

特性

宽工作电压范围

双电源：±12 V至±110 V

非对称电源供电：24 V至220 V

宽输入共模电压范围：极限可达距供电电源轨 3V-

高共模抑制比：160 dB（典型值）

高 A_{OL} ：170 dB（典型值）

高压摆率

74V/ μ s（典型值）

24 V/ μ s（典型值），带外部输入箝位二极管

低输入偏置电流：2 pA（最大值）

低输入失调电压：1 mV（最大值）

低输入失调电压漂移：2 μ V/ $^{\circ}$ C（最大值）

低输入电压噪声：8 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ （10 kHz，典型值）

较宽的小信号带宽：10 MHz（典型值）

电阻可调静态电流：0.6 mA至3 mA（ $V_S = \pm 110$ V）

单位增益稳定

热监控

小尺寸：12引脚、7 mm x 7 mm LFCSP，符合IEC 61010-1间距

有关断模式

应用

高边电流检测

自动化测试设备

高压驱动器

压电传感器

数模转换器(DAC)的输出缓冲器

光探测和测距(LiDAR)、雪崩光电二极管(APD)、单光子雪崩二极管(SPAD)的偏置电压

概述

ADHV4702-1 是一款高压(220 V)、单位增益稳定精密运算放大器。ADHV4702-1 提供高输入阻抗、低输入偏置电流、低输入失调电压、低漂移和低噪声，适合严苛的精密应用。ADI公司的新一代专有半导体工艺和创新架构使该精密运算放大器能够以±110 V的对称双电源、非对称双电源或220 V单电源供电。

为了实现高精度性能，ADHV4702-1具有170 dB的典型开环增益(A_{OL})和160 dB的典型共模抑制比(CMRR)，如图2所示。ADHV4702-1的最大输入失调电压(V_{OS})漂移为2 μ V/ $^{\circ}$ C，输入电压噪声为8 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。

Rev. A

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。

典型应用电路

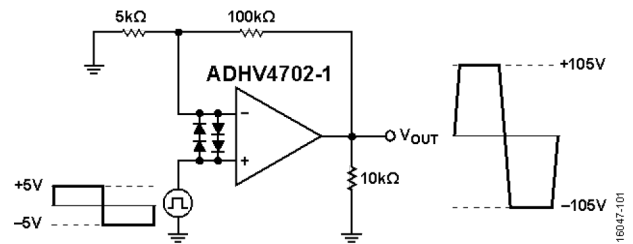


图1.

ADHV4702-1出色的直流精度与出色的动态性能相辅相成，小信号带宽为10 MHz，压摆率为74 V/ μ s。ADHV4702-1的输出电流典型值为20 mA。

ADHV4702-1提供高压输入共模摆幅和高压输出摆幅，支持高端电流检测等精密高压使用场景。ADHV4702-1同样非常适合在精密偏置和控制应用中驱动电压。

ADHV4702-1采用12引脚7mm x 7mm引线框架芯片级封装(LFCSP)，带有裸露焊盘(EPAD)，符合国际电工委员会(IEC) 61010-1爬电距离和电气间隙标准。铜制EPAD提供了一条低热阻路径以改善散热，并具有高压隔离特性，无论VCC或VEE电压如何，它都能安全地连接到0 V接地层。ADHV4702-1工作温度范围为-40 $^{\circ}$ C至+85 $^{\circ}$ C工业温度范围。

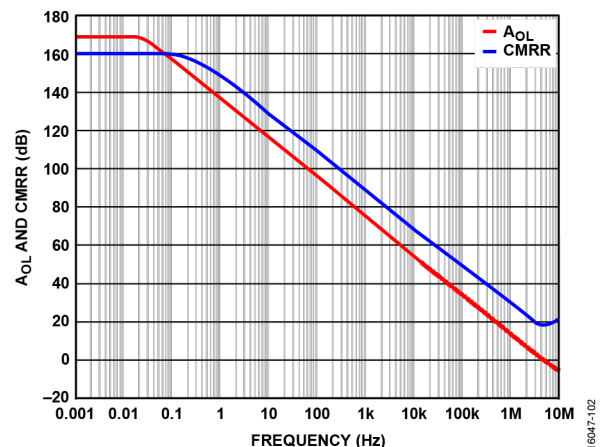


图2. ADHV4702-1精密性能

目录

产品特性	1	关断引脚(SD).....	17
应用	1	温度监视器(TMP)	17
概述	1	过温保护	17
典型应用电路	1	输出电流驱动和短路保护	18
修订历史	2	外部补偿和容性负载(C _{LOAD})驱动	18
功能框图	3	安全工作区	19
技术规格	4	LFCSP封装和高压引脚间距.....	19
±12 V至±110 V电源.....	4	裸露焊盘(EPAD).....	19
绝对最大额定值	6	应用信息	20
最大功耗	6	电源与去耦	20
热阻	6	高压保护环	20
ESD警告	6	高压DAC电压减法器	20
引脚配置和功能描述	7	高电流输出驱动器	20
典型性能参数	8	信号范围扩展器.....	20
工作原理	15	外形尺寸	21
内部静电放电(ESD)保护.....	15	订购指南.....	21
压摆升压电路和保护	15		
数字地(DGND).....	16		
电阻可调静态电流(RADJ)	16		

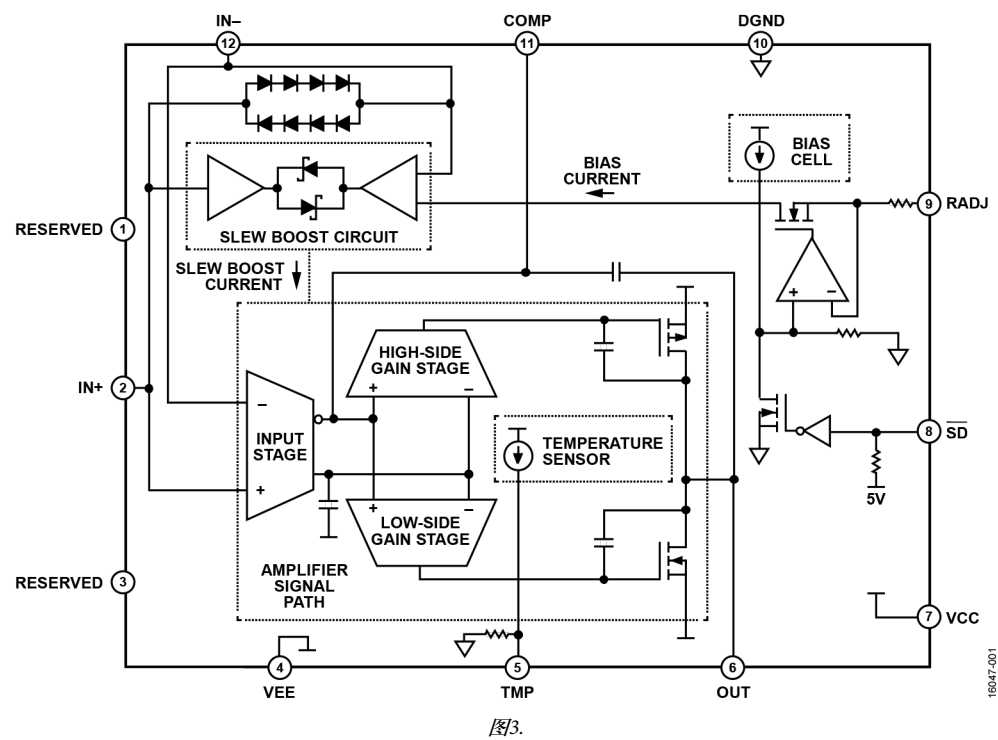
修订历史

2019年3月—修订版0至修订版A

更改图59	19
更改“订购指南”部分	21

2018年11月—修订版0：初始版

功能框图



技术规格

±12 V至±110 V电源

除非另有说明, 电源电压(V_S) = ±12 V至±110 V, T_A = 25°C, EPAD连接到0 V模拟地(AGND), DGND引脚接0 V AGND, $R_{ADJ}^1 = 0 \Omega$, 增益(A_V) = 1, 反馈电阻(R_F) = 100 k Ω , 负载电阻(R_{LOAD}) = 10 k Ω 。

表1.

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
动态性能					
–3 dB带宽	$A_V = 1$, 输出电压(V_{OUT}) = 200 mV p-p, $R_F = 0 \Omega$		10		MHz
压摆率	$A_V = 20$, $V_{OUT} = 200$ V p-p, 20%至80%		74		V/ μ s
	$A_V = 20$, $V_{OUT} = 200$ V p-p, 20%至80%, 使用外部输入箝位二极管 ²		24		V/ μ s
0.1%建立时间	$A_V = 1$, $V_{OUT} = 40$ V p-p, $R_F = 0 \Omega$		8.4		μ s
	$A_V = 20$, $V_{OUT} = 40$ V p-p		6.2		μ s
	$A_V = 40$, $V_{OUT} = 40$ V p-p		13		μ s
噪声性能					
输入电压噪声	频率 = 10 kHz		8		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
输入电压噪声1/f转折频率			10		Hz
输入电流噪声	频率 = 40 Hz		1		fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
直流性能					
输入失调电压	$V_S = \pm 110$ V, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 至 85°C	–1	±0.15	+1	mV
漂移	$V_S = \pm 12$ V, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 至 85°C	–2	±0.25	+2	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–3	±0.25	+3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–2	±0.3	+2	pA
	$T_A = 85^\circ\text{C}$	–100	±19	+100	pA
漂移	$T_A = 25^\circ\text{C}$ 至 85°C		±0.3		pA/ $^\circ\text{C}$
输入失调电流	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–2	±0.15	+2	pA
	$T_A = 85^\circ\text{C}$	–50	±8	+50	pA
漂移	$T_A = 25^\circ\text{C}$ 至 85°C		±0.13		pA/ $^\circ\text{C}$
开环增益	$V_S = \pm 110$ V	146	170		dB
	$V_S = \pm 12$ V	130	150		dB
输入特性					
输入电阻					
共模	共模电压(V_{CM}) = –60 V至+60 V		45		T Ω
	$V_{CM} = -90$ V至+90 V		30		T Ω
差分			4.2		T Ω
输入电容					
共模			7.9		pF
差分			17.9		pF
输入共模电压范围			±107		V
CMRR		140	160		dB
关断引脚(SD)					
SD输入电压					
低	禁用			0.8	V
高	使能	1.6			V
SD输入电流					
低	SD= 0 V		–11		μA
高	SD= 5 V		–1		μA

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
输出特性					
输出电压范围	$R_{LOAD} = 5\text{ k}\Omega$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$	108	108.5		V
高			-108.5	-108	V
低			20		mA
输出电流					
热监控					
TMP引脚电压 ³	$T_A = 25^\circ\text{C}$		1.9		V
TMP引脚电压漂移	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$		-4.5		mV/ $^\circ\text{C}$
电源					
工作范围	对称和非对称电源	24		220	V
静态电流					
$\overline{SD} = 5\text{ V}$ (使能) ⁴	$R_{ADJ}^1 = 0\text{ }\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$		3	3.3	mA
	$R_{ADJ}^1 = 0\text{ }\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 12\text{ V}$		2.7	3.3	mA
	$R_{ADJ}^1 = 0\text{ }\Omega$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$			3.3	mA
	$R_{ADJ}^1 = 50\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$		0.9	1	mA
	$R_{ADJ}^1 = 50\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 12\text{ V}$		0.8	1	mA
	$R_{ADJ}^1 = 50\text{ k}\Omega$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$			1	mA
	$R_{ADJ}^1 = 100\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$		0.6		mA
$\overline{SD} = 0\text{ V}$ (禁用)			0.18	0.2	mA
正电源抑制比(PSRR)	正电源电压($+V_S$) = 107 V至112.5 V, 负电源电压($-V_S$) = 110 V	130	155		dB
	$+V_S = 10\text{ V}$ 至 14 V , $-V_S = -12\text{ V}$	110	130		dB
负电源抑制比	$+V_S = 110\text{ V}$, $-V_S = -107\text{ V}$ 至 -112.5 V	130	155		dB
	$+V_S = 12\text{ V}$, $-V_S = -10\text{ V}$ 至 -14 V	110	130		dB

¹ R_{ADJ} 是将RADJ引脚连接到DGND的电阻。

² 此压摆率结果的测试条件是使用ON Semiconductor® SBAV199LT1G将ADHV4702-1输入箝位在两个二极管的正偏电压。有关更多信息, 请参见“压摆升压电路和保护”部分。

³ TMP引脚电压可能因器件而异。有关更多信息, 请参见“温度监视器(TMP)”部分。

⁴ 此规格仅适用于静态电流。有关电源电流或动态电源电流的信息, 请参见“工作原理”部分。

绝对最大额定值

表2

参数	额定值
电源电压 (VCC至VEE)	225 V
输出电压	VCC至VEE
共模输入电压	VCC至VEE
差分输入电压	±2.0 V
输入电流	±5 mA
DGND电压	VCC – 12 V至VEE
电压	
保留、SD和TMP引脚	DGND至DGND + 6 V
COMP引脚	VCC – 5 V至VCC
RADJ引脚	DGND至DGND + 0.6 V
存储温度范围	–65°C至+150°C
工作温度范围	–40°C至+85°C
引脚温度 (焊接10秒) ¹	260°C
结温(T _j)	150°C

¹ 更多信息请参阅IPC/JEDEC J-STD-020。

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。

最大功耗

封装内的最大安全功耗受相应的芯片T_j升高情况限制。达到玻璃化转变温度150°C左右时，塑料的特性会开始改变。超过150°C的T_j会导致硅器件出现变化，进而可能造成故障。表3列出了LFCSP封装的结至外壳热阻(θ_{JC})。有关功耗和热管理的更多详细信息，请参阅“应用信息”部分。

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}是自然对流下的结至环境热阻，在1立方英尺的密封外罩中测量。θ_{JC}是结至外壳热阻。

表3. 热阻

封装类型	θ _{JA}	θ _{JC}	单位
CP-12-8 ¹	37	1	°C/W

¹ 数据是从2S2P板收集的。使用100 μm热界面材料(TIM)将冷板连接到PCB的底部，以进行θ_{JC}仿真。更多信息请参阅JEDEC标准。

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

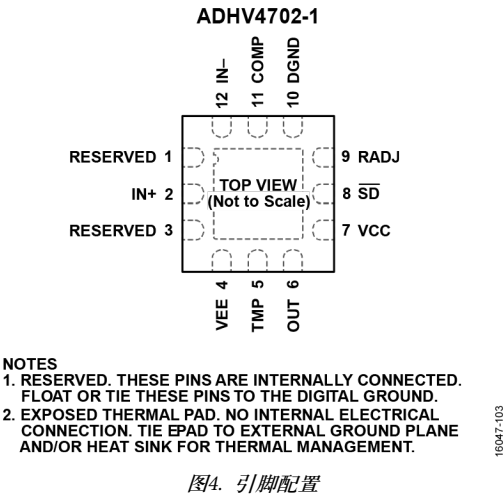


图4. 引脚配置

表4. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1、3	RESERVED	保留。这些引脚内部连接。这些引脚浮空或连接到数字地。
2	IN+	同相输入。
4	VEE	负电源输入。
5	TMP	温度监视器输出。
6	OUT	输出。
7	VCC	正电源输入。
8	SD	关断（低电平有效）。SD以DGND为基准。
9	RADJ	电阻可调静态电流。RADJ连接至DGND以使放大器完全偏置。
10	DGND	RADJ和SD的逻辑基准。DGND连接到0 V模拟地。
11	COMP	外部补偿。
12	IN-	反相输入。
	EPAD	裸露散热焊盘。内部无电气连接。EPAD连接到外部接地层和/或散热器以进行热管理。

典型性能参数

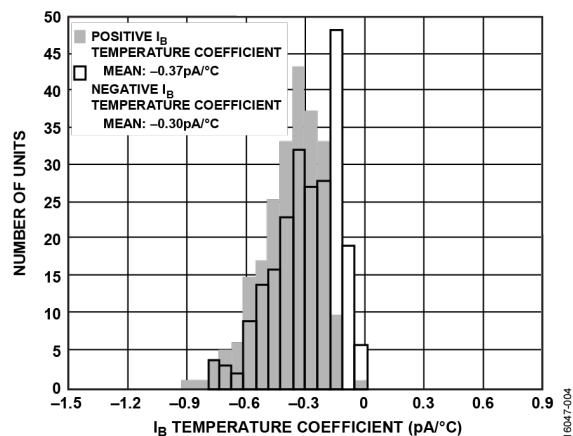


图5. 正和负输入偏置(I_B)电流漂移分布, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, $\Delta T_A = 60^\circ\text{C}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

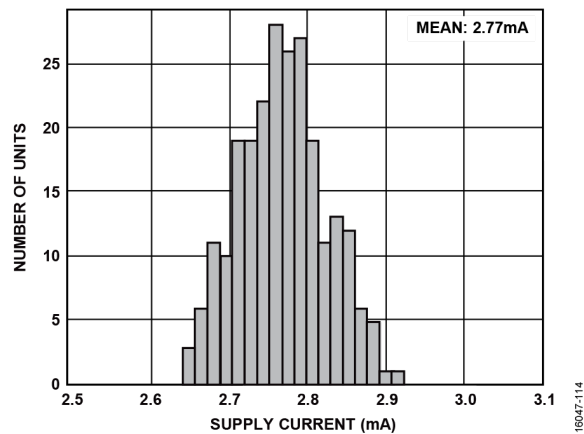


图6. 电源电流分布, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

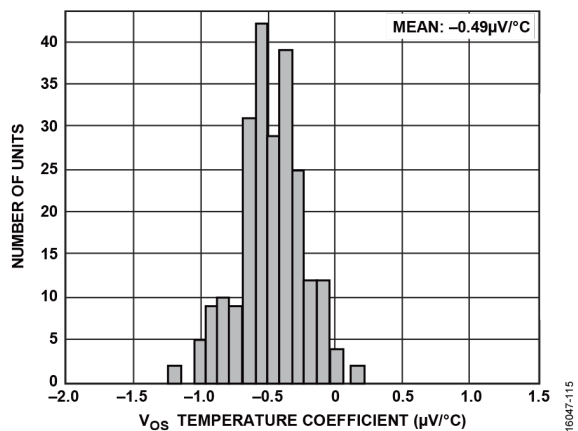


图7. 输入失调电压漂移分布, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, $\Delta T_j = 60^\circ\text{C}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

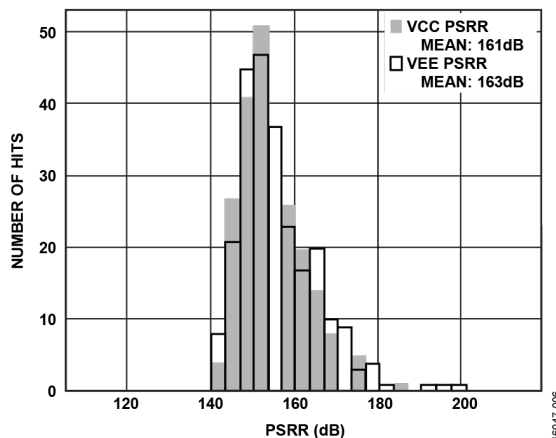


图8. PSRR分布, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

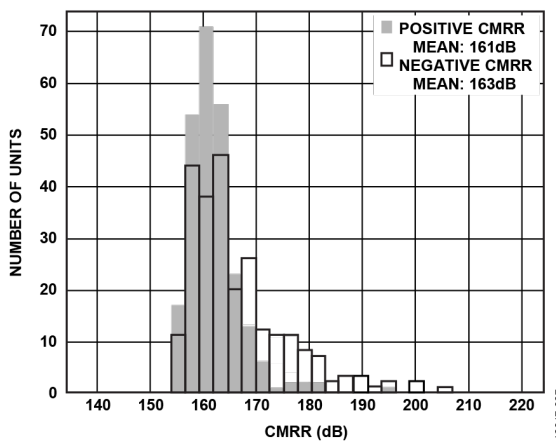


图9. CMRR分布, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

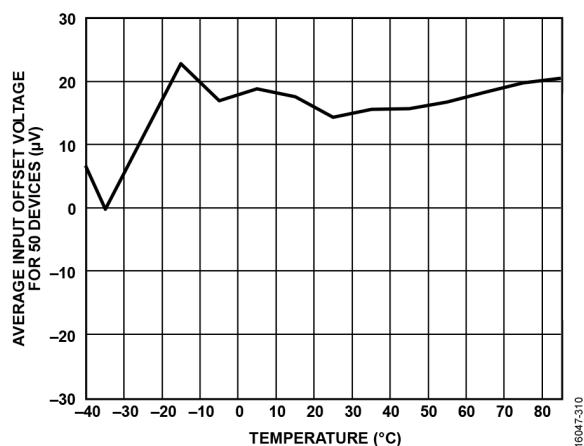


图10. 50个器件的平均输入失调电压与温度的关系, $V_S = \pm 110\text{ V}$

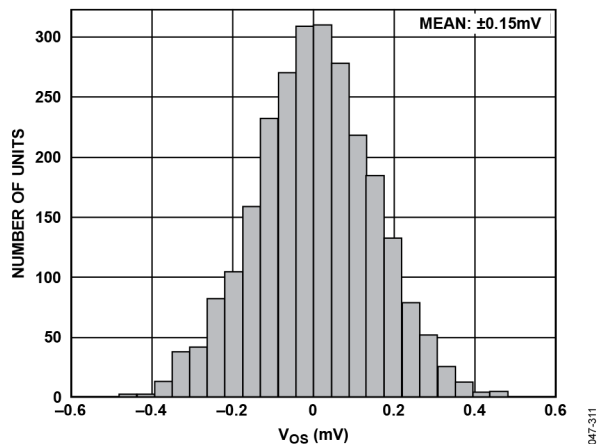


图 11. 输入失调电压漂移分布, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

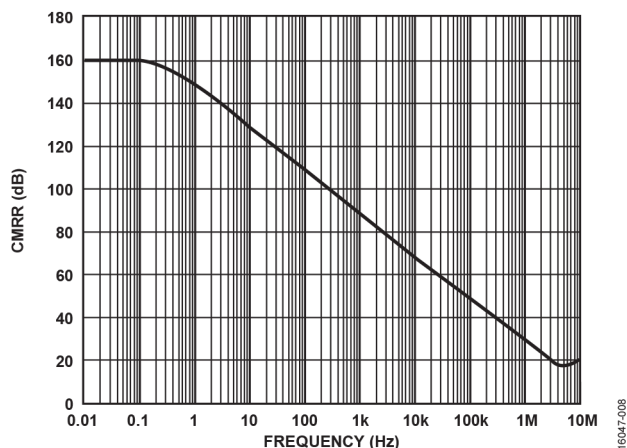


图 12. CMRR 与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

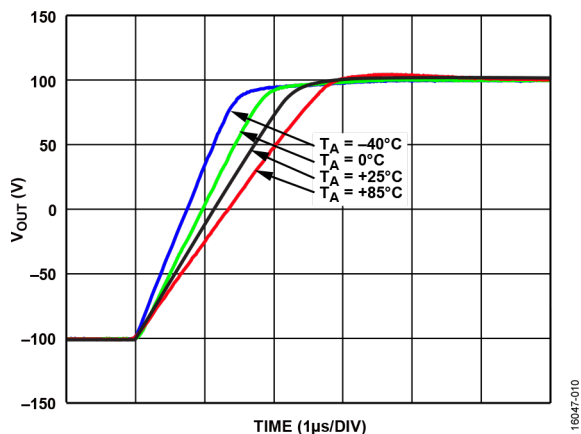


图 13. 不同 T_A 下的大信号脉冲响应, 上升沿, $A_V = 20$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

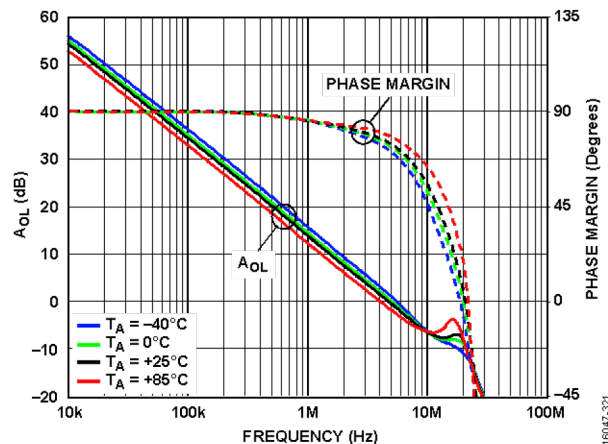


图 14. 不同 T_A 下 A_{OL} 和相位裕量与频率的关系, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

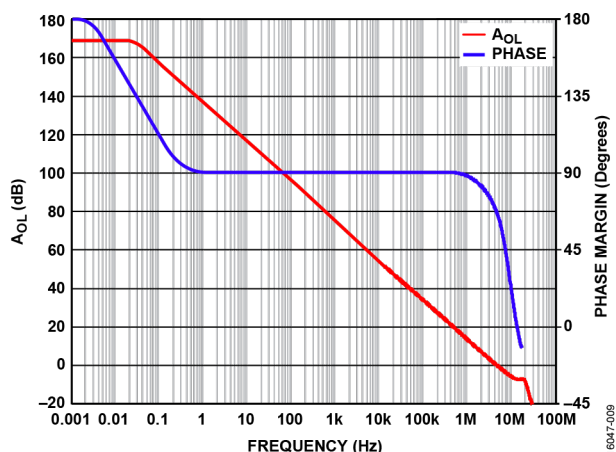


图 15. A_{OL} 和相位裕量与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

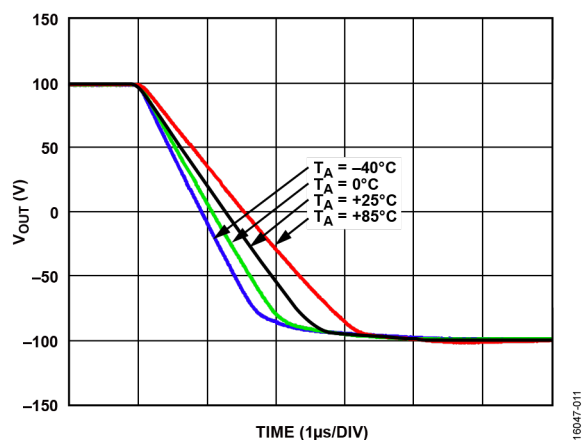


图 16. 不同 T_A 下的大信号脉冲响应, 下降沿, $A_V = 20$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

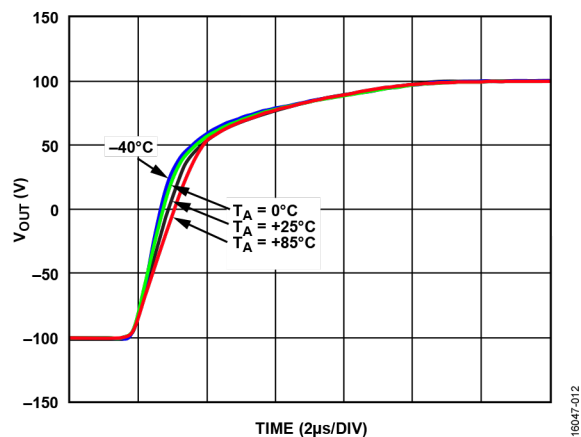


图17. 不同 T_A 下的大信号脉冲响应, 上升沿, $A_V = 40$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

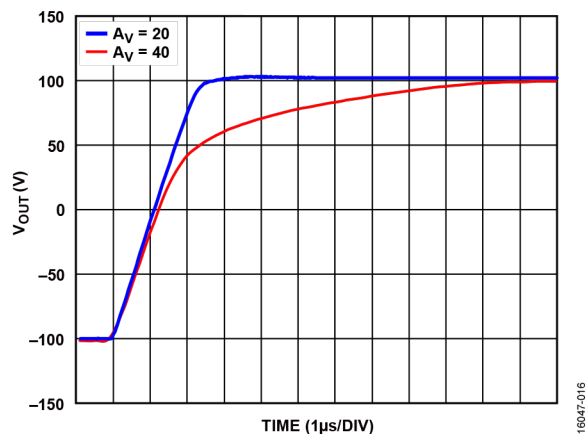


图18. 不同增益下的大信号脉冲响应, 上升沿, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

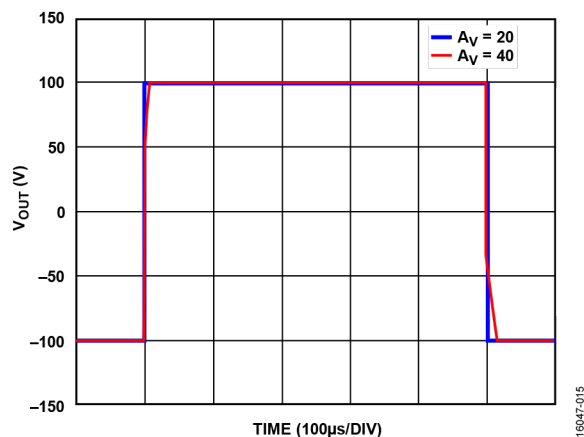


图19. 不同增益下的大信号脉冲响应, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

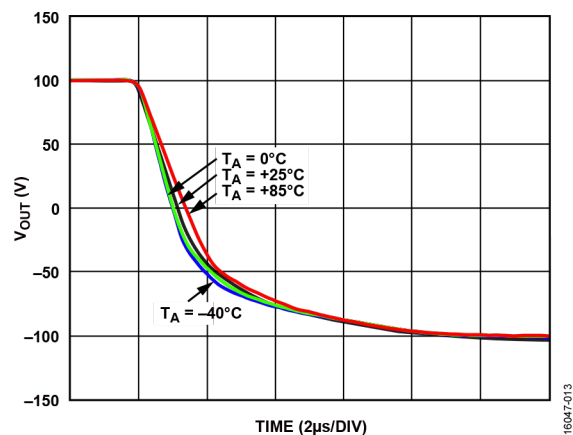


图20. 不同 T_A 下的大信号脉冲响应, 下降沿, $A_V = 40$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

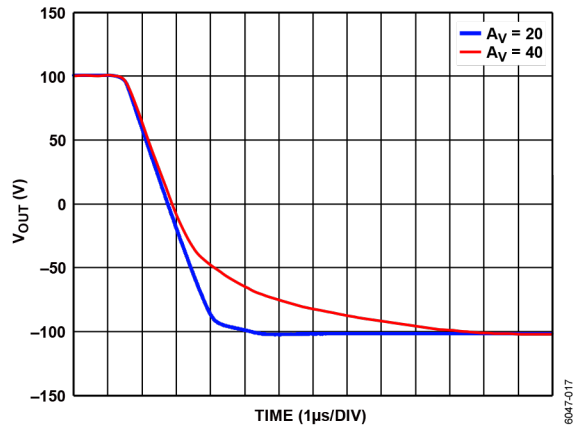


图21. 不同增益下的大信号脉冲响应, 下降沿, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

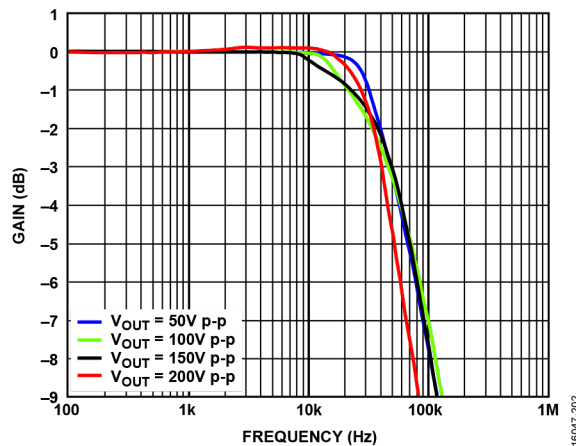


图22. 不同输出摆幅下的大信号频率响应, 使用输入箝位二极管 (参见“压摆升压电路和保护”部分), $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 40$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

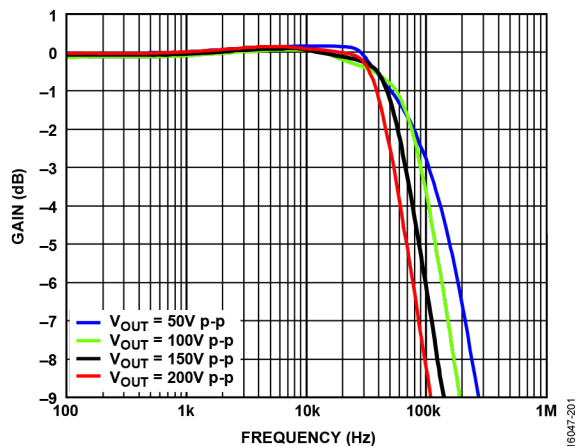


图23. 不同输出摆幅下的大信号频率响应，使用输入箝位二极管（参见“压摆升压电路和保护”部分）， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $A_V = 20$ ， $V_S = \pm 110\text{ V}$ ， $R_F = 100\text{ k}\Omega$ ， $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$ ， $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

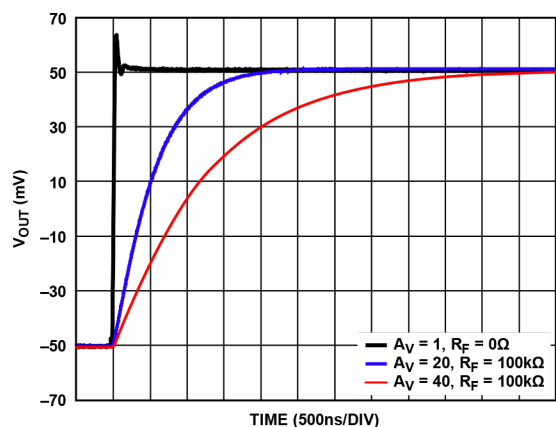


图24. 不同增益下的小信号脉冲响应，上升沿， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_S = \pm 110\text{ V}$ ， $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$ ， $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$ ， $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

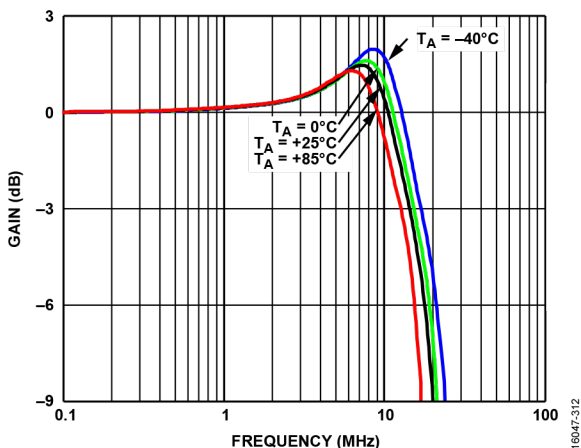


图25. 不同 T_A 下的小信号频率响应， $A_V = 1$ ， $V_S = \pm 110\text{ V}$ ， $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ ， $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

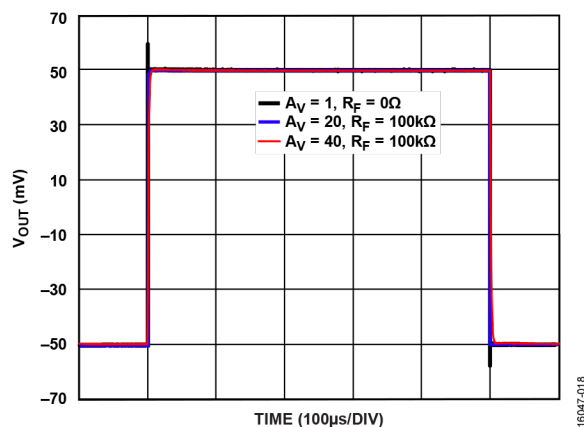


图26. 不同增益下的小信号脉冲响应， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_S = 110\text{ V}$ ， $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$ ， $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$ ， $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

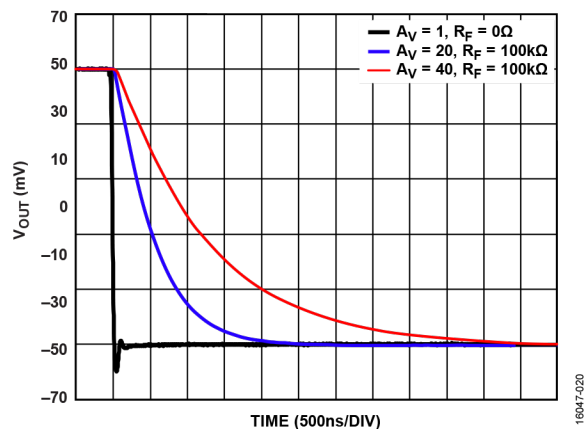


图27. 不同增益下的小信号脉冲响应，下降沿， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_S = \pm 110\text{ V}$ ， $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$ ， $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$ ， $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

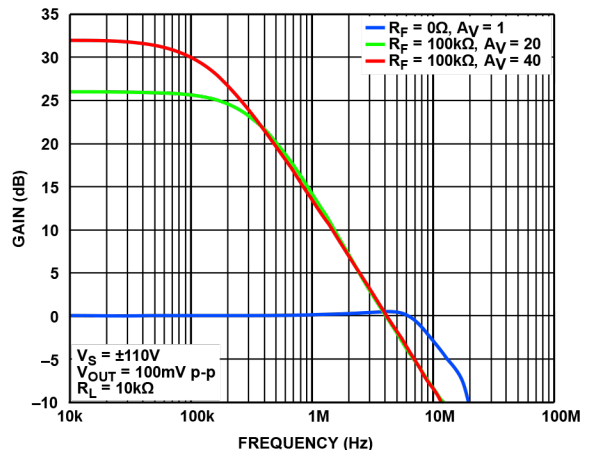


图28. 不同增益下的小信号频率响应， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_S = \pm 110\text{ V}$ ， $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ ， $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

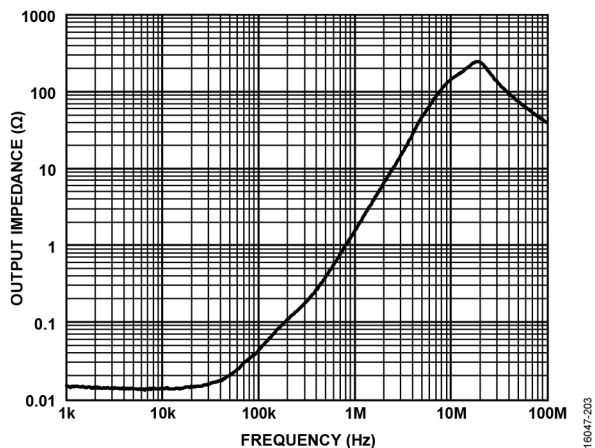


图 29. 输出阻抗与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 1$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$, $R_F = 0\ \Omega$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

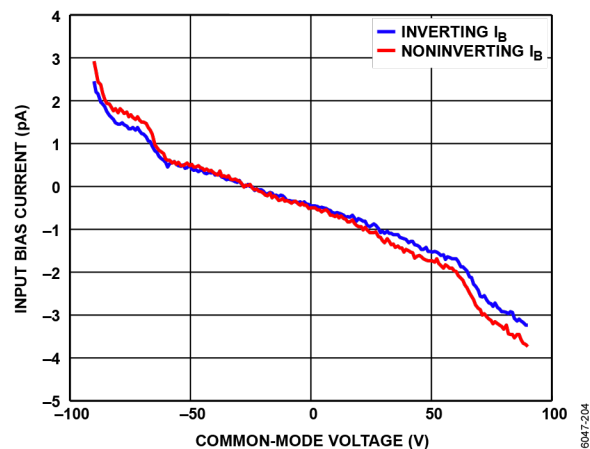


图 30. 输入偏置电流与共模电压的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

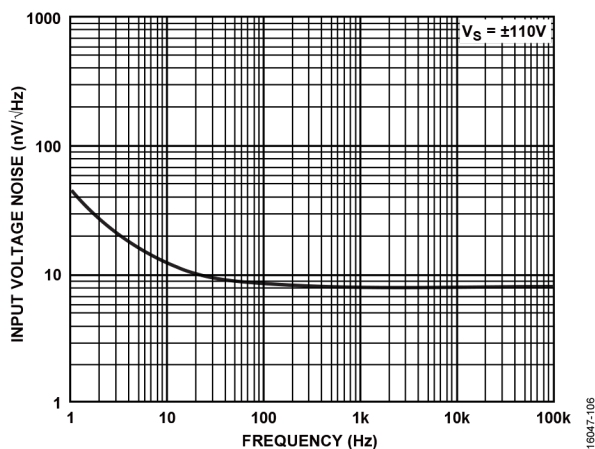


图 31. 输入电压噪声与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

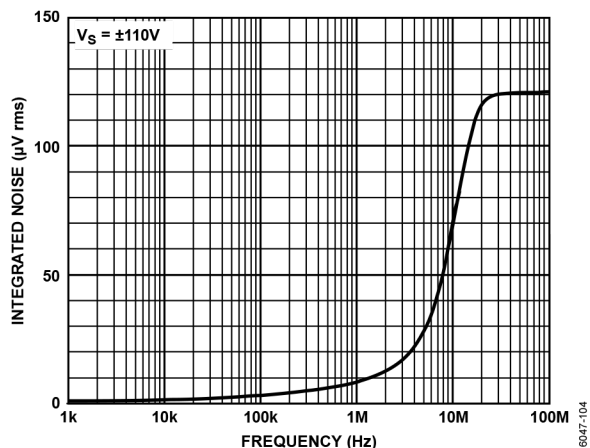


图 32. 积分噪声与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

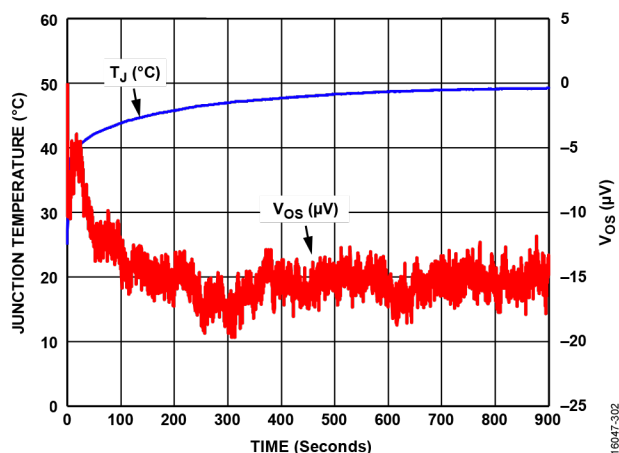


图 33. 失调电压预热漂移与 T_J 的关系, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

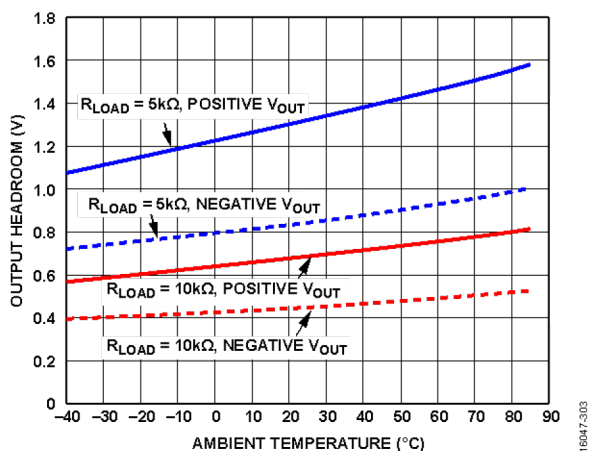


图 34. 不同 R_{LOAD} 下输出裕量与环境温度的关系, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

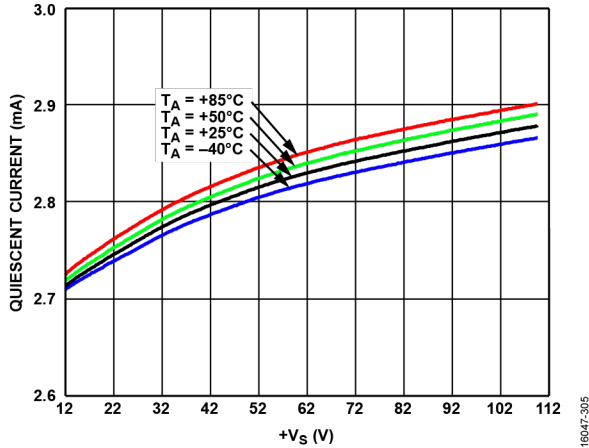


图 35. 不同 T_A 下静态电流与正电源电压的关系, $R_{ADJ} = 0 \Omega$

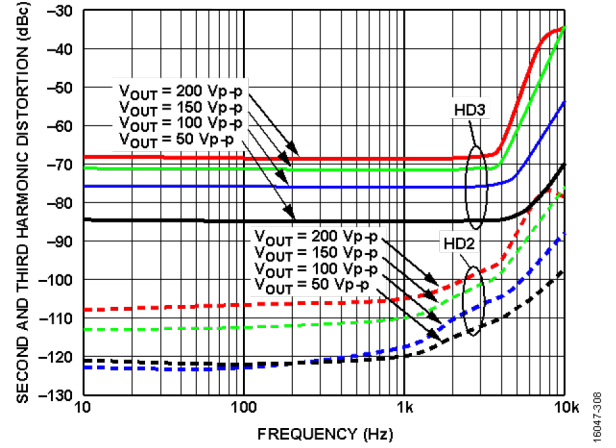


图 38. 不同输出摆幅下二次谐波失真(HD2)和三次谐波失真(HD3)与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 20$, $V_S = \pm 110 \text{ V}$, $R_F = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0 \Omega$

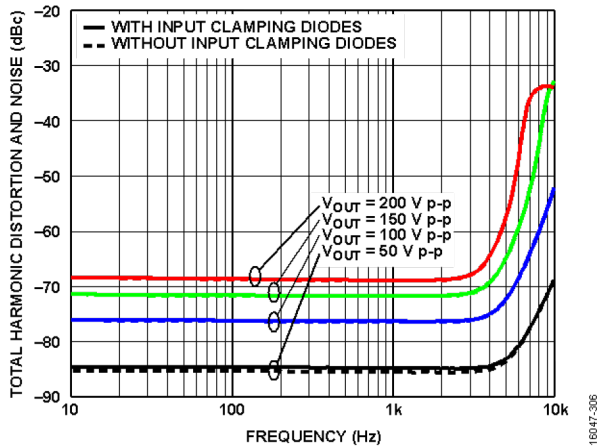


图 36. 不同大输出摆幅下总谐波失真加噪声与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 20$, $V_S = \pm 110 \text{ V}$, $R_F = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0 \Omega$

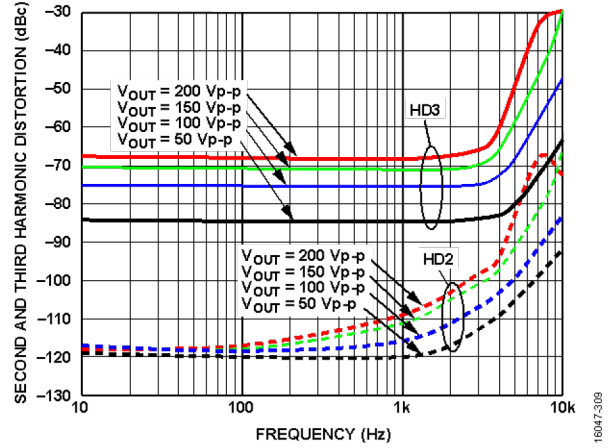


图 39. 不同输出摆幅下二次谐波失真(HD2)和三次谐波失真(HD3)与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 40$, $V_S = \pm 110 \text{ V}$, $R_F = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0 \Omega$

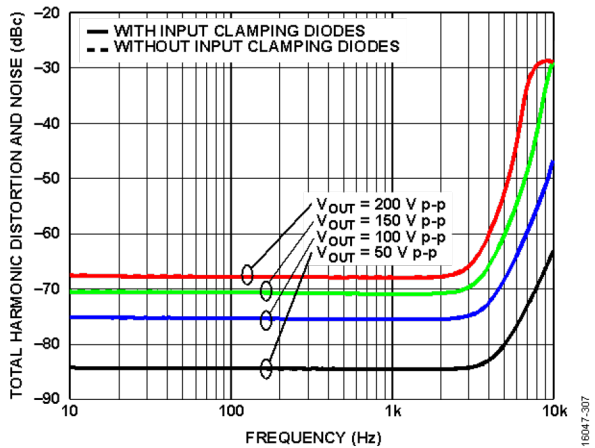


图 37. 不同大输出摆幅下总谐波失真加噪声与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 40$, $V_S = \pm 110 \text{ V}$, $R_F = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0 \Omega$

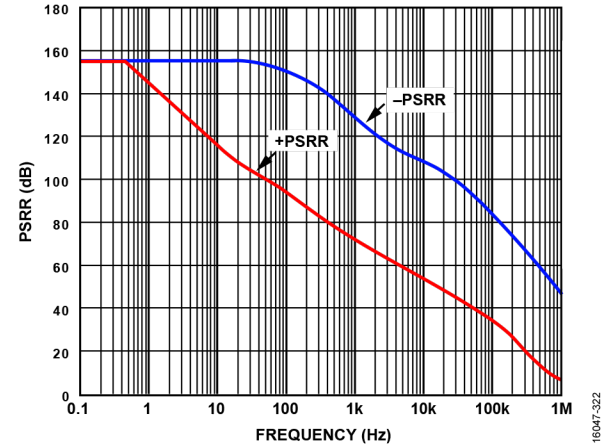


图 40. PSRR 与频率的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110 \text{ V}$, $R_{LOAD} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0 \Omega$

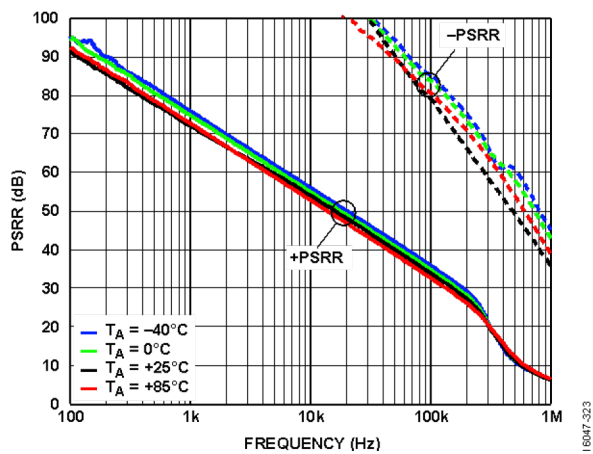


图 41. 不同 T_A 下 PSRR 与频率的关系, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_{\text{LOAD}} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{\text{ADJ}} = 0\text{ }\Omega$

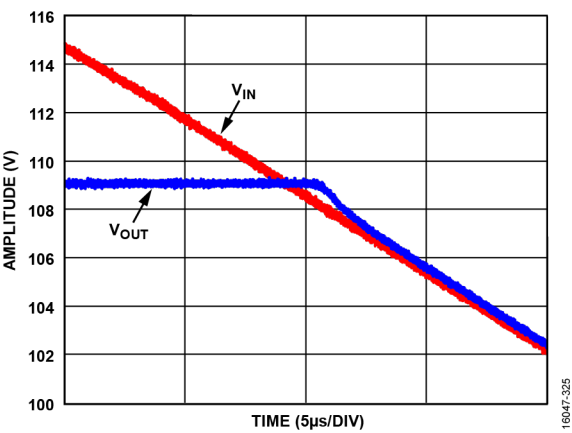


图 42. 输出过驱恢复, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $A_V = 40$, $R_{\text{LOAD}} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{\text{ADJ}} = 0\text{ }\Omega$

工作原理

ADHV4702-1是一款高压(220 V)精密放大器,采用ADI公司新一代专有双极性/互补金属氧化物半导体(CMOS)/横向扩散金属氧化物半导体(BCDMOS)工艺设计而成。图3显示了其功能框图。输入级架构具有以下优点:高输入阻抗、低输入偏置电流、低输入失调电压、低漂移和低噪声,适合自动化测试设备(ATE)等要求高精度的应用。

内部静电放电(ESD)保护

如图43所示,ADHV4702-1内部有ESD配置,用以防止器件因过压而损坏。ESD保护电路包括从输入和输出引脚连接到电源轨的电流导引二极管。ADHV4702-1的反相和同相输入端上还有内部输入箝位二极管,用以防止大差分输入电压损坏输入级晶体管。当差分输入电压大于四个二极管的正偏电压(V_F)时,该输入箝位电路会大大降低输入阻抗。

正常工作情况下,ESD保护电路处于非活动状态。为避免ESD二极管正偏,请勿将引脚电压过驱动到绝对最大额定值以上,并确保输入差分电压不超过 $4 V_F$ 。可能需要额外的外部输入箝位二极管来保护压摆升压电路,请参见“压摆升压电路和保护”部分。

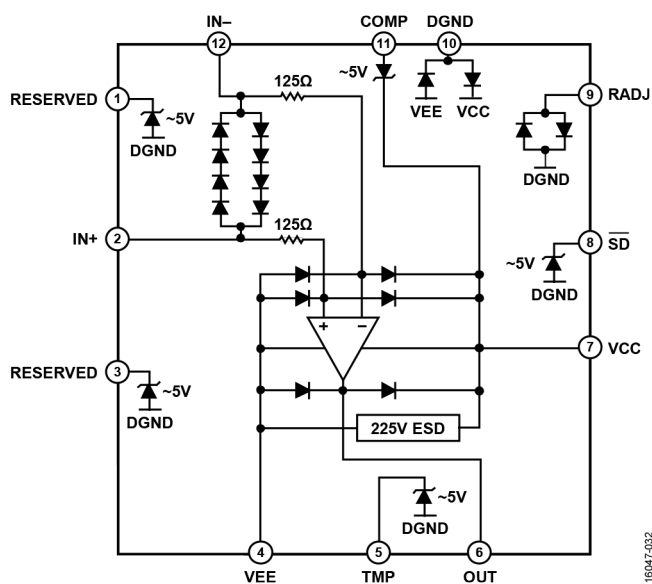


图 43. 简化 ESD 配置

压摆升压电路和保护

ADHV4702-1使用补充压摆升压电路,以在200 V p-p输出范围和单位增益下实现74 V/μs的典型压摆率。此压摆升压电路的工作原理是检测放大器的差分输入电压并将其转换为动态电流,以帮助驱动放大器信号路径内的电容。输入端的输入电压越大,产生的动态电流就越大,放大器的压摆率就越快。压摆升压电路产生的电流在压摆期间传输到放大器的所有级。

ADHV4702-1内置差分输入电压箝位电路,可将瞬态差分信号限制在 $4 V_F$,从而为压摆升压设置一个上限。大差分输入电压(当信号频率接近全功率带宽时可能出现)会触发压摆升压电路,导致动态电源电流增加。下式给出了摆率和全功率带宽(f_M)之间的关系:

$$SR = V_O \times 2\pi f_M$$

其中 V_O 为峰值输出电压。

当以全功率带宽或接近全功率带宽连续运行时,增加的电源电流可能导致 T_J 升高到安全工作温度之上,造成器件损坏。EVAL-ADHV4702-1CPZ评估板的动态安全工作区(SOA)如“安全工作区”部分中的图59所示。动态SOA显示了输出摆幅与脉冲响应的最大输入/输出频率之间的关系。要扩展SOA曲线,须采用额外的热管理措施,或利用外部二极管将输入端的差分电压限制在 $2 V_F$ 以下,这样将能限制压摆升压电路产生的电流并降低内部功耗。以这种方式箝位ADHV4702-1的差分输入电压可保护动态运行中的放大器,但会限制压摆率和大信号带宽。图44显示了带有外部输入箝位二极管的简化示意图,图45至图48显示了不同温度和增益下的大信号脉冲响应,而ADHV4702-1输入被两个ON Semiconductor SBAV199LT1G二极管对箝位在 $2 V_F$ 。

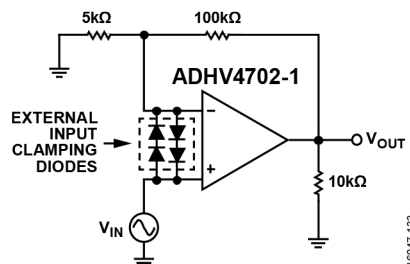


图 44. 外部输入箝位二极管原理图

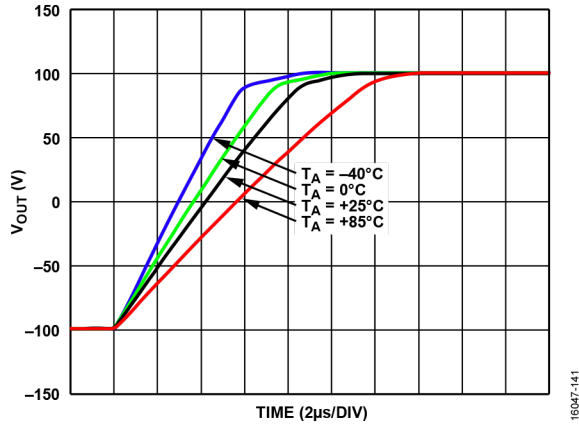


图45. 不同 T_A 下的大信号脉冲响应, 两个二极管正偏电压, 上升沿, $A_V = 20$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

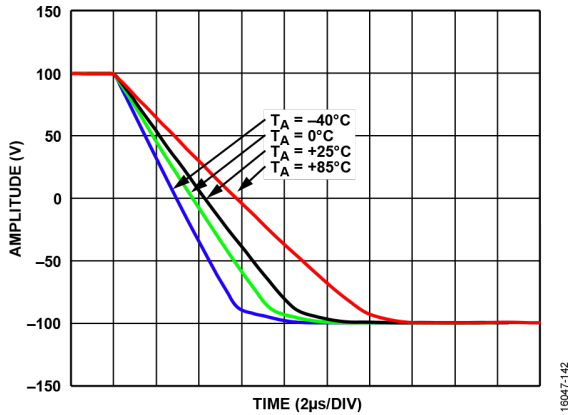


图46. 不同 T_A 下的大信号脉冲响应, 两个二极管正偏电压, 下降沿, $A_V = 20$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

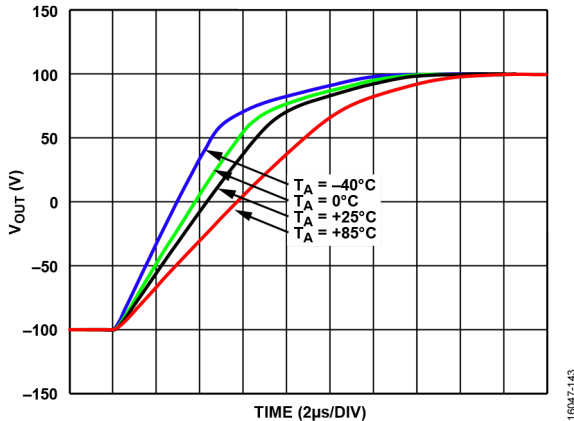


图47. 不同 T_A 下的大信号脉冲响应, 两个二极管正偏电压, 上升沿, $A_V = 40$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

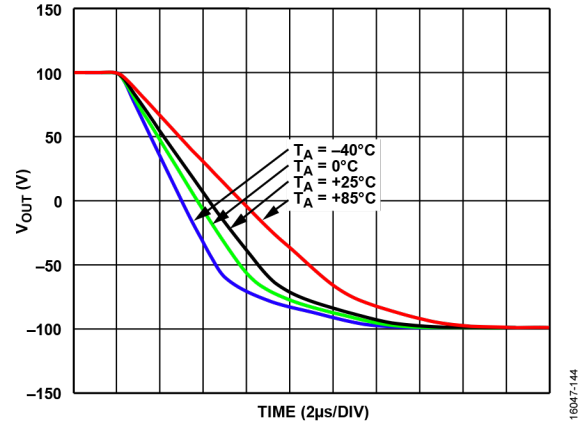


图48. 不同 T_A 下的大信号脉冲响应, 两个二极管正偏电压, 下降沿, $A_V = 40$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 200\text{ V p-p}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\text{ }\Omega$

数字地(DGND)

DGND是放大器所有低压引脚(RADJ、TMP和SD)的基准, 并且用作与微处理器或其他低压逻辑电路通信的信号地。应将DGND连接至0 V数字地或模拟地。请勿让DGND浮空。

电阻可调静态电流(RADJ)

为了进一步降低功耗, 可以在RADJ引脚和DGND之间放置一个电阻(R_{ADJ}), 通过它来调节ADHV4702-1的静态电流。

要使放大器完全偏置, 应将RADJ引脚直接短接到DGND, 以实现最大动态性能。为了以最小静态功耗偏置放大器, 应在RADJ和DGND之间放置一个100 k Ω 电阻。此电阻可将静态电源电流降低至约0.6 mA。以较低静态电流运行放大器对直流性能的影响极小, 但可能导致动态性能(如带宽和噪声)的下降。图49和图50显示了不同 R_{ADJ} 值下的小信号频率响应和噪声性能。

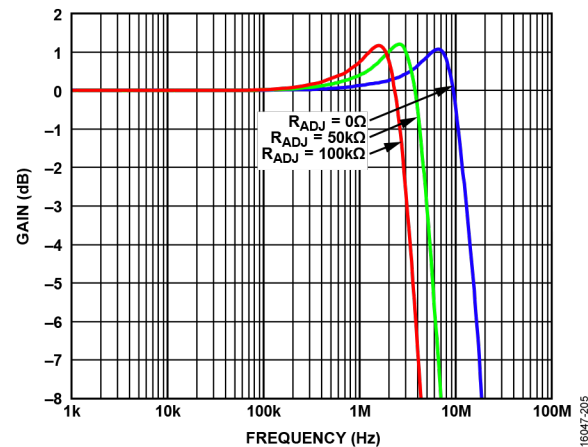


图49. 不同 R_{ADJ} 下的小信号频率响应, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 1$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$, $R_F = 0\text{ }\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$

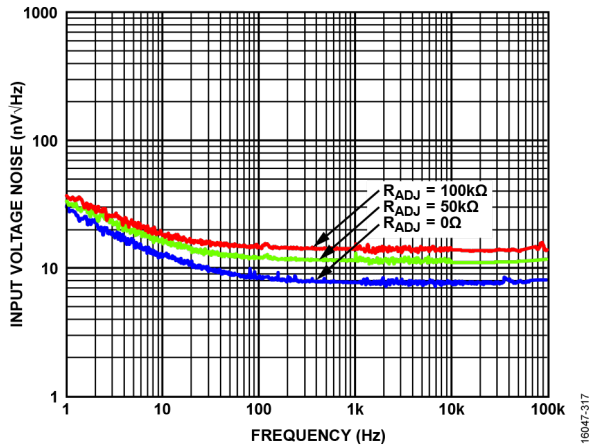


图50. 不同 R_{ADJ} 时的输入电压噪声, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 110$

关断引脚(SD)

ADHV4702-1具有省电关断特性。当 $\overline{\text{SD}}$ 引脚电压降低至DGND的0.8 V以内时,放大器被禁用并处于低功耗状态,其静态电流降至约0.18 mA。 $\overline{\text{SD}}$ 引脚内有大约400 k Ω 的上拉电阻,如果 $\overline{\text{SD}}$ 浮空,则使能放大器。从关断状态开启放大器时,应将 $\overline{\text{SD}}$ 引脚拉高至DGND引脚以上至少1.6 V。图51和图52显示了启动和退出关断状态的 $\overline{\text{SD}}$ 引脚响应时间。 $\overline{\text{SD}}$ 引脚可支持低至2.5 V的数字逻辑电平。当与ADHV4702-1的温度监控特性配合使用时, $\overline{\text{SD}}$ 引脚可用于实现热关断和短路保护。

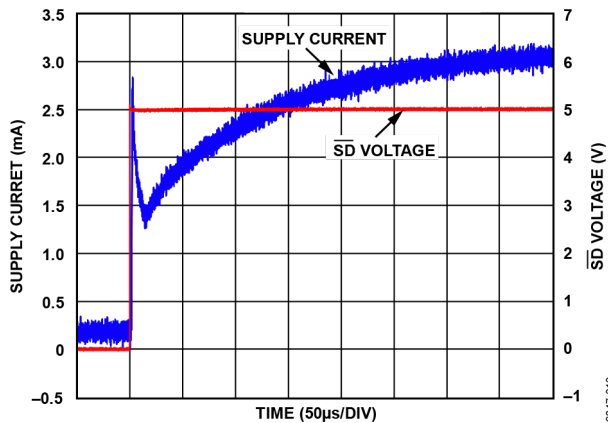


图51. $\overline{\text{SD}}$ 引脚响应时间, 开启

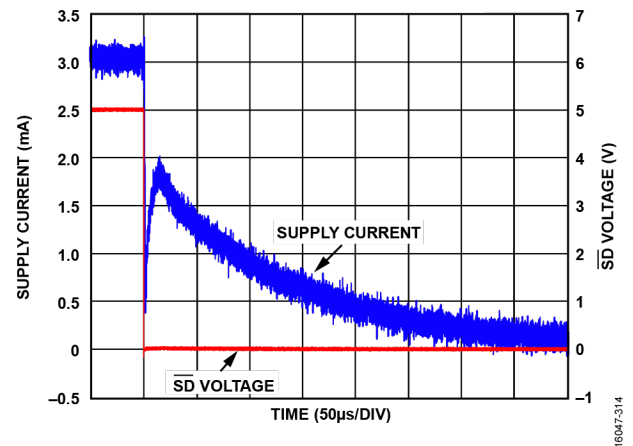


图52. $\overline{\text{SD}}$ 引脚响应时间, 关断

温度监视器(TMP)

ADHV4702-1在靠近输出级的地方(此处温度最高)有一个片内温度传感器。温度传感器的输出电压出现在TMP引脚上。作为芯片温度的近似指标, TMP电压可用于监视功耗并实现热关断。室温下的TMP电压标称值为1.9 V, 以大约-4.5 mV/ $^\circ\text{C}$ 的比率变化, 如图53所示。对TMP引脚进行一次性室温校准, 可以获得更精确的温度读数。

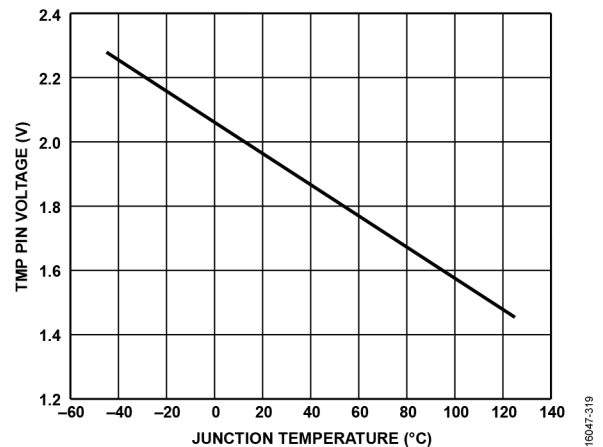


图53. TMP引脚电压与结温的关系

过温保护

在“绝对最大额定值”部分中指定的工作温度或更高温度下运行可能会影响产品可靠性。为了最大程度地降低这种风险, ADHV4702-1具有可选的电阻可编程热关断功能, TMP引脚电压置位 $\overline{\text{SD}}$ 引脚。除了适当的散热外, 建议采用热关断功能来防止放大器过热。要实行热关断功能, 应将TMP连接到 $\overline{\text{SD}}$, 如图54所示, 并在TMP和 $\overline{\text{SD}}$ 与DGND之间靠近ADHV4702-1的地方连接一个200 k Ω 电阻(R_{TMP})。

采用200 k Ω R_{TMP} 时,不同器件的TMP引脚电压差异可能导致关断阈值温度或关断响应时间有所不同。关断阈值可以利用较小的 R_{TMP} 电阻来调节,从而得到较低的阈值温度。

R_{TMP} 与TMP的内部电阻一起形成一个分压器,此分压器会影响TMP引脚读数和TMP电压漂移。表1和“温度监视器(TMP)”部分中的TMP数据仅在未安装 R_{TMP} 时有效。

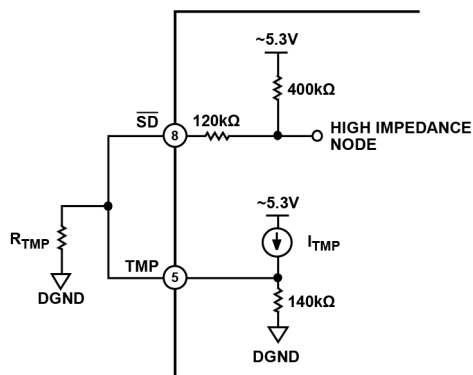


图54. 用于短路保护和热关断的TMP和SD引脚配置

输出电流驱动和短路保护

ADHV4702-1使用的输出级由级联的双重扩散金属氧化物半导体(DMOS)高压晶体管构成,可提供宽输出摆幅。ADHV4702-1通常能够连续驱动20 mA负载电流。但是,在有适当热管理的情况下,ADHV4702-1可以提供高达50 mA的电流。短路保护借助热关断特性来提供。要启用短路保护,应连接SD和TMP引脚,并用200 k Ω R_{TMP} 将它们连接到DGND。

外部补偿和容性负载(C_{LOAD})驱动

驱动 C_{LOAD} 时,放大器输出电阻和负载电容形成放大器转换函数中的一个极点。这个额外的极点会在较高频率下降低相位裕量,并且如果不对它补偿的话,可能会导致过高的峰化和不稳定。在放大器输出端和 C_{LOAD} 之间放置一个串联电阻 R_S (如图55所示),可让ADHV4702-1驱动超过1 μ F的容性负载。图56显示了串联电阻值与负载电容的关系;最大峰化为2 dB,采用图55所示电路。

除串联电阻外,ADHV4702-1还有一个可选外部补偿特性可用于驱动容性负载。可以在COMP和DGND之间安装一个电容(C_{COMP}),以减小与容性负载相关的输出级峰化。 C_{COMP} 额定值必须针对全电源差分情况确定。图58显示了 C_{COMP} 对不同容性负载的影响。

图56、图57和图58所示的值用于纯容性负载 C_{LOAD} 的单位增益配置。这是最坏的情况,因为放大器在较高增益下且有阻性负载与负载电容并联时更稳定。尽管 R_S 或 C_{COMP} 显著提高了驱动 C_{LOAD} 时的稳定性,但也降低了驱动阻性负载时的裕量和带宽。对于阻性负载,COMP引脚应浮空。

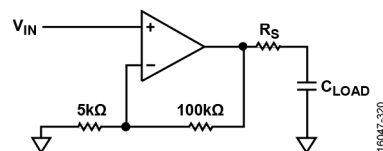


图55. C_{LOAD} 驱动电路

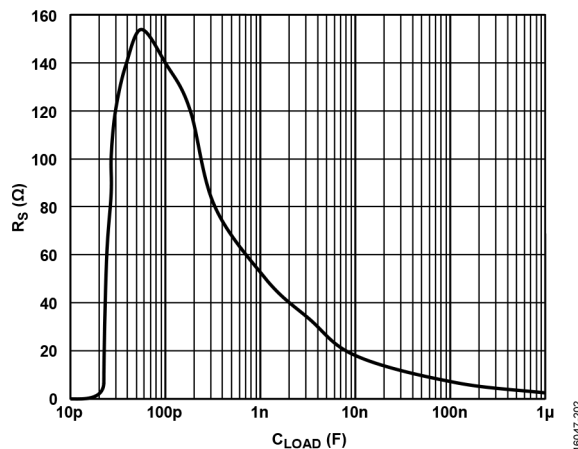


图56. 图55所示电路最大2 dB峰化时 R_S 与 C_{LOAD} 的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 1$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$, $R_F = 0\ \Omega$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

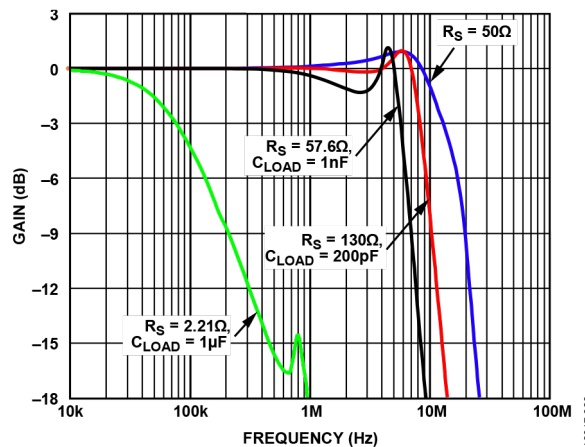


图57. 不同 C_{LOAD} 和 R_S 值对应的小信号响应, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 1$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$, $R_F = 0\ \Omega$, $R_{ADJ} = 0\ \Omega$

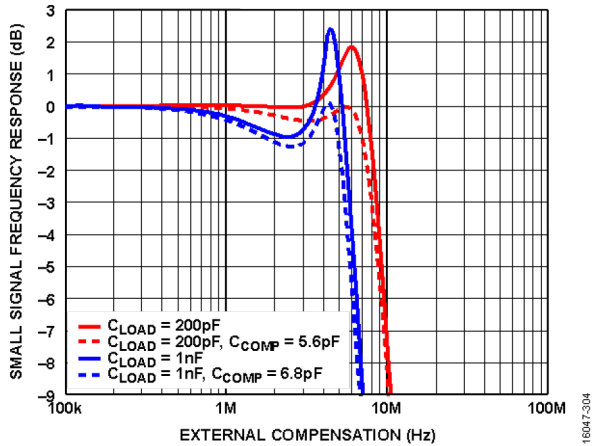


图58. 小信号频率响应与外部补偿的关系, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $A_V = 1$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $V_{OUT} = 100\text{ mV p-p}$, $R_F = 0\Omega$, $R_{ADJ} = 0\Omega$

安全工作区

安全工作区(SOA)表示器件在不同情况下的功率处理能力。

ADHV4702-1的功耗主要来自压摆升压电路和输出级。压摆升压电路需要额外的电源电流。放大器在较大摆幅或较高频率下以最大压摆率运行会增加压摆升压电路的电流消耗,从而提高 T_J 。图59显示了将 T_J 维持在 150°C 以下的动态SOA。该曲线反映了给定幅度的最大安全方波频率。ADHV4702-1在边界之外运行可能会造成永久性损坏。使用额外的热管理或输入箝位二极管可大大扩展动态SOA。但是,使用输入箝位二极管会影响压摆率和大信号带宽。

直流SOA是输出电流与输出级上的电压之间的关系曲线,该电压为电源与输出之间的电压差($V_S - V_{OUT}$),在此电压下放大器可以在安全 T_J 下工作。图60曲线下方的区域显示了ADHV4702-1维持 $T_J \leq 150^\circ\text{C}$ 的工作边界。

SOA曲线对于其开发状况(例如PCB、散热器和 T_A)是唯一的。所有测试均在静止空气环境中进行。在任何一个测试案例中,强制空气对流都能有效降低 θ_{JA} 并扩展SOA。

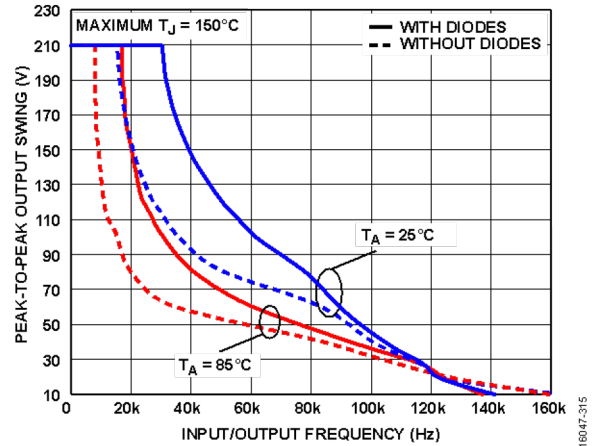


图59. $T_A = 25^\circ\text{C}$ 和 $T_A = 85^\circ\text{C}$ 时的动态SOA, 使用和不使用输入箝位二极管两种情况, $A_V = 20$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\Omega$

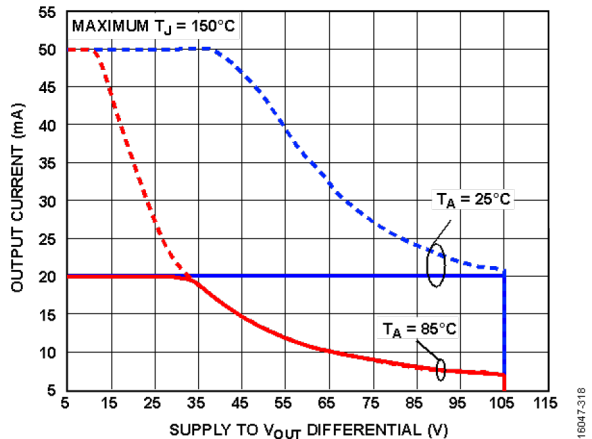


图60. $T_A = 25^\circ\text{C}$ 和 $T_A = 85^\circ\text{C}$ 时的直流SOA, $A_V = 20$, $V_S = \pm 110\text{ V}$, $R_F = 100\text{ k}\Omega$, $R_{ADJ} = 0\Omega$

LFCSP封装和高压引脚间距

ADHV4702-1选择了带EPAD的 $7\text{ mm} \times 7\text{ mm}$ 、12引脚LFCSP封装, 以提高高可靠性, 并符合有关介电耐压(间隙)和封装表面碳化(爬电距离)的区域和全球高压标准。封装尺寸如图64所示。ADHV4702-1符合IEC标准61010-1关于爬电距离的最小 1.25 mm 间距要求, 可防止 250 V rms 时碳漏电起痕引起的故障。为了维持这些保护, 必须去除封装引脚和裸露焊盘周围的所有助焊剂和焊接残留物。有关更多信息, 请参阅IEC 61010-1标准。

裸露焊盘(EPAD)

LFCSP的铜制EPAD为PCB提供了一条导热路径, 可以将其连接至散热器以改善散热。内部没有到EPAD的电气连接。高压隔离使EPAD可以安全地偏置到 0 V 接地层, 而不用担心VCC或VEE电压。

应用信息

电源与去耦

ADHV4702-1可以采用单电源或双电源供电。总电源电压($V_{CC} - V_{EE}$)必须位于24 V至220 V范围内。使用高质量、低有效串联电阻(ESR)、0.1 μ F电容将每个电源引脚去耦至地。去耦电容应尽量靠近电源引脚。此外,应将1.2 μ F钽电容置于每个电源引脚和接地之间,以实现充分的低频去耦并提供所需的电流,支持ADHV4702-1输出端的快速压摆大信号。为确保在高压下可靠运行,旁路电容器的额定电压必须高于ADHV4702-1的电源电压。

高压保护环

ADHV4702-1的引脚布局有助于在放大器的同相输入周围使用保护环。保护措施可最大程度地减少附近引脚的漏电流,并有助于实现低输入偏置电流的优势。保护环必须没有阻焊层,以便其暴露在PCB表面上。应将保护环驱动到跟踪放大器输入的电位。

高压DAC电压减法器

ADHV4702-1可以与双通道16位电压输出DAC(例如 [AD5752R](#))一起使用,实现多功能高压DAC解决方案。对于此配置,ADHV4702-1设置为增益为20的电压减法器,非常适合化学分析(质谱测定)、压电驱动、扫描电子显微镜(SEM)、LiDAR APD/SPAD和硅光电倍增管偏置控制应用。

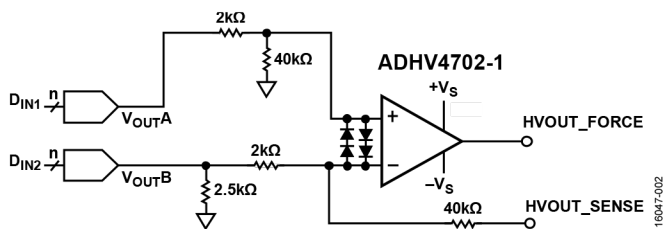


图61. 利用DAC将ADHV4702-1配置为电压减法器

高电流输出驱动器

图62显示了ADHV4702-1的系统级应用,它能提升放大器的输出电流驱动能力。通过引入分立式单位增益输出级,ADHV4702-1可用作高功率输出驱动器,保留独立放大器的精密性能,例如失调、漂移、开环增益和CMRR,同时将输出电流驱动能力提高到分立器件的电流处理能力。

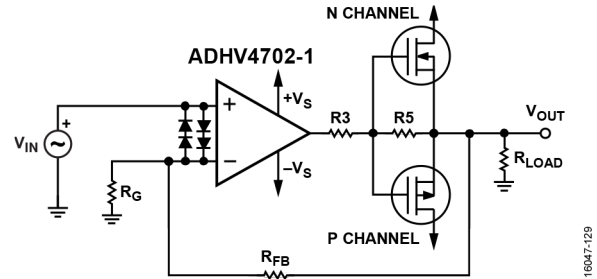


图62. 高电流输出驱动器原理图

信号范围扩展器

图63显示了一个信号范围扩展器的例子。通过引入两个额外的大功率分立式金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET),该范围扩展器可以提供至少两倍的信号范围(取决于所选的MOSFET),同时保留放大器的原始特性。

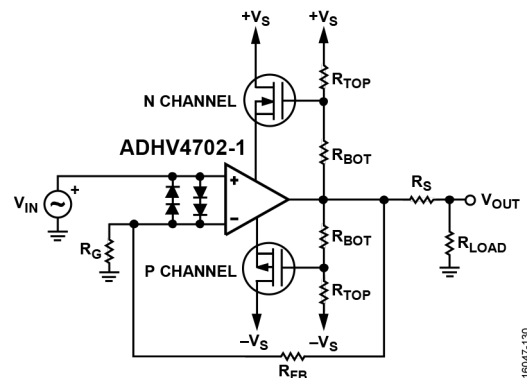


图63. 电压扩展器原理图

外形尺寸

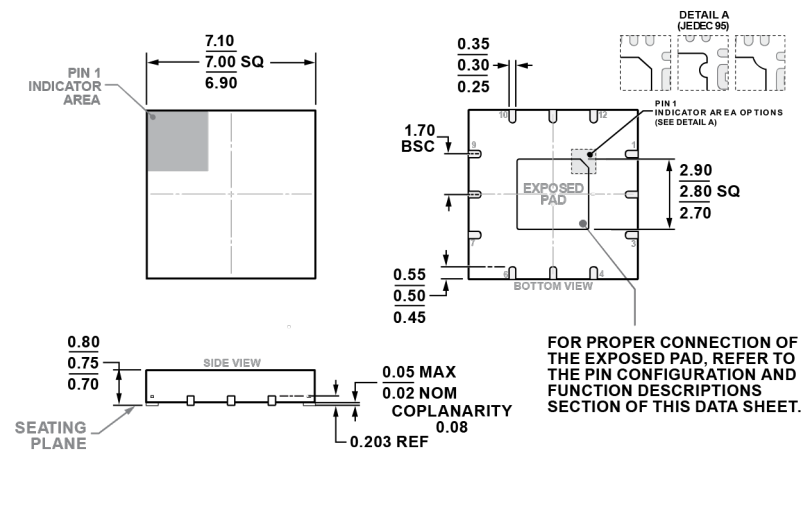


图64. 12引脚引线框芯片级封装[LFCSP]
7 mm × 7 mm 本体, 0.75 mm 封装高度
(CP-12-8)
图示尺寸单位: mm

订购指南

型号 ¹	温度范围	封装描述	封装选项
ADHV4702-1BCPZ	−40°C至+85°C	12引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-12-8
ADHV4702-1BCPZ-R7	−40°C至+85°C	12引脚引线框芯片级封装[LFCSP]	CP-12-8
EVAL-ADHV4702-1CPZ		评估板	

¹ Z = 符合RoHS标准的兼容器件。

