

产品特性

低失调电压

B 级: 0.4 mV (最大值, 仅限 ADA4610-1/ADA4610-2)

A 级: 1 mV (最大值)

低失调电压漂移

B 级: 4 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (最大值, 仅限 ADA4610-1/ADA4610-2)

A 级: 8 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (最大值, SOIC、MSOP、LFCSP 封装)

低输入偏置电流: 5 pA (典型值)

双电源供电: $\pm 5\text{V}$ 至 $\pm 15\text{V}$

低电压噪声: 0.45 $\mu\text{V p-p}$ (0.1 Hz 至 10 Hz)

电压噪声密度: 7.30 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ($f = 1\text{ kHz}$)

低总谐波失真加噪声: 0.00025%

无反相

轨到轨输出

单位增益稳定

长期失调电压漂移 (10,000 小时): 5 μV (典型值)

温度迟滞: 8 μV (典型值)

应用

仪器仪表

医疗仪器

多极滤波器

精密电流测量

光电二极管放大器

传感器

音频

概述

ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 均为精密结型场效应晶体管(JFET)放大器, 具有低输入噪声电压、低电流噪声、低失调电压、低输入偏置电流和轨到轨输出等特性。

ADA4610-1 是一款单通道放大器, ADA4610-2 是一款双通道放大器, 而 ADA4610-4 是一款四通道放大器。

低失调、低噪声和极低输入偏置电流这些特性相结合, 使这些放大器特别适合高阻抗传感器放大以及采用分流的精密电流测量应用。出色的直流精度、低噪声和快速建立时间特性相结合, 则使 ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 能够在医疗仪器、电子测量和自动测试设备中提供优异的精度。与许多竞争放大器产品不同, 即使容性负载相当大, ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 也能保持快速建立性能。不同于许多旧式 JFET 放大器, 当输入电压超过最大共模电压范围时, ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 不会发生输出反相。

Rev. H

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.

引脚接线图

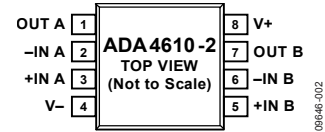


图1. ADA4610-2 8引脚SOIC (R后缀); 关于其他封装和型号, 请参见“引脚配置和功能描述”部分。

ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 具备快速压摆率和容性负载下极高的稳定性, 因此是高性能滤波器的理想之选。低输入偏置电流、低失调和低噪声特性, 使光电二极管放大器电路具有较宽的动态范围。低噪声、低失真、高输出电流和出色的速度, 则使 ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 成为音频应用的绝佳选择。

ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 的额定温度范围为 -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ 扩展工业温度范围。

ADA4610-1 提供 8 引脚 SOIC 封装和 5 引脚 SOT-23 封装。ADA4610-2 提供 8 引脚 SOIC、8 引脚 MSOP 和 8 引脚 LFCSP 三种封装。ADA4610-4 提供 14 引脚 SOIC 封装和 16 引脚 LFCSP 封装。

表1. 相关精密JFET运算放大器

单通道	双通道	四通道
AD8510	AD8512	AD8513
AD8610	AD8620	不适用
AD820	AD822	AD824
ADA4627-1/ADA4637-1	不适用	不适用
不适用	ADA4001-2	不适用

目录

产品特性.....	1	比较电压和可变电压图表.....	17
应用.....	1	工作原理.....	20
引脚配置.....	1	应用信息.....	21
概述.....	1	输入过压保护.....	21
修订历史.....	3	峰值检波器.....	21
技术规格.....	4	电流-电压(I至V)转换应用.....	21
电气特性.....	5	比较器操作.....	22
绝对最大额定值.....	7	长期漂移.....	23
热阻.....	7	温度迟滞.....	23
ESD警告.....	7	外形尺寸.....	23
引脚配置和功能描述.....	8	订购指南.....	27
典型性能参数.....	11		

修订历史

2017年5月—修订版G至修订版H

CP-8-21更改为CP-8-11 通篇
 更改“产品特性”部分 1
 更改图15、图16、图18和图19的标题 12
 “功能描述”部分更改为“工作原理”部分 20
 增加“长期漂移”部分、“温度迟滞”部分、图61、图62和图63；重新排序 23
 更新外形尺寸 24
 更改“订购指南”部分 27

2016年5月—修订版F至修订版G

CP-8-20更改为CP-8-21 通篇
 更改图23标题和图26标题 13
 更新外形尺寸 24
 更改“订购指南”部分 25

2016年1月—修订版E至修订版F

增加5引脚SOT-23封装 通篇
 CP-8-9更改为CP-8-20 通篇
 更改“产品特性”部分 1
 增加图3和表7；重新排序 8
 更新外形尺寸 23
 更改“订购指南”部分 24

2015年4月—修订版D至修订版E

增加ADA4610-1 通篇
 增加16引脚LFCSP_WQ 通篇
 删除图1和图3；重新排序 1
 更改“产品特性”部分 1
 更改表2 4
 更改表3 5
 增加图2和表6；重新排序 7
 增加图4 8
 增加图7 9
 更改表8 9
 更改图10标题和图13标题 10
 更改图14标题、图15、图17标题和图18 11
 更改图22和图25 12
 更改图26至图31 13
 更改图32和图35 14
 更改图38和图40 15
 更改图42至图46 16
 更改图48、图50和图53 17
 更改图54和图55 18
 更改图57和图58 20
 更新外形尺寸 22
 增加图64 23
 更改“订购指南”部分 24

2014年11月—修订版C至修订版D

更改图56 19

2014年5月—修订版B至修订版C

增加ADA4610-4和14引脚SOIC 通篇
 “产品特性”部分中增加电压噪声密度，增加图3和表1；重新排序 1
 更改表2 3
 更改表3 4
 更改表4 6
 增加“引脚配置和功能描述”部分、图4至图6、表6和表7 7
 更改“典型性能参数”部分 8
 增加“功能描述”部分 17
 增加“输入过压保护”部分、“峰值检波器”部分、“I至V转换应用”部分和“光电二极管电路”部分 18
 更改图56 18
 “外形尺寸”部分增加图62 20
 更改“订购指南”部分 20

2012年8月—修订版A至修订版B

更改图9 8

2012年5月—修订版0至修订版A

更改数据手册标题和“概述”部分 1
 表1中的“输入阻抗（差分）”参数更改为“输入电容”参数和“差分”参数 3
 表1中增加“输入电阻” 3
 表2中的“输入阻抗（差分）”参数更改为“输入电容（差分）”参数 4
 表2中增加“输入电阻”参数 4
 增加图9、图10和图14；重新排序 8
 增加图15 9
 更新外形尺寸 16
 更改“订购指南”部分 17

2011年12月—修订版0：初始版

技术规格

除非另有说明, $V_{SY} = \pm 5\text{ V}$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

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}			0.2	0.4	mV
B级(ADA4610-1/ADA4610-2)		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$			0.8	mV
A级		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		0.4	1	mV
失调电压漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T$				1.8	mV
B级(ADA4610-1/ADA4610-2) ¹				0.5	4	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
A级 ¹ (SOIC、MSOP、LFCSP)				1	8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
A级 ¹ (SOT-23)				1	12	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	I_B			5	25	pA
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$			1.5	nA
输入失调电流	I_{OS}			2	20	pA
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$			0.25	nA
输入电压范围			-2.5		+2.5	V
共模抑制比	CMRR	$V_{CM} = -2.5\text{ V至}+2.5\text{ V}$	94	110		dB
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	86			dB
大信号电压增益	A_{VO}	$R_L = 2\text{ k}\Omega$, $V_{OUT} = -3.5\text{ V至}+3.5\text{ V}$				
ADA4610-2			98	100		dB
ADA4610-1/ADA4610-4		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	86			dB
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	96	98		dB
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	84			dB
输入电容		$V_{CM} = 0\text{ V}$				
差分				3.1		pF
共模				4.8		pF
输入电阻		$V_{CM} = 0\text{ V}$		$>10^{13}$		Ω
输出特性						
输出高电压	V_{OH}	$R_L = 2\text{ k}\Omega$	4.85	4.90		V
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	4.60			V
		$R_L = 600\ \Omega$	4.60	4.89		V
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	4.05			V
输出低电压	V_{OL}	$R_L = 2\text{ k}\Omega$		-4.95	-4.90	V
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$			-4.75	V
		$R_L = 600\ \Omega$		-4.90	-4.80	V
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$			-4.40	V
短路电流	I_{SC}			± 63		mA
电源						
电源抑制比	PSRR	$V_{SY} = \pm 4.5\text{ V至}\pm 18\text{ V}$				
ADA4610-2			106	125		dB
ADA4610-1/ADA4610-4		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	103			dB
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	104	117		dB
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	100			dB
电源电流 (每个放大器)	I_{SY}	$I_{OUT} = 0\text{ mA}$		1.50	1.70	mA
		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$			1.85	mA

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						
压摆率	\pm SR	$R_L = 2\text{ k}\Omega$, $A_V = 1$				
上升			15 ¹	21		V/ μ s
下降			15 ¹	46		V/ μ s
增益带宽积	GBP	$V_{IN} = 5\text{ mV p-p}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $A_V = 100$		15.4		MHz
单位增益交越	UGC	$V_{IN} = 5\text{ mV p-p}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $A_V = 1$		9.3		MHz
相位裕量	ϕ_M			61		度
-3 dB闭环带宽	-3 dB	$A_V = 1$, $V_{IN} = 5\text{ mV p-p}$		10.6		MHz
总谐波失真+噪声	THD + N	1 kHz, $A_V = 1$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $V_{IN} = 1\text{ V rms}$		0.00025		%
噪声性能						
电压噪声	e_n p-p					μ V p-p
电压噪声密度	e_n	0.1 Hz至10 Hz		0.45		μ V p-p
		f = 10 Hz		14		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		f = 100 Hz		8.20		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		f = 1 kHz		7.30		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		f = 10 kHz		7.30		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$

¹ 通过设计和特性保证。

电气特性

除非另有说明, $V_{SY} = \pm 15\text{ V}$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表3.

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性						
失调电压	V_{OS}					
B级(ADA4610-1/ADA4610-2)		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		0.2	0.4	mV
A级		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		0.4	1	mV
失调电压漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T$					
B级(ADA4610-1/ADA4610-2) ¹		$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		0.5	4	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
A级 ¹ (SOIC、MSOP、LFCSP)				1	8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
A级 ¹ (SOT-23)				1	12	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	I_B	$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$			25	pA
输入失调电流	I_{OS}	$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		2	20	pA
输入电压范围					0.25	nA
共模抑制比	CMRR	$V_{CM} = -12.5\text{ V至}+12.5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	-12.5	115	+12.5	V
大信号电压增益	A_{VO}	$R_L = 2\text{ k}\Omega$, $V_{OUT} = \pm 13.5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	100			dB
ADA4610-2			96			dB
ADA4610-1/ADA4610-4			104	107		dB
ADA4610-1/ADA4610-4			91			dB
ADA4610-1/ADA4610-4			102	104		dB
输入电容		$V_{CM} = 0\text{ V}$	86			
差分				3.1		pF
共模				4.8		pF
输入电阻		$V_{CM} = 0\text{ V}$		$>10^{13}$		Ω

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
输出特性						
输出高电压	V_{OH}	$R_L = 2\text{ k}\Omega$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	14.80 14.65	14.90		V V
		$R_L = 600\ \Omega$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	14.25 13.35	14.47		V V
输出低电压	V_{OL}	$R_L = 2\text{ k}\Omega$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		-14.90	-14.85 -14.75	V V
		$R_L = 600\ \Omega$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		-14.68	-14.60 -14.30	V V
短路电流	I_{SC}			± 79		mA
电源						
电源抑制比	PSRR	$V_{SY} = \pm 4.5\text{ V至}\pm 18\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	106 103 104 100	125 117		dB dB dB dB
电源电流 (每个放大器)	I_{SY}	$I_{OUT} = 0\text{ mA}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		1.60	1.85 2.0	mA mA
动态性能						
压摆率	$\pm SR$	$R_L = 2\text{ k}\Omega, A_V = +1$				
上升			17^1	25		V/ μs
下降			17^1	61		V/ μs
增益带宽积	GBP	$V_{IN} = 5\text{ mV p-p}, R_L = 2\text{ k}\Omega, A_V = 100$		16.3		MHz
单位增益交越	UGC	$V_{IN} = 5\text{ mV p-p}, R_L = 2\text{ k}\Omega, A_V = 1$		9.3		MHz
相位裕量	ϕ_M			66		度
-3 dB闭环带宽	-3 dB	$A_V = 1, V_{IN} = 5\text{ mV p-p}$		9.5		MHz
总谐波失真+噪声	THD + N	1 kHz, $A_V = 1, R_L = 2\text{ k}\Omega, V_{IN} = 5\text{ V rms}$		0.00025		%
噪声性能						
峰峰值电压噪声	$e_n\text{ p-p}$	0.1 Hz至10 Hz带宽		0.45		$\mu\text{V p-p}$
电压噪声密度	e_n	$f = 10\text{ Hz}$		14		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 100\text{ Hz}$		8.50		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 1\text{ kHz}$		7.30		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 10\text{ kHz}$		7.30		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$

¹ 通过设计和特性保证。

绝对最大额定值

表4.

参数	额定值
电源电压	$\pm 18\text{ V}$
输入电压	$\pm V_S$
输入电流 ¹	$\pm 10\text{ mA}$
存储温度范围	-65°C 至 $+150^\circ\text{C}$
工作温度范围	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$
结温范围	-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) ²	2500 V
场感应充电器件模型(FICDM) ³	1250 V

¹ 输入引脚与电源引脚之间连有箝位二极管。当输入信号超过供电轨0.3 V时, 输入电流应以10 mA为限。

² ESDA/JEDEC JS-001-2011适用标准。

³ JESD22-C101 (JEDEC 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

表5. 热阻

封装类型	θ_{JA} ¹	θ_{JC}	单位
5引脚SOT-23	219.4	155.6	$^\circ\text{C}/\text{W}$
8引脚SOIC	120	43	$^\circ\text{C}/\text{W}$
8引脚LFCSP	57	12	$^\circ\text{C}/\text{W}$
8引脚MSOP	142	45	$^\circ\text{C}/\text{W}$
14引脚SOIC	115	36	$^\circ\text{C}/\text{W}$
16引脚LFCSP	65	3.2	$^\circ\text{C}/\text{W}$

¹ θ_{JA} 针对最差条件, 即 θ_{JA} 针对器件焊接在电路板上以实现表贴封装的条件而规定。

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

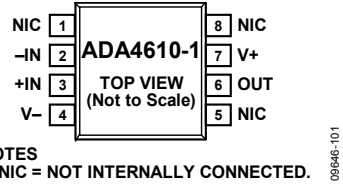


图2. ADA4610-1 引脚配置, 8 引脚SOIC (R 后缀)

表6. ADA4610-1 引脚功能描述, 8 引脚SOIC

引脚编号	引脚名称	描述
1, 5, 8	NIC	内部不连接。
2	-IN	反相输入。
3	+IN	同相输入。
4	V-	负电源电压。
6	OUT	输出。
7	V+	正电源电压。

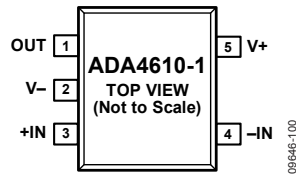


图3. ADA4610-1 引脚配置, 5 引脚SOT-23 (RJ 后缀)

表7. ADA4610-1 引脚功能描述, 5 引脚SOT-23

引脚编号	引脚名称	描述
1	OUT	输出。
2	V-	负电源电压。
3	+IN	同相输入。
4	-IN	反相输入。
5	V+	正电源电压。

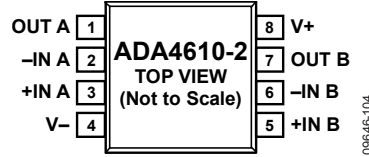


图4. ADA4610-2引脚配置, 8引脚SOIC (R后缀)



图5. ADA4610-2引脚配置, 8引脚MSOP (RM后缀)

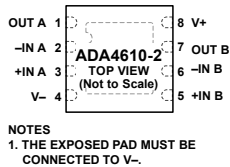


图6. ADA4610-2引脚配置, 8引脚LFCSP (CP后缀)

表8. ADA4610-2引脚功能描述, 8引脚SOIC、8引脚MSOP和8引脚LFCSP

引脚编号	引脚名称	描述
1	OUT A	输出通道A。
2	-IN A	通道A反相输入。
3	+IN A	通道A同相输入。
4	V-	负电源电压。
5	+IN B	通道B同相输入。
6	-IN B	通道B反相输入。
7	OUT B	输出通道B。
8	V+	正电源电压。
	EPAD	8引脚LFCSP (CP后缀) 封装的裸露焊盘。裸露焊盘必须连接到V-。

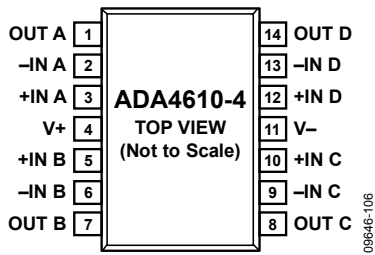
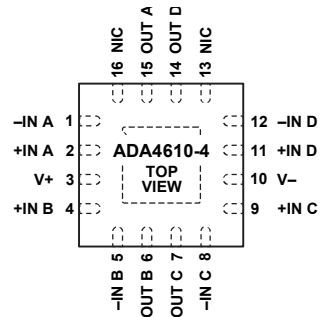


图7. ADA4610-4引脚配置, 14引脚SOIC (R后缀)



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

图8. ADA4610-4引脚配置, 16引脚LFCSP (CP后缀)

表9. ADA4610-4引脚功能描述, 14引脚SOIC和16引脚LFCSP

引脚编号		引脚名称	描述
14引脚SOIC	16引脚LFCSP		
1	15	OUT A	输出通道A。
2	1	-IN A	通道A反相输入。
3	2	+IN A	通道A同相输入。
4	3	V+	正电源电压。
5	4	+IN B	通道B同相输入。
6	5	-IN B	通道B反相输入。
7	6	OUT B	输出通道B。
8	7	OUT C	输出通道C。
9	8	-IN C	通道C反相输入。
10	9	+IN C	通道C同相输入。
11	10	V-	负电源电压。
12	11	+IN D	通道D同相输入。
13	12	-IN D	通道D反相输入。
14	14	OUT D	输出通道D。
不适用	13, 16	NIC	内部不连接。
不适用		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, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

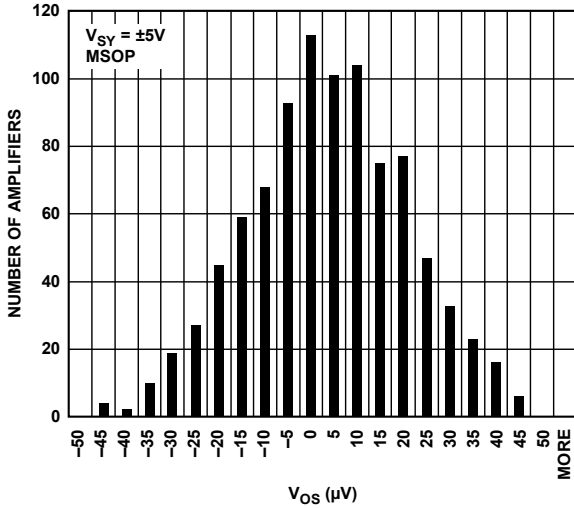


图9. 输入失调电压分布, $V_{SY} = \pm 5\text{V}$

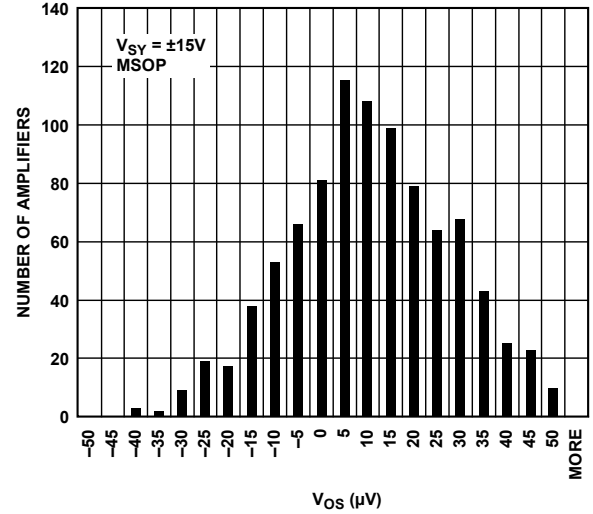


图12. 输入失调电压分布, $V_{SY} = \pm 15\text{V}$

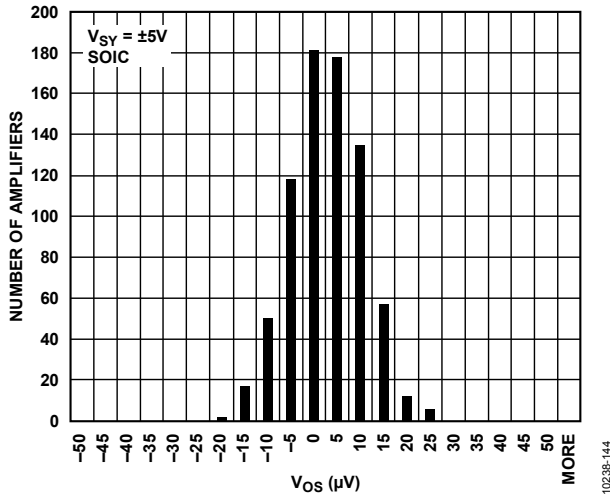


图10. 输入失调电压漂移(TCV_{OS})分布, $V_{SY} = \pm 5\text{V}$

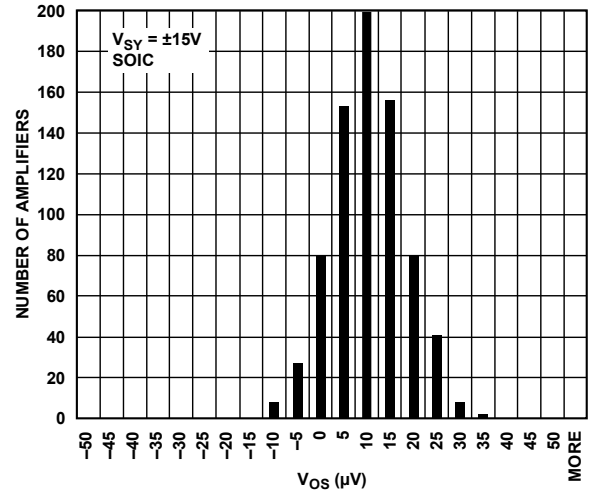


图13. TCV_{OS} 分布, $V_{SY} = \pm 15\text{V}$

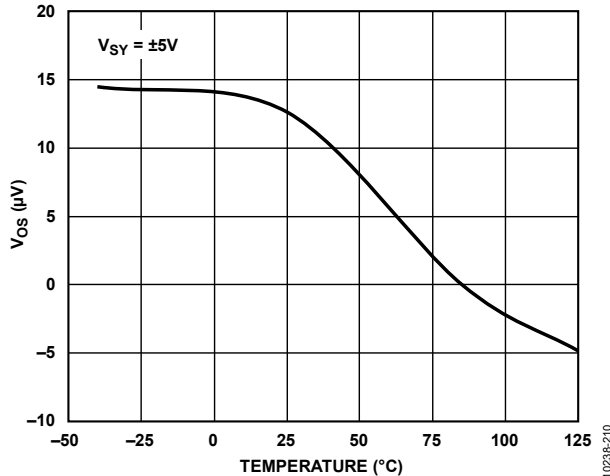


图11. 输入失调电压与共模输入电压(V_{CM})的关系, $V_{SY} = \pm 5\text{V}$, $R_L = \infty$

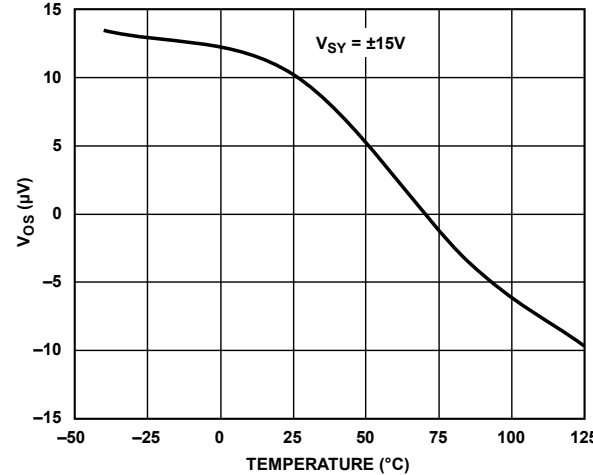


图14. 输入失调电压与输入共模电压(V_{CM})的关系, $V_{SY} = \pm 15\text{V}$, $R_L = \infty$

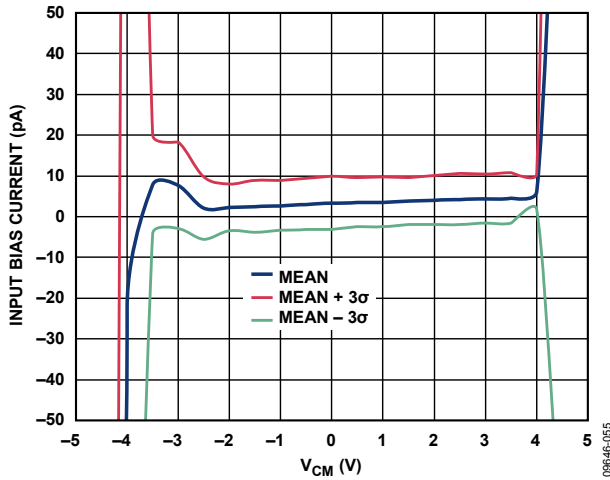


图15. 输入偏置电流与共模输入电压(V_{CM})的关系, 平均值和三个标准差, $V_{SY} = \pm 5 V$, $R_L = \infty$

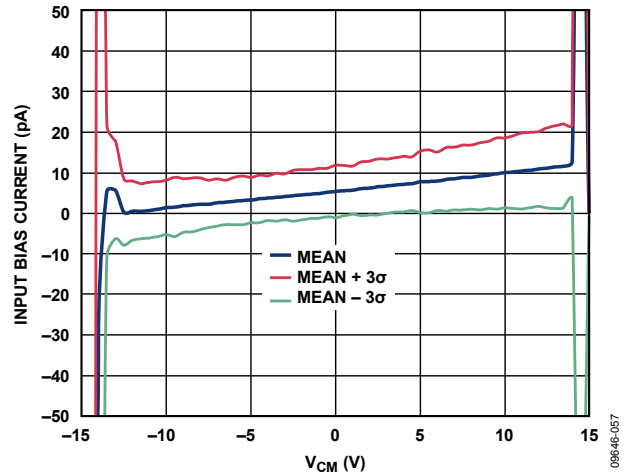


图18. 输入偏置电流与共模输入电压(V_{CM})的关系, 平均值和三个标准差, $V_{SY} = \pm 15 V$, $R_L = \infty$

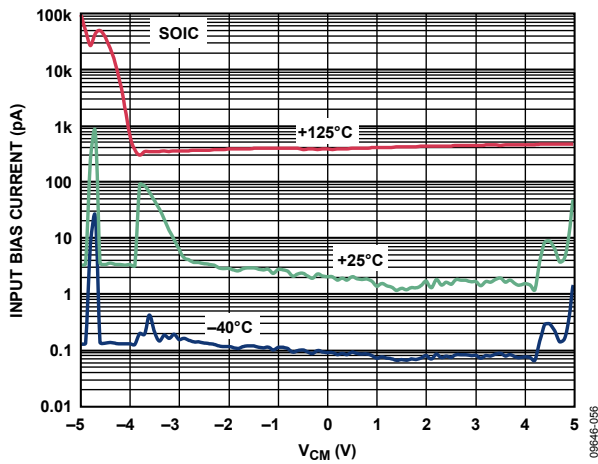


图16. 输入偏置电流与共模输入电压(V_{CM})的关系, 三种温度, $V_{SY} = \pm 5 V$, $R_L = \infty$

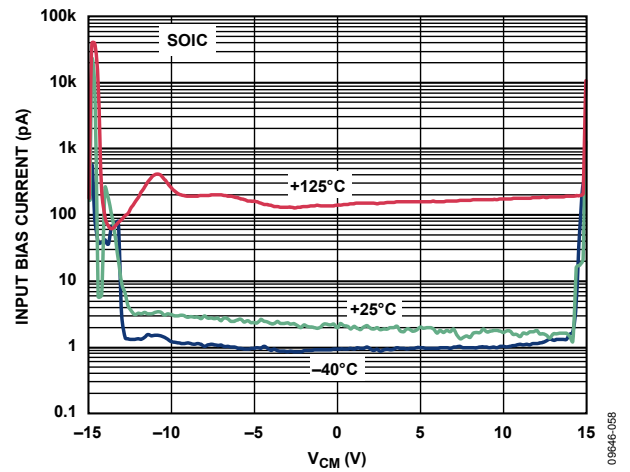


图19. 输入偏置电流与共模输入电压(V_{CM})的关系, 三种温度, $V_{SY} = \pm 15 V$, $R_L = \infty$

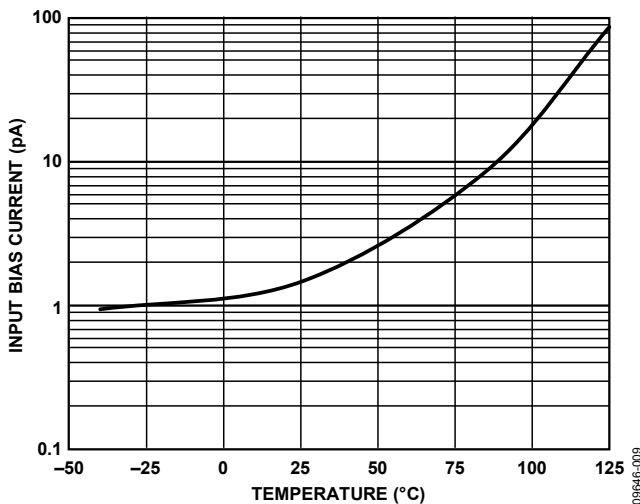


图17. 输入偏置电流与温度的关系, $V_{SY} = \pm 5 V$

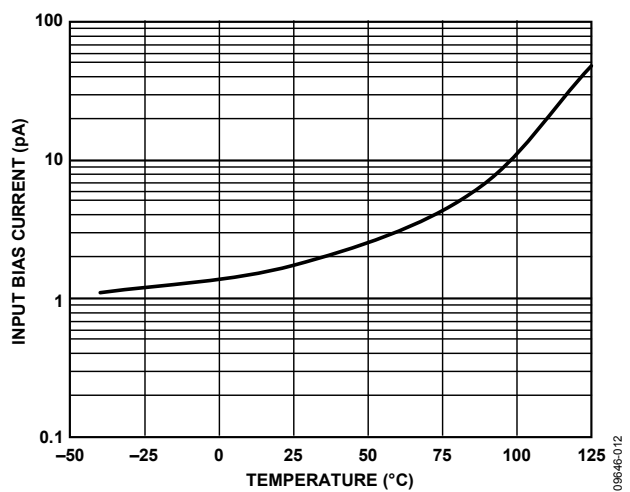


图20. 输入偏置电流与温度的关系, $V_{SY} = \pm 15 V$

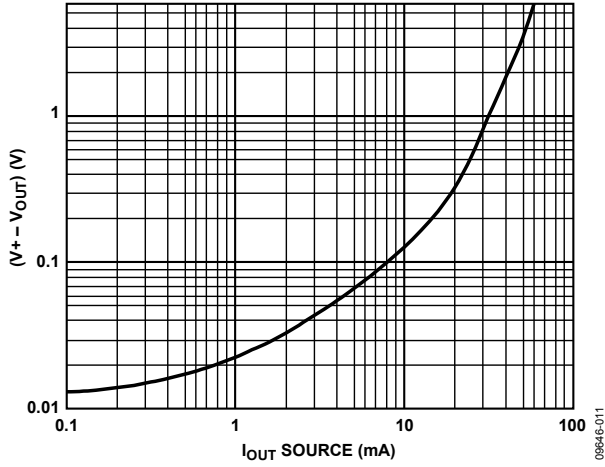


图21. 压差($V_+ - V_{OUT}$)与 I_{OUT} 拉电流的关系, $V_{SY} = \pm 5 V$

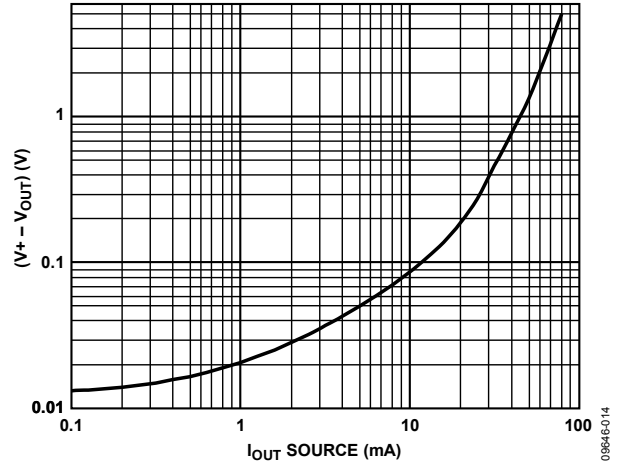


图24. 压差($V_+ - V_{OUT}$)与 I_{OUT} 拉电流的关系, $V_{SY} = \pm 15 V$

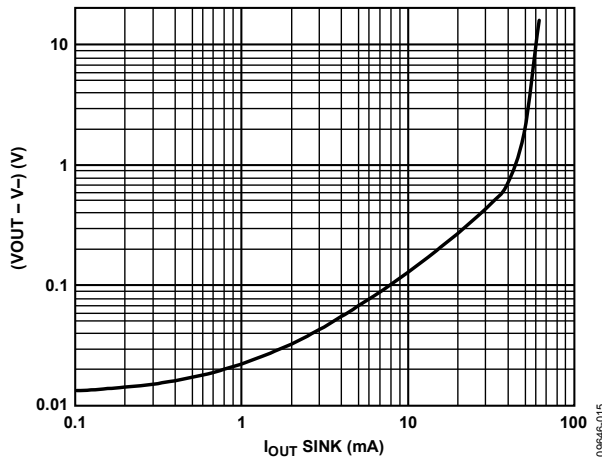


图22. 压差($V_{OUT} - V_-$)与 I_{OUT} 灌电流的关系, $V_{SY} = \pm 5 V$

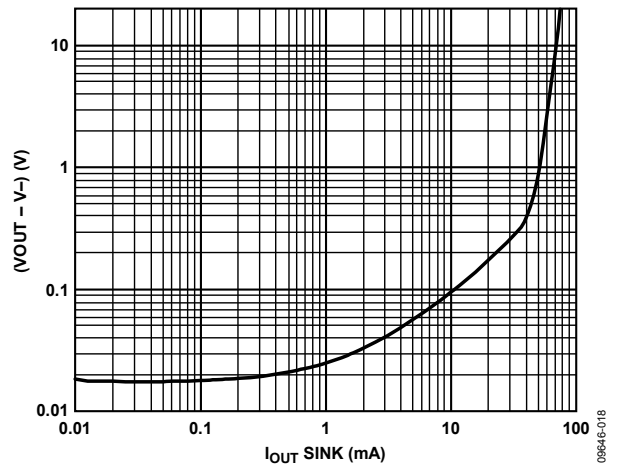


图25. 压差($V_{OUT} - V_-$)与 I_{OUT} 灌电流的关系, $V_{SY} = \pm 15 V$

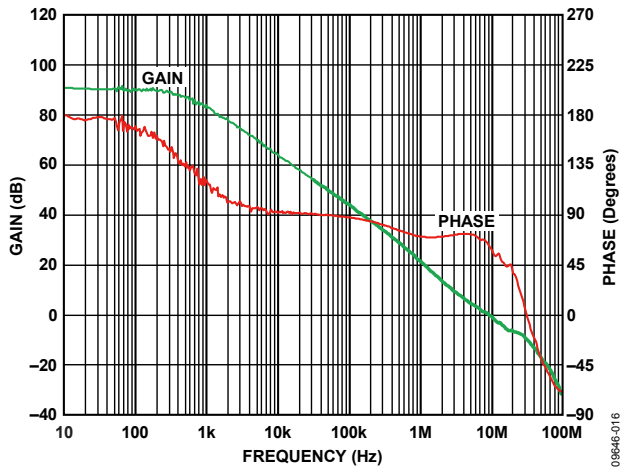


图23. 开环增益和相位裕量与频率的关系, $V_{SY} = \pm 5 V$,
 $R_L = 2 k\Omega$, $V_{IN} = 5 mV$

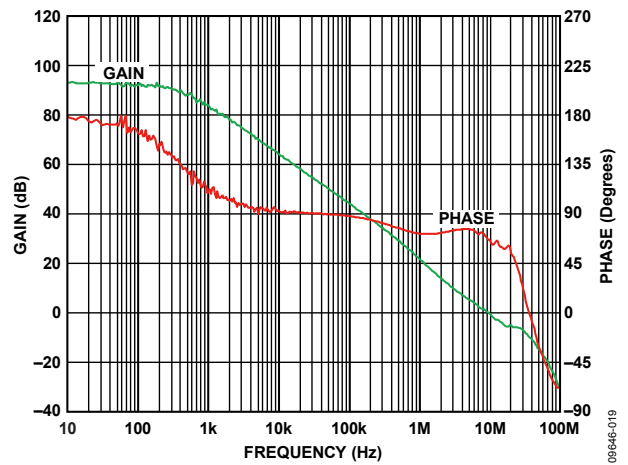


图26. 开环增益和相位裕量与频率的关系, $V_{SY} = \pm 15 V$,
 $R_L = 2 k\Omega$, $V_{IN} = 5 mV$

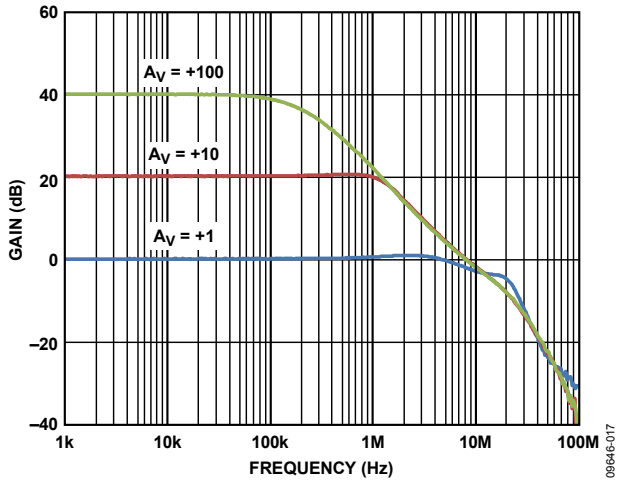


图27. 闭环增益与频率的关系, $V_{SV} = \pm 5\text{ V}$

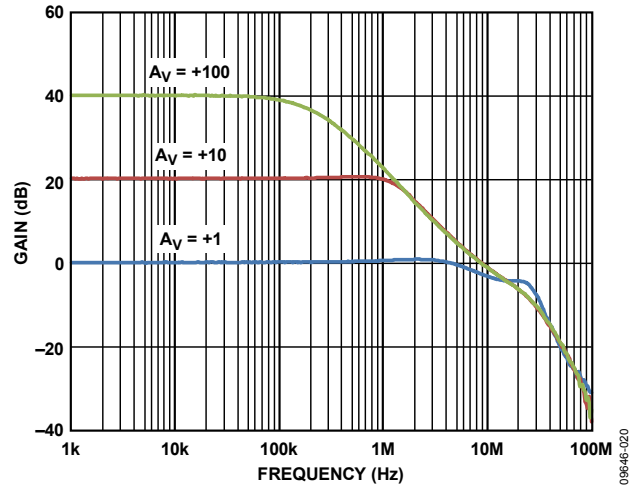


图30. 闭环增益与频率的关系, $V_{SV} = \pm 15\text{ V}$

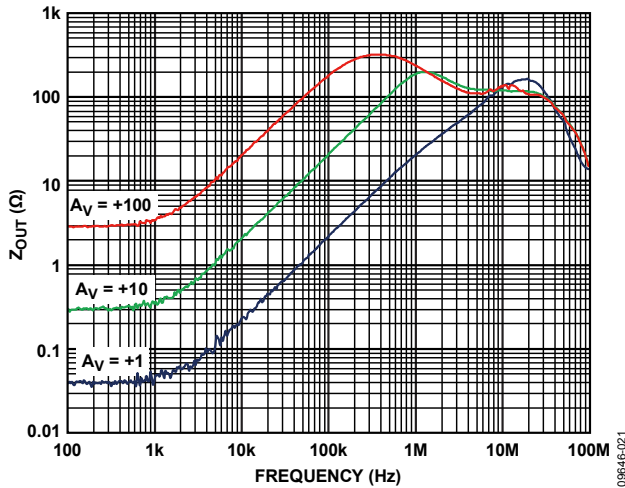


图28. 闭环输出阻抗(Z_{OUT})与频率的关系, $V_{SV} = \pm 5\text{ V}$

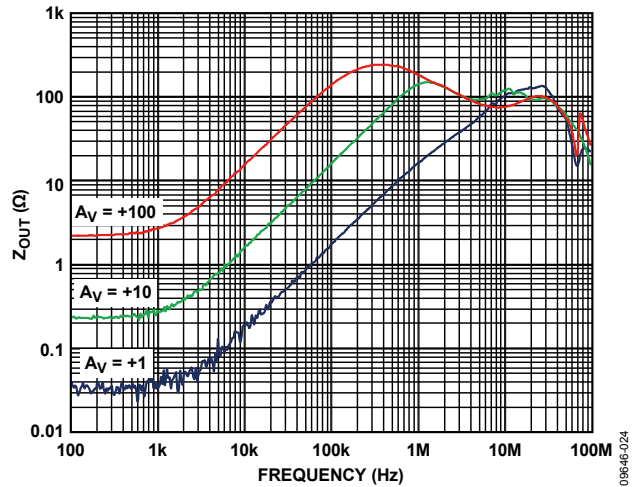


图31. 闭环输出阻抗(Z_{OUT})与频率的关系, $V_{SV} = \pm 15\text{ V}$

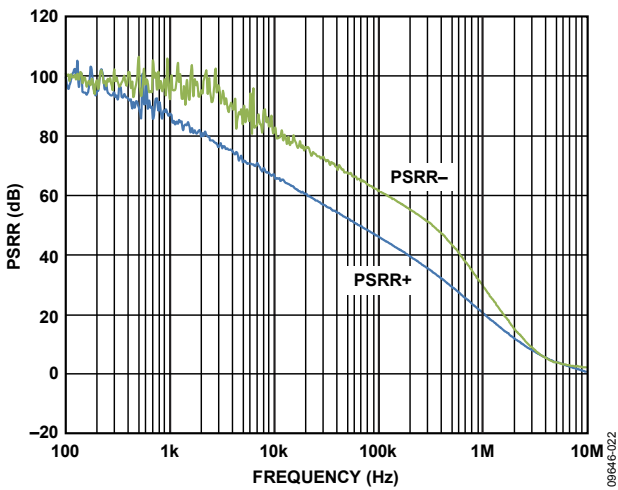


图29. PSRR与频率的关系, $V_{SV} = \pm 5\text{ V}$

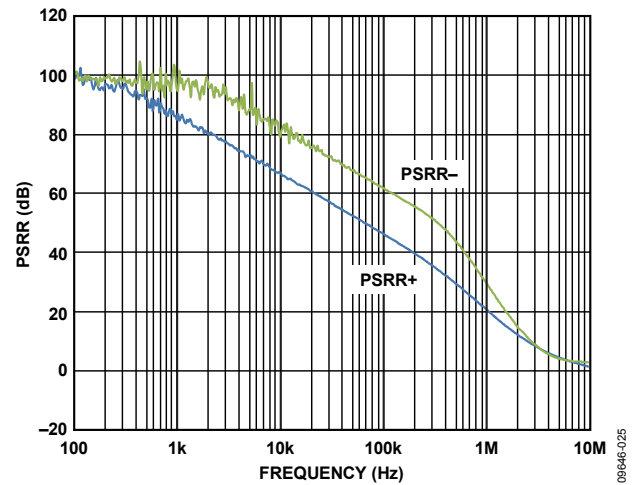


图32. PSRR与频率的关系, $V_{SV} = \pm 15\text{ V}$

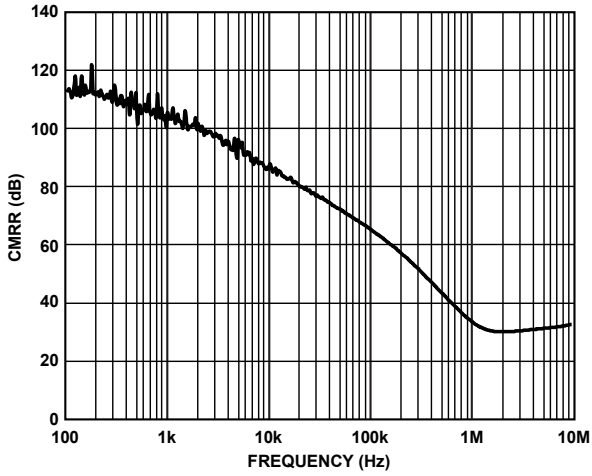


图33. CMRR与频率的关系, $V_{SY} = \pm 5 V$

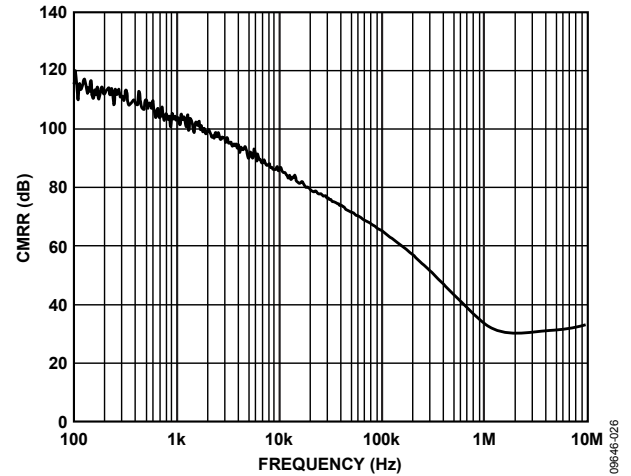


图36. CMRR与频率的关系, $V_{SY} = \pm 15 V$

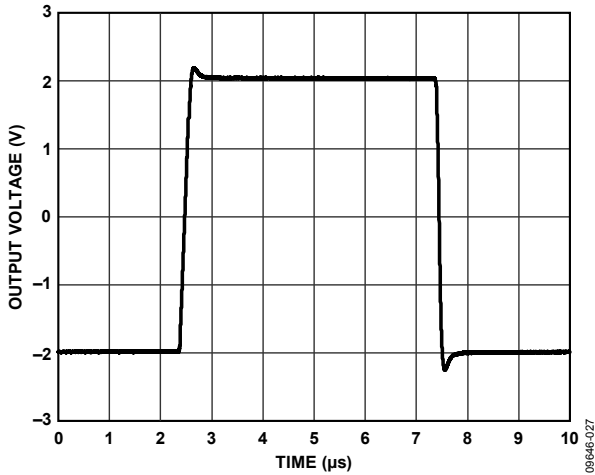


图34. 大信号瞬变响应, $V_{SY} = \pm 5 V$, $A_V = 1$, $R_L = 2 k\Omega$, $C_L = 100 pF$

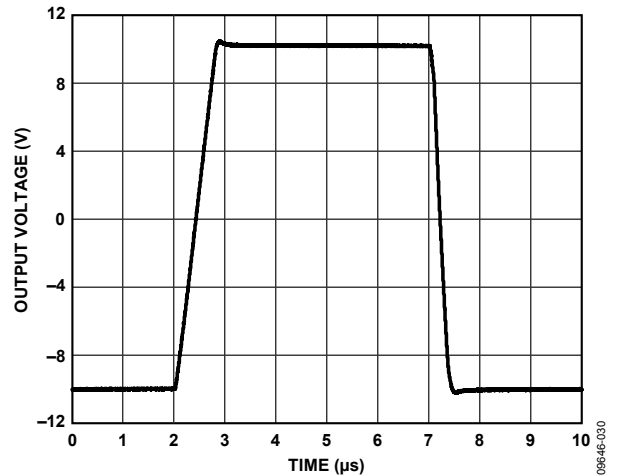


图37. 大信号瞬变响应, $V_{SY} = \pm 15 V$, $A_V = 1$, $R_L = 2 k\Omega$, $C_L = 100 pF$

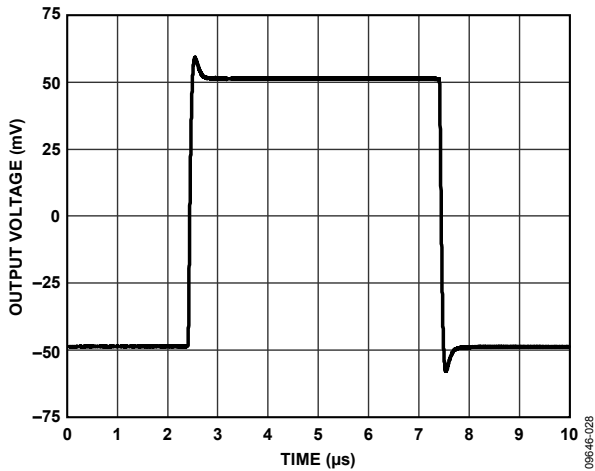


图35. 小信号瞬变响应, $V_{SY} = \pm 5 V$, $A_V = 1$, $R_L = 2 k\Omega$, $C_L = 100 pF$

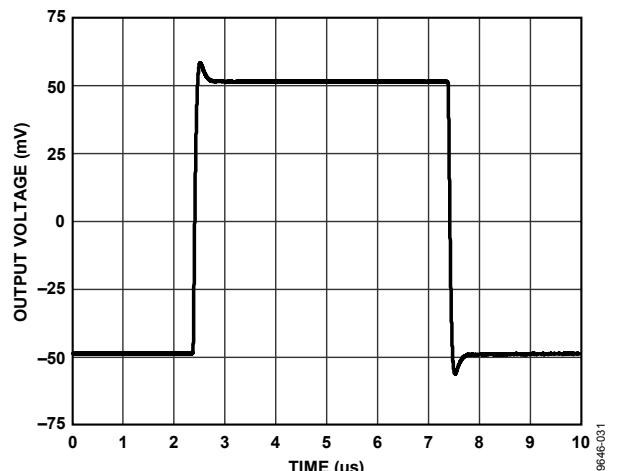


图38. 小信号瞬变响应, $V_{SY} = \pm 15 V$, $A_V = 1$, $R_L = 2 k\Omega$, $C_L = 100 pF$

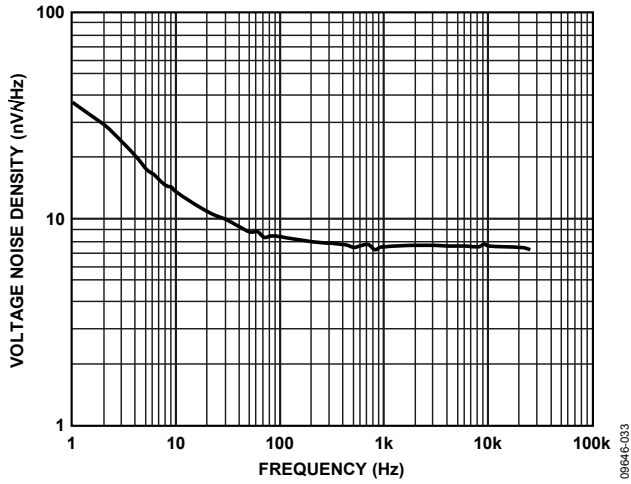


图39. 电压噪声密度与频率的关系, $V_{SY} = \pm 5 V$

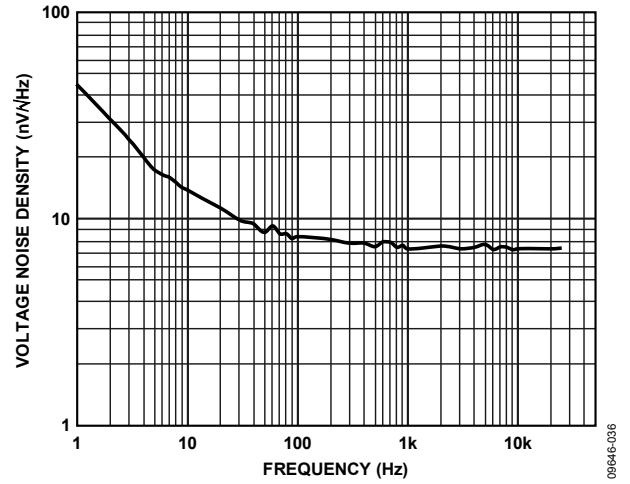


图41. 电压噪声密度与频率的关系, $V_{SY} = \pm 15 V$

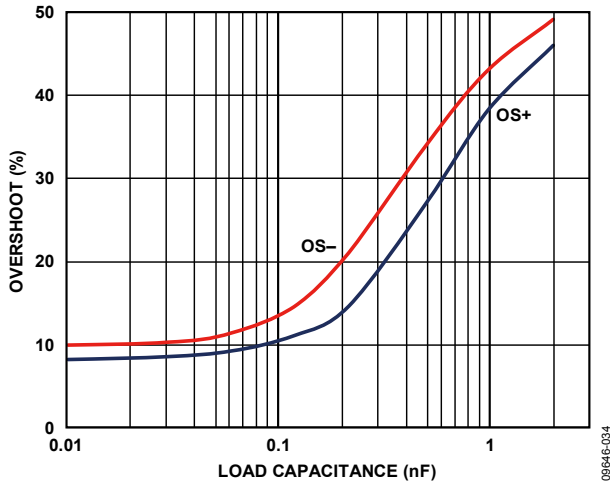


图40. 过冲与负载电容的关系, $V_{SY} = \pm 5 V$, $A_V = 1$,
 $R_L = 2 k\Omega$, $V_{IN} = 100 mV p-p$

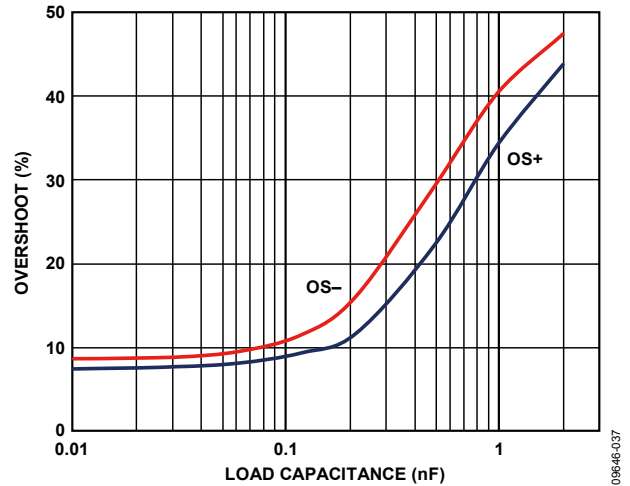


图42. 过冲与负载电容的关系, $V_{SY} = \pm 15 V$, $A_V = 1$,
 $R_L = 2 k\Omega$, $V_{IN} = 100 mV p-p$

比较电压和可变电压图表

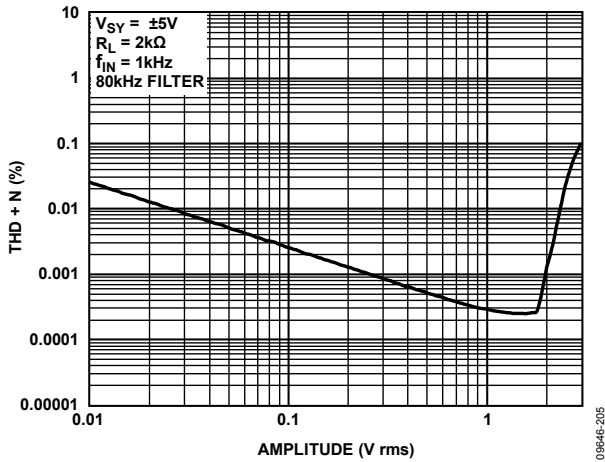


图43. THD + N与幅度的关系, $V_{SY} = \pm 5 V$

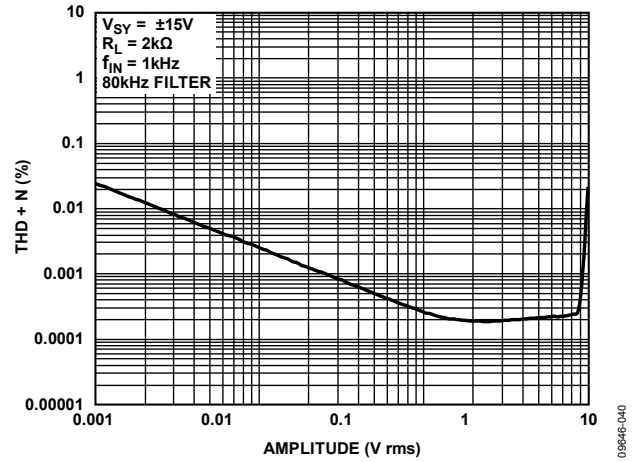


图46. THD + N与幅度的关系, $V_{SY} = \pm 15 V$

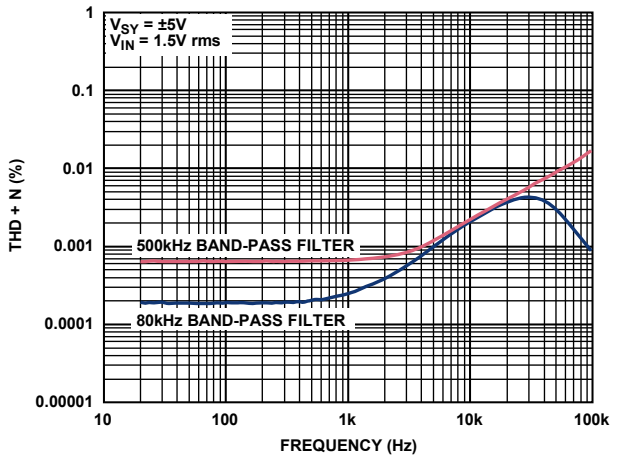


图44. THD + N与频率的关系, $V_{SY} = \pm 5 V$

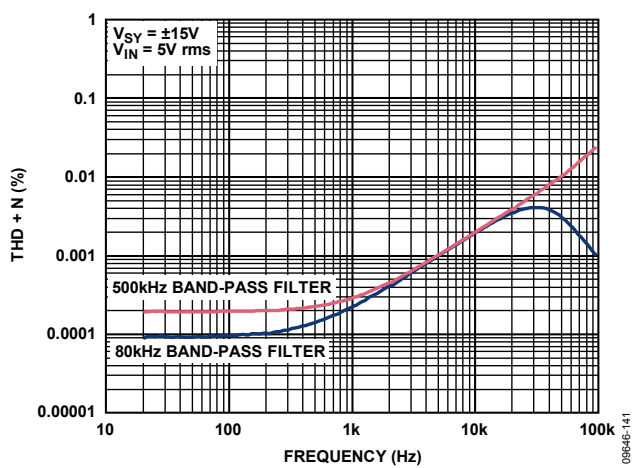


图47. THD + N与频率的关系, $V_{SY} = \pm 15 V$

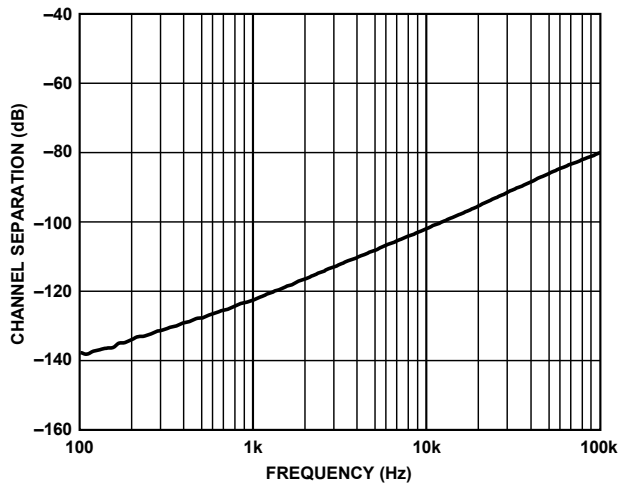


图45. 通道隔离与频率的关系

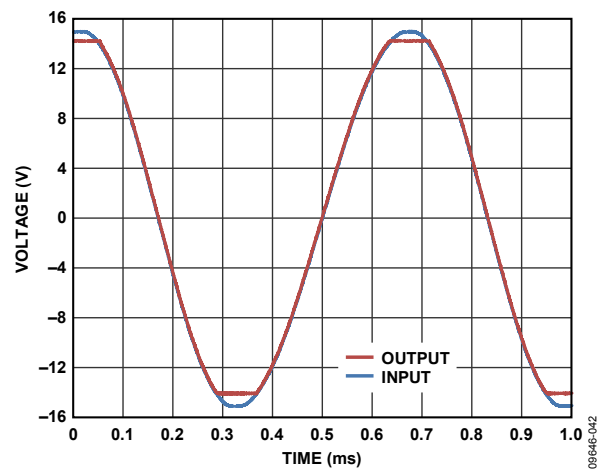


图48. 无反相, $V_{SY} = \pm 15 V$, $A_v = +1$, $R_L = 2 k\Omega$, $C_L = 100 pF$

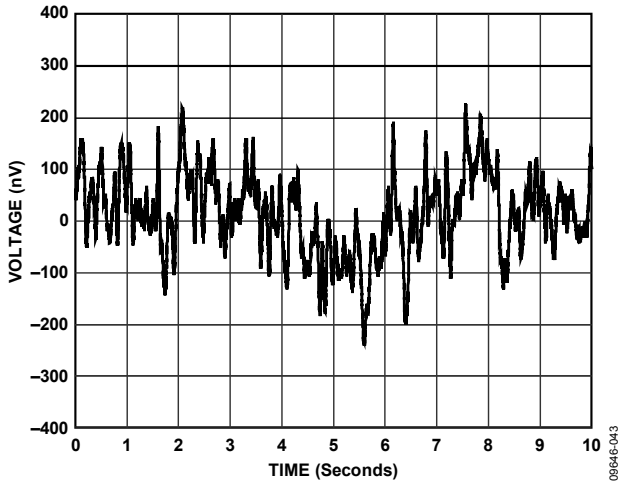


图49. 电压噪声, 0.1 Hz至10 Hz

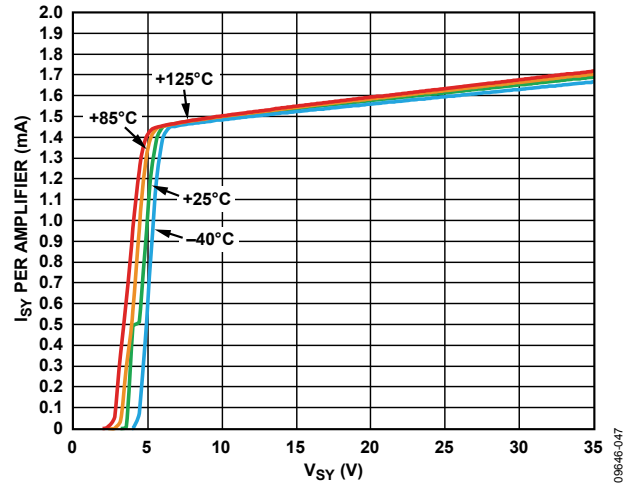


图52. 不同温度下每个放大器的电源电流(I_{SY})与电源电压(V_{SY})的关系

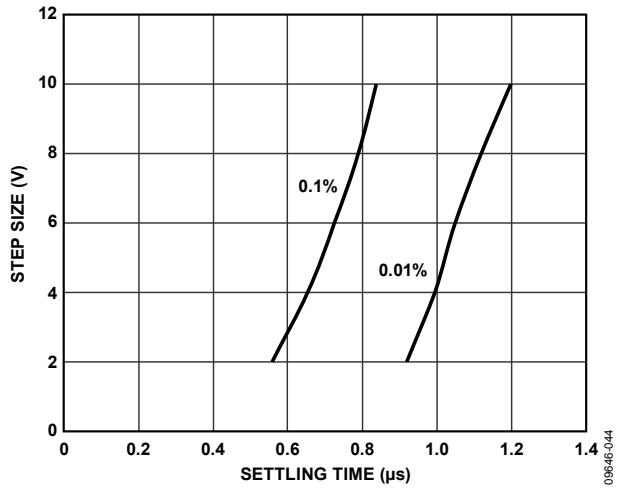


图50. 正阶跃建立时间

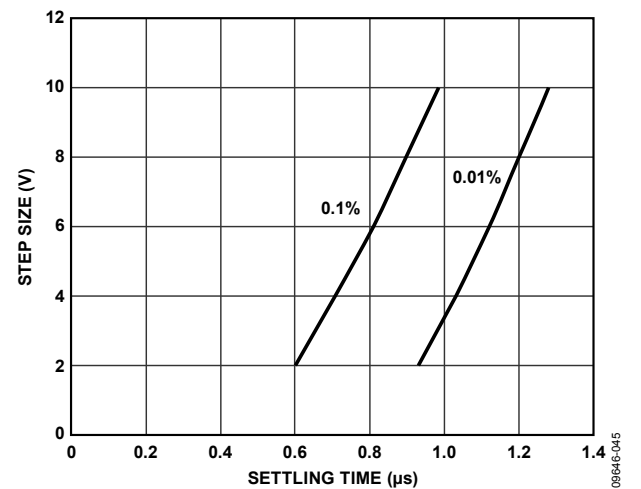


图53. 负阶跃建立时间

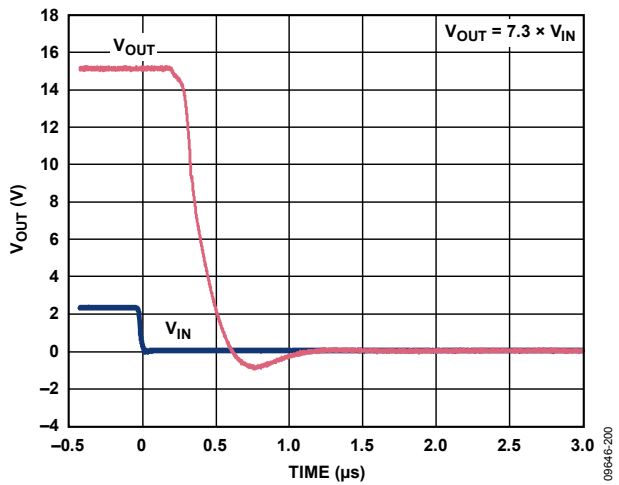


图51. 正过载恢复时间

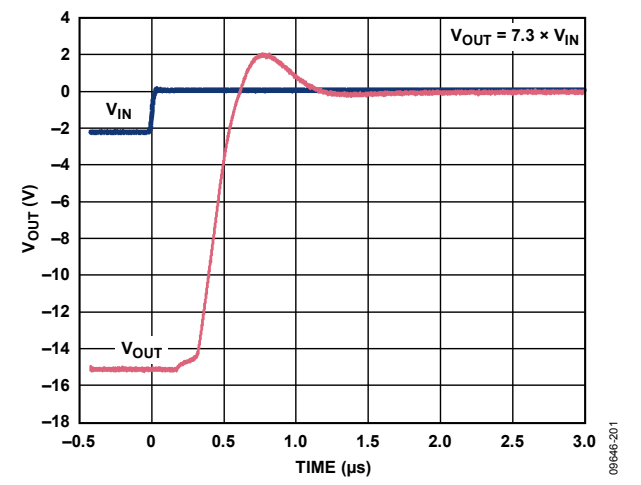


图54. 负过载恢复时间

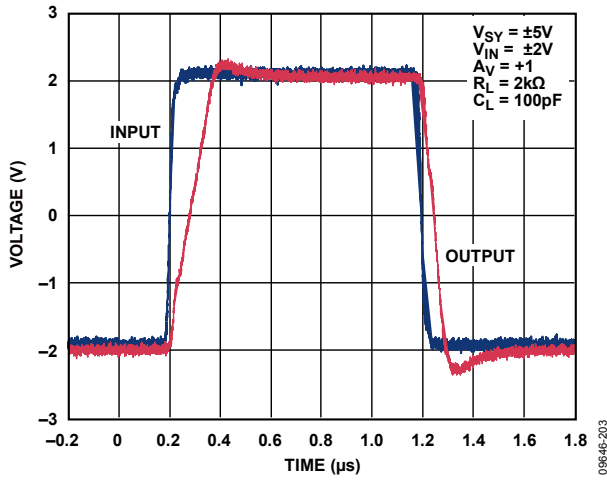


图55. 正和负压摆率($V_{SY} = \pm 5V$, $A_V = 1$, $R_L = 2k\Omega$)

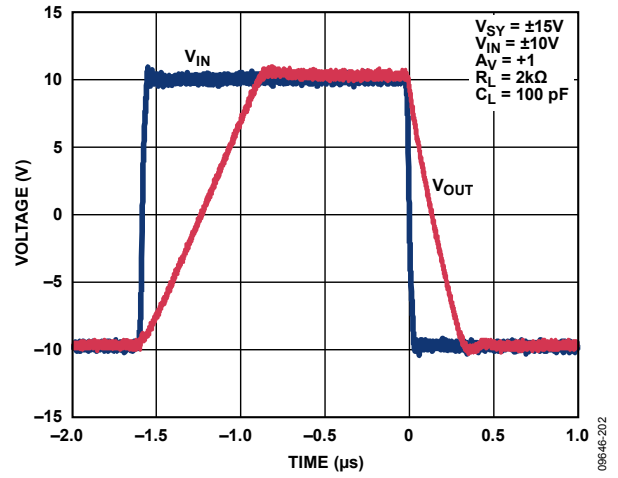


图56. 正和负压摆率($V_{SY} = \pm 15V$, $A_V = 1$, $R_L = 2k\Omega$)

工作原理

ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 采用 ADI 公司 iPolar® 工艺制造,这是一种利用 P 沟道 JFET 技术的 36 V 电介质隔离 (DI) 工艺。独特的架构使得 ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 可将高精度、高速度特性整合到高压、低功耗运算放大器中。图 57 为 ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 的简化原理图。JFET 输入级架构提供低输入偏置电流、高带宽、高增益、低噪声的优势,当施加的输入信号超过共模电压范围时也不会反相。输出级为轨到轨式,具有高驱动特性;无论灌电流还是拉电流,压差均很低。

对于所有增益配置,ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 皆提供无条件稳定性,即使容性负载远大于 1 nF 也无妨。这些器件具有内部保护电路,在任一输入端上施加的电压即使高出电源电压 0.3 V 也不会造成任何有害影响(对于更高输入电压,参见“输入过压保护”部分)。

ADA4610-1/ADA4610-2 B 级实现了小于 0.4 mV 的失调和 4 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 的失调漂移;这些特性通常是超高精度双极性输入放大器才具有的。典型 JFET 的栅极电流每 10 $^\circ\text{C}$ 增加一倍,导致输入偏置电流也会随温度增加相似幅度。低功耗特性使 ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 能将芯片温度降至最低,这样即使环境温度很高,输入偏置电流也会很低,因此这些放大器非常适合要求极低漏电流但无主动散热机制的应用。确保印刷电路板(PCB)布局布线正确,使 PCB 走线之间的漏电流最小。布局和操作不当可能产生超过运算放大器偏置电流的漏电流。

ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 额定电源电压为 $\pm 5\text{ V}$ 至 $\pm 15\text{ V}$,额定温度范围为 -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ 的扩展工业温度范围。ADA4610-1 提供 8 引脚 SOIC 封装。ADA4610-2 提供 8 引脚 MSOP、8 引脚 SOIC 和 8 引脚 LFCSP 三种封装。ADA4610-4 提供 14 引脚 SOIC 和 16 引脚 LFCSP 两种封装。所有这些封装均为表贴型。

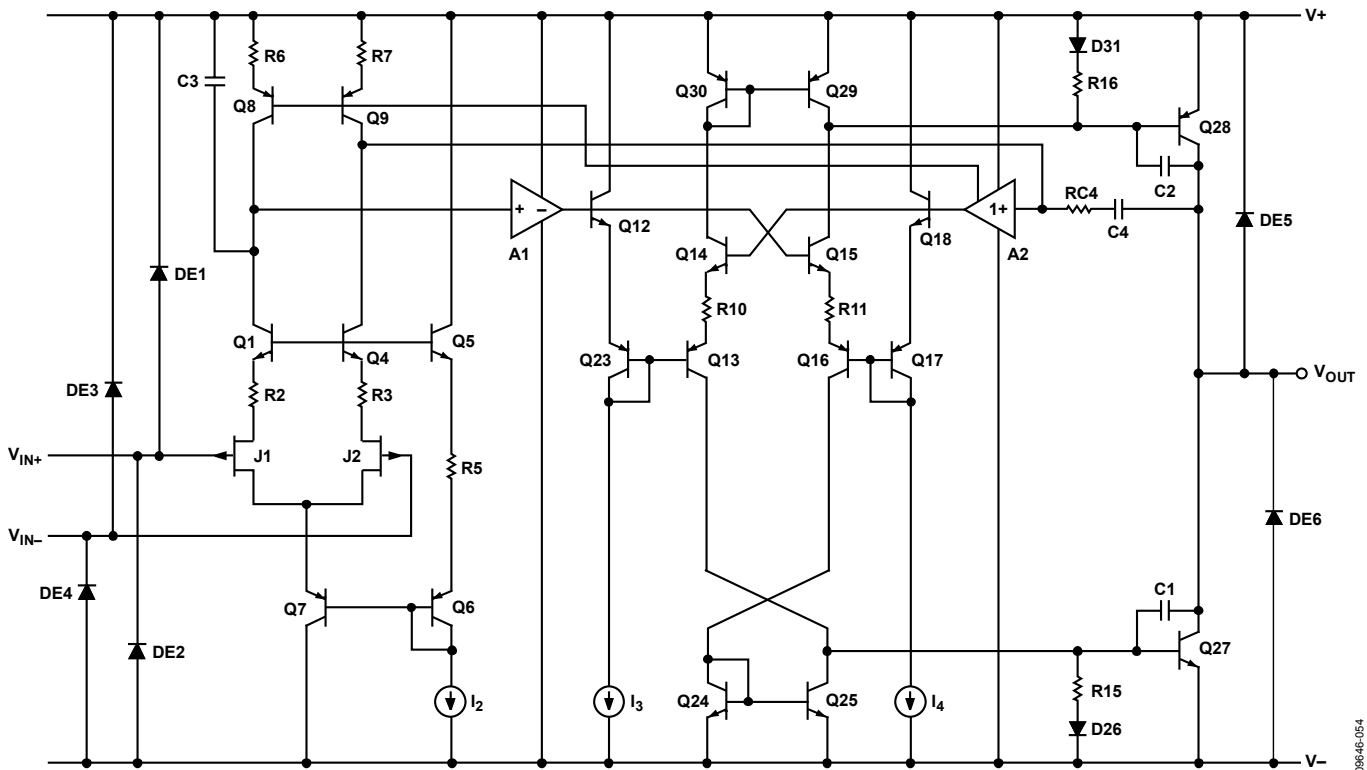


图57. 简化示意图

应用信息

输入过压保护

ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 具有内部保护电路，在任一输入端上施加的电压即使高出电源电压 0.3 V 也不会产生有害影响。对于更高输入电压，需要串联一个电阻以限制输入电流。电阻值通过下式确定：

$$\frac{V_{IN} - V_S}{R_S} \leq 10 \text{ mA}$$

其中：

V_{IN} 为输入电压。

V_S 为 V_+ 或 V_- 的电压。

R_S 为串联电阻。

其偏置电流非常低，在最高 125°C 下小于 1.5 nA，因此可将阻值较高的电阻与输入端串联。5 kΩ 电阻允许输入端耐受比电源高出 25 V 的电压，增加的失调电压小于 10 μV。

峰值检波器

峰值检波器的功能是捕捉信号峰值并产生一个与之相等的输出。利用 ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 等 JFET 输入放大器的直流精度和超低输入偏置电流，可以构建高度精确的峰值检波器，如图 58 所示。

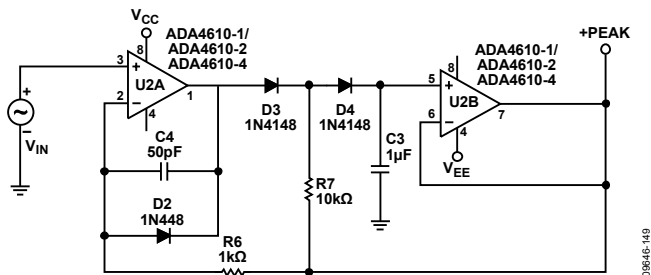


图58. 正峰值检波器

在该应用中，二极管 D3 和 D4 用作单向电流开关，当输出在保持模式下保持不变时，开关断开。要检测正峰值，U2A 通过 D3 和 D4 驱动 C3，直至 C3 充电到与输入峰值相等的电压。从 U2B 正峰值输出到 R6 的反馈限制 U2A 的输出电压。检测到峰值后，U2A 输出摆动到低电平，但被 D2 箝位。二极管 D3 反偏，D3、D4 和 R7 的公共节点保持与 R7 检测到的正峰值相等的电压。D4 两端电压为 0 V，因此其漏电流很小。U2B 的偏置电流也很小。漏电流几乎为 0，C3 具有很长的保持时间。

如图 58 所示，ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 是构建峰值检波器的理想选择，因为 U2A 在快速峰值期间要求直流精度和高输出电流，U2B 要求低输入偏置电流 (I_B) 以使峰值之间的电容放电最少。C3 须为极低漏电流和低电介质吸收电容，如聚苯乙烯或聚丙烯。若二极管反向，电路即可检测负峰值。

电流-电压 (I至V) 转换应用

光电二极管电路

光电二极管电路是 I-V 转换的常见应用之一，放大器将放在负输入端的二极管发射的电流转换为输出电压。

低输入偏置电流、宽带宽和低噪声特性使 ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4 成为各种光电二极管应用的极佳选择，包括传真机、光纤控制、运动传感器和条码阅读器等。

图 59 所示电路采用零偏置电压的硅二极管。此设置为光伏模式，使用了许多大光电二极管。这种配置可限制总噪声，适合仪器仪表应用。

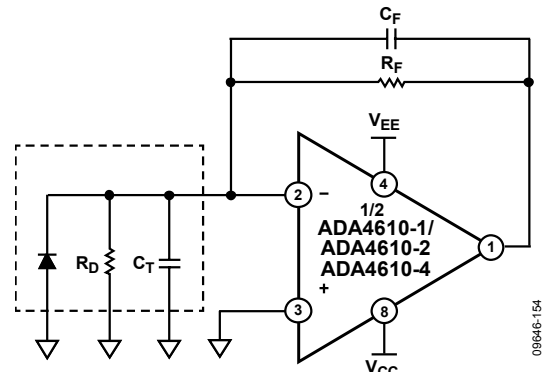


图59. 等效前置放大器光电二极管电路

以提高输出噪声为代价，可获得更大的信号带宽。总输入电容 (C_T) 是二极管电容（通常为 30 pF 至 40 pF）与放大器输入电容 (<10 pF) 之和，包括外部寄生电容。 C_T 在频率响应中产生一个零点，可能导致系统不稳定。为确保系统稳定并优化信号带宽，应在电路的反馈环路中放置一个电容，如图 59 所示。此电容产生一个极点，并使带宽的转折频率为

$$1/(2\pi(R_F C_F))$$

其中：

R_F 为反馈电阻。

C_F 为反馈电容。

根据以下比值确定 R_F 值:

$$V/I_D$$

其中:

V 为运算放大器的期望输出电压。

I_D 为二极管电流。

例如, 如果 I_D 为100 μ A且需要10 V输出电压, 则 R_F 必须为100 k Ω 。光电二极管的电阻(R_D)为结电阻 (参见图59)。

R_D 典型值为1000 M Ω 。由于 $R_D \gg R_F$, 因此电路行为不受结电阻影响。最大信号带宽(f_{MAX})为:

$$f_{MAX} = \sqrt{\frac{ft}{2\pi R_F C_T}}$$

其中 ft 为运算放大器的单位增益频率。

C_F 计算如下:

$$C_F = \sqrt{\frac{C_T}{2\pi R_F ft}}$$

其中 ft 为运算放大器的单位增益频率, 它实现大约45°的相位裕量 ϕ_M 。

提高 C_F 值可获得更高相位裕量。设置 C_F 为上述值的2倍时, $\phi_M = 65^\circ$, 并且可实现最平坦的频率响应, 但最大信号带宽降低50%。

使用上述参数和 $C_F \approx 7$ pF, 信号带宽约为250 kHz。

比较器操作

虽然运算放大器不同于比较器, 但有时也将双通道或四通道运放的不用部分用作比较器, 但对轨到轨输出运算放大器不推荐采取这种做法。对于轨到轨输出运算放大器, 输出级通常采用双极性或MOSFET晶体管比例式电流镜。由于器件工作在开环模式, 第二级会提高驱动至比例镜的电流以闭合环路, 但未能成功, 导致电源电流增加。当ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4运算放大器配置为比较器时, 电源电流可能会明显增加 (参见图60显示的ADA4610-4电源电流与电源电压的关系)。将不用部分配置为电压跟随器时, 建议将同相输入连接到输入电压范围内的电压。ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4采用独特的输出级设计, 可降低过高的电源电流, 但当运算放大器在开环模式下工作时不会完全消除此影响。

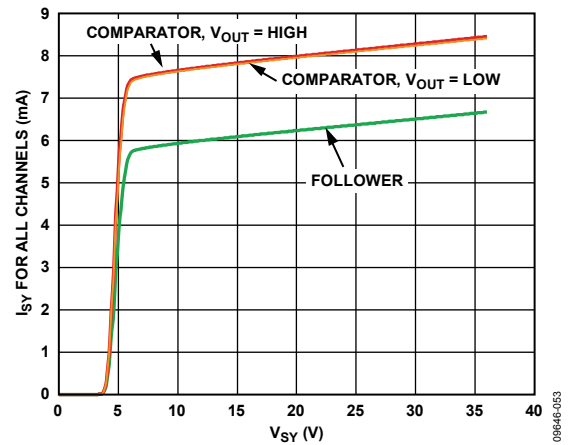


图60. 电源电流(I_{SV})与电源电压(V_{SV})的关系 (仅ADA4610-4)

长期漂移

精密信号路径在其寿命周期内或两次校准程序间隔期内的稳定性，取决于路径中的模拟器件（如运算放大器、基准电压源、数据转换器等）的长期稳定性。为了帮助设计人员预测采用ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4的电路的长期漂移，ADI公司利用高精度测量系统（包括超稳定油浴）测量了多个器件为10,000小时（超过13个月）的失调电压。为了模仿实际系统性能，利用标准回流焊曲线（如JEDEC J-STD-020D标准所定义）将被测器件(DUT)焊接到FR4 PCB上，而不是在插槽中进行测试。这种测试方式很重要，因为PCB的膨胀和收缩可能会给集成电路(IC)封装造成压力，影响失调电压偏移。

ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4的长期漂移极低，如图61所示。红色、蓝色和绿色曲线表示样片单元。可以看到，ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4（B级）10,000小时的平均漂移约为5 μV ，或小于室温时最大额定失调电压(400 μV)的2%。

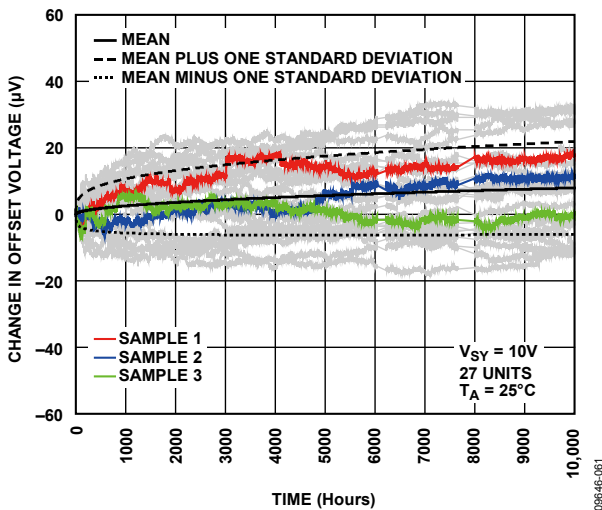


图61. ADA4610-1/ADA4610-2/ADA4610-4实测10,000小时的失调电压长期漂移

温度迟滞

除了“长期漂移”部分所述的时间稳定性之外，知道温度迟滞，即稳定性与温度周期变化的关系也很有用。迟滞是一个重要参数，因为它能告诉系统设计人员，在环境温度改变并随后回到室温时，信号在多大程度上回到其起始幅度。图62显示了温度三次从室温变为125°C，再变为-40°C，最后回到室温时的输入失调电压变化。虚线表示初始预调周期，用以消除器件暴露在生产回流焊温度下引起的最初温度相关失调偏移。在这三个全温度周期中，失调迟滞典型值仅为8 μV ，或完整工作温度范围内800 μV 最大失调电压的1%。图63中的直方图显示：当器件仅经历半周期（即从室温变到125°C，再回到室温）时，迟滞较大。

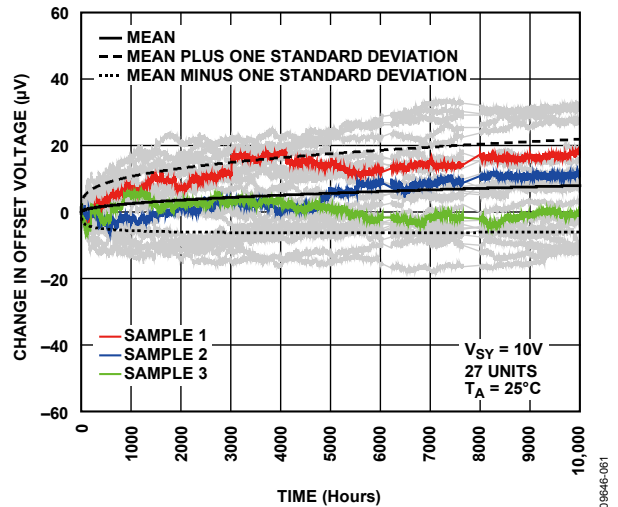


图62. 三个全温度周期内失调电压的变化

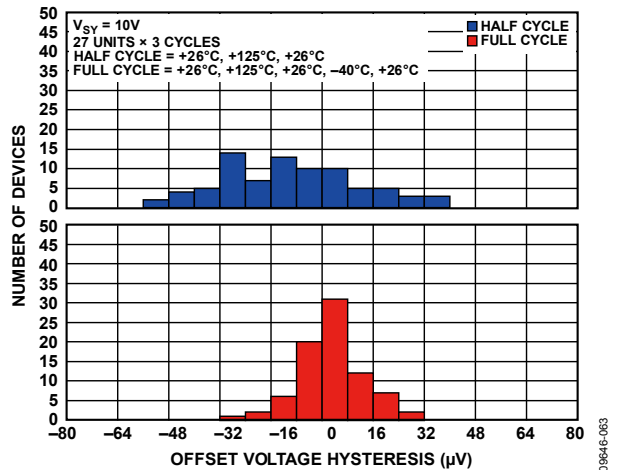
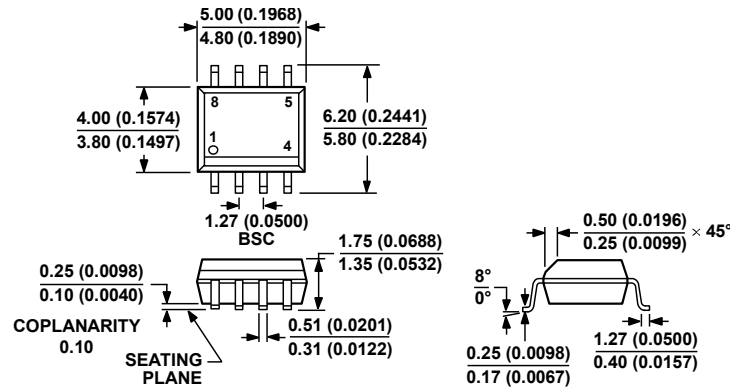


图63. 三个全周期内和三个半周期内失调电压的温度迟滞直方图

外形尺寸



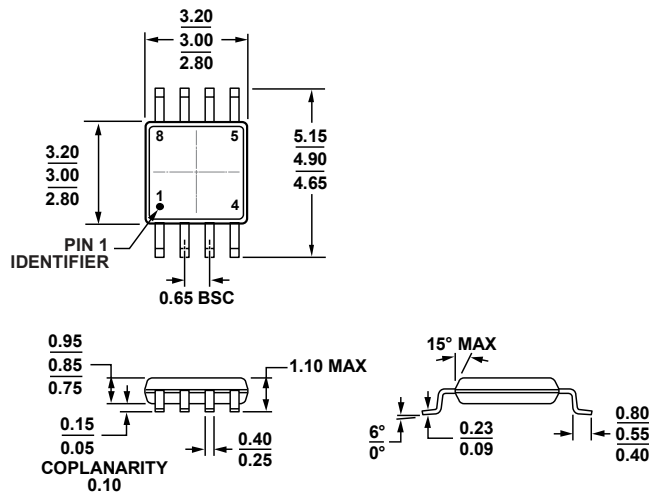
COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AA
 CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS
 (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR
 REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

图64. 8引脚标准小型封装[SOIC_N]

窄体
 (R-8)

图示尺寸单位: mm和(inch)

012407-A



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-187-AA

图65. 8引脚超小型封装[MSOP]

(RM-8)

图示尺寸单位: mm

10-07-2009-B

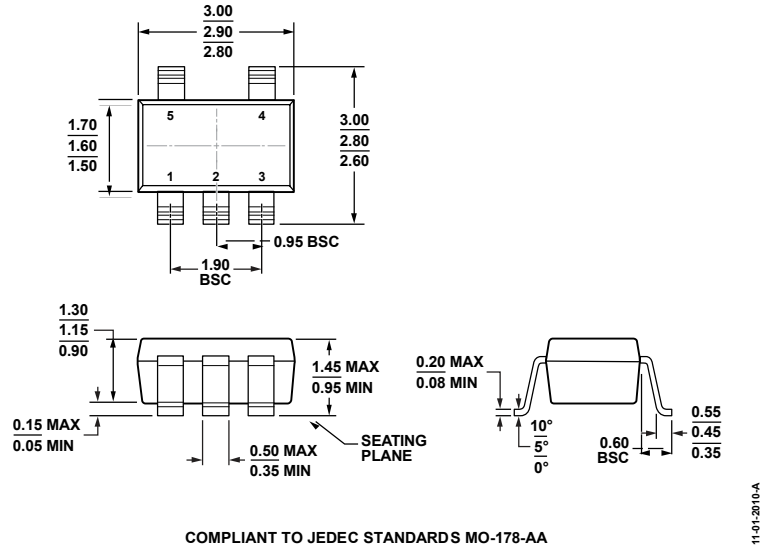


图66. 5引脚小型晶体管封装[SOT-23]

(RJ-5)

图示尺寸单位: mm

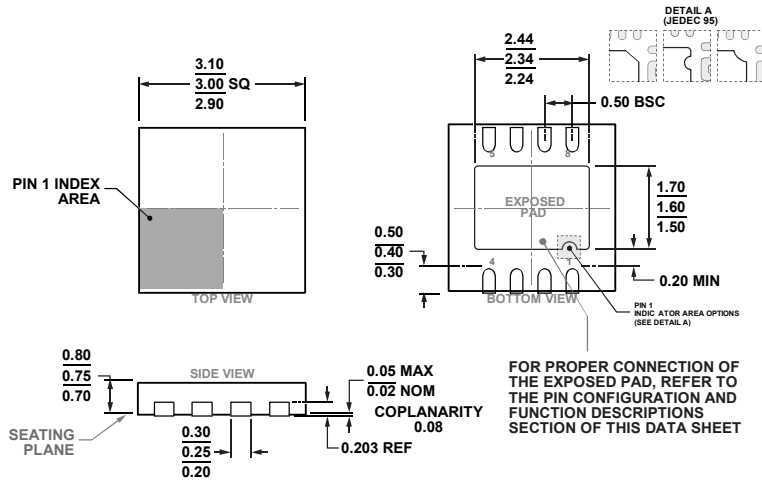
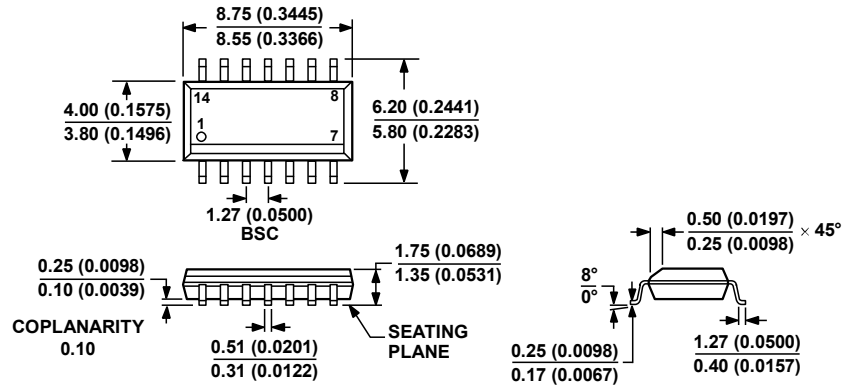


图67. 8引脚引线框芯片级封装[LFCSP]

3 mm × 3 mm 本体、0.75 mm 封装高度

(CP-8-11)

图示尺寸单位: mm



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AB
 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.

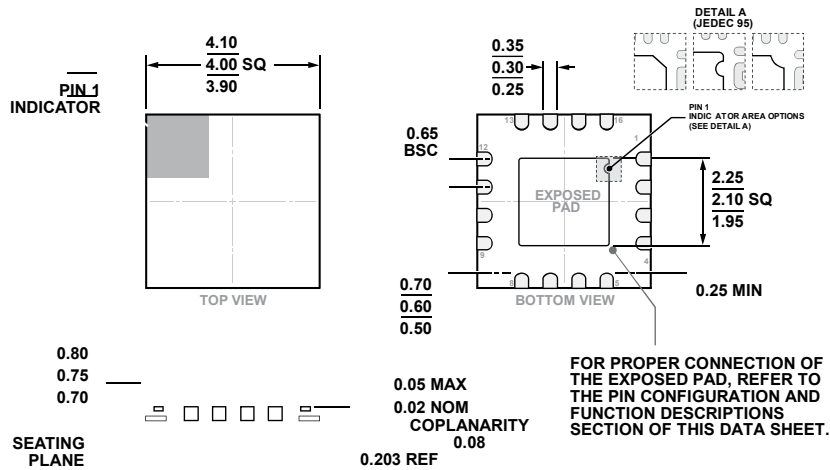
060606-A

图68. 14引脚标准小型封装[SOIC_N]

窄体

(R-14)

图示尺寸单位: mm和(inch)



PK 02-04-0220112

04-15-2016-A

COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-220-WGGC.

图69. 16引脚引线框芯片级封装[LFCSP]

4 mm × 4 mm 本体, 0.75 mm 封装高度

(CP-16-23)

图示尺寸单位: mm

订购指南

型号 ¹	温度范围	封装描述	封装选项	标识
ADA4610-1ARZ	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-1ARZ-R7	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-1ARZ-RL	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-1BRZ	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-1BRZ-R7	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-1BRZ-RL	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-1ARJZ-R2	-40°C至+125°C	5引脚小型晶体管封装[SOT-23]	RJ-5	A37
ADA4610-1ARJZ-R7	-40°C至+125°C	5引脚小型晶体管封装[SOT-23]	RJ-5	A37
ADA4610-1ARJZ-RL	-40°C至+125°C	5引脚小型晶体管封装[SOT-23]	RJ-5	A37
ADA4610-2ACPZ-R7	-40°C至+125°C	8引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-8-11	A2U
ADA4610-2ACPZ-RL	-40°C至+125°C	8引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-8-11	A2U
ADA4610-2ARMZ	-40°C至+125°C	8引脚超小型封装[MSOP]	RM-8	A2U
ADA4610-2ARMZ-R7	-40°C至+125°C	8引脚超小型封装[MSOP]	RM-8	A2U
ADA4610-2ARMZ-RL	-40°C至+125°C	8引脚超小型封装[MSOP]	RM-8	A2U
ADA4610-2ARZ	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-2ARZ-R7	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-2ARZ-RL	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-2BRZ	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-2BRZ-R7	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-2BRZ-RL	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-8	
ADA4610-4ARZ	-40°C至+125°C	14引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-14	
ADA4610-4ARZ-R7	-40°C至+125°C	14引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-14	
ADA4610-4ARZ-RL	-40°C至+125°C	14引脚标准小型封装[SOIC_N]	R-14	
ADA4610-4ACPZ-R7	-40°C至+125°C	16引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-16-23	
ADA4610-4ACPZ-RL	-40°C至+125°C	16引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-16-23	

¹ Z = 符合RoHS标准的器件。