



ANALOG DEVICES

36 V、低噪声、零漂移运算放大器

数据手册

ADA4523-1

特性

电源电压范围：4.5 V至36 V

失调电压： $\pm 4 \mu\text{V}$ （最大值，5 V时）

失调电压漂移： $0.01 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ （最大值，5 V时）

输入噪声

电压： 88 nV p-p （0.1 Hz至10 Hz，典型值）

电压噪声密度： $4.2 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ （1 kHz，典型值）

轨到轨输出

单位增益稳定

GBP：5 MHz（典型值）

摆率： $1.8 \text{ V}/\mu\text{s}$ （典型值，下降）

PSRR：168 dB（典型值， $V_S = 4.5 \text{ V}$ 至36 V）

开环电压增益：160 dB（典型值， $V_{\text{OUT}} = -14.75 \text{ V}$ 至 $+14.75 \text{ V}$ ， $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ ， $V_S = 30 \text{ V}$ ）

CMRR：160 dB（典型值， $V_{\text{CM}} = -15.1 \text{ V}$ 至 $+13.5 \text{ V}$ ， $V_S = 30 \text{ V}$ ）

集成EMI滤波器

关断模式

接地检测

提供8引脚SOIC、8引脚MSOP和8引脚LFCSP三种封装

应用

高分辨率数据采集

基准电压源缓冲

测试与测量

电子秤

热电偶放大器

应变计

低端电流检测

概述

ADA4523-1是一款高电压、低噪声、零漂移运算放大器，可在4.5 V至36 V宽电源范围内提供精密直流性能。失调电压和1/f噪声得到抑制，使该放大器能够实现最大 $\pm 4 \mu\text{V}$ 的失调电压以及 88 nV p-p （典型值）的0.1 Hz至10 Hz输入噪声电压。ADA4523-1的自校准电路在 $0.01 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ （最大值）温度下具有低失调电压漂移以及随时间而变化的零点漂移。此外，ADA4523-1利用片内滤波实现较高的抗电磁干扰(EMI)能力。

宽电源范围与低噪声、低失调、168 dB电源抑制比(PSRR)和160 dB共模抑制比(CMRR)相结合，使ADA4523-1非常适合高动态范围测试、测量和仪器仪表系统。

Rev. 0

Document Feedback

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。

典型应用图

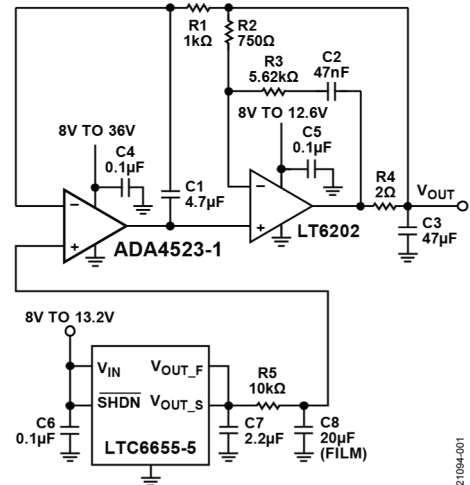


图1. 精密滤波电压基准缓冲器

ADA4523-1提供轨到轨输出摆幅以及包括 V^- 轨（ $V^- - 0.1 \text{ V}$ 至 $V^+ - 1.5 \text{ V}$ ）的输入共模范围。

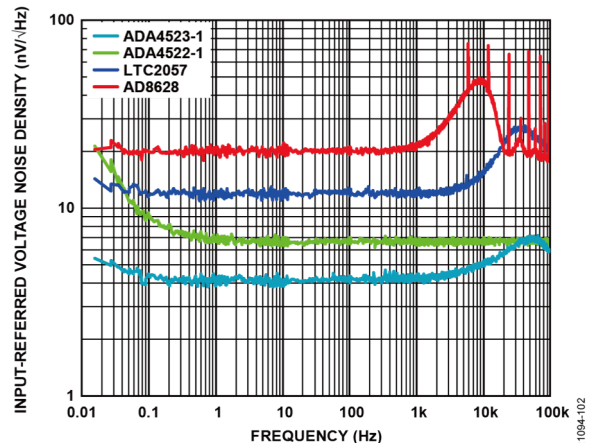


图2. 折合到输入端的电压噪声密度与频率、零漂移放大器系列比较

配套产品

基准电压源：LTC6655和ADR4525

低噪声高速放大器：LT6202

ADC：LTC2500-32

低噪声、低压差稳压器：LT3093和LT3042

ADA4523-1的其他配套产品参见“相关产品”部分。

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 ©2020 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
Technical Support www.analog.com/cn

目录

特性	1	输入电压噪声	20
应用	1	输入电流噪声	20
概述	1	输入偏置电流	20
典型应用图	1	热电偶效应	21
配套产品	1	功耗	22
修订历史	2	电气过载和输入保护	23
技术规格	3	关断模式	24
5 V电气特性	3	应用信息	25
30 V电气特性	5	通过并联斩波器改善噪声	25
绝对最大额定值	7	焊盘布局	26
热阻	7	典型应用电路及传递函数	26
ESD警告	7	相关产品	27
引脚配置和功能描述	8	外形尺寸	28
典型性能参数	10	订购指南	29
工作原理	20		

修订历史

2020年4月—修订版0：初始版

技术规格

5 V电气特性

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 电源电压(V_S) = $\pm 2.5\text{ V}$ ($V^+ = +2.5\text{ V}$, $V^- = -2.5\text{ V}$), 共模电压(V_{CM}) = 输出电压(V_{OUT}) = 0 V 。

表1.

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 ¹	V_{OS}			± 0.5	± 4	μV
失调电压漂移 ¹	TCV_{OS}	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			± 5 0.01	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流 ²	I_B			100	300	pA
输入失调电流 ²	I_{OS}	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			600	pA
输入电压范围	IVR	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	-2.6		800 +1	pA V
共模抑制比	CMRR	$V_{CM} = -2.6\text{ V}$ 至 $+1\text{ V}$ $V_{CM} = -2.5\text{ V}$ 至 $+1\text{ V}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	124 124	146		dB
输入电阻	R_{IN}			47		$\text{k}\Omega$
差分				100		$\text{G}\Omega$
共模						
输入电容	C_{IN}			13		pF
差分				20		pF
共模						
开环电压增益	A_V	$V_{OUT} = -2.3\text{ V}$ 至 $+2.3\text{ V}$, 负载电阻(R_L) = $1\text{ k}\Omega$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	125 125	150		dB dB
输出特性						
输出电压低摆幅	V_{OL}	$V_{OL} = V_{OUT} - V^-$ 空载 无负载, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ 灌电流(I_{SINK}) = 1 mA $I_{SINK} = 1\text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ $I_{SINK} = 5\text{ mA}$ $I_{SINK} = 5\text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		12 52 215	20 75 100 300 400	mV mV mV mV mV mV
输出电压高摆幅	V_{OH}	$V_{OH} = V^+ - V_{OUT}$ 空载 无负载, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ 拉电流(I_{SOURCE}) = 1 mA $I_{SOURCE} = 1\text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ $I_{SOURCE} = 5\text{ mA}$ $I_{SOURCE} = 5\text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		1.3 22 106	10 20 40 55 150 200	mV mV mV mV mV mV
短路电流	I_{SC}	拉电流 灌电流	+25 -25	+36 -30		mA mA

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
电源						
电源抑制比	PSRR	$V_S = 4.5\text{ V至}36\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	140	168		dB
电源电流 (每个放大器)	I_S	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	140	4.5	4.8	dB mA
关断放大器电流		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		4.5	6	mA μA
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			7.5	μA
动态性能						
增益带宽积	GBP			5		MHz
摆率						
上升	SR_{RISE}	$G = -1, R_L = 10\text{ k}\Omega$		1.85		V/ μs
下降	SR_{FALL}	$G = -1, R_L = 10\text{ k}\Omega$		1.8		V/ μs
内部斩波频率	f_C			330		kHz
输入噪声						
谱密度						
电流	i_n	1 kHz		1		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
电压	e_n	1 kHz		4.2		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
电压	$e_{n\text{ P-P}}$	0.1 Hz至10 Hz		88		nV p-p
	$e_{n\text{ RMS}}$	0.1 Hz至10 Hz		13.3		nV rms
关断特性		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$				
关机阈值($\overline{SD} - \text{SDCOM}$)						
低	V_{SDL}				0.8	V
高	V_{SDH}		2			V
SDCOM电压范围			-2.5		+0.15	V
$\overline{SD}$ 电流	$I_{\overline{SD}}$	$V_{\overline{SD}} - V_{\text{SDCOM}} = 0\text{ V}$	-1.5	-0.5		μA
SDCOM电流	I_{SDCOM}	$V_{\overline{SD}} - V_{\text{SDCOM}} = 0\text{ V}$		3	6	μA

¹ 通过设计保证这些参数。在自动测试期间，热电偶效应妨碍了这些电压电平的测量。 V_{OS} 的测量限制由测试设备功能决定。

² 输入偏置电流和输入失调电流使用 $100\text{ M}\Omega \parallel 51\text{ pF}$ 的等效源阻抗进行测量。

30 V电气特性

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{ V}$ ($V^+ = +15\text{ V}$, $V^- = -15\text{ V}$), $V_{CM} = V_{OUT} = 0\text{ V}$ 。

表2.

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
输入和直流特性						
失调电压 ¹	V_{OS}			± 0.5	± 5	μV
失调电压漂移 ¹	TCV_{OS}	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			± 7	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流 ²	I_B	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		125	300	pA
输入失调电流 ²	I_{OS}	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			600	pA
输入电压范围	IVR	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	-15.1		800	pA
共模抑制比	CMRR	$V_{CM} = -15.1\text{ V至}+13.5\text{ V}$	140	160	+13.5	V
		$V_{CM} = -15\text{ V至}+13.5\text{ V}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	140			
输入电阻	R_{IN}					
差分				47		k Ω
共模				100		G Ω
输入电容	C_{IN}					
差分				13		pF
共模				20		pF
开环电压增益	A_V	$V_{OUT} = -14.75\text{ V至}+14.75\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$	140	160		dB
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	140			dB
输出特性						
输出低电压摆幅	V_{OL}	$V_{OL} = V_{OUT} - V^-$				
		空载		12	20	mV
		无负载, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			30	mV
		$I_{SINK} = 1\text{ mA}$		50	75	mV
		$I_{SINK} = 1\text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			100	mV
		$I_{SINK} = 5\text{ mA}$		215	300	mV
		$I_{SINK} = 5\text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			400	mV
输出高电压摆幅	V_{OH}	$V_{OH} = V^+ - V_{OUT}$				
		空载		2.5	10	mV
		无负载, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			20	mV
		$I_{SOURCE} = 1\text{ mA}$		25	40	mV
		$I_{SOURCE} = 1\text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			55	mV
		$I_{SOURCE} = 5\text{ mA}$		110	150	mV
		$I_{SOURCE} = 5\text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			200	mV
短路电流	I_{SC}	拉电流	+25/ -25	+36/ -30		mA
		灌电流				mA
电源						
电源抑制比	PSRR	$V_S = 4.5\text{ V至}36\text{ V}$	140	168		dB
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	140			dB
电源电流 (每个放大器)	I_S	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		4.5	5	mA
关断放大器电流		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		10	15	μA
		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			20	μA

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
动态性能						
增益带宽积				5		MHz
摆率						
上升	S_{RRISE}	$A_V = -1, R_L = 10\text{ k}\Omega$		1.85		V/ μ s
下降	S_{RFALL}	$A_V = -1, R_L = 10\text{ k}\Omega$		1.8		V/ μ s
内部斩波频率	f_C			330		kHz
EMI抑制比+IN	EMIRR	输入电压(V_{IN}) = -10 dBm峰值, 频率(f) = 400 MHz		80		dB
		$V_{IN} = -10\text{ dBm}$ 峰值, $f = 900\text{ MHz}$		140		dB
		$V_{IN} = -10\text{ dBm}$ 峰值, $f = 1800\text{ MHz}$		90		dB
		$V_{IN} = -10\text{ dBm}$ 峰值, $f = 2400\text{ MHz}$		94		dB
输入噪声						
谱密度						
电流	i_n	1 kHz		1		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
电压	e_n	1 kHz		4.2		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
电压	$e_{n\text{ P-P}}$	0.1 Hz至10 Hz		88		nV p-p
	$e_{n\text{ RMS}}$	0.1 Hz至10 Hz		13.3		nV rms
关断特性		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$				
关机阈值($\overline{SD} - \text{SDCOM}$)						
低	V_{SDL}				0.8	V
高	V_{SDH}		2			V
SDCOM电压范围			-15		+12.65	V
$\overline{SD}$ 电流	$I_{\overline{SD}}$	$V_{\overline{SD}} - V_{\text{SDCOM}} = 0\text{ V}$	-1.5	-0.5		μ A
SDCOM电流	I_{SDCOM}	$V_{\overline{SD}} - V_{\text{SDCOM}} = 0\text{ V}$		3	6	μ A

¹ 通过设计保证这些参数。在自动测试期间，热电偶效应妨碍了这些电压电平的测量。 V_{OS} 的测量限制由测试设备功能决定。

² 输入偏置电流和输入失调电流使用100 M Ω || 51 pF的等效源阻抗进行测量。

绝对最大额定值

表3.

参数	额定值
电源电压, V^+ 至 V^-	40 V
输入电压	
$+IN$ 和 $-IN^1$	$V^- - 0.3\text{ V}$ 至 $V^+ + 0.3\text{ V}$
$\overline{SD}$ 和 $SDCOM$	$V^- - 0.3\text{ V}$ 至 $V^+ + 0.3\text{ V}$
输入电流	
$+IN$ 和 $-IN^1$	$\pm 10\text{ mA}$
$\overline{SD}$ 和 $SDCOM$	$\pm 10\text{ mA}$
输出短路持续时间 ²	未定
温度范围	
工作	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$
结温	-65°C 至 $+150^\circ\text{C}$
存储	-65°C 至 $+150^\circ\text{C}$
引脚温度, 焊接 (10秒)	300°C
静电放电(ESD)	
人体模型(HBM)	4.0 kV
场感应充电器件模型(FICDM) ³	2.0 kV

¹ 将输入电流限制在10 mA以下。输入电压不得超出电源电压300 mV。这些限制由输入引脚上的ESD保护结构设置。

² 当输出无限期短路时, 为使结温始终低于绝对最大额定值, 可能需要使用散热器。

³ JESD22-C101 (JEDEC的ESD FICDM标准) 适用标准。

注意, 等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。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。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

热阻

热性能与印刷电路板(PCB)设计和工作环境直接相关。必须慎重对待PCB散热设计。

θ_{JA} 为结至环境热阻。

θ_{JC} 为结至外壳热阻。对于裸露焊盘封装上的 θ_{JC} , 例如CP-8-29, 散热器仅适用于封装底部裸露焊盘。

表4. 热阻

封装类型 ¹	θ_{JA}	θ_{JC}	单位
R-8	120	39	$^\circ\text{C}/\text{W}$
RM-8	163	40	$^\circ\text{C}/\text{W}$
CP-8-29	43	5.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

¹ 使用JEDEC 4层高有效热导率板测量。

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

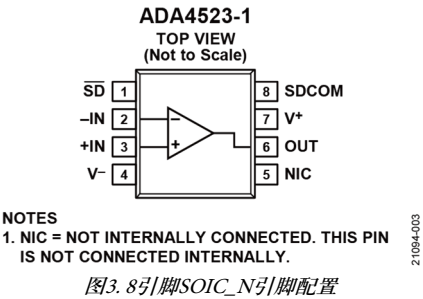


表5. 8引脚SOIC_N引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
1	SD	关断控制引脚。
2	-IN	放大器的反相输入。
3	+IN	放大器的同相输入。
4	V ⁻	负电源。
5	NIC	内部不连接。此引脚不在内部连接。
6	输出	放大器输出。
7	V ⁺	正电源。
8	SDCOM	SD的基准电压。

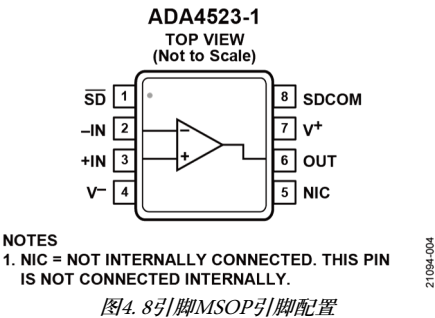
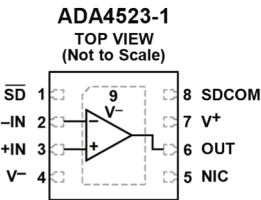


表6. 8引脚MSOP引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
1	SD	关断控制引脚。
2	-IN	放大器的反相输入。
3	+IN	放大器的同相输入。
4	V ⁻	负电源。
5	NIC	内部不连接。此引脚不在内部连接。
6	输出	放大器输出。
7	V ⁺	正电源。
8	SDCOM	SD的基准电压。



NOTES
1. NIC = NOT INTERNALLY CONNECTED. THIS PIN IS NOT CONNECTED INTERNALLY.
2. EXPOSED PAD. THE EXPOSED PAD MUST BE CONNECTED TO V-.

21094-005

图5. 8引脚LFCSP引脚配置

表7. 8引脚LFCSP引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	说明
1	SD	关断控制引脚。
2	-IN	放大器的反相输入。
3	+IN	放大器的同相输入。
4	V-	负电源。
5	NIC	内部不连接。此引脚不在内部连接。
6	输出	放大器输出。
7	V+	正电源。
8	SDCOM	SD的基准电压。
9	EPAD	裸露焊盘。裸露焊盘必须连接到V-。

典型性能参数

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

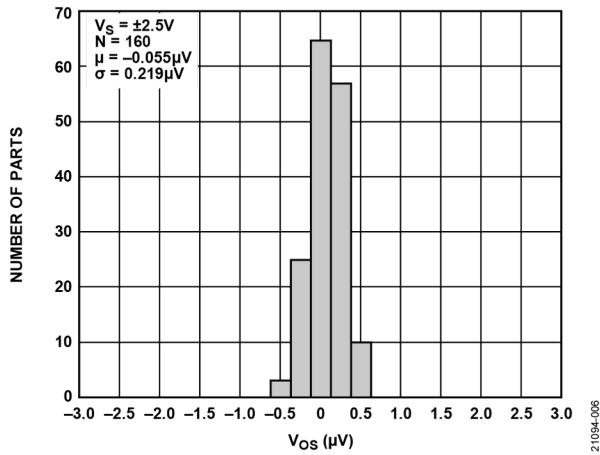


图6. 输入失调电压(V_{os})分布, $V_S = \pm 2.5\text{ V}$
(N 为放大器总数, μ 为均值, σ 为标准差)

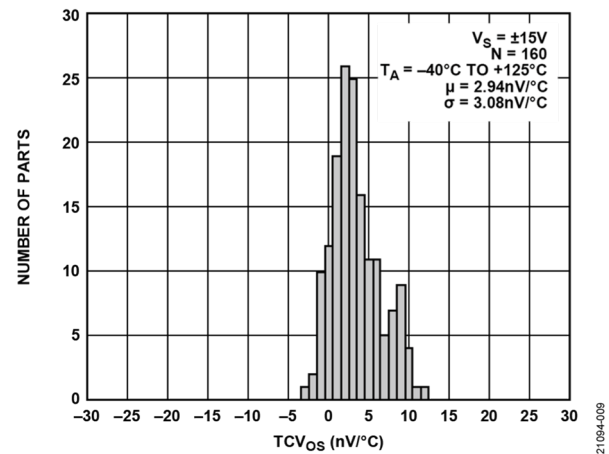


图9. TCV_{os} 分布, $V_S = \pm 15\text{ V}$

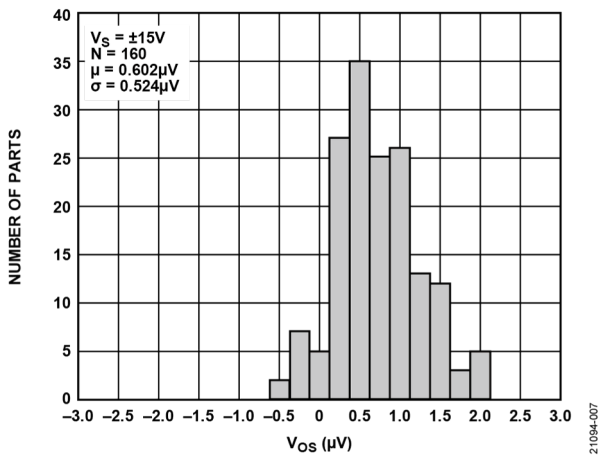


图7. V_{os} 分布, $V_S = \pm 15\text{ V}$

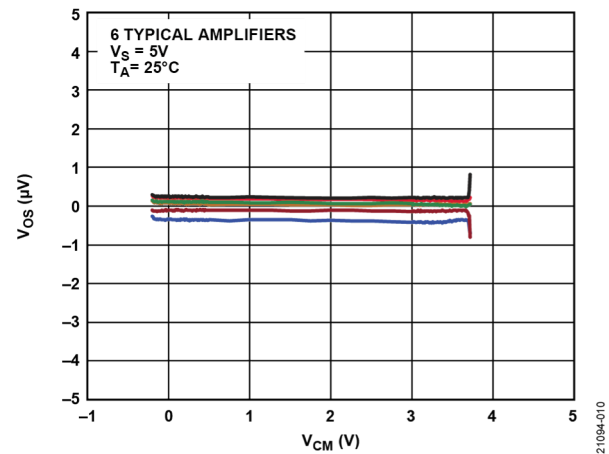


图10. V_{os} 与 V_{CM} 的关系, $V_S = 5\text{ V}$

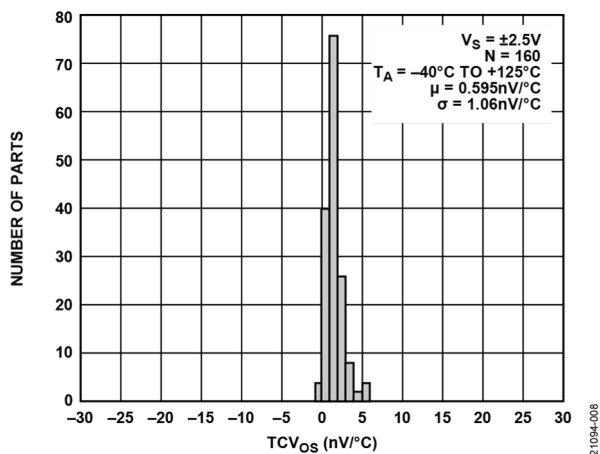


图8. 输入失调漂移(TCV_{os})分布, $V_S = \pm 2.5\text{ V}$

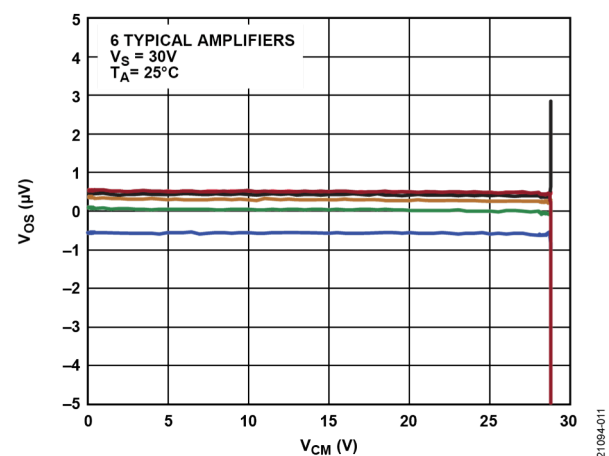
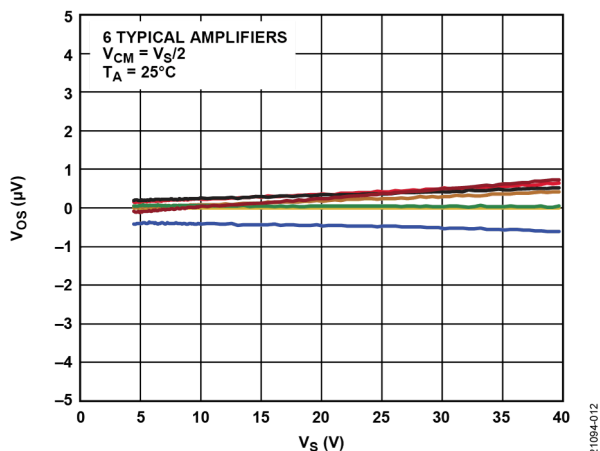
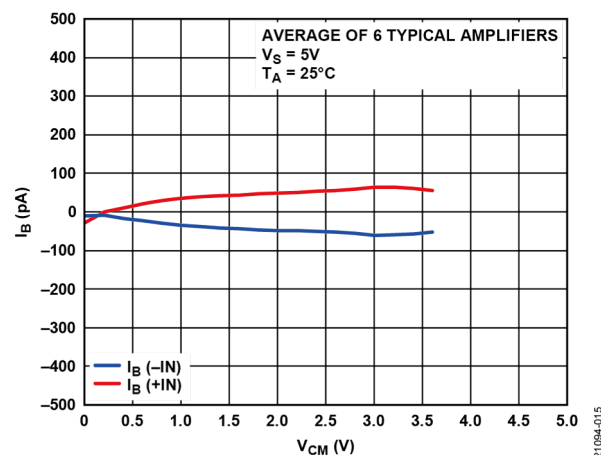


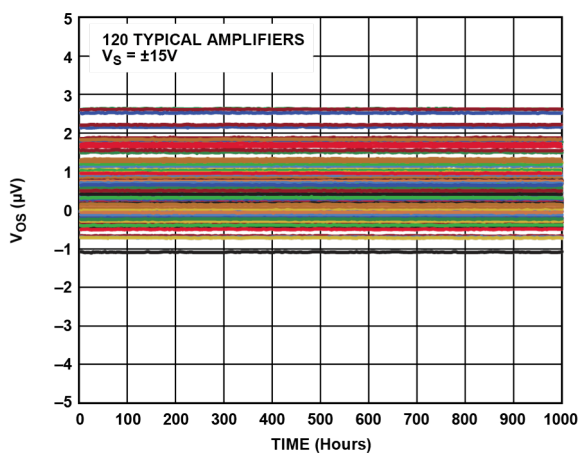
图11. V_{os} 与 V_{CM} 的关系, $V_S = 30\text{ V}$

图12. V_{OS} 与 V_S 的关系

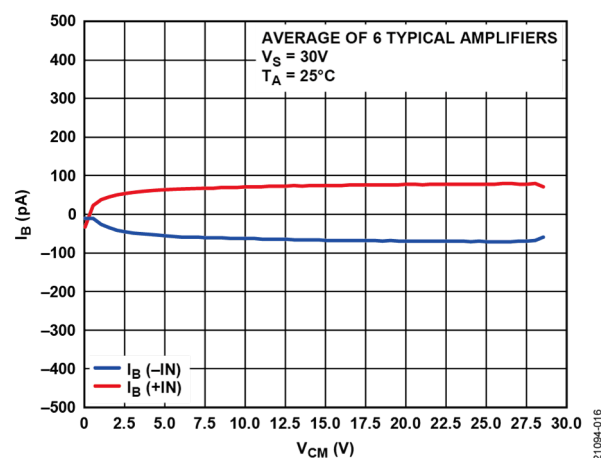
21094-012

图15. I_B 与 V_{CM} 的关系, $V_S = 5V$

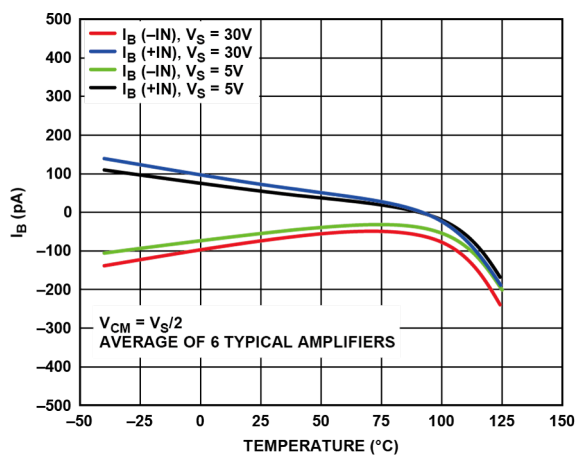
21094-015

图13. V_{OS} 长期漂移

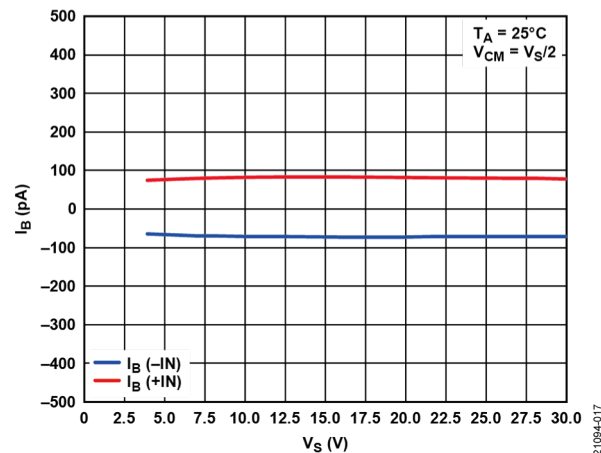
21094-013

图16. I_B 与 V_{CM} 的关系, $V_S = 30V$

21094-016

图14. I_B 与温度的关系

21094-014

图17. I_B 与 V_S 的关系

21094-017

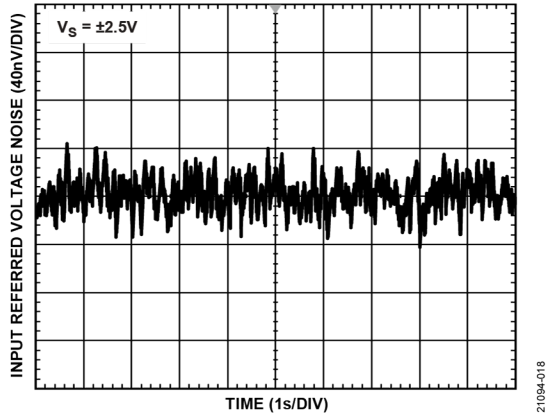


图18. 0.1 Hz至10 Hz, 折合到输入端电压噪声, $V_S = \pm 2.5 V$

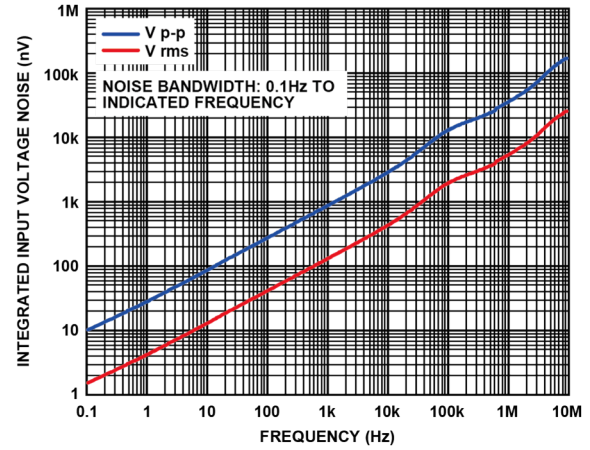


图21. 集成输入电压噪声与频率的关系

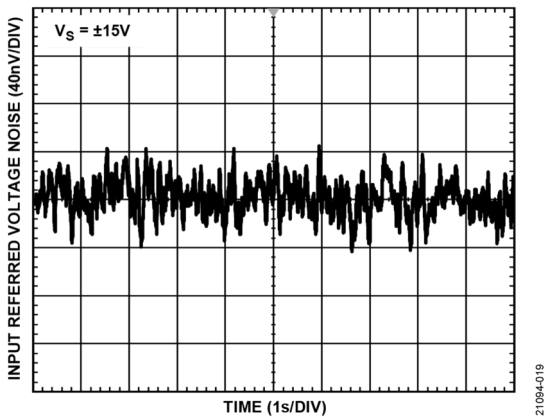


图19. 0.1 Hz至10 Hz, 折合到输入端电压噪声, $V_S = \pm 15 V$

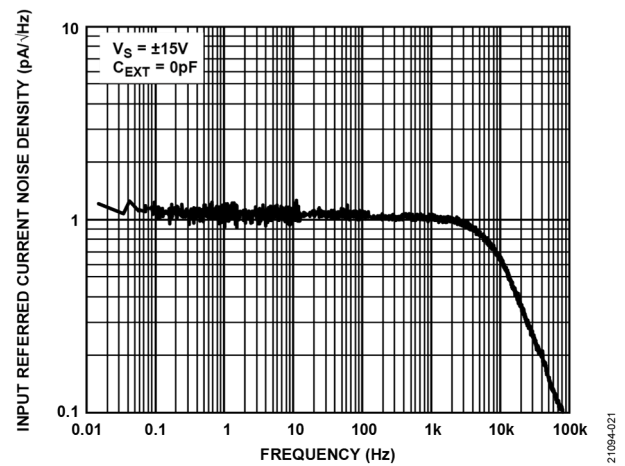


图22. 折合到输入端的电流噪声密度与频率的关系 (C_{EXT} 为外部电容)

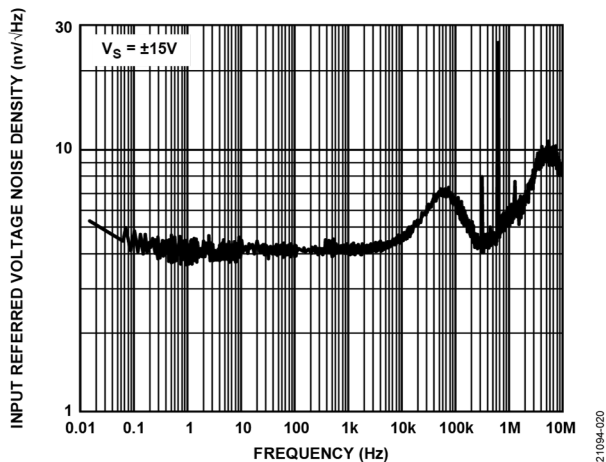


图20. 折合到输入端的电压噪声密度与频率的关系, $V_S = \pm 15 V$

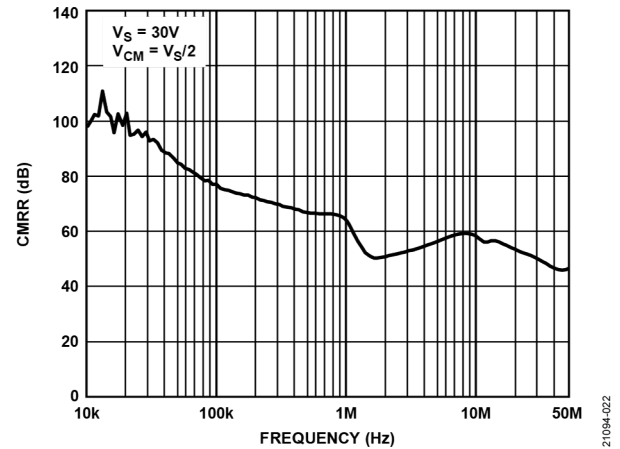


图23. CMRR与频率的关系

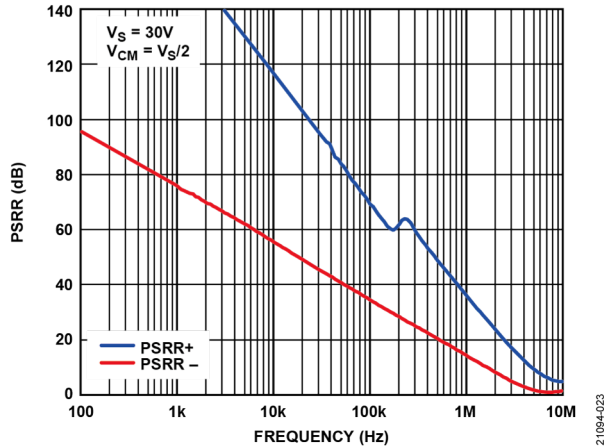
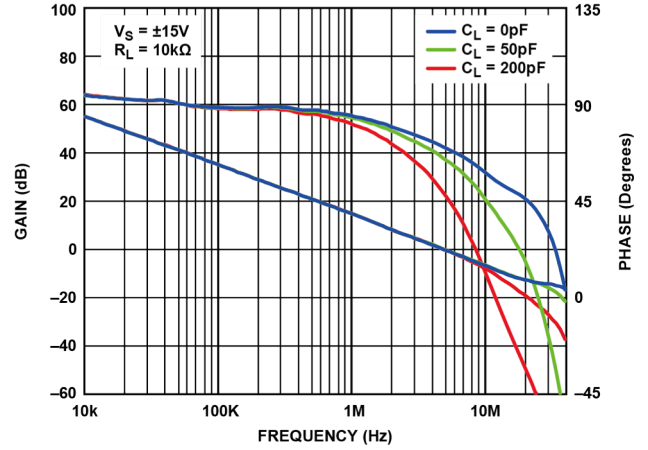
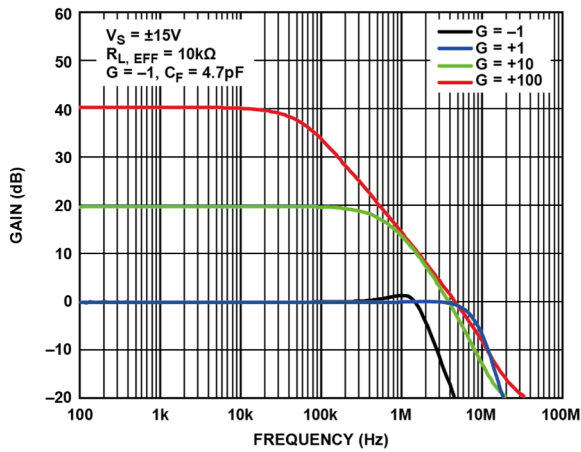
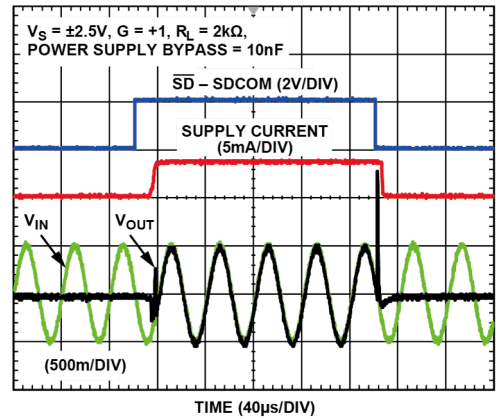
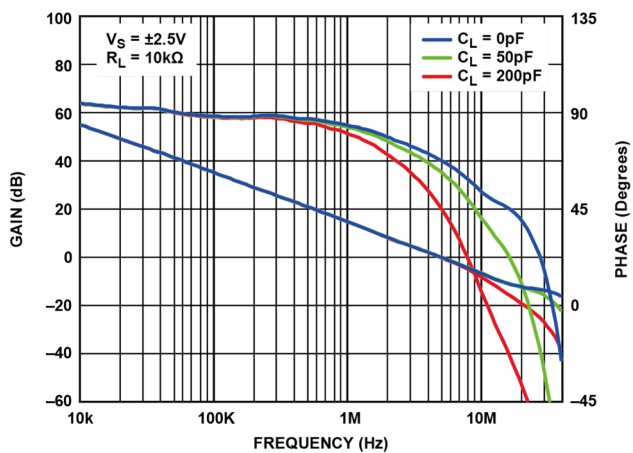
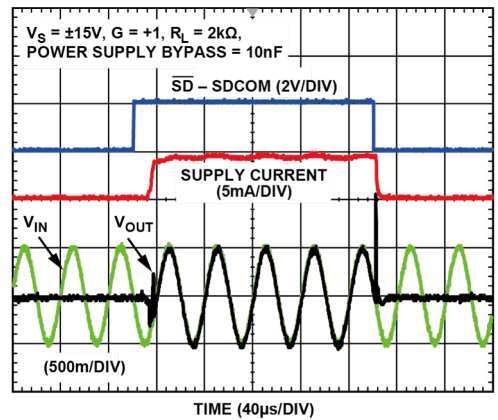
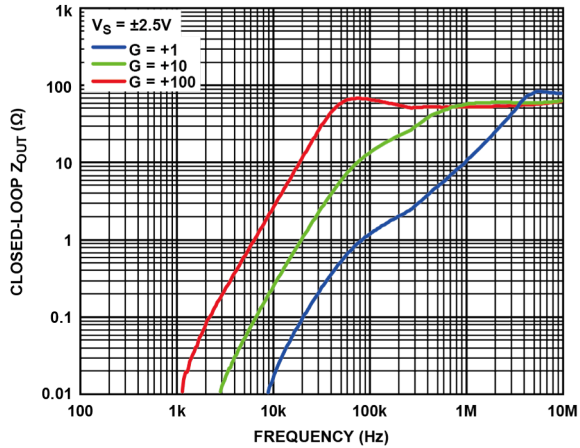
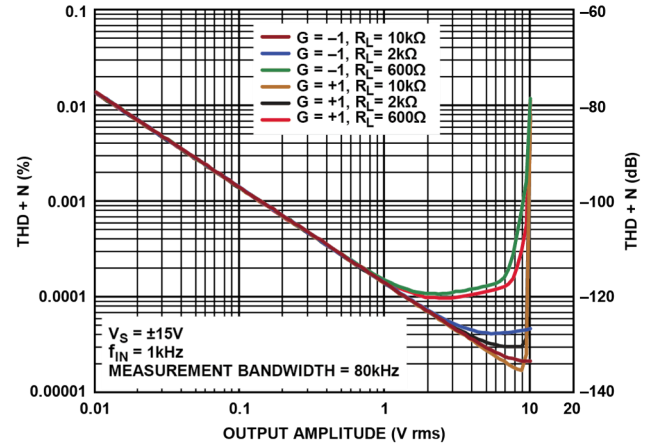


图24. PSRR与频率的关系

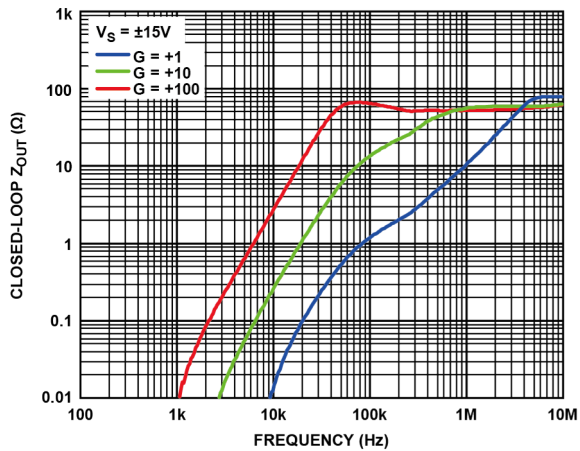
图27. 增益和相位与频率的关系, $V_S = \pm 15 V$ 图25. 闭环增益与频率的关系 (C_F 为反馈电容,
 $R_{L, EFF}$ 为有效负载电阻)图28. 具有正弦输入的关断瞬变, $V_S = \pm 2.5 V$ 图26. 增益和相位与频率的关系, $V_S = \pm 2.5 V$
(C_L 为负载电容)图29. 具有正弦输入的关断瞬变, $V_S = \pm 15 V$

图30. 闭环输出阻抗(Z_{OUT})与频率的关系, $V_S = \pm 2.5V$

21094-029

图33. 总谐波失真加噪声(THD + N)与输出幅度的关系
(f_{IN} 为输入频率)

21094-032

图31. 闭环 Z_{OUT} 与频率的关系, $V_S = \pm 15V$

21094-030

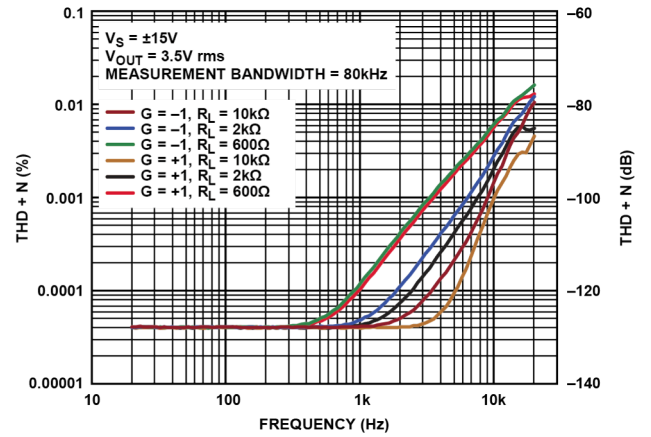
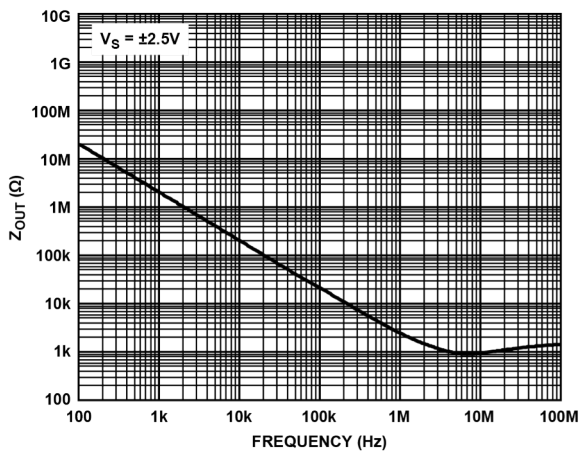


图34. THD + N与频率的关系

21094-033

图32. 关断模式下 Z_{OUT} 与频率的关系

21094-031

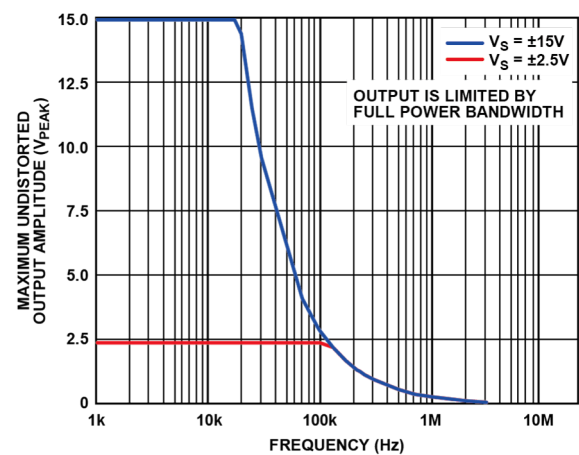


图35. 最大无失真输出幅度与频率的关系

21094-035

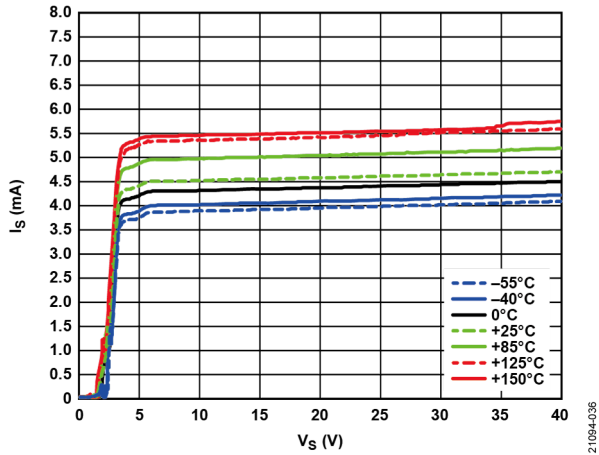


图36. 不同温度下 I_S 与 V_S 的关系

21094-036

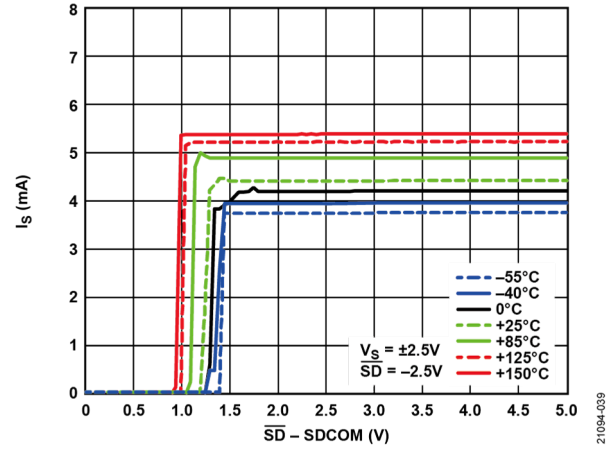


图39. 不同温度下 I_S 与 $\overline{SD} - SDCOM$ 电压的关系, $V_S = \pm 2.5 V$

21094-039

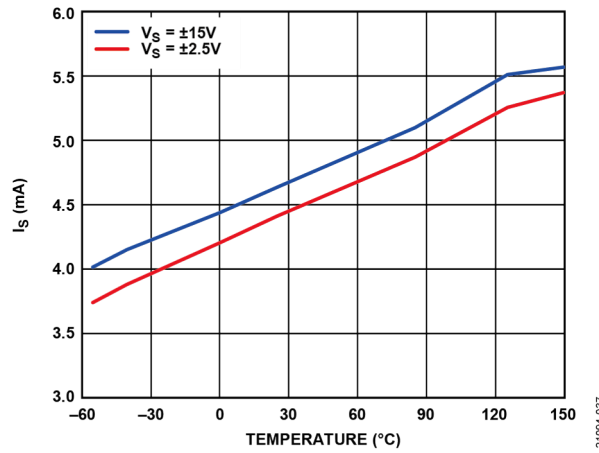


图37. I_S 与温度的关系

21094-037

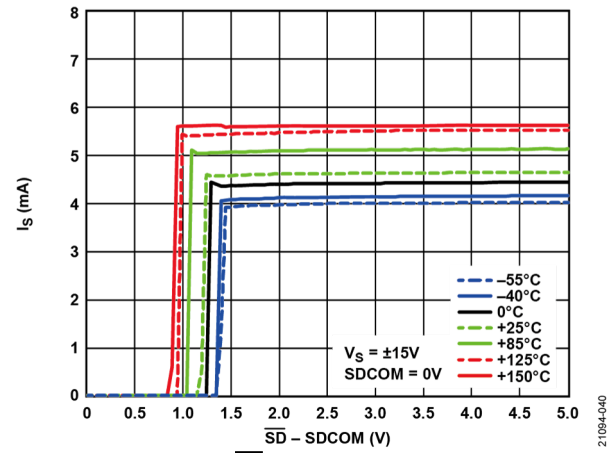


图40. 不同温度下 I_S 与 $\overline{SD} - SDCOM$ 电压的关系, $V_S = \pm 15 V$

21094-040

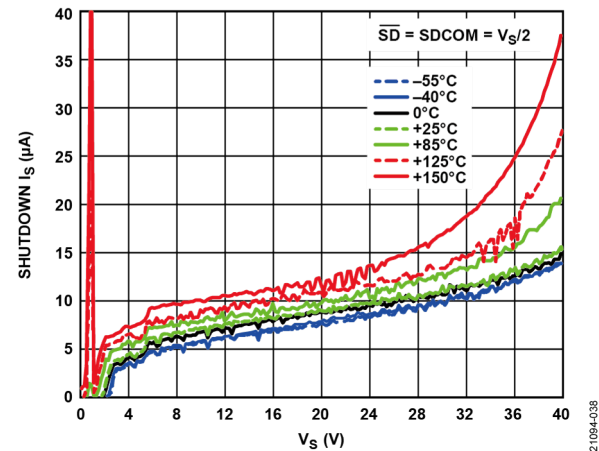


图38. 不同温度下关断 I_S 与 V_S 的关系

21094-038

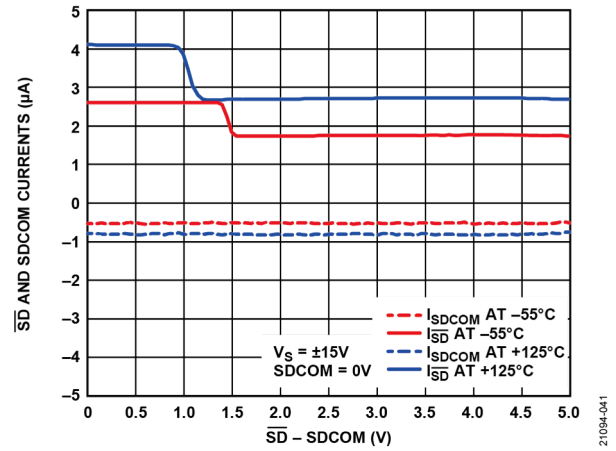


图41. $\overline{SD}$ 和 $SDCOM$ 电流与 $\overline{SD} - SDCOM$ 电压的关系

21094-041

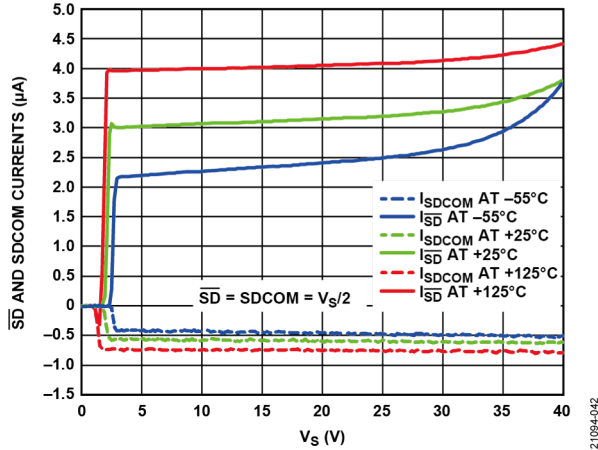


图42. SD和SDCOM电流与 V_S 的关系

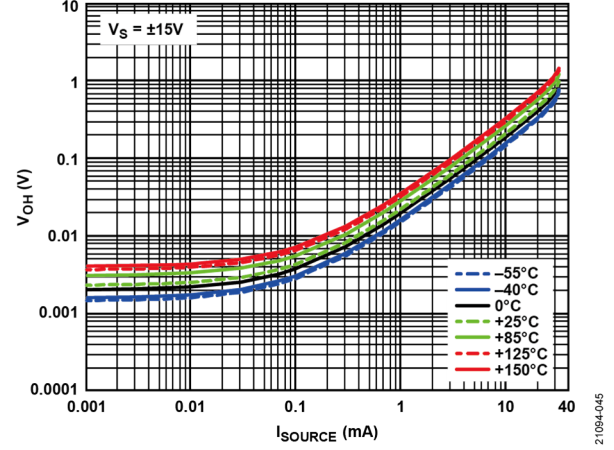


图45. 不同温度下 V_{OH} 与 I_{SOURCE} 的关系, $V_S = \pm 15 V$

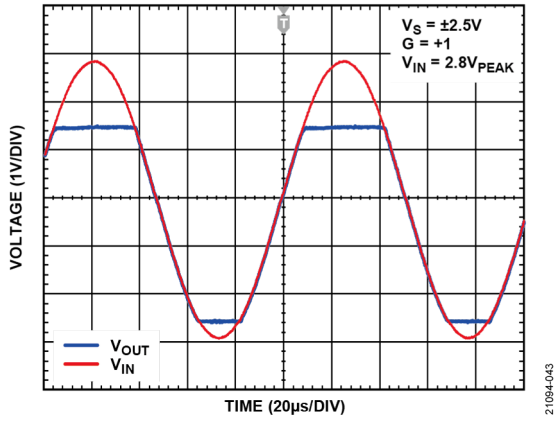


图43. 无相位反转

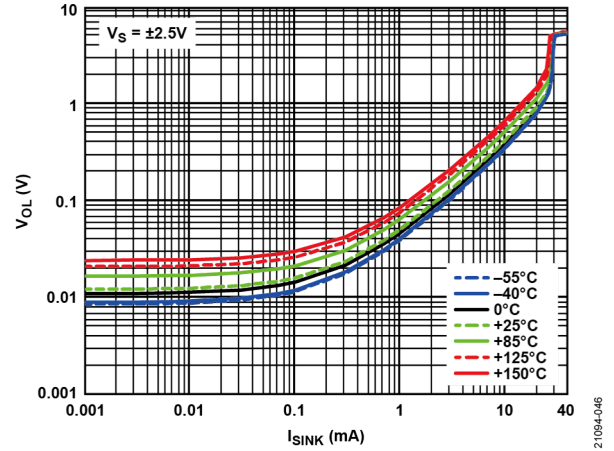


图46. 不同温度下 V_{OL} 与 I_{SINK} 的关系, $V_S = \pm 2.5 V$

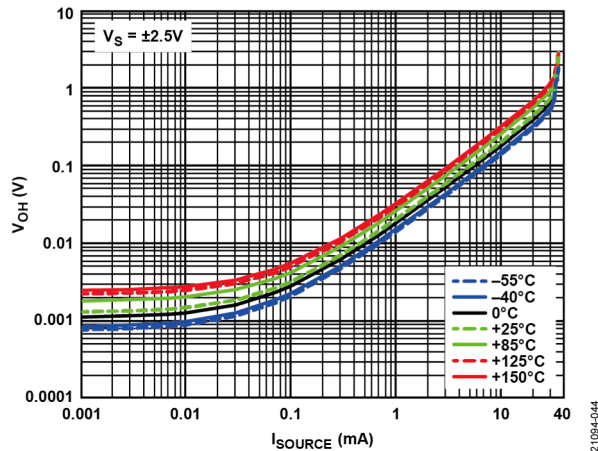


图44. 不同温度下 V_{OH} 与 I_{SOURCE} 的关系, $V_S = \pm 2.5 V$

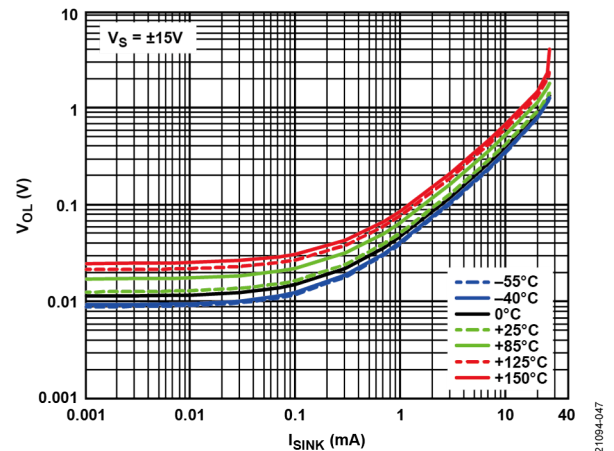
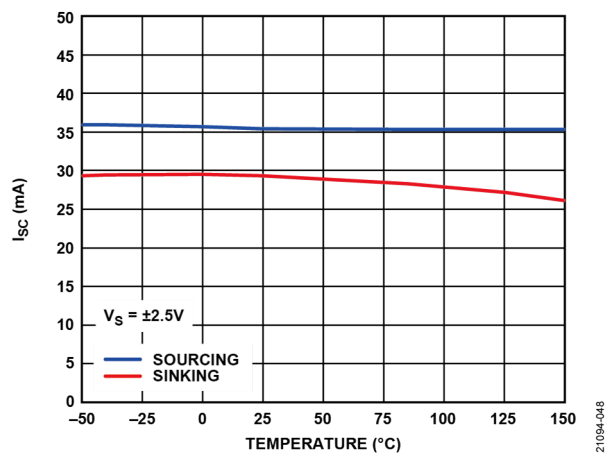
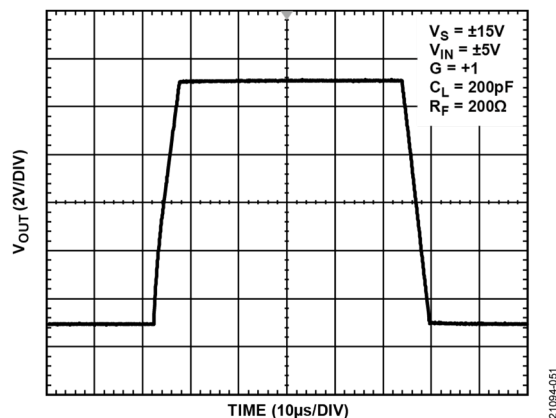
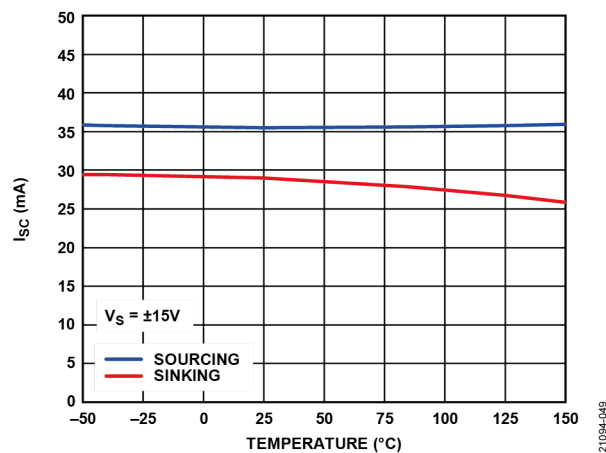
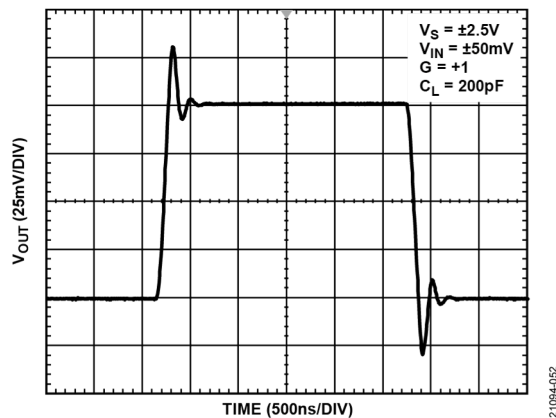
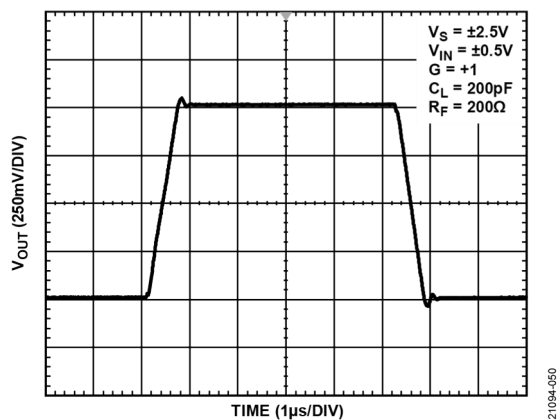
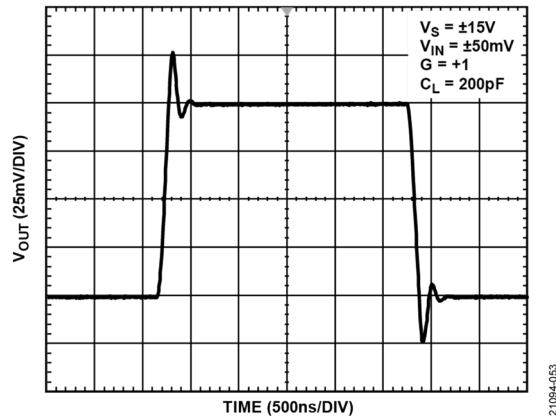


图47. 不同温度下 V_{OL} 与 I_{SINK} 的关系, $V_S = \pm 15 V$

图48. I_{SC} 与温度的关系, $V_S = \pm 2.5\text{ V}$ 图51. 大信号响应, $V_S = \pm 15\text{ V}$ 图49. I_{SC} 与温度的关系, $V_S = \pm 15\text{ V}$ 图52. 小信号响应, $V_S = \pm 2.5\text{ V}$ 图50. 大信号响应, $V_S = \pm 2.5\text{ V}$ 图53. 小信号响应, $V_S = \pm 15\text{ V}$

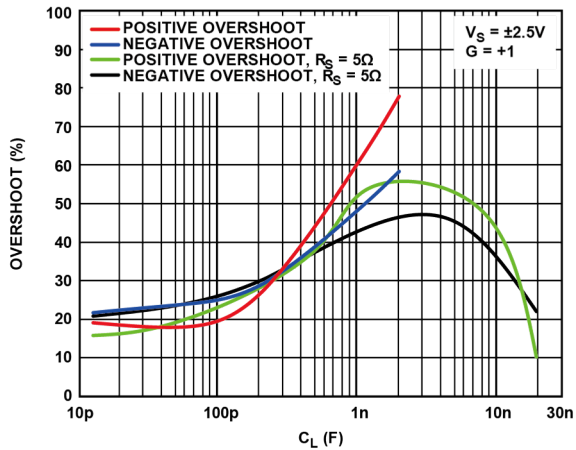


图54. 小信号过冲与 C_L 的关系, $V_S = \pm 2.5V$

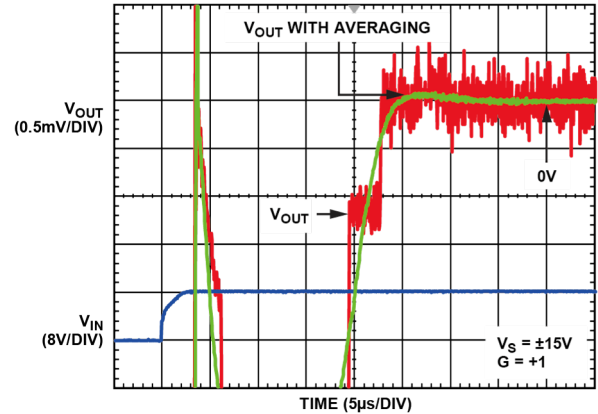


图57. 大信号正建立瞬态

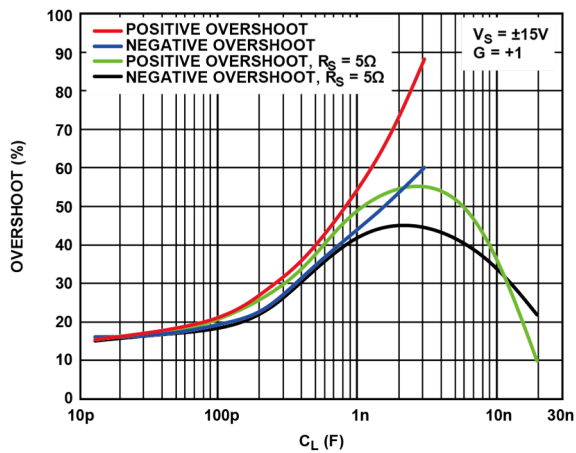


图55. 小信号过冲与 C_L 的关系, $V_S = \pm 15V$

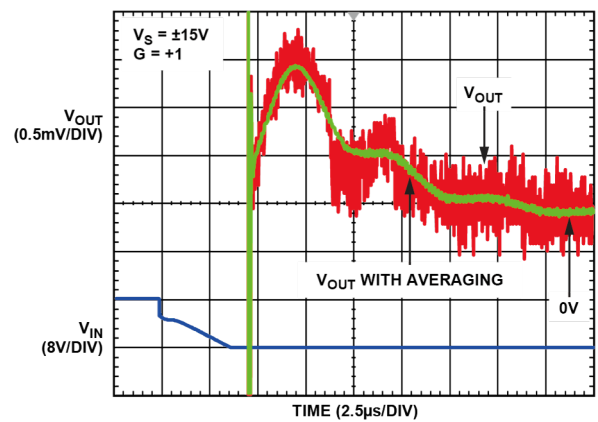


图58. 大信号负建立瞬态

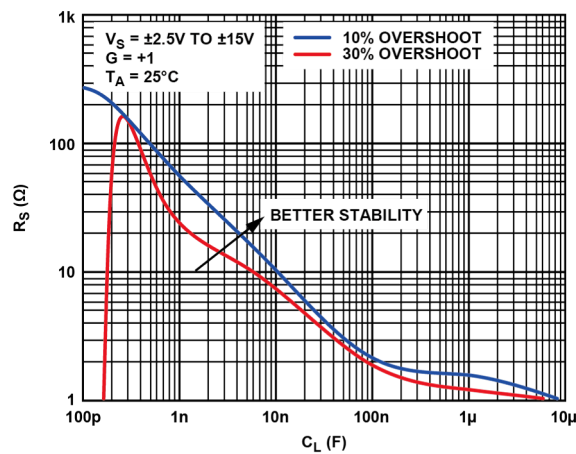


图56. 输出串联电阻(R_S)与 C_L 和过冲的关系

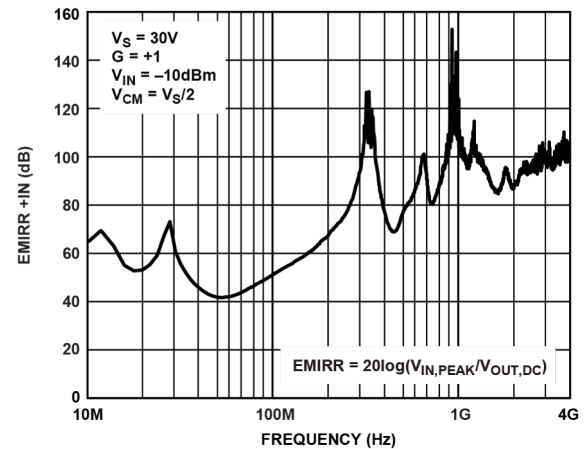


图59. EMI抑制比(EMIIR) + IN与频率的关系
($V_{IN,PEAK}$ 为峰值输入电压, $V_{OUT,DC}$ 为直流输出电压)

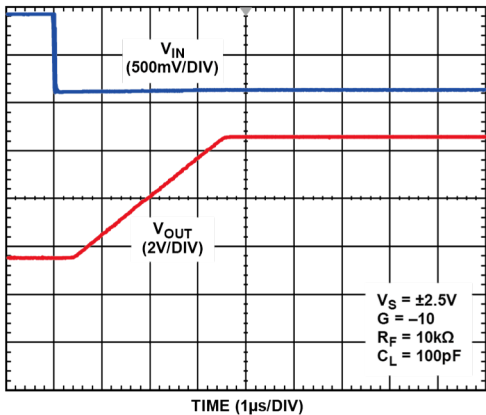


图60. 负输出过载恢复, $V_S = \pm 2.5\text{ V}$

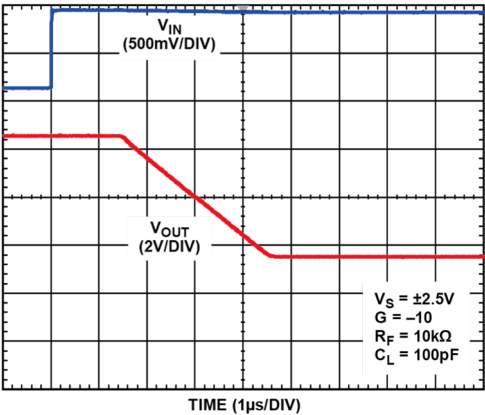


图62. 正输出过载恢复, $V_S = \pm 2.5\text{ V}$

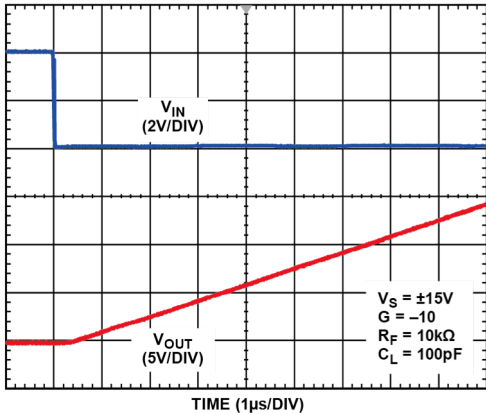


图61. 负输出过载恢复, $V_S = \pm 15\text{ V}$

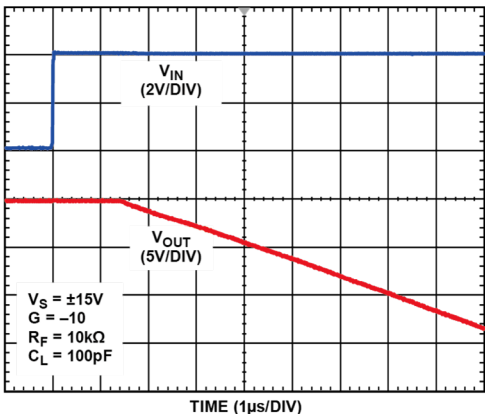


图63. 正输出过载恢复, $V_S = \pm 15\text{ V}$

工作原理

框图和箝位电路如图64所示。

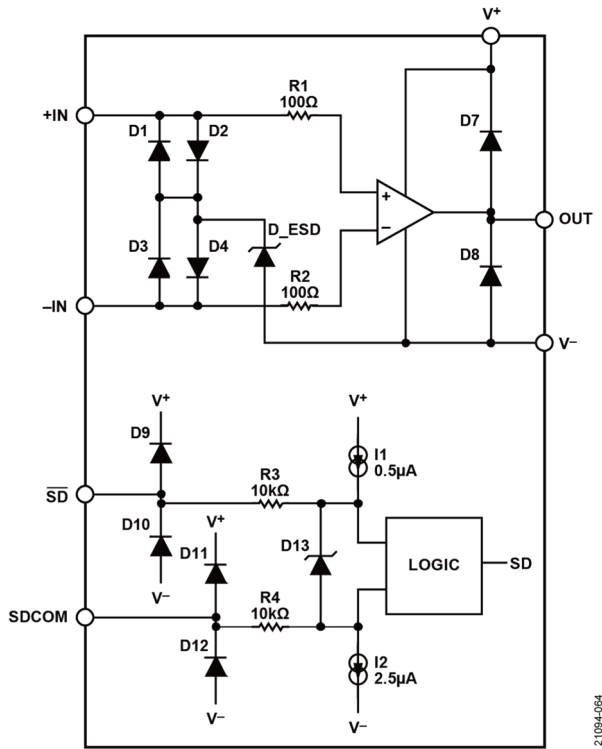


图64. 框图和箝位电路 (SD为内部关断)

输入电压噪声

斩波稳定放大器（例如ADA4523-1）通过将直流和闪烁噪声调制到更高频率来实现低失调和 $1/f$ 噪声。在典型的斩波稳定放大器中，此过程会导致在斩波频率及其奇次谐波下产生空闲音。

ADA4523-1使用电路将这些杂散伪像抑制到失调电压以下。330 kHz斩波频率下的典型纹波幅度小于 $1\text{ }\mu\text{V rms}$ 。

ADA4523-1的输入电压噪声频谱密度如图20所示。如果需要更低的噪声，请参见“应用信息”部分中的图75。

输入电流噪声

对于具有高源阻抗的应用，输入电流噪声可能是总输出噪声的重要贡献因素。为此，必须考虑噪声电流与放置在放大器输入端的电路元件的相互作用。

ADA4523-1的输入电流噪声频谱密度如图22所示，并通过图65中的电路测量，分流电容(C_{EXT}) = 0 pF。特性曲线没有显示 $1/f$ 噪声。与所有零漂移放大器一样，在失调调零频率下存在显著的电流噪声成分，这将在“输入偏置电流”部分进一步讨论。

务必要注意，电流噪声不等于 $2qI_B$ ，其中 q 表示电子电荷量 1.6×10^{-19} 库仑。该公式与双极晶体管中的基极电流和二极管电流相关。然而，对于大多数具有开关输入的斩波和自稳零放大器，主要的电流噪声机制不是散粒噪声。

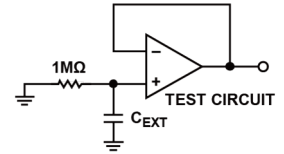


图65. 输入电流噪声频谱密度测试电路

输入偏置电流

ADA4523-1的输入偏置电流包括两种不同的电流，即漏电流和电荷注入电流。漏电流随温度升高而增加，而来自开关输入的电荷注入电流随温度变化保持相对恒定。这两种电流随温度变化的复合结果如图14所示。

各种输入偏置电流的表现情况和对误差的贡献大小取决于源阻抗的性质。对于表1和表2中指定的输入偏置电流，源阻抗为通过 C_{EXT} 旁路的高值电阻，采用图65所示的相同配置。图66显示了作为折合到输入端的电流误差的有效直流误差（输出直流电压误差除以增益，然后除以源电阻）随 C_{EXT} 的变化情况。请注意，有效直流误差随着电容的增大而降低。添加的 C_{EXT} 还降低了折合到输入端的电流噪声密度，如图67所示。

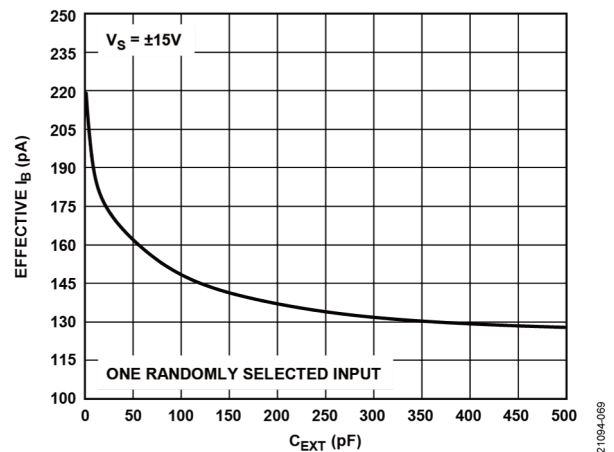


图66. 有效 I_B 与 C_{EXT} 的关系

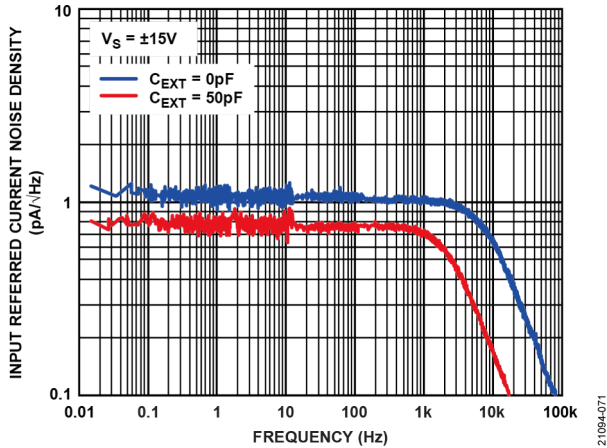


图67. $C_{EXT} = 0$ pF且 $C_{EXT} = 50$ pF时折合到输入端的电流噪声密度与频率的关系

输入电容的另一个功能是降低电荷注入效应。基于电荷注入的电流在330 kHz斩波频率及其谐波处具有能量谱分量。在时域中，这些能量谱分量表现为电流脉冲（以与斩波频率相关的规律间隔出现）。当这些小电流脉冲与源阻抗或增益设置电阻相互作用时，产生的电压尖峰会被闭环增益放大。

对于更高的源阻抗，这可能会导致330 kHz斩波频率在输出频谱中可见，这称为时钟馈通。为防止过多的时钟馈通，应尽可能降低增益设置电阻和源阻抗。当需要直流高阻源阻抗时，源阻抗上的电容会降低交流阻抗，从而降低输入电压尖峰的幅度。另一种降低时钟注入效应的方法是在运算放大器输出后限制带宽。

来自两个输入端的注入电流幅度相等但方向相反。因此，当斩波行为是 I_B 的主要来源时，无法通过在两个输入端放置匹配阻抗来消除 I_B 对失调电压的影响。

高于50°C时，ESD保护二极管漏电流开始主导输入偏置电流，并在升高的温度下继续呈指数增加。ADA4523-1的输入偏置抵消电路最大限度地减少了这种温度驱动的漏电流增长，以在所有温度范围内保持低输入偏置电流。与注入电流不同，两个输入端的漏电流方向相同。因此，可以通过匹配两个输入端看到的源阻抗来减轻漏电流引起的输出误差。如果采用源阻抗匹配技术来抵消漏电流的效应，在低于50°C时，电荷注入电流会引起 $2I_B \times R$ 的失调电压误差。例如，如果 $I_B = 100$ pA且 $R = 10$ kΩ，则误差为2 μV。

热电偶效应

要达到微伏级的精度，应考虑热电偶效应。不同金属的任何连接都会形成热电结并产生与温度相关的小电压，这被称为塞贝克效应。这些热电磁场(EMF)可能是低漂移电路中的主要误差源。

连接器、开关、继电器触点、插座、电阻和焊料都是产生大量热EMF的潜在因素。即使是来自不同制造商的铜线的结点也会产生200 nV/°C的热EMF，这是ADA4523-1最大漂移规格的10倍以上。图68和图69说明了这些电压的潜在幅度及其对温度的敏感性。

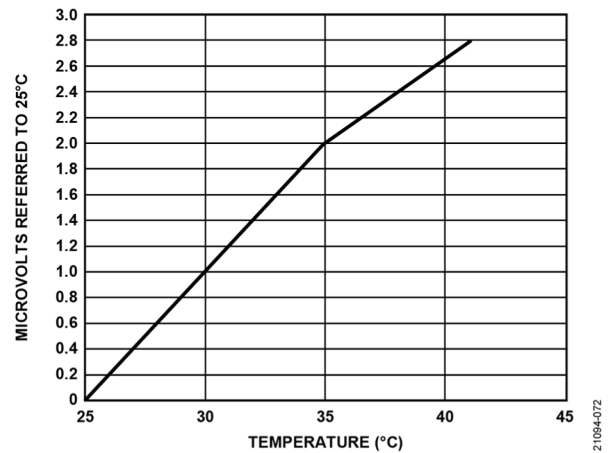


图68. 来自不同制造商的两根铜线的结点产生的热EMF

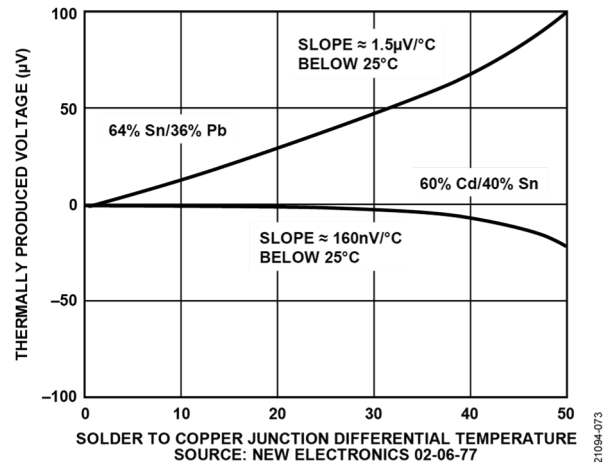


图69. 焊锡铜热EMF

为了最大限度地减少热电偶引起的误差，必须注意电路板布局和元件选择。最好尽量减少运算放大器输入信号路径中的结点数量，并尽可能避免使用连接器、插座、开关和继电器。如果需要此类元件，请以降低热EMF特性为原则选择这些元件。此外，根据电路板上的热梯度匹配两个输入端的结点数量、类型和布局，这可能需要故意引入伪结点以抵消不可避免的结点。

气流还可能导致热梯度，并在测量系统中引起明显的噪声。防止气流穿过敏感电路很重要，因为这样做通常会显著降低热电偶噪声。

技术摘要如图70所示。

功耗

由于ADA4523-1可以在36 V总电源下工作，请注意放大器的功耗。在高电压下驱动重负载时，使用封装的 θ_{JA} 来估计由此产生的芯片升温，并确保产生的结温不超过规定。此外，当预计存在高功耗时，请考虑PCB金属化和散热。

ADA4523-1 LFCSP与其标准同类产品相比具有更低的封装热阻。LFCSP裸露焊盘有助于散热。裸露的底部焊盘必须焊接到PCB上，并且由于其内部连接到V⁻，需要将裸露焊盘连接到V⁻。为了提高散热效率，建议裸露焊盘有尽可能多的PCB金属连接到焊盘。

ADA4523-1封装的热信息参见“热阻”部分。

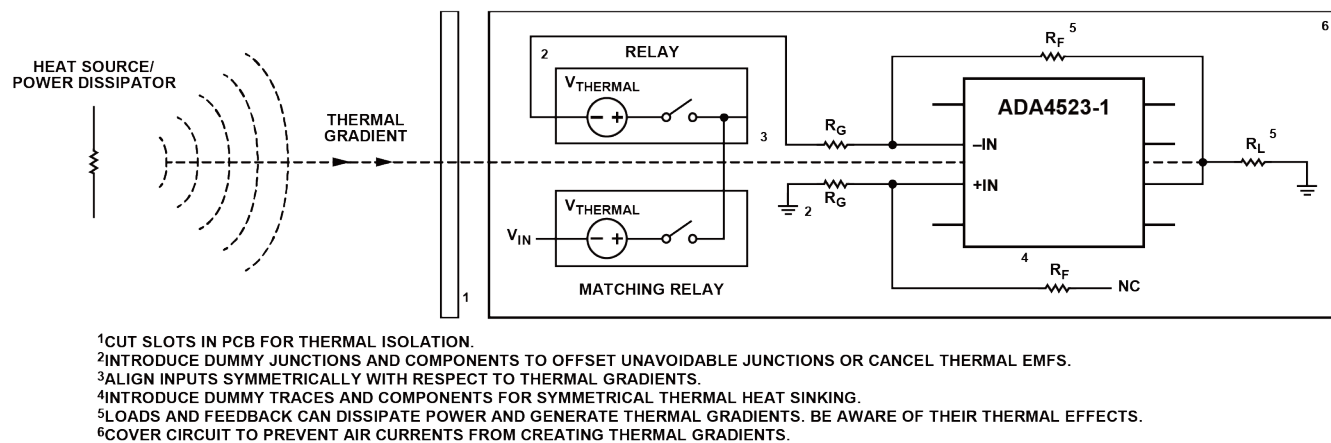


图70. 用于尽量减少热电偶引起的误差的技术

电气过载和输入保护

不要超过绝对最大额定值。避免将输入和输出引脚驱动至超出供电轨，尤其是在电源电压接近40 V时。ADA4523-1的输入受到ESD二极管和ESD箝位的内部保护（见图64）。当输入被驱动至高于和/或低于供电轨时，输入端会吸收大量输入电流，如图71所示。

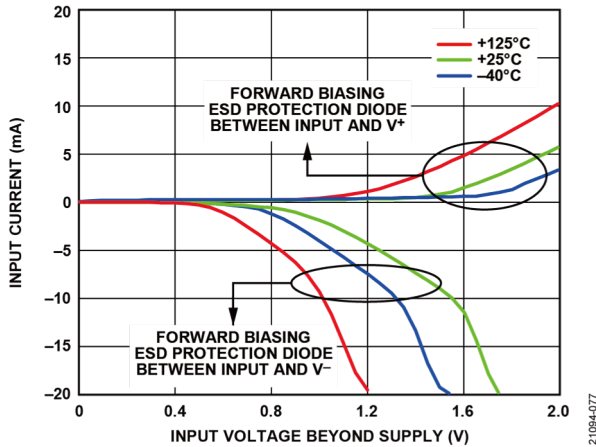


图71. 输入电流与超出电源电压的输入电压、ESD保护二极管正向偏置电压的关系

如果在+IN和-IN之间施加较大的差分输入电压，则产生的输入偏置电流如图72所示。请注意，由于ADA4523-1的输入ESD箝位结构，+IN和-IN偏置电流是不对称的。当大输入电压将+IN与-IN分开时，会从电源提供一些额外的电流，然后该电流通过-IN流出器件。

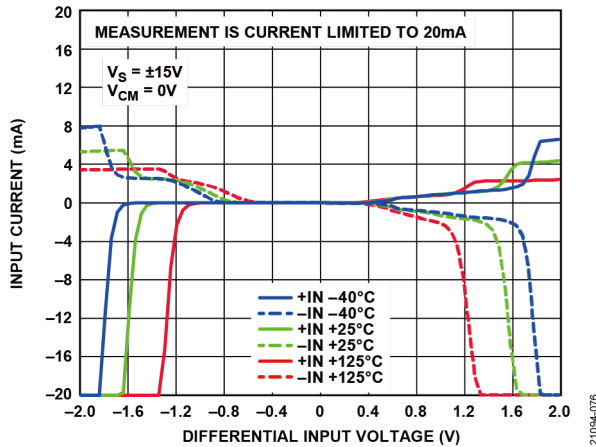


图72. +IN和-IN以及不同温度下输入电流与差分输入电压的关系

如果过压情况无法避免，则与受威胁引脚串联的电阻(R_{IN})可以将故障电流 $I_{OVERLOAD}$ 限制在绝对最大额定值以下，并降低器件受损的可能性（参见图73）。

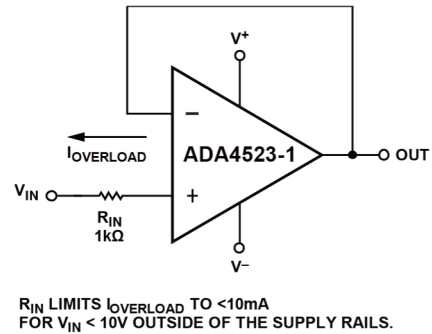


图73. 使用电阻限制输入电流

将限流电阻保持足够低，以免因与输入偏置电流的相互作用而增加噪声和误差电压。 $\leq 1\text{ k}\Omega$ 的电阻不会显著影响噪声或精度。有关内部ESD二极管的特性，请参见图71和图72，以帮助确定适当的电阻值。

在恶劣环境中，可通过保护电路进一步提高可靠性。图74中显示的电路使用低漏电流二极管(Nexperia BAV199)来保护输入。R2保护外部二极管，R1则限制可能流过内部二极管的电流。在这个电路中，R1可以很小，因为施加的电压已经被外部保护二极管降低。

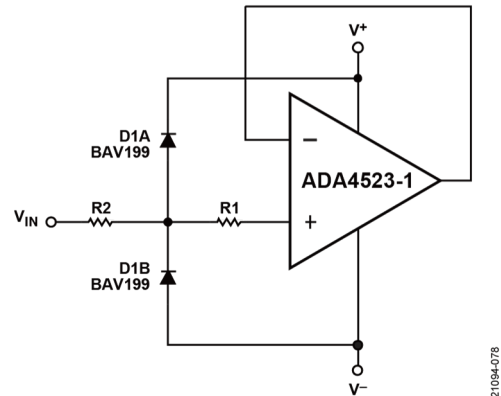


图74. 使用外部二极管的输入保护电路

在内部ESD二极管的漏电流主导输入偏置电流的高温应用中，在反馈路径中添加输入偏置抵消电阻对电路有利。

关断模式

ADA4523-1具有适用于低功耗应用的关断模式。在关闭状态下，两个放大器都关断，并且每个放大器消耗的电源电流小于20 μA（全温度范围内的最大值）。此外，在关闭阶段，两个输出都对外部电路带来高阻抗。

请记住，在关闭状态下，即使放大器输出处于高阻抗状态，输出仍然可以由输入信号通过输入差分箝位和反馈电阻来调制。（有关差分箝位的位置，请参见图64。）此外，根据电阻值，仍可从输入源吸收大量电流。

关断控制是使用单独的逻辑SD基准电压输入(SDCOM)和关断引脚(SD)来完成的。这种方法允许低压数字控制逻辑独立于运算放大器的高压电源轨运行。关断控制逻辑和工作范围摘要如表8和表9所示。

表8. 关断控制逻辑

关断引脚条件	放大器状态
$\overline{SD} = \text{浮空}, SDCOM = \text{浮空}$	开
$\overline{SD} - SDCOM \geq 2\text{ V}$	开
$\overline{SD} - SDCOM \leq 0.8\text{ V}$	关

表9. 关断引脚的工作电压范围

引脚名称	最小值	最大值
$\overline{SD} - SDCOM$	-0.2 V	+5.2 V
SDCOM	V ⁻	V ⁺ - 2.35 V
SD	V ⁻	V ⁺

如果不需要关断功能，请将SD和SDCOM保持浮空。内部电路会自动将放大器保持在开启状态。

对于嘈杂环境中的操作，建议在SD和SDCOM之间添加电容来防止噪声改变关断状态。

当存在SD和SDCOM被上拉至超出供电轨的危险时，建议添加与关断引脚串联的电阻以限制电流。

应用信息

通过并联斩波器改善噪声

通过并联使用多个放大器，可以降低电压噪声，但会增加电流噪声，因为每个放大器中的电压噪声源是不相关的，而每个放大器中的输入信号是相关的。相关信号的功率乘以N，而非相关噪声的功率乘以 $\sqrt{N}$ 。净效应是信噪比改善了 $\sqrt{N}$ 。

并联放大器的最终总输入电流是每个放大器的输入电流之和，电流噪声也将相应地调整。

当放大器的电流噪声远小于其电压噪声时，如ADA4523-1的情况，并且电流噪声不通过大阻抗，则用较高的电流噪声换取较低的电压噪声可能是有利的。

图75所示电路的总增益为

$$A_V = (R_2/R_1 + 1) \times (R_4/R_3 + 1)$$

如果N为并联放大器的数量，则由于并联导致的折合到输入端噪声的最终变化为

$$0.1 \text{ Hz至} 10 \text{ Hz 噪声} = 88 \text{ nV p-p}/\sqrt{N}$$

$$e_n = (4.2 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}})/\sqrt{N}$$

$$i_n = \sqrt{N} \times 1 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$$

$$I_B = N \times 300 \text{ pA (最大值, } 25^\circ\text{C)}$$

对于N = 4的示例，如图75所示，确切结果如下：

$$0.1 \text{ Hz至} 10 \text{ Hz 噪声} = 44 \text{ nV p-p}$$

$$e_n = 2.1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$$

$$i_n = 2 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$$

$$I_B = 300 \text{ pA (最大值, } 25^\circ\text{C)}$$

图75中的R5必须为几百欧姆，才能在不噪声或 I_B 引入误差产生显著影响的前提下隔离各个放大器输出。

输出放大器的选择对于裕量、精度和噪声问题也很重要。在图75中，LTC2057HV的60 V裕量允许较宽的信号摆幅，并且其零漂移输入不会显著增加失调。

如果在并联放大器级中采用足够的增益，使LTC2057HV的输入信号与其自身11 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 的输入噪声电压相比更大，则LTC2057HV噪声在整个输出的效应会降低。为了尽量降低输出放大器的噪声贡献，选择的第一级增益($R_2/R_1 + 1$)也要远大于 $\sqrt{N}$ 。

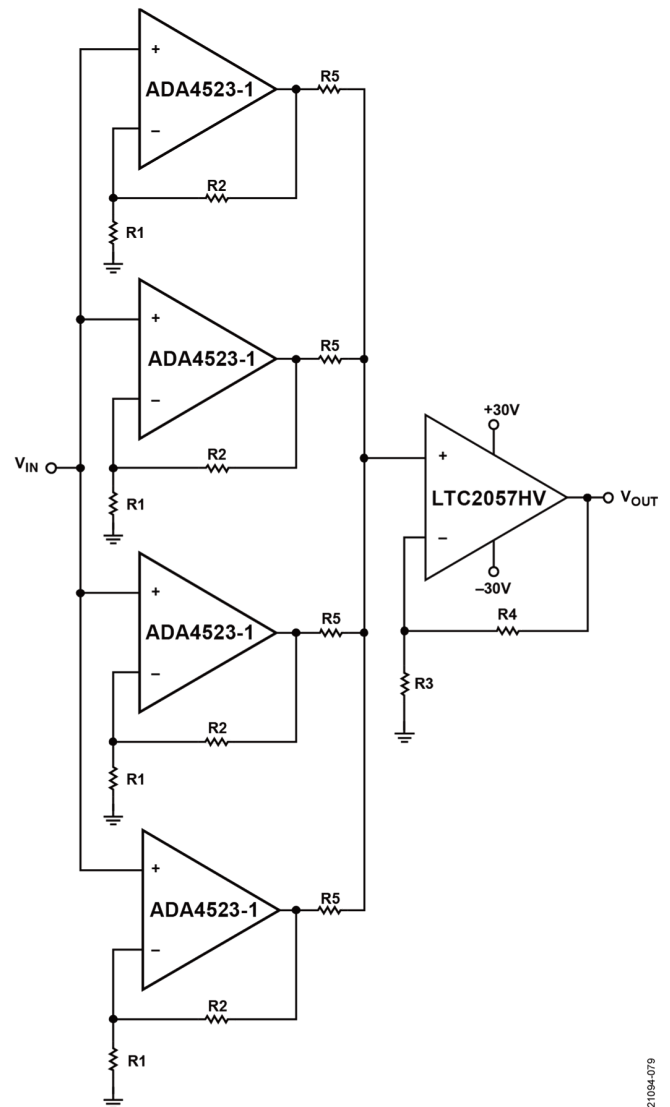


图75. 通过并联斩波器改善噪声

焊盘布局

8引脚SOIC_N、8引脚MSOP和8引脚LFCSP封装的推荐焊盘布局分别如图76、图77和图78所示。图纸不是按比例绘制的。所有尺寸均以毫米或毫米/（英寸）为单位。

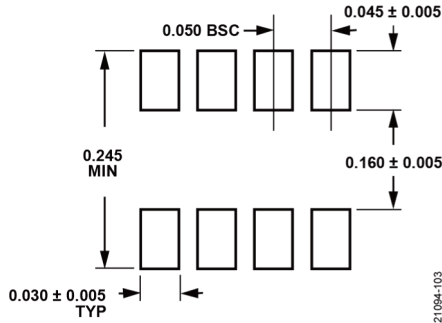


图76. R-8 (8引脚SOIC) 推荐焊盘布局

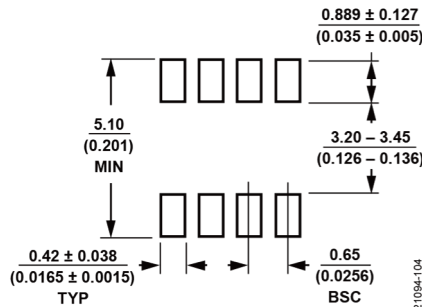


图77. RM-8 (8引脚MSOP) 推荐焊盘布局

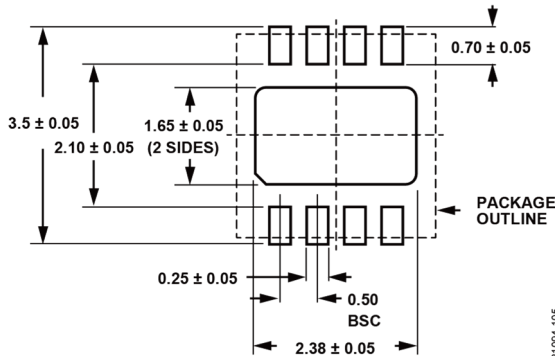


图78. CP-8-29 (8引脚LFCSP) 推荐焊盘布局,
在不焊接的区域涂抹阻焊层

典型应用电路及传递函数

图79显示了低端电流检测放大器电路。

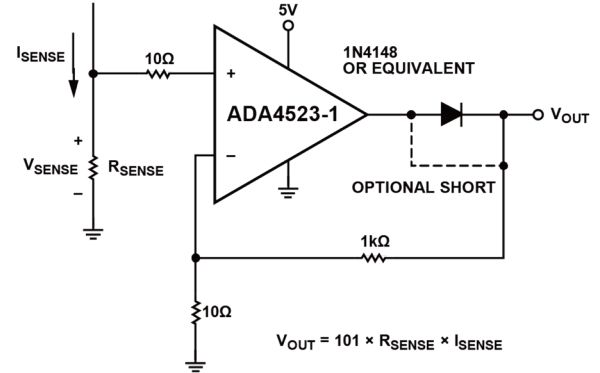


图79. 低端电流检测放大器电路 (I_{SENSE} 为检测电流,
 V_{SENSE} 为 I_{SENSE} 产生的检测电压, R_{SENSE} 为检测电阻)

图80显示了低端电流检测放大器传递函数。

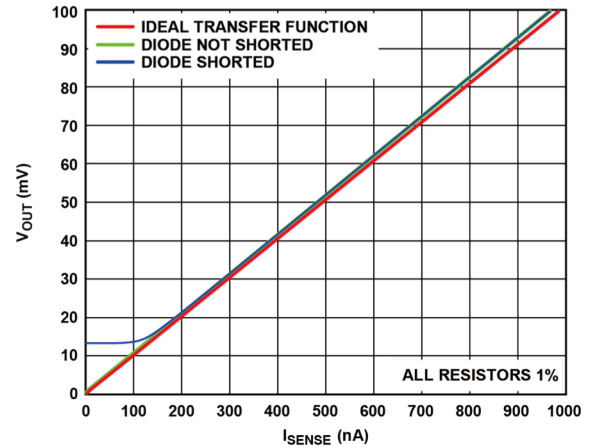


图80. 低端电流检测放大器传递函数, $R_{SENSE} = 1\text{ k}\Omega$

相关产品

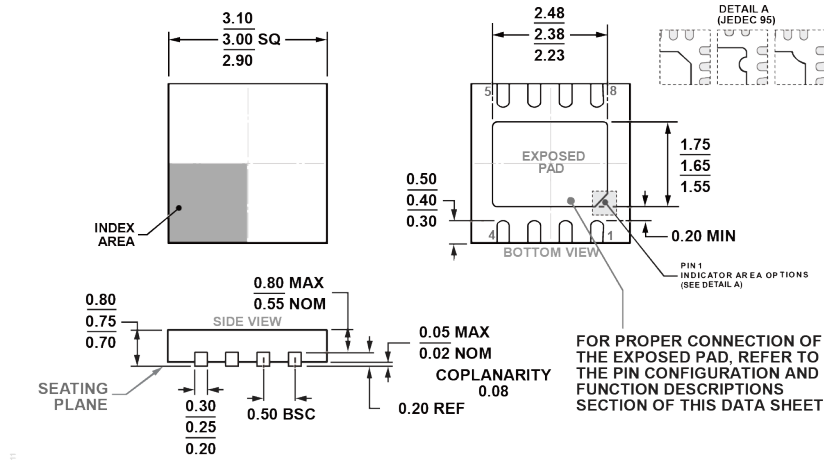
表10. 零漂移运算放大器产品

器件	e_n (1 kHz)	GBP (MHz)	V_s 范围(V)	I_s /安培(mA)	功能
ADA4523-1	4.2 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	5	4.5至36	4.5	轨到轨输出(RRO)
ADA4528-1/ADA4528-2	5.6 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	3.4	2.2至5.5	1.5	单通道或双通道轨到轨输入输出(RRIO)
ADA4522-1/ADA4522-2/ADA4522-4	5.8 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	2.7	4.5至55	0.9	单通道、双通道或四通道RRO电磁干扰(EMI)滤波器
LTC2058	9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	2.5	4.75至36	0.95	双通道, RRO, 关断
LTC2057HV	11 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	1.5	4.75至60	1	RRO, 关断
ADA4254	17 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	1.8 (G = 1 V/V)	10至56	见注 ¹	高电压、低功耗、可编程增益仪表放大器
AD8628/AD8629/AD8630	22 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	2.5	2.7至5.5	1.0	单电源, AEC-Q100, RRIO
LTC2050HV	1.5 $\mu\text{V p-p}^2$	3	2.7至12	1.5	RRO, 提供增强型产品等级 (-55°C至+150°C)
LTC2051/LTC2052	1.5 $\mu\text{V p-p}^2$	3	2.7至12	1.5	双通道或四通道, RRO
LTC2053-SYNC	2.5 $\mu\text{V p-p}^2$	0.2	2.7至11	0.85	仪表放大器, 电阻可编程, RRIO, 外部时钟同步

¹ [ADA4254](#)的电源电流是针对每个独立电源 (VDDH、VSSH、DVDD和IAVDD) 指定的。典型的电源电流值为 $I_{VDDH} = 600 \mu\text{A}$ 、 $I_{VSSH} = 780 \mu\text{A}$ 、 $I_{DVDD} = 150 \mu\text{A}$ 、 $I_{AVDD} = 980 \mu\text{A}$ 。

² 给出了0.01 Hz至10 Hz范围内的集成输入电压噪声, 而不是1 kHz下的输入电压噪声密度。

外形尺寸



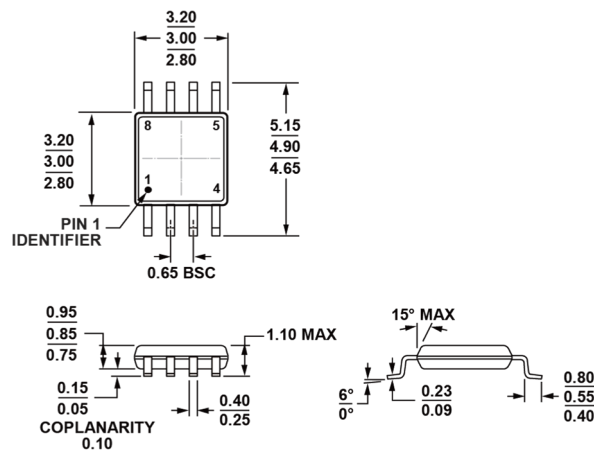
COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-229-W3030D-4

图81. 8引脚引线框芯片级封装[LFCSP]

3 mm × 3 mm本体, 0.75 mm封装高度

(CP-8-29)

尺寸单位: mm

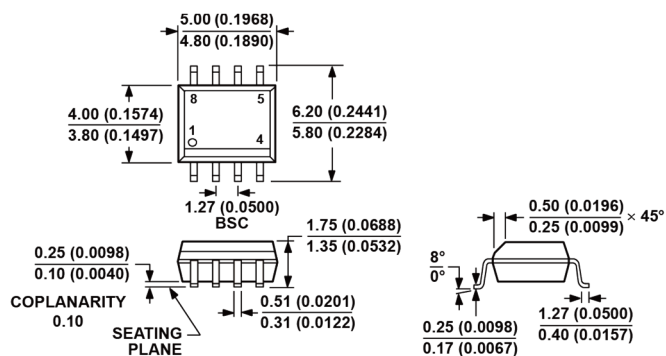


COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-187-AA

图82. 8引脚超小型封装[MSOP]

(RM-8)

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.

012407-A

图83. 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)

订购指南

型号 ¹	温度范围	封装描述	封装选项	标识码
ADA4523-1BCPZ	-40°C至+125°C	8引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-8-29	Y77
ADA4523-1BCPZ-RL7	-40°C至+125°C	8引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-8-29	Y77
ADA4523-1BRMZ	-40°C至+125°C	8引脚超小型封装[MSOP]	RM-8	Y77
ADA4523-1BRMZ-RL7	-40°C至+125°C	8引脚超小型封装[MSOP]	RM-8	Y77
ADA4523-1BRZ	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4523-1BRZ-RL7	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	

¹ Z = 符合RoHS标准的器件。

