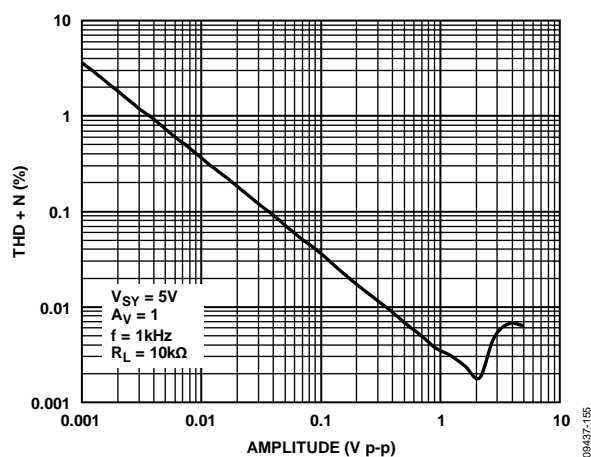


图54. THD + N与幅度的关系

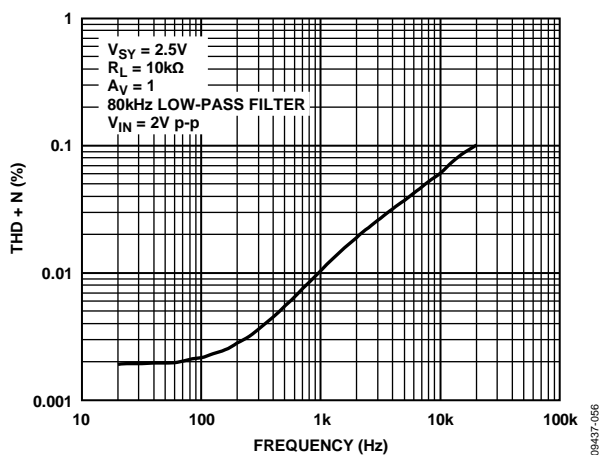


图52. THD + N与频率的关系

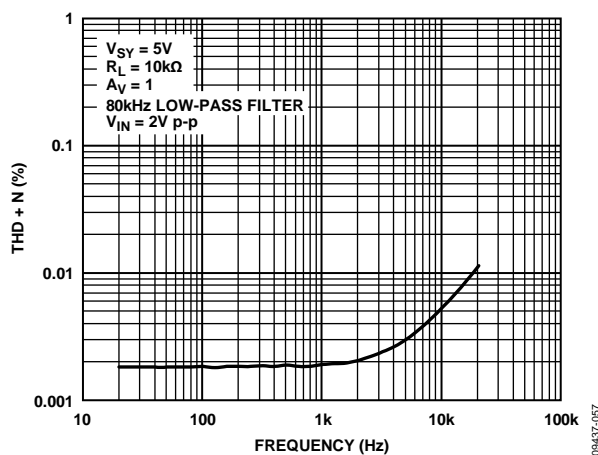


图55. THD + N与频率的关系

## 应用信息

ADA4528-1是一款精密、超低噪声、零漂移运算放大器，采用已取得专利的斩波技术，提供0.3  $\mu\text{V}$  (典型值)的超低输入失调电压和0.002  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  (典型值)的输入失调电压漂移。

该斩波技术同时还能校正共模电压摆幅和电源变化所引起的失调电压误差，可在2.5 V电源电压下实现158 dB (典型值)的共模抑制比(CMRR)和150 dB的电源抑制比(PSRR)。ADA4528-1的宽带噪声低至5.6  $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  ( $f = 1 \text{ kHz}$ 、 $A_V = +100$ 、 $V_{SY} = 2.5 \text{ V}$ )，且无1/f噪声成分。这些特性特别适合放大直流或低于1赫兹高精度应用中的低电平信号。

### 输入保护

内部ESD保护二极管连接在ADA4528-1的输入端与各供电轨之间。发生静电放电时，这些二极管会保护输入晶体管；正常工作期间，这些二极管反向偏置。这种保护方案允许任一输入端上施加的电压超出供电轨约300 mV而不会造成永久损坏。请参考绝对最大额定值部分的表4。

当任一输入超过其中一个供电轨300 mV以上时，这些ESD二极管变为正偏，大量电流开始流经其中。如果不限制电流，这种过大的故障电流会对器件造成永久损坏。如果预期输入会发生过压情况，应在各输入端串联一个电阻，将输入电流限制在10 mA以下。不过，同时应考虑电阻热噪声对整个电路的影响。

在5 V电源电压下，ADA4528-1的宽带电压噪声约为6  $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  (单位增益)，而1 k $\Omega$ 电阻的热噪声为4  $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。增加一个1 k $\Omega$ 电阻会使总噪声提高30% (rss, 和的平方根)。

### 到轨输入和输出

ADA4528-1具有轨到轨输入和输出，电源电压范围为2.2 V至5.5 V。图56显示ADA4528-1配置为单位增益缓冲器的输入和输出波形，其中电源电压为 $\pm 2.5 \text{ V}$ ，阻性负载为10 k $\Omega$ 。当输入电压为 $\pm 2.5 \text{ V}$ 时，ADA4528-1的输出摆幅非常接近两个供电轨，而且它不会发生相位反转。

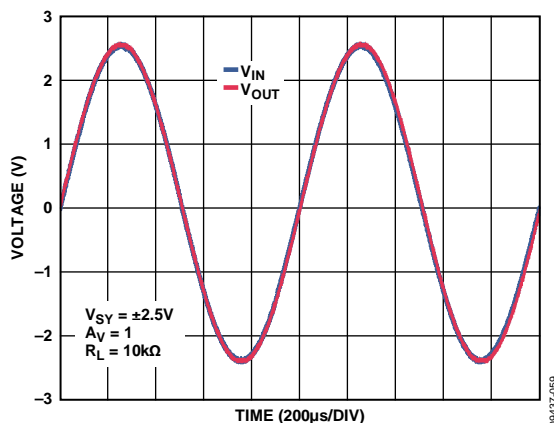


图56. 轨到轨输入和输出

### 噪声考虑因素

#### 1/f噪声

1/f噪声也称为粉红噪声或闪烁噪声，是半导体器件的固有特性，随着频率降低而提高。低频时，1/f噪声是主要噪声成分，通过电路的噪声增益放大后，会引起显著的输出电压失调。然而，ADA4528-1从内部消除了1/f噪声，因此它是DC或低于1赫兹高精度应用的理想选择。电源电压为2.5 V时，0.1 Hz至10 Hz放大器电压噪声仅为97 nV p-p ( $A_V = +100$ )。

对于ADA4528-1，低频1/f噪声表现为缓慢变化的失调，通过斩波技术可将其大大降低。因此，与易受1/f噪声影响的标准低噪声放大器相比，ADA4528-1在DC和低频时的噪声低得多。图45和图48显示了该放大器不包含1/f噪声的电压噪声密度。

#### 源阻抗

ADA4528-1是目前业界噪声最低的零漂移放大器之一，1 kHz ( $V_{SY} = 2.5 \text{ V}$ 、 $A_V = +100$ )时宽带噪声低至5.6  $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。因此，为使总噪声保持较低，必须考虑输入源阻抗的选择。任何放大器的折合到输入端总宽带噪声( $e_{N \text{ total}}$ )主要与三类噪声有关：输入电压噪声、输入电流噪声和外部电阻的热噪声(也称约翰逊噪声)。这些非相关噪声源可以通过RSS(和的平方根)方式求和，计算公式如下：

$$e_{N \text{ total}} = [e_n^2 + 4kTR_S + (i_n \times R_S)^2]^{1/2}$$

其中：

$e_n$  表示放大器的输入电压噪声( $\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$ )。

$i_n$  表示放大器的输入电流噪声( $\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$ )。

$R_S$  表示总输入源阻抗( $\Omega$ )。

$k$  表示玻尔兹曼常数( $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ )。

$T$  表示绝对温度(K)。

特定带宽上的等效总均方根噪声表示为：

$$e_{N,RMS} = e_N \text{ total} \sqrt{BW}$$

其中BW为带宽(单位Hz)。

该分析对宽带噪声计算有效。如果目标带宽包括斩波频率，则必须进行更复杂的计算，将斩波频率时的噪声尖峰影响(参见图59)考虑进去。

对于较低源阻抗( $R_s < 1 \text{ k}\Omega$ )，放大器电压噪声是主要噪声。随着源阻抗提高，则以 $R_s$ 的热噪声为主。当源阻抗进一步提高时( $R_s > 100 \text{ k}\Omega$ )，电流噪声成为总输入噪声的主要成分。应用笔记AN-940(“最佳噪声性能：低噪声放大器选择指南”)提供了一份实用的低噪声运放选型表。

## 不同增益配置的电压噪声密度

图57显示了竞争厂商A的零漂移放大器的电压噪声密度与闭环增益的关系。当闭环增益从1000降到1时，该放大器的电压噪声密度从11 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 提高到21 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。图58显示了ADA4528-1在三种不同增益配置下的电压噪声密度与频率的关系。无论何种增益配置，ADA4528-1的输入电压噪声密度均较低(6 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 至7 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ )。

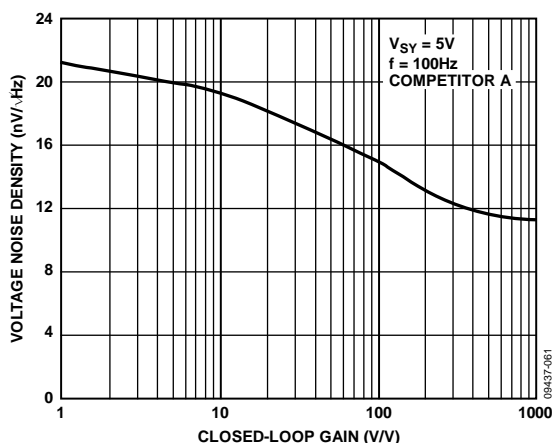


图57. 竞争厂商A: 电压噪声密度与闭环增益的关系

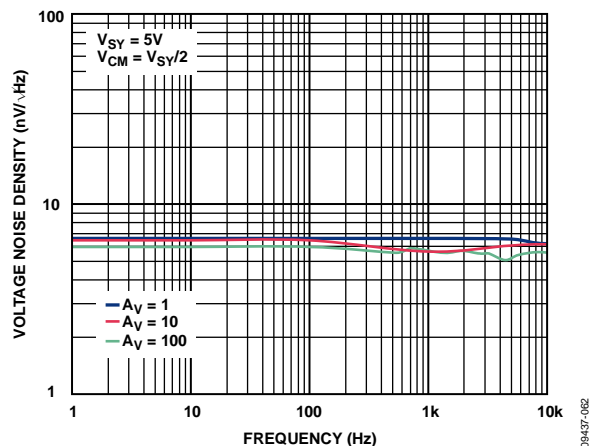


图58. 电压噪声密度与频率的关系

## 残余纹波

虽然ACFB能够抑制斩波相关的纹波，但由于残余纹波影响，在斩波频率及其谐波时存在更高的噪声频谱。图59显示了ADA4528-1在单位增益配置下的电压噪声密度。在200 kHz的斩波频率，可以看到50 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 的噪声尖峰。当运放的闭环频率高于斩波频率时，该噪声尖峰不可小视。为将噪声进一步抑制到所需水平，建议在放大器的输出端配一个后置滤波器。

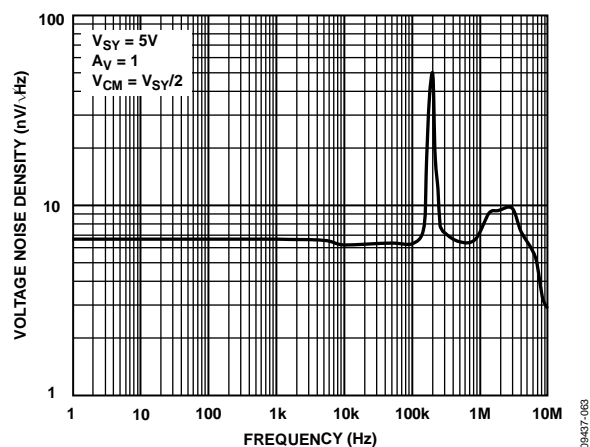


图59. 电压噪声密度



## 印刷电路板布局布线

ADA4528-1是一款具有超低失调电压和噪声的高精度器件，因此，必须精心设计印刷电路板(PCB)布局布线，在电路板层面上实现ADA4528-1的最佳性能。

为避免泄漏电流，电路板表面应保持洁净、无湿气。应在电路板表面上涂一层材料，以形成防潮层，防止湿气积累，并减小电路板上的寄生电阻。

正确旁路电源，并保持较短的电源走线，使输出电流变化引起的电源干扰最小。旁路电容应尽可能靠近器件的电源引脚连接。在放大器的输出端和输入端，杂散电容都是需要关注的问题。为使耦合效应降至最低，建议信号走线与电源线路至少隔开5 mm。

一个潜在的失调误差源是电路板上的塞贝克(Seebeck)电压。塞贝克电压出现在两种异质金属的结面，与结温有关。电路板上最常见的金属结面是焊料与板走线以及焊料与器件引脚的结面。图60显示了一个焊接到PCB的表贴器件的截面。电路板上的温度变化( $T_{A1} \neq T_{A2}$ )会导致焊接接头的塞贝克电压不匹配，从而产生热电压误差，这会降低ADA4528-1的超低失调电压性能。

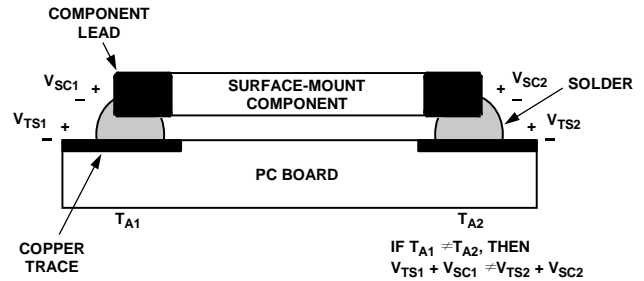


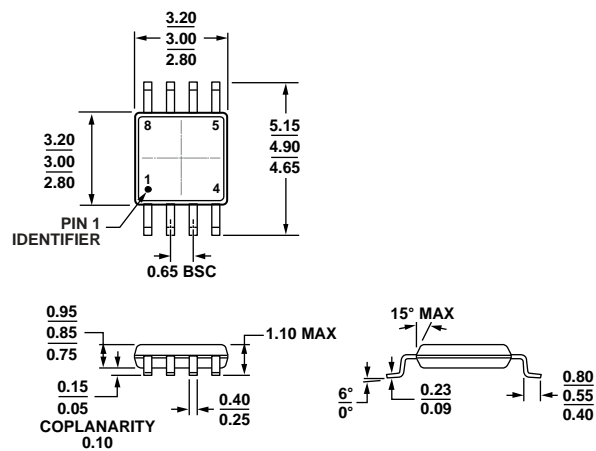
图60. 塞贝克电压不匹配导致塞贝克电压误差

为将这些热电偶效应降至最低，应适当放置电阻，使热源均衡地加热两端。如果可能，输入信号路径所含器件的数量和类型应相匹配，使热电偶结的数量和类型相匹配。例如，可以使用零值电阻等伪器件来匹配热电误差源(相对输入路径中的实际电阻)。匹配器件的位置应尽可能靠近，方向应相同，确保塞贝克电压相等，从而抵消热误差。此外，应使用相同长度的引脚，使热传导达到均衡。PCB上的热源应尽可能远离放大器输入电路。

强烈建议使用接地层。接地层有助于将热量均匀分配到板上，使电路板各部分的温度保持一致，并且能够减少EMI噪声拾取。

# ADA4528-1

## 外形尺寸



10-07-2009-B

图61. 8引脚超小型封装[MSOP]  
(RM-8)  
尺寸单位: mm

### 订购指南

型号 <sup>1</sup>	温度范围	封装描述	封装选项	标识
ADA4528-1ARMZ	−40°C 至 +125°C	8引脚超小型封装 [MSOP]	RM-8	A2R
ADA4528-1ARMZ-R7	−40°C 至 +125°C	8引脚超小型封装 [MSOP]	RM-8	A2R
ADA4528-1ARMZ-RL	−40°C 至 +125°C	8引脚超小型封装 [MSOP]	RM-8	A2R

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的器件

注释

## 注释