

### 产品特性

- 低噪声: 2.7 nV/√Hz at f = 10 kHz
- 低失调电压: 270 μV 最大值 (全  $V_{CM}$  范围)
- 失调电压漂移: 0.4 μV/°C 典型值 and 2.3 μV/°C 最大值
- 带宽: 28 MHz
- 轨对轨输入输出
- 增益恒定
- 2.7 V to 5.5 V 供电电源
- 40°C to +125°C 结温工作

### 应用

- 数模模数转换器
- 音频
- 工业控制
- 精密滤波器
- 电子秤
- 机动车碰撞避免
- 锁相环滤波器

### 引脚配置

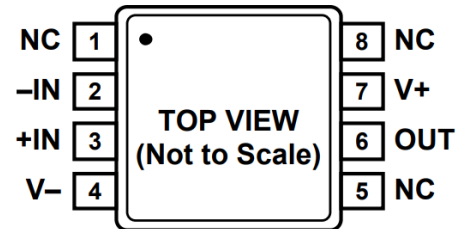


图 1. 8 引脚 MSOP

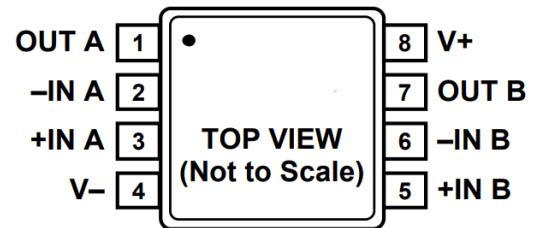


图 2. 8 引脚 MSOP 和 SO

### 概述

GM4500/GM45002 是工业应用中噪声最低的精确实 CMOS 放大器, 实现了高直流精度和功耗的均衡性。

GM4500/GM45002 提供了低噪声 (2.7nV√Hz 在 10kHz 处), 低总谐波失真加噪声 (0.0007%) 和低电压应用下的高精度表现(最大 270 μV 对应整个共模电压范围)。在输入和输出端进行轨对轨切换的能力使设计人员能够基于单电源供电的模数转换器 (ADC) 缓冲器和其他宽动态范围设备。

GM4500/GM45002 的高精度性能提高了低电压应用场景下的分辨率和动态范围。如麦克风前置放大器和音频混

合控制台等音频应用, 就受益于 GM4500/GM45002 的低噪声、低失真和高输出电流能力, 从而降低系统级噪声表现并保持音频精确度。GM4500/GM45002 的高精度和轨对轨输入和输出有利于数据采集、过程控制和锁相环滤波器应用。

GM4500/GM45002 工作在-40°C 到+125°C 温度范围, 提供无铅, GM4500 提供 8 引脚 MSOP 封装, GM45002 提供 8 引脚 MSOP 和 SO 封装。

## 目录

产品特性 .....	1	应用信息 .....	12
应用 .....	1	输入过压保护 .....	12
引脚配置 .....	1	输入电容 .....	12
概述 .....	1	驱动电容性负载 .....	12
目录 .....	2	THD 读数与共模电压 .....	12
版本历史 .....	2	布局、接地和旁路注意事项 .....	13
引脚配置 .....	3	电源旁路 .....	13
绝对最大额定值 .....	4	接地 .....	13
热阻 .....	4	漏电流 .....	13
电气特性 .....	5	外形尺寸 .....	14
典型性能参数 .....	7	订购指南 .....	16
工作原理 .....	11		

## 版本历史

11/23—Rev. 0

初版

## 引脚配置

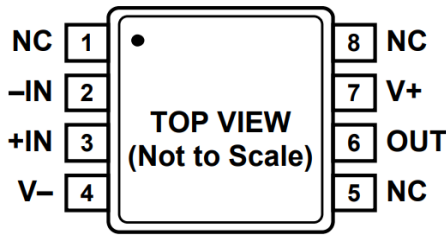


图 3. MSOP-8 引脚配置(顶视图)

表 1 功能

引脚号	引脚名	描述
1	NC	无连接。
2	-IN	负端输入。
3	+IN	正端输入。
4	V-	负电源端。
5	NC	无连接。
6	OUT	输出。
7	V+	正电源端。
8	NC	无连接。

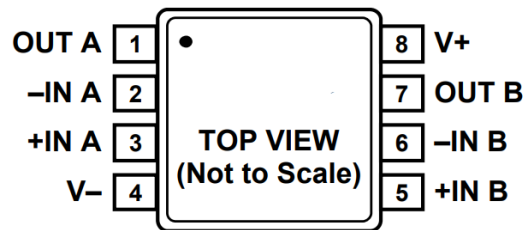


图 4. MSOP-8 和 SO-8 引脚配置(顶视图)

表 2 功能

引脚号	引脚名	描述
1	OUTA	输出 A。
2	-INA	负端输入 A。
3	+INA	正端输入 A。
4	V-	负电源端。
5	+INB	正端输入 B。
6	-INB	负端输入 B。
7	OUTB	输出 B。
8	V+	正电源端。

## 绝对最大额定值

表 3:

参数	额定值
电源电压	6 V
输入电压	$V_{SS}-0.3\text{ V to }V_{DD}+0.3\text{ V}$
差分输入电压	$\pm 6\text{ V}$
静电放电(HBM)	2 kV
存储温度范围	$-65^{\circ}\text{C to }+150^{\circ}\text{C}$
结温范围	$-65^{\circ}\text{C to }+150^{\circ}\text{C}$
焊接温度	260 $^{\circ}\text{C}$

注意，超出上述最大额定值可能会导致产品永久性损坏。产品正常工作范围不应超出技术规范章节中所示的规格。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

$\theta_{JA}$  针对最差条件，即器件焊接在电路板上以实现表贴封装。

表 4:

封装类型	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$	单位
8 引脚 MSOP	210	45	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
8 引脚 SOIC	130	43	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

## 电气特性

除非另有说明,  $V_S = 5.0\text{ V}$ ,  $V_{CM} = V_S/2$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表 5:

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	$V_{OS}$	$V_{CM} = 0\text{ V至}5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		6	86	$\mu\text{V}$
失调电压漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		0.4	2.3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	$I_B$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		0.5	5	$\text{pA}$
输入失调电流	$I_{OS}$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			250	$\text{pA}$
输入电压范围		$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			5	$\text{pA}$
共模抑制比	CMRR	$V_{CM} = 0\text{ V至}5\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	0	90	107	$\text{dB}$
大信号电压增益	$A_{VO}$	$V_O = 0.2\text{ V至}4.8\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $V_{CM} = 0\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	85	97	101	$\text{dB}$
			91			$\text{dB}$
输出特性						
高输出电压	$V_{OH}$	$I_L = 1\text{ mA}$ ; $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	4.97	4.99		$\text{V}$
低输出电压	$V_{OL}$	$I_L = 1\text{ mA}$ ; $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		4	30	$\text{mV}$
输出电流	$I_{OUT}$	$V_{OUT} = \pm 0.5\text{ V}$			$\pm 220$	$\text{mA}$
电源						
电源抑制比	PSRR	$V_S = 2.7\text{ V至}5.5\text{ V}$	88	108		$\text{dB}$
放大器电源电流	$I_{SY}$	$V_O = 0\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		6	7.9	$\text{mA}$
					11	$\text{mA}$
输入电容	$C_{IN}$					
差分				9		$\text{pF}$
共模				16		$\text{pF}$
噪声性能						
输入电压噪声密度	$e_n$	$f = 1\text{ kHz}$ $f = 10\text{ kHz}$		4		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
总谐波失真加噪声	THD + N	$G = 1$ , $R_L = 1\text{ k}\Omega$ , $f = 1\text{ kHz}$ , $V_{IN} = 2\text{ V p-p}$		2.7		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
				0.0007		%
频率响应						
增益带宽积	GBP			28		$\text{MHz}$
压摆率	SR	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		11		$\text{V}/\mu\text{s}$
建立时间	$t_S$	To 0.1%, $V_{IN} = 0\text{ V至}2\text{ V step}$ , $G = +1$		500		$\text{ns}$
相位裕量	$\Phi_M$	$C_L = 0\text{ pF}$		69		度

除非另有说明,  $V_S = 2.7\text{ V}$ ,  $V_{CM} = V_S/2$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表 6:

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	$V_{OS}$	$V_{CM} = 0\text{ V至}2.7\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		6	120	$\mu\text{V}$
失调电压漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		0.4	2.0	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	$I_B$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		0.5	5	$\text{pA}$
输入失调电流	$I_{OS}$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$			250	$\text{pA}$
输入电压范围			0		2.7	$\text{V}$
共模抑制比	CMRR	$V_{CM} = 0\text{ V至}2.7\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	90	107		$\text{dB}$
大信号电压增益	$A_{VO}$	$V_O = 0.2\text{ V至}2.5\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $V_{CM} = 0\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	97	101		$\text{dB}$
			91			$\text{dB}$
输出特性						
高输出电压	$V_{OH}$	$I_L = 1\text{ mA}$ ; $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$	2.67	2.697		$\text{V}$
低输出电压	$V_{OL}$	$I_L = 1\text{ mA}$ ; $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		5	30	$\text{mV}$
输出电流	$I_{OUT}$	$V_{OUT} = \pm 0.5\text{ V}$		$\pm 75$		$\text{mA}$
电源						
电源抑制比	PSRR	$V_S = 2.7\text{ V至}5.0\text{ V}$	88	108		$\text{dB}$
每放大器电源电流	$I_{SY}$	$V_O = 0\text{ V}$ $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$		6	7.2	$\text{mA}$
					10	$\text{mA}$
输入电容	$C_{IN}$					
差分				9		$\text{pF}$
共模				16		$\text{pF}$
噪声性能						
输入电压噪声密度	$e_n$	$f = 1\text{ kHz}$ $f = 10\text{ kHz}$		4.0		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
总谐波失真加噪声	THD + N	$G = 1$ , $R_L = 1\text{ k}\Omega$ , $f = 1\text{ kHz}$ , $V_{IN} = 2\text{ V p-p}$		2.7		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
				0.0006		$\%$
频率响应						
增益带宽积	GBP			27		$\text{MHz}$
压摆率	SR	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		8.5		$\text{V}/\mu\text{s}$
建立时间	$t_s$	建立至0.1%, $V_{IN} = 0\text{至}1\text{ V}$ 步进, $G = 1$		500		$\text{ns}$
相位裕量	$\Phi_M$	$C_L = 0\text{ pF}$		54		度

典型性能参数

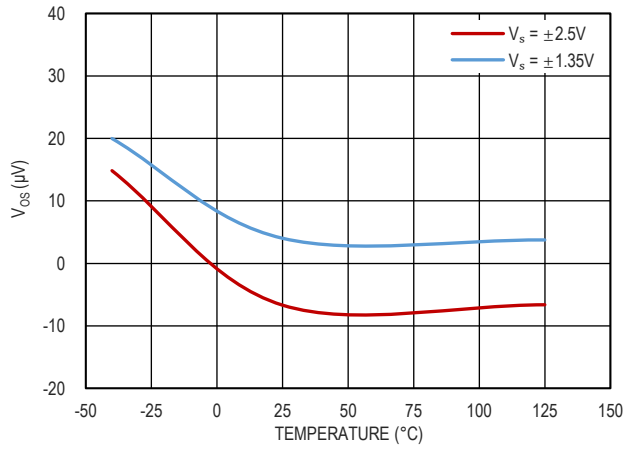


图 5. Input Offset Voltage vs. Temperature

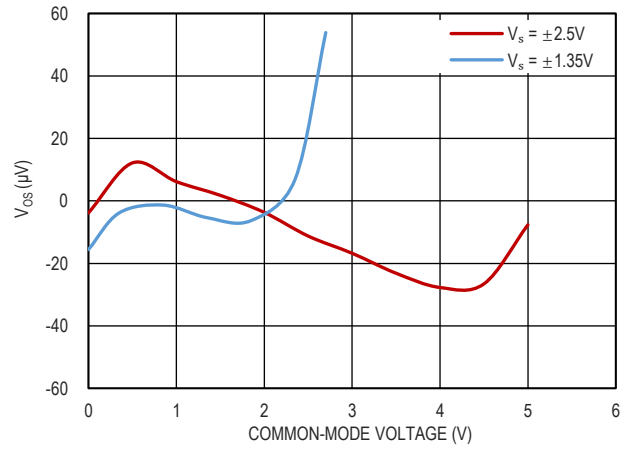


图 6. Input Offset Voltage vs. Common-Mode Voltage

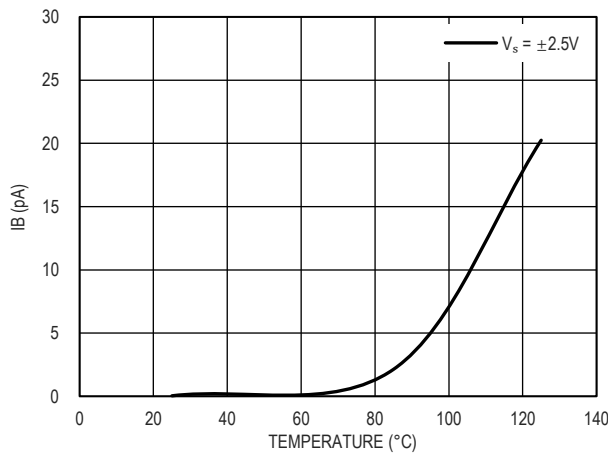


图 7. Input Bias Current vs. Temperature

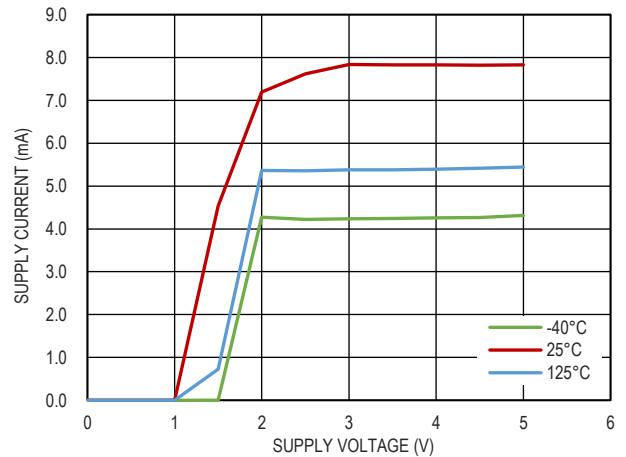


图 8. Supply Current vs. Supply Voltage

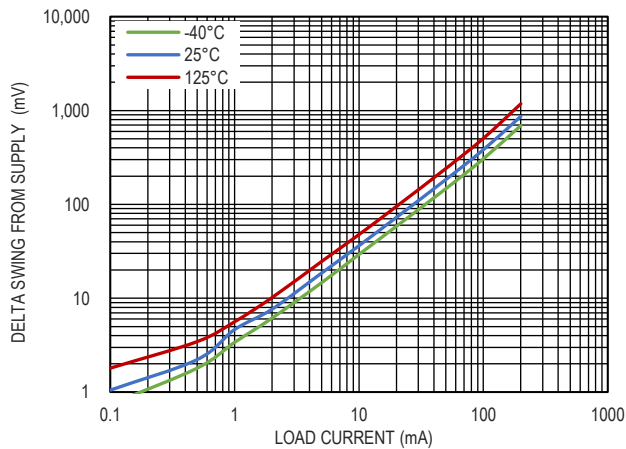


图 9. Output Swing  $V_{OH}$  vs. Load Current,  $V_S = \pm 2.5V$

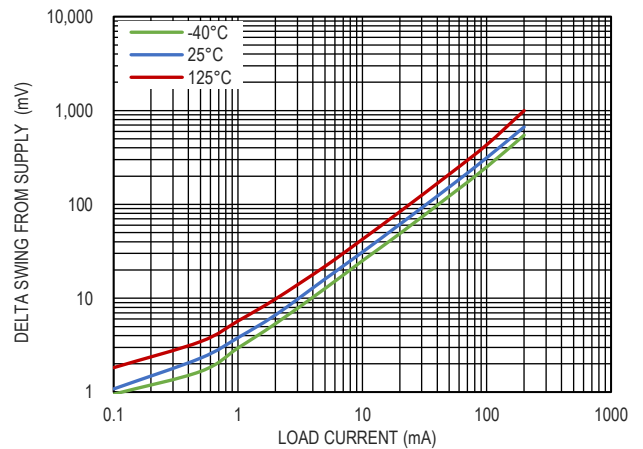


图 10. Output Swing  $V_{OL}$  vs. Load Current,  $V_S = \pm 2.5V$

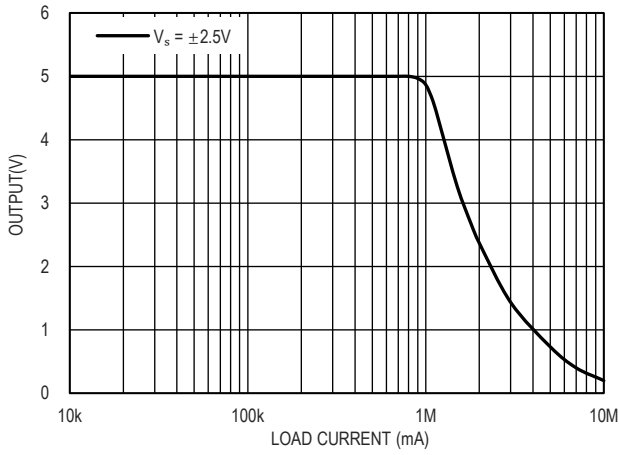


图 11. Output Swing vs. Frequency,  $V_{IN}=5V$ ,  $G=+1$

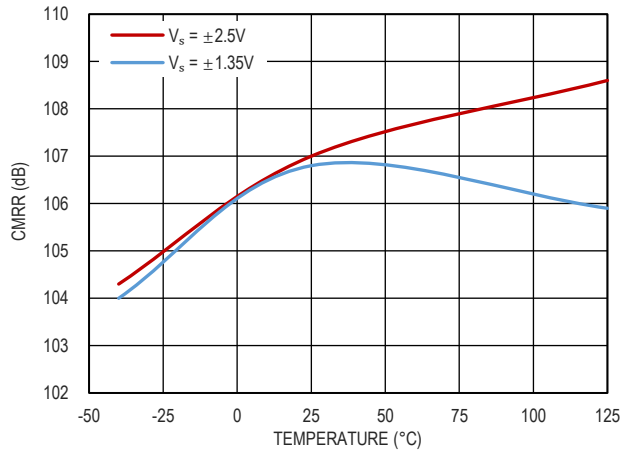


图 12. 大信号 CMRR vs. Temperature,  $V_{CM}=0V$

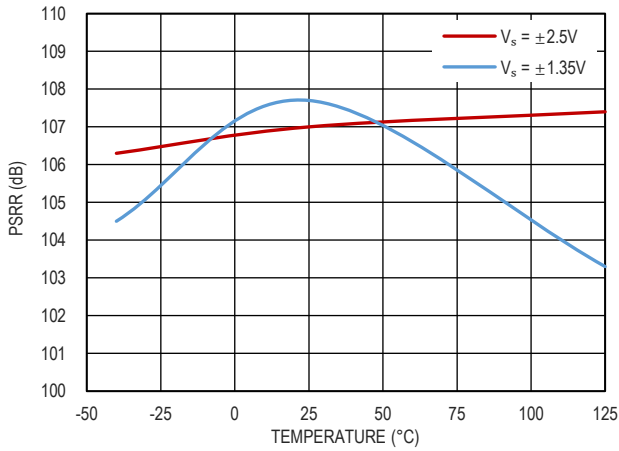


图 13. 大信号 PSRR vs. Temperature

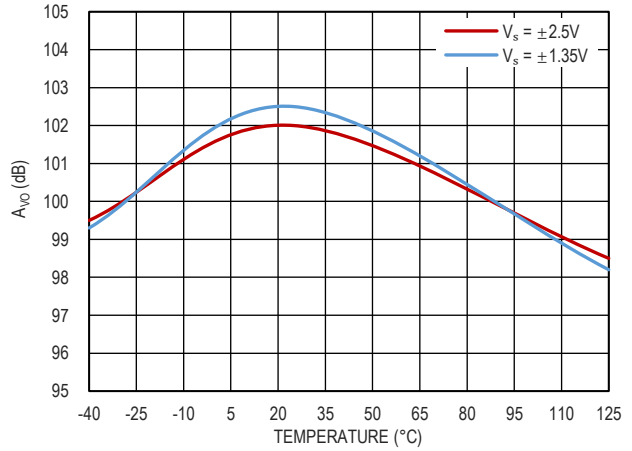


图 14. Open-loop Gain vs. Temperature

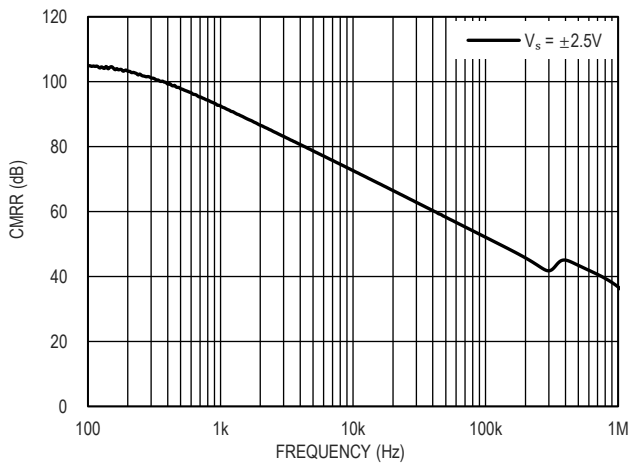


图 15. CMRR vs. Frequency,  $V_{IN}=28mV$ ,  $R_L=1M\Omega$ ,  $C_L=47pF$

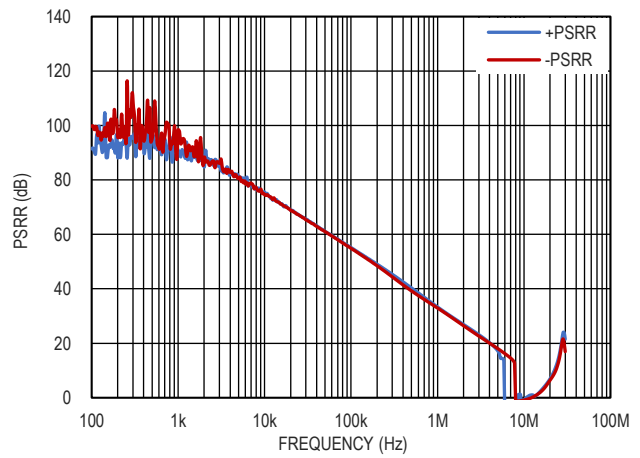


图 16. PSRR vs. Frequency,  $V_s = \pm 2.5V$ ,  $V_{IN}=50mV$ ,  $R_L=1M\Omega$ ,  $C_L=47pF$



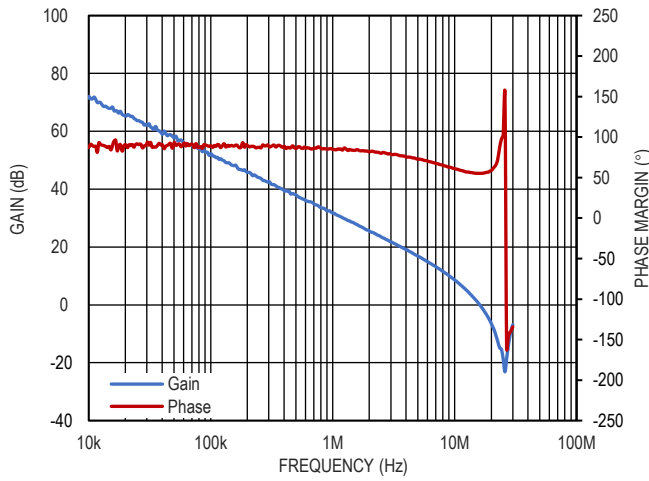


图 17. Open-Loop Gain and Phase vs. Frequency,  $V_S = \pm 2.5V$ ,  $C_L = 10pF$

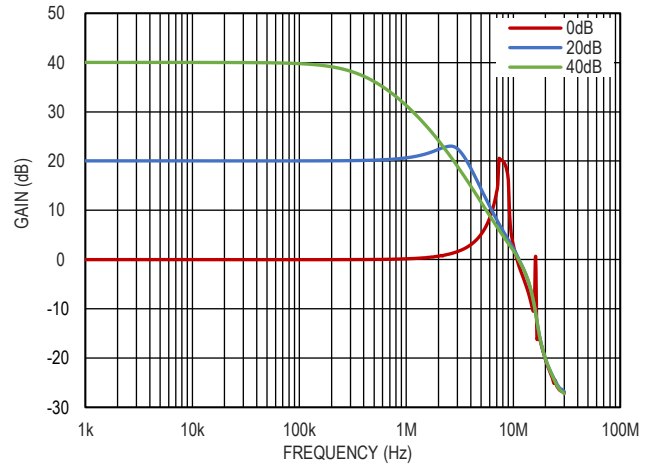


图 18. Closed-Loop Gain vs. Frequency,  $V_S = \pm 2.5V$ ,  $C_L = 47pF$

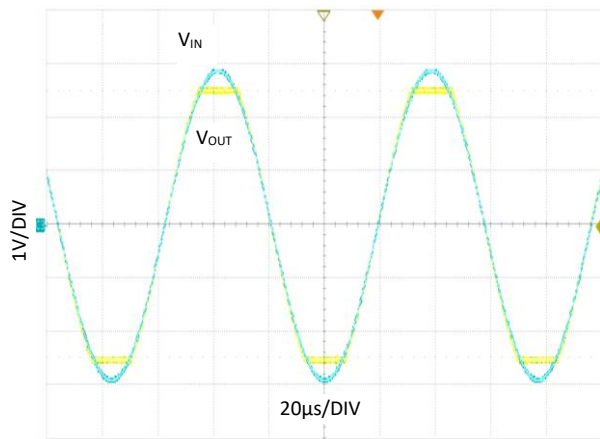


图 19. No Phase Reversal,  $V_S = \pm 2.5V$ ,  $C_L = 47pF$ , Gain = +1

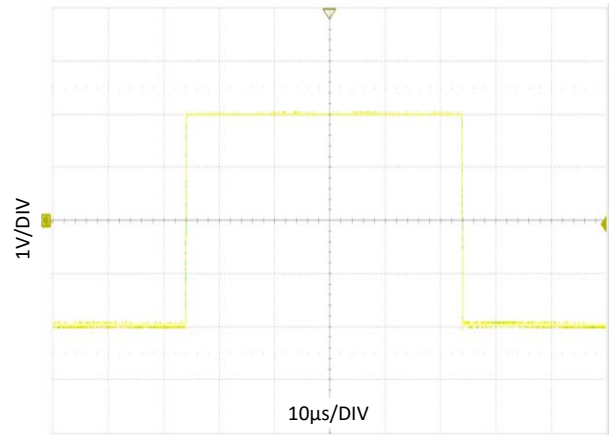


图 20. Large Signal Response,  $V_S = \pm 2.5V$ ,  $V_{IN} = 4V$ ,  $C_L = 100pF$ , Gain = +1

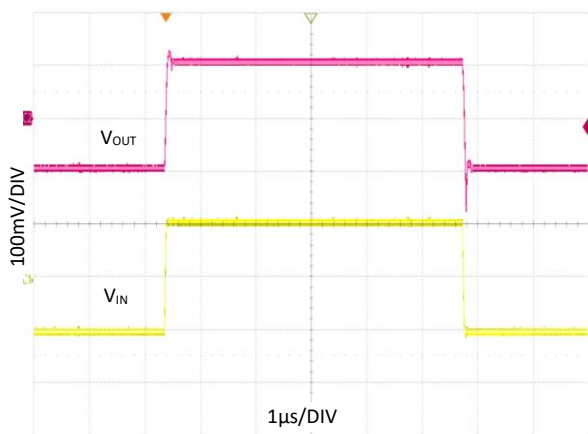


图 21. Small Signal Response,  $V_S = \pm 2.5V$ ,  $V_{IN} = 200mV$ ,  $C_L = 100pF$ , Gain = +1

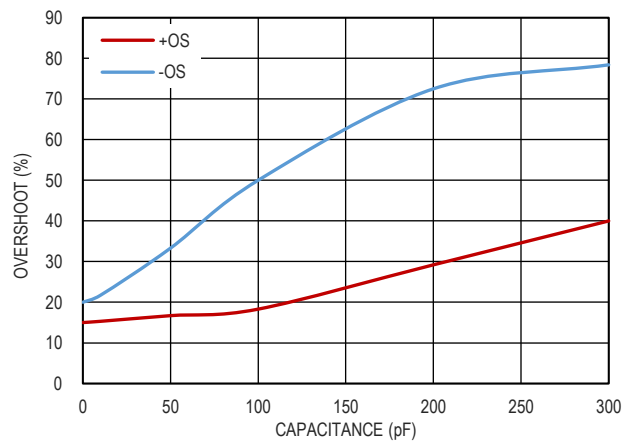


图 22. Small Signal Overshoot vs. Load Capacitance

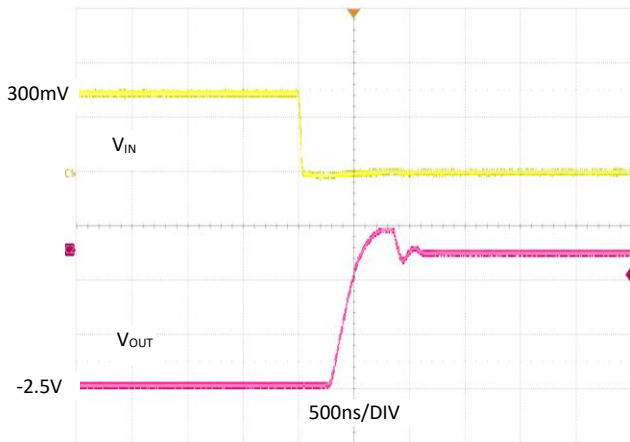


图 23. Negative Overload Recovery Time,  $V_S = \pm 2.5V$ ,  $V_{IN} = 300mV$ , Gain = -10

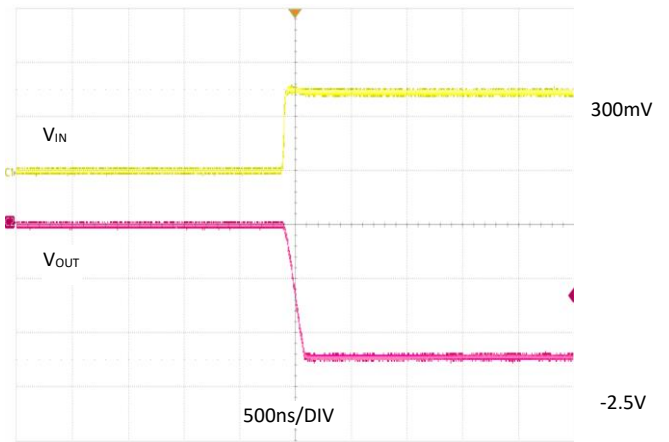


图 24. Positive Overload Recovery Time,  $V_S = \pm 2.5V$ ,  $V_{IN} = 300mV$ , Gain = -10

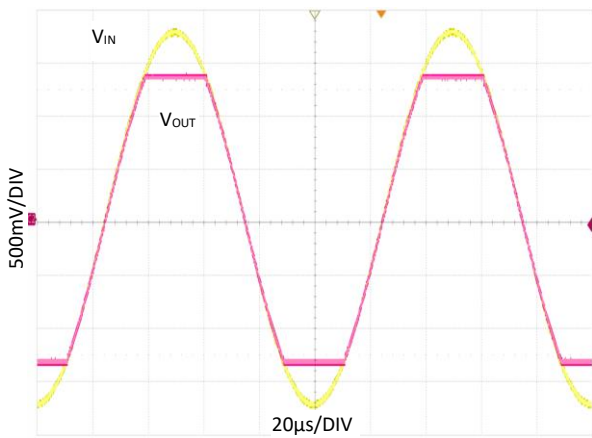


图 25. No Phase Reversal,  $V_S = \pm 2.5V$ ,  $C_L = 47pF$ , Gain = +1

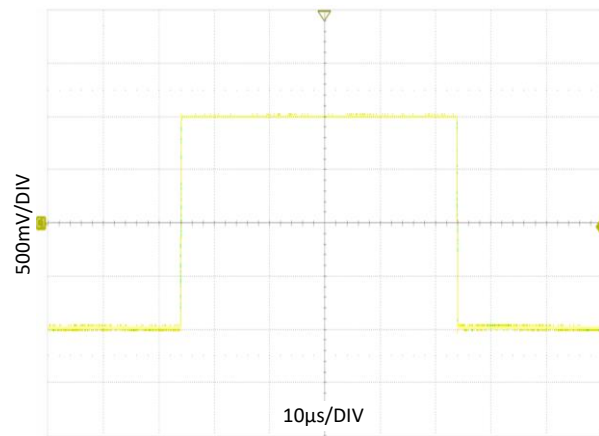


图 26. Large Signal Response,  $V_S = \pm 1.35V$ ,  $V_{IN} = 2V$ ,  $C_L = 100pF$ , Gain = +1

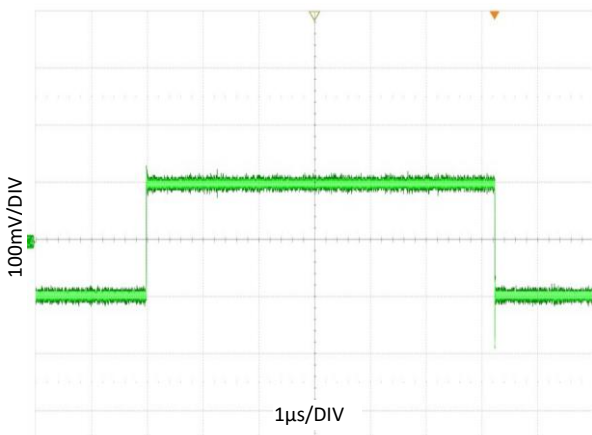


图 27. Small Signal Response,  $V_S = \pm 1.35V$ ,  $V_{IN} = 200mV$ ,  $C_L = 100pF$ , Gain = +1

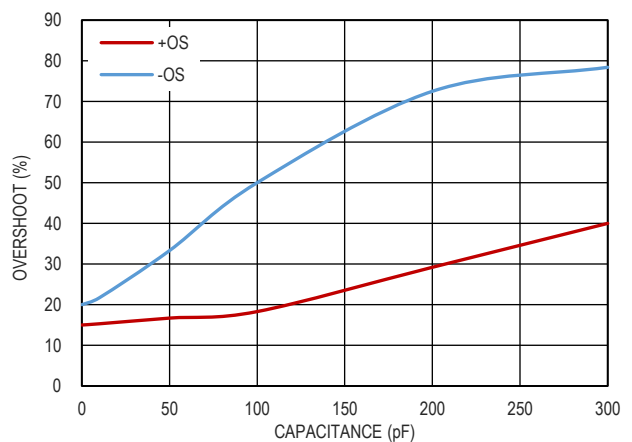


图 28. Small Signal Overshoot vs. Load Capacitance

## 工作原理

GM4500/GM45002 放大器是电压反馈, 轨对轨输入输出的精确 CMOS 放大器, 它工作在 2.7 V to 5.0 V 的电压供电条件下。这些放大器在封装之后调整放大器的失调电压的技术可以校正任何由于机械装配压力导致的失调电压, 因而可实现相比于现存可用的 CMOS 放大器更高的精度。

GM4500/GM45002 使用标准运放引脚, 这使其完全兼容通运运放。放大器的输入级是真正的轨对轨结构, 允许放大器的输入共模电压范围扩展到正极和负极供电轨。

GM4500/GM45002 在 10 k $\Omega$  负载条件下的开环增益的典型值为 101 dB.

GM4500/GM45002 可用于任何精密运放应用。在电源内的共模电压下, 放大器不会出现相位反转。对于高分辨率数据采集系统来说, GM4500/GM45002 是很好的选择, 其电压噪声为 2.7 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ , 在 10kHz 的 2V p-p 信号情况下, THD +N 为 -103 dB。它们的低噪声, 亚 pA 输入偏置电流, 精确失调电压和高速特性使它们成为快速滤波应用的极好的前置放大器。GM4500/GM45002 的速度和输出驱动能力也使它们在视频应用中非常有用。

## 应用信息

### 输入过压保护

GM4500/GM45002 的内部保护电路允许在输入端施加超过电源的电压。然而，不建议在放大器的任何一个输入端施加超过电源 0.3 V 的电压。如果施加较高的输入电压，应使用串联电阻来限制流入输入的电流。输入电流应限制在小于 5mA。

极低的输入偏置电流允许使用更大的电阻，这允许用户在输入端施加更高的电压。这些电阻的使用增加了热噪声，这增加了放大器的整体输出电压噪声。例如，一个 10k $\Omega$  电阻在室温下的热噪声小于 12.6 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ，误差电压小于 10 nV。

### 输入电容

除了旁路和接地，高速放大器还对输入端和地之间的寄生电容敏感。对于电阻性反馈网络的电路，总电容，无论是源电容、输入管脚上的杂散电容，还是放大器的输入电容，都会在电路的噪声增益中造成断点。因此，必须在增益电阻并联添加电容以获得稳定性。假设选择反馈电容使二阶系统临界阻抗，噪声增益是频率的函数，并在较高频率处达到峰值。输入端的几皮法电容降低了高频的输入阻抗，

这增加了放大器的增益，导致频率响应的峰值或振荡。对于 GM4500/GM45002，需要额外的输入阻抗来稳定大于 200 pF 的电容性负载，并具有直接输入到输出反馈。请参阅驱动电容性负载部分。

### 驱动电容性负载

虽然 GM4500/GM45002 可以在不振荡的情况下驱动高达 500 pF 的电容性负载，但当输入频率高于 100 kHz 时，会出现大量的振铃。当放大器配置为正单位增益(最坏情况)时，尤其如此。当需要如此大的容性负载时，强烈建议使用外部补偿，它能减少过冲和最大限度地减少振铃，从而提高了 GM4500/GM45002 在驱动大容性负载时的稳定性。

一种简单的补偿技术是在容性负载处并联一个简单的 RC 网络组成的吸收器。这个电路能维持输出摆幅，放大器在所有增益处都是稳定的。它能大幅减少过冲量，并消除了振铃。使用吸收器并不能恢复由重容性负载引起的带宽损失。

### THD 读数与共模电压

负载为 1k $\Omega$  时，GM4500/GM4500 的总谐波失真远低于 0.0007%。除了其他因素外，这种失真和电路配置、施加的电压和布局都有关系。

## 布局、接地和旁路注意事项

### 电源旁路

电源引脚可能作为噪声的输入，因此必须小心应用无噪声、稳定的直流电压。旁路电容器的目的是在所有频率上产生从电源到地的低阻抗，从而分流或过滤大部分噪声。旁路方案的设计是为了最小化所有频率的电源阻抗，电容的并联组合值为  $0.1\ \mu\text{F}$  和  $4.7\ \mu\text{F}$ 。 $0.1\ \mu\text{F}$  (X7R 或 NPO) 的芯片电容器是至关重要的，应该接近于放大器封装。 $4.7\ \mu\text{F}$  钽电容对于高频旁路不那么关键，并且在大多数情况下，每个板在电源输入处只需要一个。

### 接地

接地平面层对于密集堆积的 PCB 板来说是很重要的，可以使寄生电感降到最低。这使得电压下降与电流的变化最小化。然而，了解电流在电路中的流向对于实现有效的高速电路设计是至关重要的。电流路径的长度与寄生电感的大小成正比，因此，路径的高频阻抗也成正比。电感式接地回路电流的大变化会产生不必要的电压噪声。

高频旁路电容器引线的长度是至关重要的，因此，建议使用表面贴装电容器。旁路接地迹中的寄生电感与旁路电容器产生的

低阻抗相对抗。由于负载电流从电源流出，负载阻抗接地应与旁路电容器接地位于相同的物理位置。对于意图在较低频率下有效的大值电容器，电流返回路径距离不那么关键。

### 漏电流

糟糕的 PCB 板布局、污染物和板绝缘体材料会产生比 GM4500/GM45002 输入偏置电流大得多的漏电流。输入和附近走线之间的任何电压差都会通过 PCB 板绝缘体产生漏电流，例如  $1\text{V} / 100\ \text{G}\Omega = 10\text{pA}$ 。同样，电路板上的任何污染物都可能造成严重泄漏(皮肤油脂是一个常见问题)。

为了显著减少泄漏，在输入和输入引线周围放置一个保护环(屏蔽)，驱动到与输入相同的电压电位。这确保了在输入和周围区域之间没有电压势来产生任何漏电流。为了达到效果，保护环必须由一个相对低阻抗的源驱动，并且应该通过使用多层板完全包围输入引线的所有侧面，上面和下面。

绝缘子材料本身的电荷吸收也会引起漏电流。尽量减少输入导线和保护环之间的材料量有助于减少吸收。此外，在某些情况下可能需要使用低吸收率材料，如聚四氟乙烯或陶瓷。

## 外形尺寸

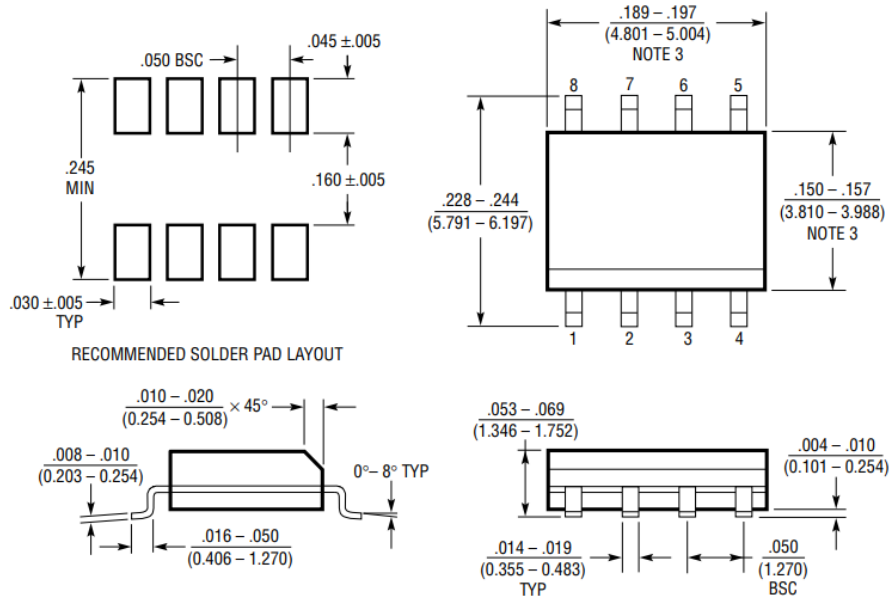
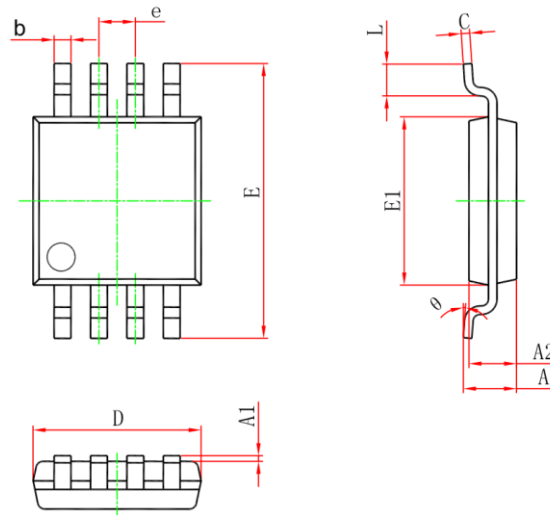


图 29.8 引脚 SO-8



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	---	1.100	---	0.043
A1	0.020	0.150	0.001	0.006
A2	0.750	0.950	0.030	0.037
b	0.250	0.380	0.010	0.015
c	0.090	0.230	0.004	0.009
D	2.900	3.100	0.114	0.122
e	0.650 (BSC)		0.026 (BSC)	
E	4.750	5.050	0.187	0.199
E1	2.900	3.100	0.114	0.122
L	0.400	0.800	0.016	0.031
θ	0°	6°	0°	6°

图 30.8 引脚 MSOP-8

## 订购指南

型号	温度范围	封装描述	封装选项
GM4500ARMZ-R7	-40°C 至 +125°C	8 引脚 MSOP	RM-8
GM45002ARMZ-R7	-40°C 至 +125°C	8 引脚 MSOP	RM-8
GM45002ARZ-R7	-40°C 至 +125°C	8 引脚 SO	R-8

Z = RoHS Compliant Part