

精密、低功耗、低噪声、CMOS、 轨到轨输入/输出运算放大器

AD8603/AD8607/AD8609

产品特性

低失调电压: 50 μ V(最大值)
低输入偏置电流: 1 pA(最大值)
单电源供电: 1.8 V至5 V
低噪声: 22 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
低功耗: 50 μ A(最大值)
低失真
无相位反转
单位增益稳定

应用

电池供电仪器仪表
多极滤波器
传感器
低功耗ASIC输入或输出放大器

概述

AD8603/AD8607/AD8609分别是单通道/双通道/四通道、低功耗、轨到轨输入和输出放大器，具有极低的失调电压以及低输入电压噪声和电流噪声特性。

这些放大器采用专利微调技术，无需激光微调便可达到出色的精度。三款器件均采用1.8 V至5.0 V单电源或 ± 0.9 V至 ± 2.5 V双电源供电。低失调、低噪声、极低输入偏置电流和低功耗特性相结合，使AD8603/AD8607/AD8609特别适合便携式和环路供电仪器仪表应用。

在输入与输出上还具有轨到轨摆幅能力，因而设计人员可以在低功耗、单电源系统中缓冲CMOS ADC、DAC、ASIC及其它宽输出摆幅器件。

AD8603提供5引脚小型TSOT封装。AD8607提供8引脚MSOP和8引脚SOIC两种封装。AD8609提供14引脚TSSOP和14引脚SOIC两种封装。

引脚配置

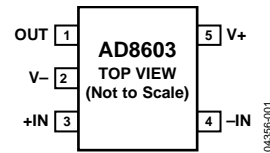


图1. 5引脚TSOT(UJ后缀)



图2. 8引脚MSOP(RM后缀)

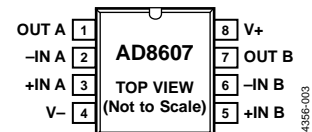


图3. 8引脚SOIC(R后缀)

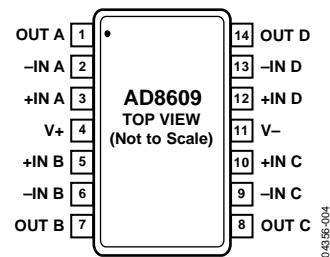


图4. 14引脚TSSOP(RU后缀)

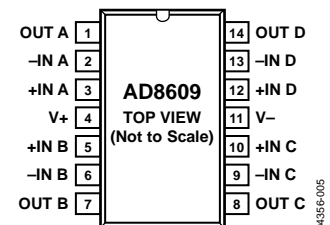


图5. 14引脚SOIC(R后缀)

Rev. C

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.

目录

产品特性	1	应用	12
应用	1	无相位反转	12
概述	1	输入过压保护	12
引脚配置	1	驱动容性负载	12
修订历史	2	近物体传感器	13
技术规格	3	复合放大器	13
电气特性	3	电池供电应用	13
绝对最大额定值	5	光电二极管	13
ESD警告	5	外形尺寸	14
典型性能参数	6	订购指南	16

修订历史

2008年6月—修订版B至修订版C

更改表1	3
更改表2	4
更改图15	7
更改图33	10
更改图45和图47	13
更新“外形尺寸”部分	14
更改“订购指南”部分	16

2005年6月—修订版A至修订版B

更新图49	15
更改“订购指南”部分	17

2003年10月—修订版0至修订版A

增加AD8607和AD8609器件	通篇
更改技术规格	3
更改图35	10
增加图41	11

2003年8月—修订版0：初始版

技术规格

电气特性

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

表1.

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性						
失调电压	V_{OS}	$V_S = 3.3\text{ V}$ @ $V_{CM} = 0.5\text{ V}$ 和 2.8 V $-0.3\text{ V} < V_{CM} < +5.2\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$, $-0.3\text{ V} < V_{CM} < +5.2\text{ V}$	12	50		μV
失调电压漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	40	300	700	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	I_B	$-40^\circ\text{C} < T_A < +85^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	0.2	1		pA
输入失调电流	I_{OS}	$-40^\circ\text{C} < T_A < +85^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		50	500	pA
输入电压范围	IVR		-0.3		+5.2	V
共模抑制比	CMRR	$0\text{ V} < V_{CM} < 5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	85	100		dB
大信号电压增益	A_{VO}	$R_L = 10\text{ k}\Omega$, $0.5\text{ V} < V_O < 4.5\text{ V}$	80			dB
AD8603			400	1000		V/mV
AD8607/AD8609			250	450		V/mV
输入电容	C_{DIFF} C_{CM}			1.9	2.5	pF pF
输出特性						
高输出电压	V_{OH}	$I_L = 1\text{ mA}$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ $I_L = 10\text{ mA}$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	4.95 4.9	4.97		V V
低输出电压	V_{OL}	$I_L = 1\text{ mA}$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ $I_L = 10\text{ mA}$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	4.65 4.50	4.97		V V
短路电流	I_{SC}			16	30	mV
闭环输出阻抗	Z_{OUT}	$f = 10\text{ kHz}$, $A_V = 1$			50	mV
					160	mV
					250	mV
					330	mV
				± 70		mA
				36		Ω
电源						
电源抑制比	PSRR	$1.8\text{ V} < V_S < 5\text{ V}$	80	100		dB
电源电流(每个放大器)	I_{SY}	$V_O = 0\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$		40	50	μA
					60	μA
动态性能						
压摆率	SR	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		0.1		$\text{V}/\mu\text{s}$
0.1%建立时间	t_S	$G = \pm 1$, 2 V 步进		23		μs
增益带宽积	GBP	$R_L = 100\text{ k}\Omega$ $R_L = 10\text{ k}\Omega$		400	316	kHz kHz
相位裕量	ϕ_O	$R_L = 10\text{ k}\Omega$, $R_L = 100\text{ k}\Omega$		70		度
噪声性能						
峰峰值噪声	$e_{n,p-p}$	0.1 Hz 至 10 Hz		2.3	3.5	μV
电压噪声密度	e_n	$f = 1\text{ kHz}$ $f = 10\text{ kHz}$		25		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
电流噪声密度	i_n	$f = 1\text{ kHz}$		0.05		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
通道隔离	C_S	$f = 10\text{ kHz}$ $f = 100\text{ kHz}$		-115	-110	dB dB

AD8603/AD8607/AD8609

除非另有说明, $V_S = 1.8\text{ V}$, $V_{CM} = V_S/2$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表2.

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性						
失调电压	V_{OS}	$V_S = 3.3\text{ V}$ @ $V_{CM} = 0.5\text{ V}$ 和 2.8 V $-0.3\text{ V} < V_{CM} < +1.8\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +85^\circ\text{C}$, $-0.3\text{ V} < V_{CM} < +1.8\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$, $-0.3\text{ V} < V_{CM} < +1.7\text{ V}$	12	50		μV
失调电压漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	$-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	1	4.5		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	I_B	$-40^\circ\text{C} < T_A < +85^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	0.2	1		pA
输入失调电流	I_{OS}	$-40^\circ\text{C} < T_A < +85^\circ\text{C}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$	0.1	0.5		pA
输入电压范围	IVR		-0.3		+1.8	V
共模抑制比	CMRR	$0\text{ V} < V_{CM} < 1.8\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +85^\circ\text{C}$	80	98		dB
大信号电压增益	A_{VO}	$R_L = 10\text{ k}\Omega$, $0.5\text{ V} < V_O < 4.5\text{ V}$				
AD8603			150	3000		V/mV
AD8607/AD8609			100	2000		V/mV
输入电容	C_{DIFF} C_{CM}			2.1		pF
				3.8		pF
输出特性						
高输出电压	V_{OH}	$I_L = 1\text{ mA}$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	1.65	1.72		V
低输出电压	V_{OL}	$I_L = 1\text{ mA}$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	1.6			V
短路电流	I_{SC}			38	60	mV
闭环输出阻抗	Z_{OUT}	$f = 10\text{ kHz}$, $A_V = 1$			80	mV
				± 10		mA
				36		Ω
电源						
电源抑制比	PSRR	$1.8\text{ V} < V_S < 5\text{ V}$	80	100		dB
电源电流(每个放大器)	I_{SY}	$V_O = 0\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} < T_A < +85^\circ\text{C}$		40	50	μA
					60	μA
动态性能						
压摆率	SR	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		0.1		$\text{V}/\mu\text{s}$
0.1%建立时间	t_S	$G = \pm 1$, 1 V 步进		9.2		μs
增益带宽积	GBP	$R_L = 100\text{ k}\Omega$ $R_L = 10\text{ k}\Omega$		385		kHz
		$R_L = 10\text{ k}\Omega$		316		kHz
相位裕量	ϕ_O	$R_L = 10\text{ k}\Omega$, $R_L = 100\text{ k}\Omega$		70		度
噪声性能						
峰峰值噪声	$e_{n,p-p}$	0.1 Hz 至 10 Hz		2.3	3.5	μV
电压噪声密度	e_n	$f = 1\text{ kHz}$ $f = 10\text{ kHz}$		25		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 1\text{ kHz}$		22		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
电流噪声密度	i_n	$f = 1\text{ kHz}$		0.05		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
通道隔离	C_S	$f = 10\text{ kHz}$ $f = 100\text{ kHz}$		-115		dB
				-110		dB

绝对最大额定值

除非另有说明，绝对最大额定值相对于25°C而言。

表3.

参数	额定值
电源电压	6 V
输入电压	GND至 V_S
差分输入电压	± 6 V
对地输出短路持续时间	未定
存储温度范围	-65°C至+150°C
引脚温度(焊接, 60秒)	300°C
工作温度范围	-40°C至+125°C
结温范围	-65°C至+150°C

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，并不能以这些条件或者在任何其他超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，推断器件能否正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

表4. 封装特性

封装类型	θ_{JA}^1	θ_{JC}	单位
5引脚 TSOT(UJ)	207	61	°C/W
8引脚 MSOP(RM)	210	45	°C/W
8引脚 SOIC_N(R)	158	43	°C/W
14引脚 SOIC_N(R)	120	36	°C/W
14引脚 TSSOP(RU)	180	35	°C/W

¹ θ_{JA} 针对最差条件，即器件以表贴封装焊接在电路板上。

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。

典型性能参数

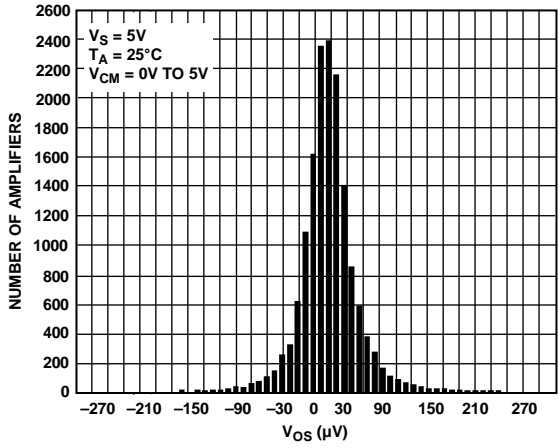


图6. 输入失调电压分布图

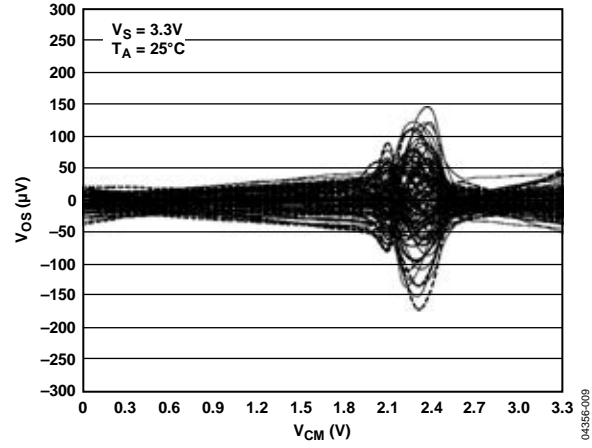


图9. 输入失调电压与共模电压的关系

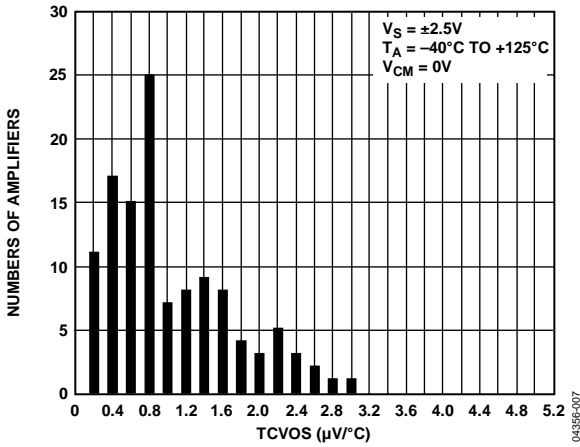


图7. 输入失调电压漂移分布图

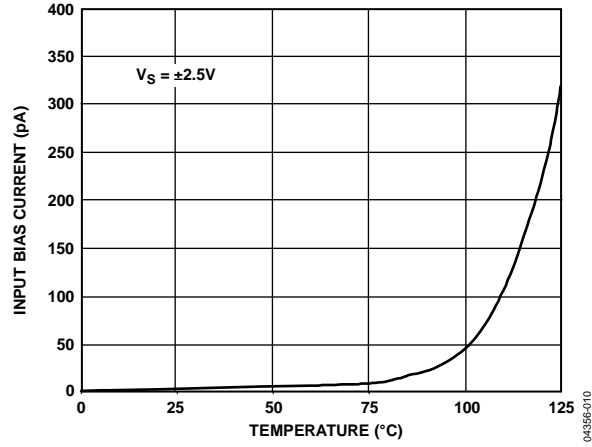


图10. 输入偏置电流与温度的关系

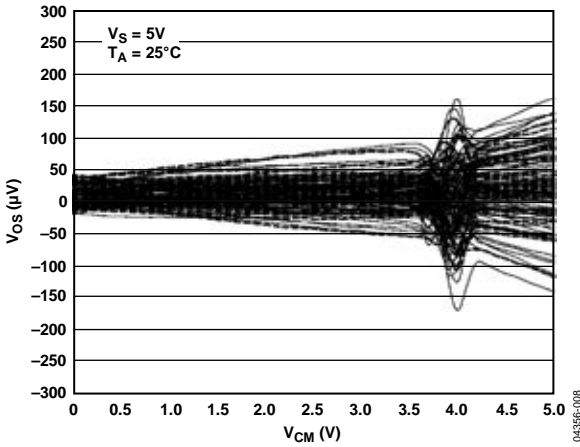


图8. 输入失调电压与共模电压的关系

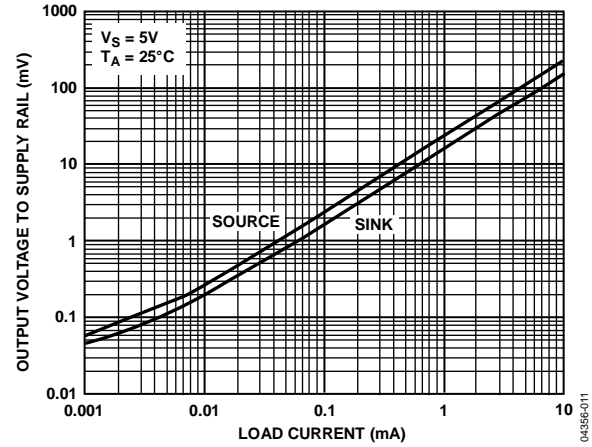


图11. 输出电压至供电轨与负载电流的关系

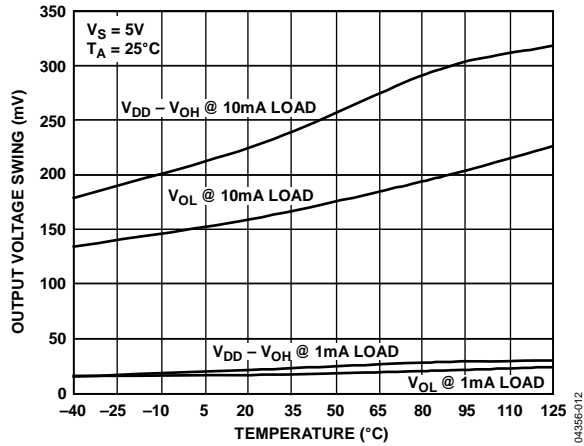


图12. 输出电压摆幅与温度的关系

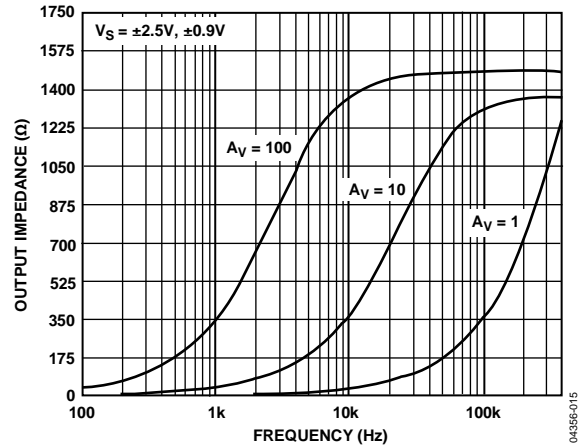


图15. 输出阻抗与频率的关系

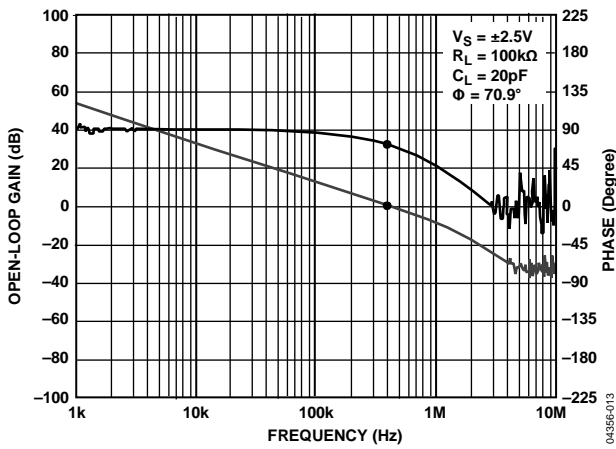


图13. 开环增益和相位与频率的关系

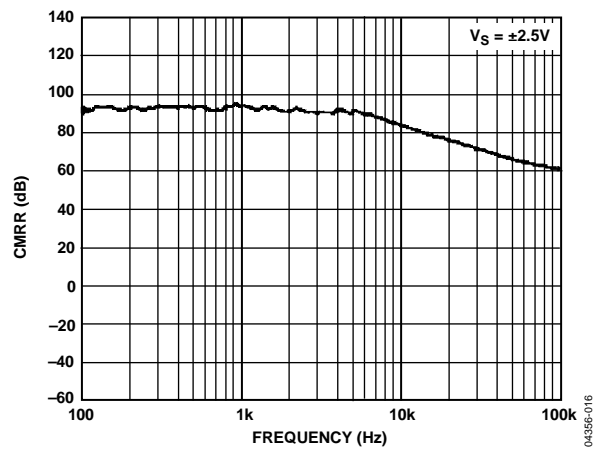


图16. CMRR与频率的关系

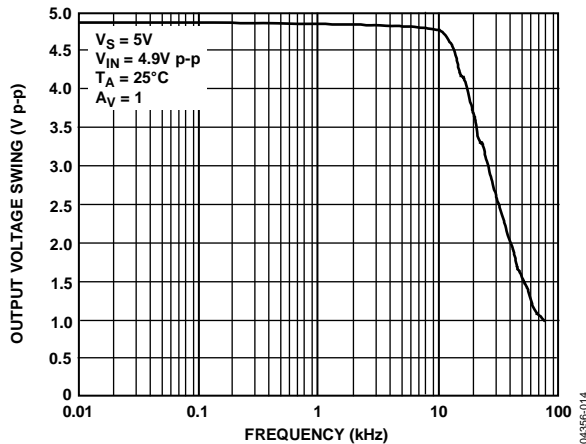


图14. 闭环输出电压摆幅与频率的关系

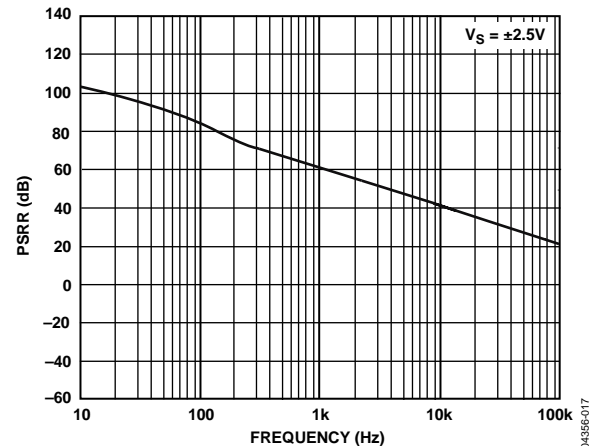


图17. PSRR与频率的关系

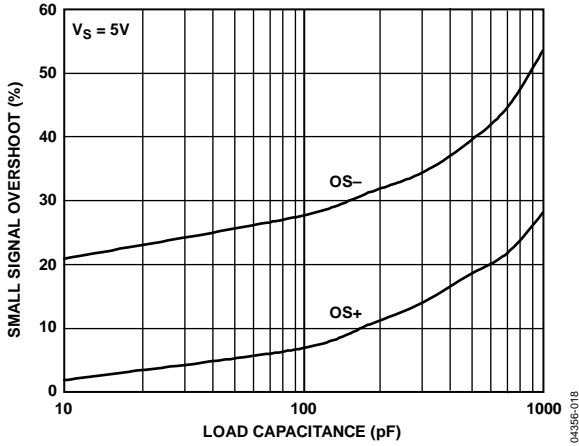


图18. 小信号过冲与负载电容的关系

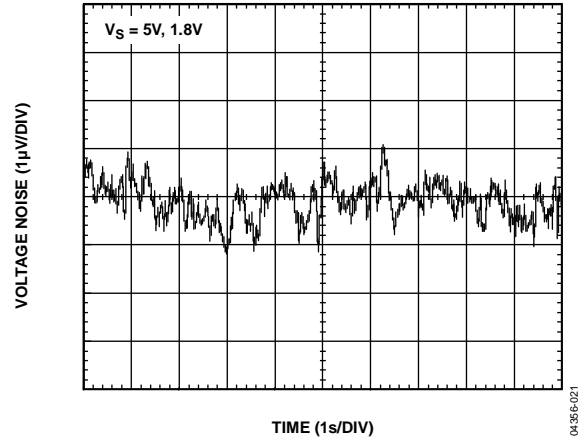


图21. 0.1 Hz至10 Hz输入电压噪声

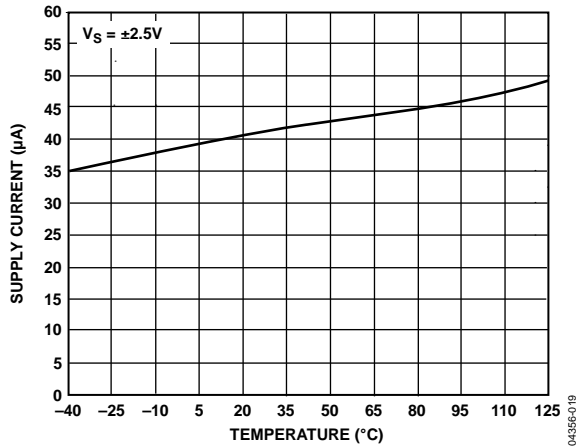


图19. 电源电流与温度的关系

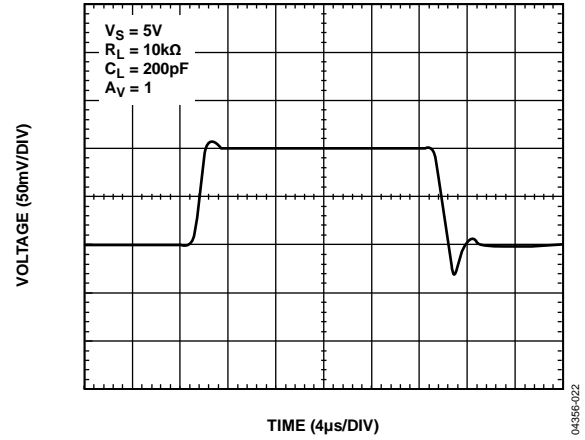


图22. 小信号瞬变

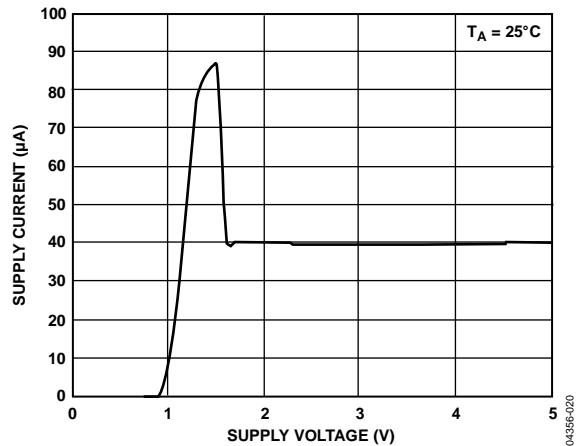


图20. 电源电流与电源电压的关系

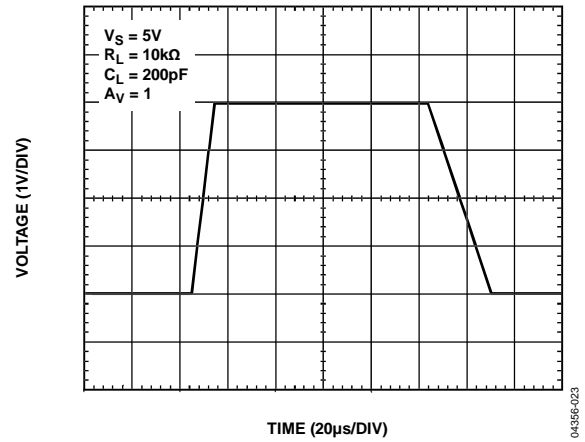


图23. 大信号瞬变

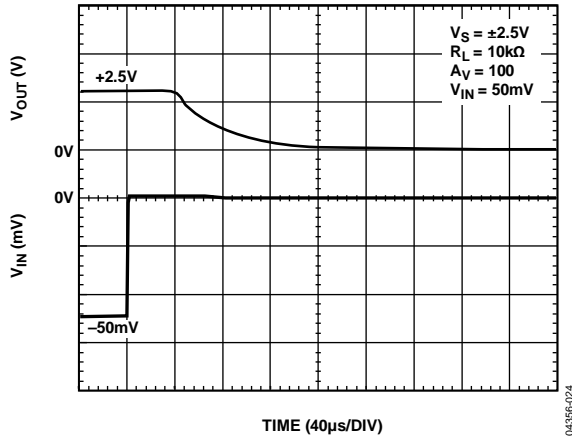


图24. 负过载恢复时间

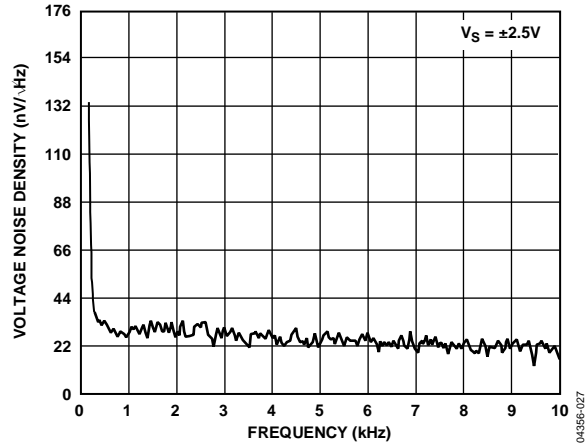


图27. 电压噪声密度与频率的关系

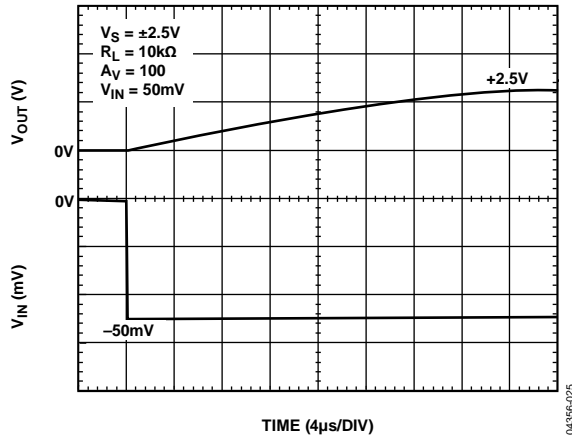


图25. 正过载恢复时间

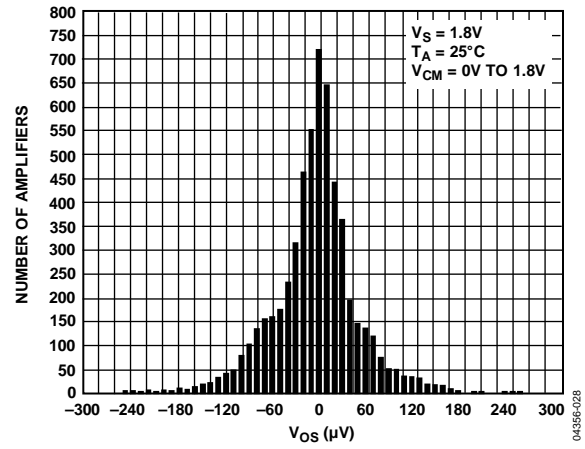


图28. V_{OS} 分布

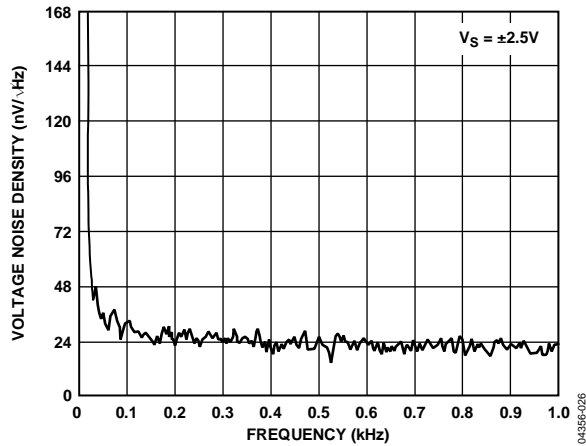


图26. 电压噪声密度与频率的关系

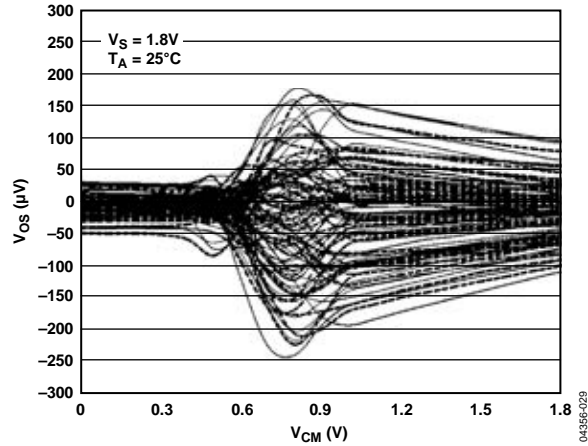


图29. 输入失调电压与共模电压的关系

AD8603/AD8607/AD8609

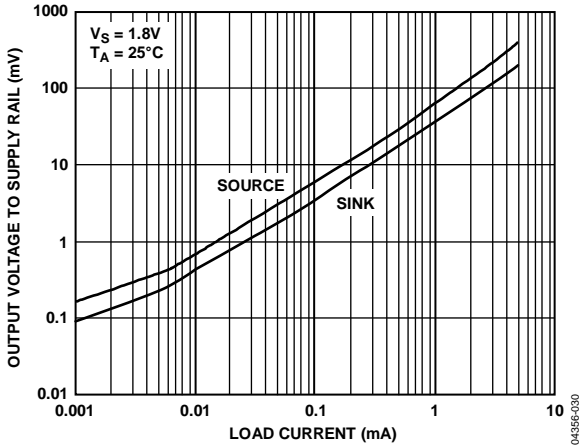


图30. 输出电压至供电轨与负载电流的关系

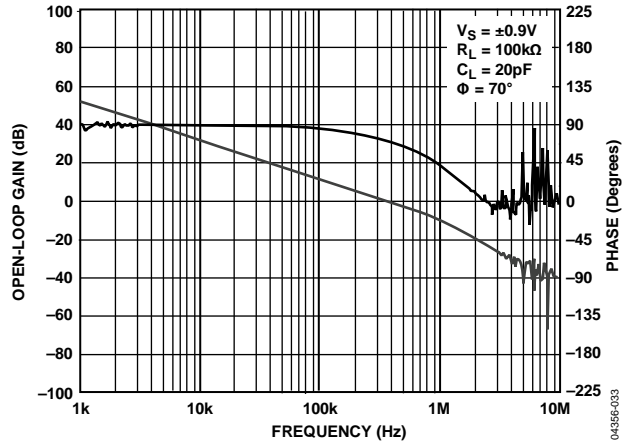


图33. 开环增益和相位与频率的关系

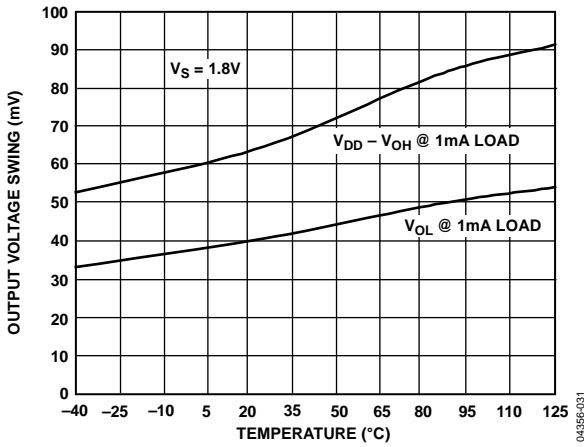


图31. 输出电压摆幅与温度的关系

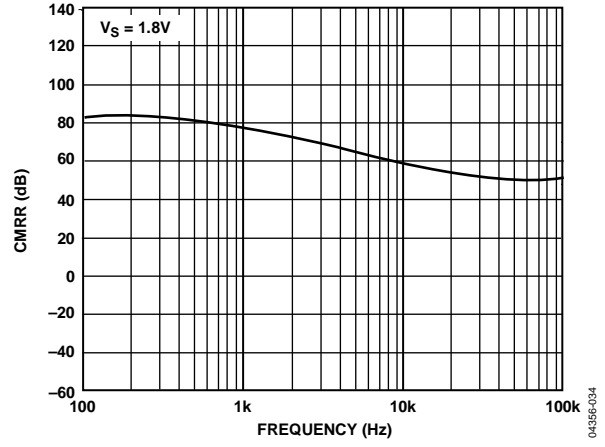


图34. CMRR与频率的关系

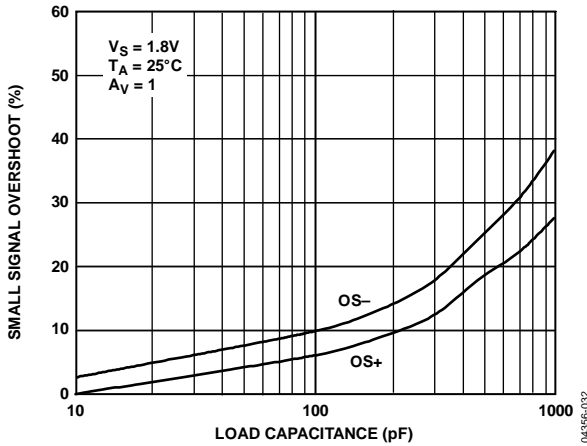


图32. 小信号过冲与负载电容的关系

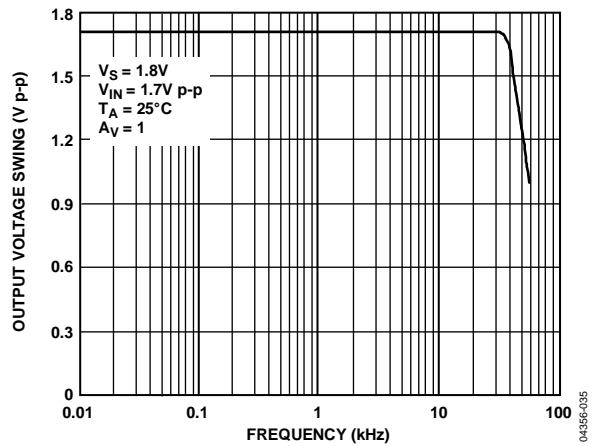


图35. 闭环输出电压摆幅与频率的关系

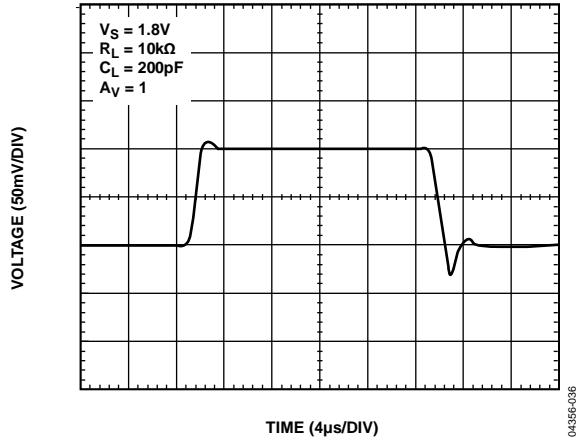


图36. 小信号瞬变

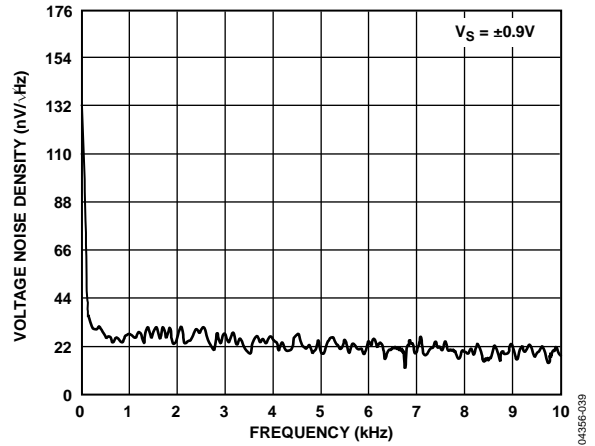


图39. 电压噪声密度与频率的关系

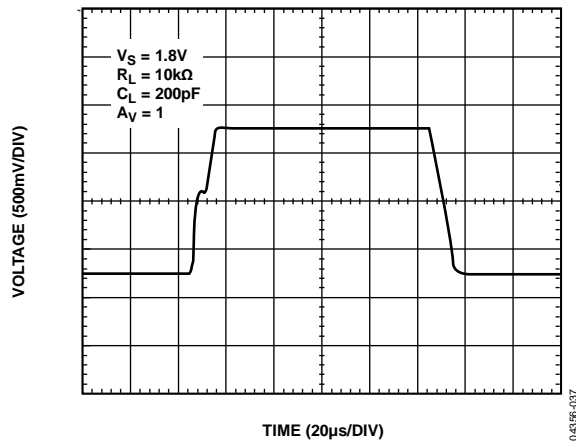


图37. 大信号瞬变

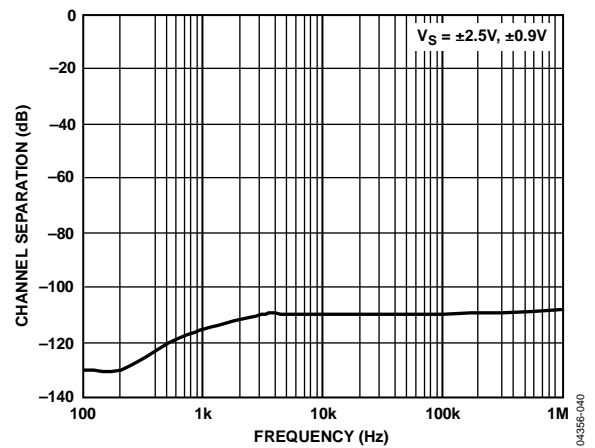


图40. 通道隔离与频率的关系

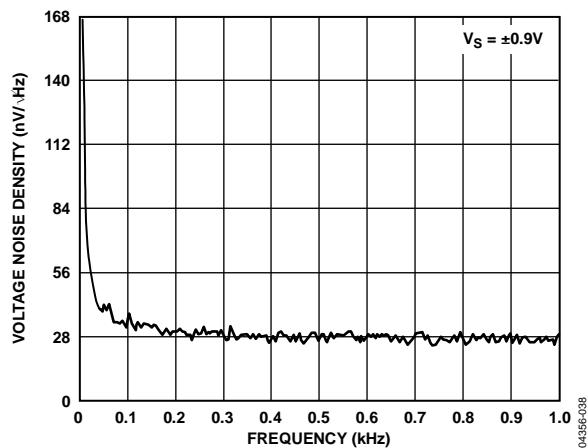


图38. 电压噪声密度与频率的关系

应用

无相位反转

即使输入电压超过最大输入共模电压，AD8603/AD8607/AD8609也不会发生相位反转。相位反转可能导致放大器永久性损坏，进而引起系统锁定。AD8603/AD8607/AD8609可以处理超过电源最高1 V的电压。

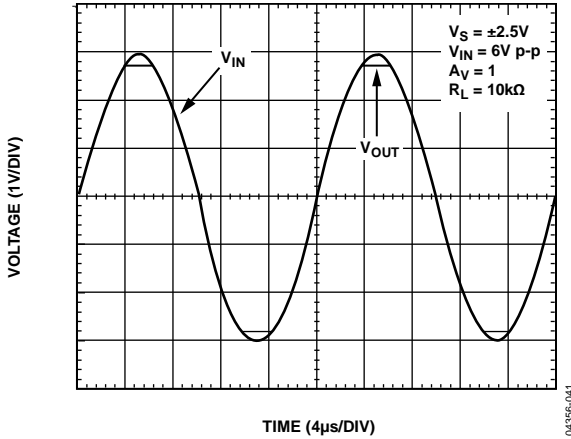


图41. 无相位反转

输入过压保护

若要在任一输入端施加比电源高1 V的电压，建议使用限流串联电阻。若两路输入均使用，每路输入都应添加一个串联电阻来提供保护。

为确保有效保护，电流应限制在5 mA以下。限流电阻的值可以通过以下公式确定：

$$(V_{IN} - V_S)/(R_S + 200 \Omega) \leq 5 \text{ mA}$$

驱动容性负载

AD8603/AD8607/AD8609可以驱动较大的容性负载而不会发生振荡。图42显示了在2 nF容性负载下，AD8603/AD8607/AD8609对一个100 mV输入信号的输出响应。

虽然电路配置为正单位增益(这是最差情况)，但AD8603显示过冲小于20%。再增加一点简单的电路便可消除响铃振荡和过冲。

一种技术是使用缓冲器网络，它由串联RC和阻性负载组成(参见图43)。缓冲器就位后，AD8603/AD8607/AD8609能够驱动2 nF的容性负载而不发生响铃振荡，并且过冲小于3%。

通常，单位增益配置建议使用缓冲器电路。更高增益的配置有助于提高电路的稳定性。图44显示了使用缓冲器后的输出响应。

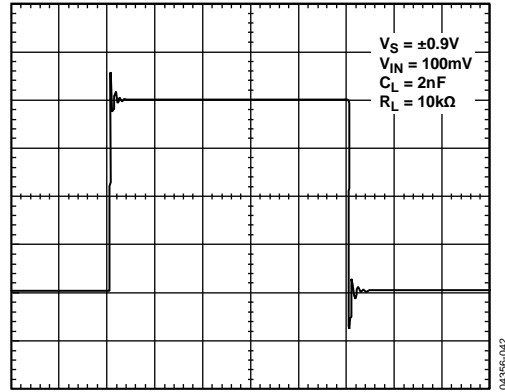


图42. 对2 nF容性负载的输出响应，无缓冲器

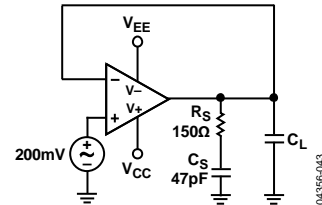


图43. 缓冲器网络

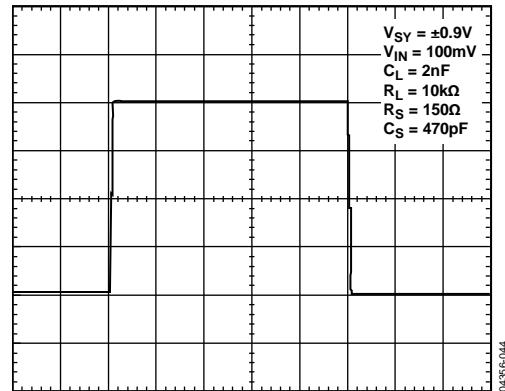


图44. 对2 nF容性负载的输出响应，有缓冲器

R_S 和 C_S 的最佳值凭经验确定。表5所列为初始值。

表5. 缓冲器网络的最佳值

C_L (pF)	R_S (Ω)	C_S (pF)
100 to ~500	500	680
1500	100	330
1600 to ~2000	400	100

近物体传感器

近物体传感器可以是容性或感性，在各种应用中均可使用。最常见的应用之一是储罐中的液位检测。这在制药应用中特别受欢迎，因为储罐必须知道何时停止加注或混合给定的液体。在航空航天应用中，近物体传感器用于检测推进引擎所用氧的水平。无论是否是易燃环境，容性传感器一般使用低电压。AD8603/AD8607/AD8609的高精度和低电压特性使其成为此类应用的出色选择。

复合放大器

需要高闭环直流增益时，复合放大器可在应用中提供极高的增益。复合放大器实现的高增益以相位裕量损失为代价。在反馈环路中放置一个与R2并联的小电容(参见图45)，可以增加相位裕量。选择 $C_F = 50$ pF时，对于图45所示的值，可获得约45°的相位裕量。

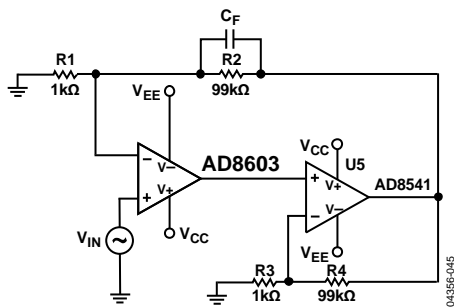


图45. 高增益复合放大器

复合放大器可用于优化直流和交流特性。图46的示例采用AD8603和AD8541，该电路具有多种优势。带宽大大增加，由于要除以AD8603的高增益，AD8541的输入失调电压和噪声变得微不足道。

图46所示的电路提供高带宽(几乎是AD8603的两倍)、高输出电流和不足100 μA的极低功耗。

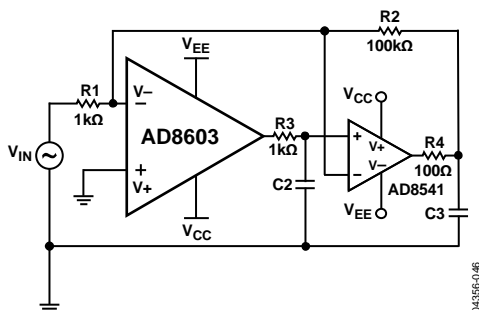


图46. 低功耗复合放大器

电池供电应用

AD8603/AD8607/AD8609非常适合电池供电的应用。这些器件在5 V、3.3 V、2.7 V和1.8 V下进行过测试，适合各种单电源或双电源应用。

除了低失调电压和低输入偏置以外，AD8603/AD8607/AD8609的电源电流也非常低(40 μA)，因此这些器件是便携式电子设备的极好选择。AD8603采用TSOT封装，可用在更小的电路板上。

光电二极管

光电二极管应用广泛，从条码扫描仪到精密照度计和CAT扫描仪，均可发现它的身影。AD8603/AD8607/AD8609的超低噪声和低输入偏置电流特性使其对电流电压转换应用极有吸引力。

图47显示了一个简单的光电二极管电路。反馈电容帮助电路保持稳定。信号带宽可以提高，不过总噪声也会提高。输出端可以通过简单的RC网络实现一个低通滤波器，从而降低噪声。信号带宽计算公式为 $\frac{1}{2}\pi R_2 C_2$ ，闭环带宽是开环增益与噪声增益的交点。

图47所示电路的闭环带宽为58 kHz，信号带宽为16 Hz。将C2提高到50 pF可获得65 kHz的闭环带宽，但只能实现3.2 Hz的信号带宽。

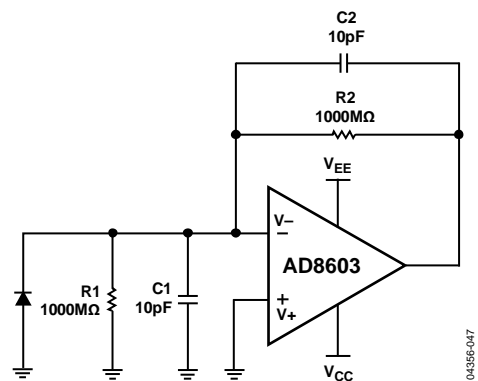
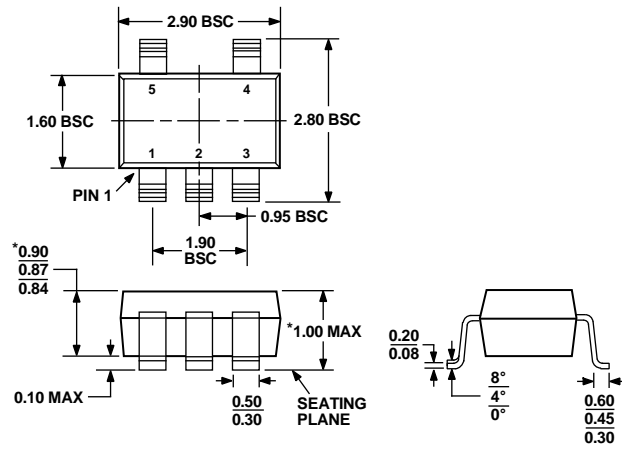


图47. 光电二极管电路

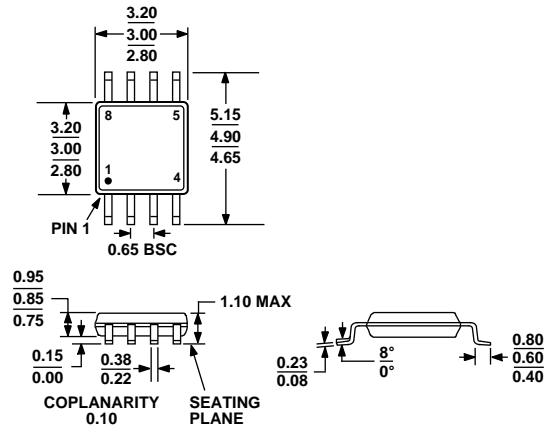
外形尺寸



*COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-193-AB WITH THE EXCEPTION OF PACKAGE HEIGHT AND THICKNESS.

图48. 5引脚超薄小型晶体管封装 [TSOT] (UJ-5)

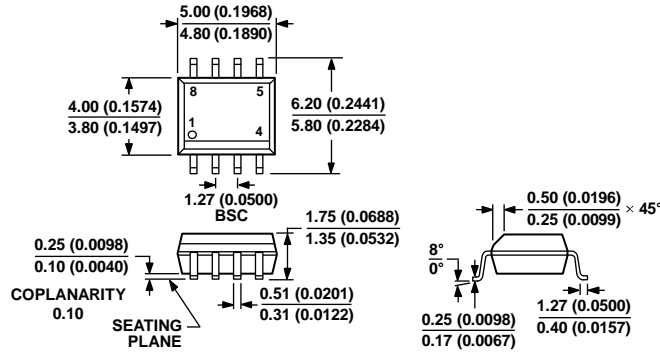
图示尺寸单位: mm



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-187-AA

图49. 8引脚超小型MSOP封装 (RM-8)

图示尺寸单位: mm

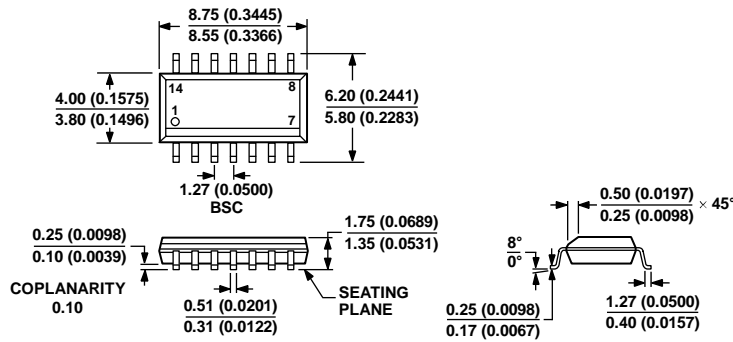


COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AA
 CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

图50. 8引脚标准小型封装[SOIC_N]
 (R-8)

图示尺寸单位: mm和(inch)

012A07-A

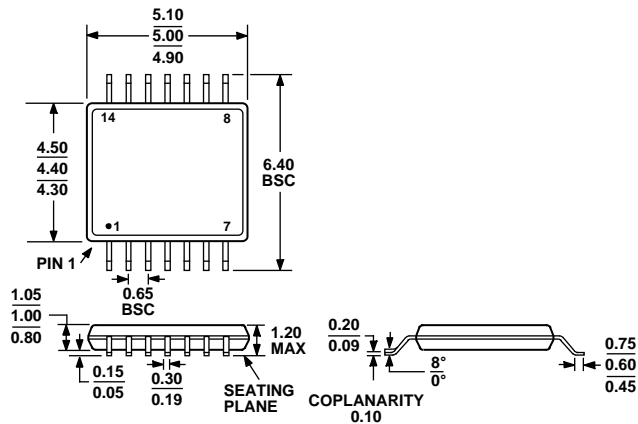


COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AB
 CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

图51. 14引脚标准小型封装[SOIC_N]
 (R-14)

图示尺寸单位: mm和(inch)

060606-A



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-153-AB-1

图52. 14引脚超薄紧缩小型封装[TSSOP]
 (RU-14)

图示尺寸单位: mm

AD8603/AD8607/AD8609

订购指南

型号	温度范围	封装描述	封装选项	标识
AD8603AUJ-R2	-40°C至+125°C	5引脚 TSOT	UJ-5	BFA
AD8603AUJ-REEL	-40°C至+125°C	5引脚 TSOT	UJ-5	BFA
AD8603AUJ-REEL7	-40°C至+125°C	5引脚 TSOT	UJ-5	BFA
AD8603AUJZ-R2 ¹	-40°C至+125°C	5引脚 TSOT	UJ-5	A0X
AD8603AUJZ-REEL ¹	-40°C至+125°C	5引脚 TSOT	UJ-5	A0X
AD8603AUJZ-REEL7 ¹	-40°C至+125°C	5引脚 TSOT	UJ-5	A0X
AD8607ARM-R2	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP	RM-8	A00
AD8607ARM-REEL	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP	RM-8	A00
AD8607ARMZ-R2 ¹	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP	RM-8	A0G
AD8607ARMZ-REEL ¹	-40°C至+125°C	8引脚 MSOP	RM-8	A0G
AD8607AR	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N	R-8	
AD8607AR-REEL	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N	R-8	
AD8607AR-REEL7	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N	R-8	
AD8607ARZ ¹	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N	R-8	
AD8607ARZ-REEL ¹	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N	R-8	
AD8607ARZ-REEL7 ¹	-40°C至+125°C	8引脚 SOIC_N	R-8	
AD8609AR	-40°C至+125°C	14引脚 SOIC_N	R-14	
AD8609AR-REEL	-40°C至+125°C	14引脚 SOIC_N	R-14	
AD8609AR-REEL7	-40°C至+125°C	14引脚 SOIC_N	R-14	
AD8609ARZ ¹	-40°C至+125°C	14引脚 SOIC_N	R-14	
AD8609ARZ-REEL ¹	-40°C至+125°C	14引脚 SOIC_N	R-14	
AD8609ARZ-REEL7 ¹	-40°C至+125°C	14引脚 SOIC_N	R-14	
AD8609ARU	-40°C至+125°C	14引脚 TSSOP	RU-14	
AD8609ARU-REEL	-40°C至+125°C	14引脚 TSSOP	RU-14	
AD8609ARUZ ¹	-40°C至+125°C	14引脚 TSSOP	RU-14	
AD8609ARUZ-REEL ¹	-40°C至+125°C	14引脚 TSSOP	RU-14	

¹ Z = 符合RoHS标准的器件。