



## CD8655\_CD8656

低噪声、精密、CMOS、放大器

版本：Rev 1.0.0 日期：2025-5-26

## 产品特性

- 低噪声 :  $2.7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  at  $f = 10\text{ kHz}$
- 低失调电压 :  $V_{\text{CM}}$  上最大为  $250\text{\mu V}$
- 失调电压漂移:  $0.4\text{\mu V}/^{\circ}\text{C}$  (典型值) ,  $2.3\text{\mu V}/^{\circ}\text{C}$  (最大值)
- 带宽 :  $28\text{ MHz}$
- 轨到轨输入/输出
- 单位增益稳定
- 工作电压范围 :  $2.7\text{ V}$  to  $5.5\text{ V}$
- 工作温度范围 :  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$

## 产品应用

- ADC 和 DAC 缓冲器
- 音频
- 工业控制
- 精密滤波器
- 数字秤
- 汽车防撞
- PLL 滤波器

## 产品描述

CD8655/CD8656 是业界噪音最低的精密 CMOS 放大器。它们可以实现高直流精度。CD8655/CD8656 为低压应用提供低噪音( $10\text{ kHz}$  时为  $2.7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ )、低 THD + N (0.0007%)及高精度性能( $V_{\text{CM}}$  上最大为  $250\mu\text{V}$ )。此外还具有轨到轨输入和输出摆幅能力, 使设计人员可以在单电源系统中缓冲模数转换器(ADC)及其它宽动态范围器件。

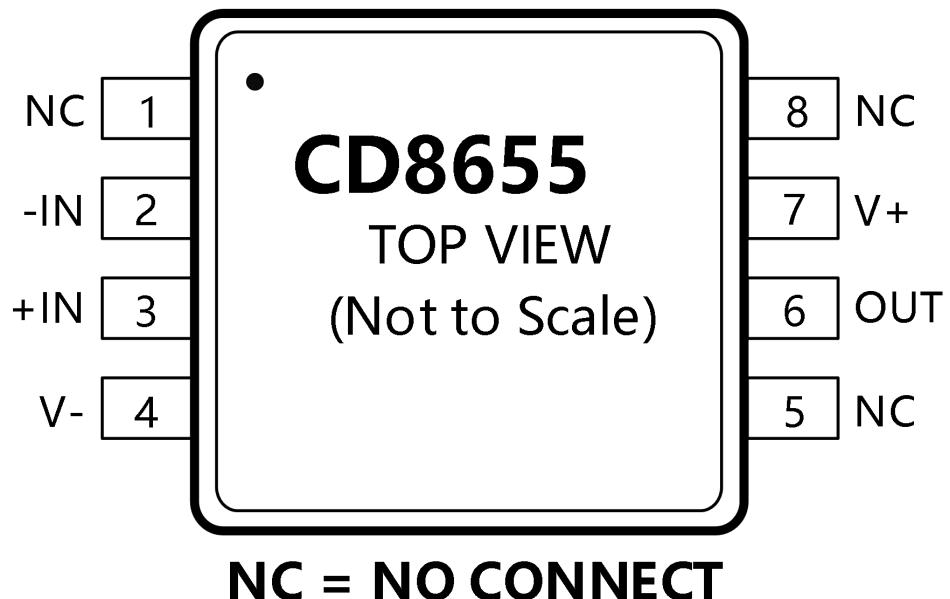
在低压应用中, CD8655/CD8656 的高精度性能可以改善分辨率和动态范围。麦克风前置放大器和调音台等音频应用均受益于 CD8655/CD8656 的低噪音、低失真和高输出电流能力, 可降低系统级噪声, 并确保音频保真度。AD8655/AD8656 的高精度以及轨到轨输入和输出则有益于数据采集、过程控制和 PLL 滤波器应用。

CD8655/CD8656 额定温度范围为  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$ 。CD8655/CD8656 提供无铅、8 引线 MSOP 和 SOIC 封装。

## 目录

产品特性 .....	- 1 -
产品应用 .....	- 1 -
产品描述 .....	- 1 -
引脚分配 .....	- 3 -
绝对最大额定值 .....	- 4 -
电气特性 .....	- 4 -
典型性能 .....	- 5 -
工作原理 .....	- 15 -
应用信息 .....	- 15 -
布局指南 .....	- 17 -
封装外形及尺寸 .....	- 18 -
包装/订购信息 .....	- 20 -
修订日志 .....	- 21 -

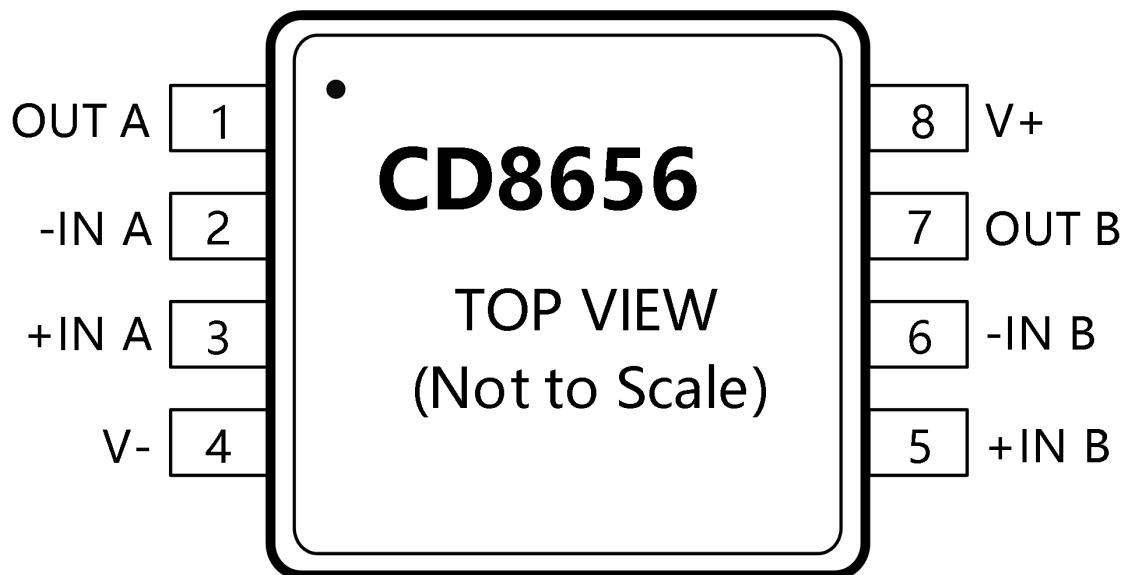
## 引脚分配



8-Lead MSOP (RM-8)

8-Lead SOIC (R-8)

Figure 1. CD8655



8-Lead MSOP (RM-8)

8-Lead SOIC (R-8)

Figure 1. CD8656

## 绝对最大额定值

参数	范围
电源电压	6V
输入电压	VSS-0.3V to VDD+0.3V
差分输入电压	±6 V
对地输出短路持续时间	Indefinite
静电放电(HBM)	3.0kV
存储温度范围 (R, RM 封装)	-65°C to +150°C
结温范围 (R, RM 封装)	-65°C to +150°C
引脚温度 (焊接, 10 秒)	260°C
8 引脚 MSOP 封装 (RM)	$\theta_{JA}$ : 210°C/W $\theta_{JC}$ : 45°C/W
8 引脚 SOIC 封装 (R)	$\theta_{JA}$ : 158°C/W $\theta_{JC}$ : 43°C/W

## 电气特性

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

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>输入特性</b>						
失调电压	$V_{OS}$	$V_{CM}=0V$ to 5V	--	50	250	$\mu V$
		$-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	--	--	550	$\mu V$
失调电压飘移	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	$-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	--	0.4	2.3	$\mu V/^\circ C$
输入偏置电流	$I_B$	$-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	--	1	10	pA
			--	--	500	pA
输入失调电流	$I_{OS}$	$-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	--	--	10	pA
			--	--	500	pA
输入电压范围	--	--	0	--	5	V
共模抑制比	CMRR	$V_{CM}=0V$ to 5V	85	100	--	dB
大信号电压增益	AVO	$V_O=0.2V$ to 4.8V, $R_L=10k$	100	110	--	dB
		$\Omega, V_{CM}=0V$				
		$-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	95	--	--	dB
<b>输出特性</b>						
高电压输出	$V_{OH}$	$I_L=1mA; -40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	4.97	4.991	--	V
低电压输出	$V_{OL}$	$I_L=1mA; -40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	--	8	30	mV
低电流输出	$V_{OUT}$	$V_{OUT}=\pm 0.5V$	--	±220	--	mA

电源供应						
电源抑制比	PSRR	$V_S=2.7V$ to $5.0V$	88	105	--	dB
电源电流/放大	$I_{SY}$	$V_O=0V$	--	3.7	4.5	mA
		$-40^{\circ}C \leq T_A \leq +125^{\circ}C$	--	--	5.3	mA
输入电容	$C_{IN}$					
差分	--	--	--	9.3	--	pF
共模	--	--	--	16.7	--	pF
噪点性能						
输入电压噪声密度	en	$f=1kHz$	--	4	--	$nV/\sqrt{Hz}$
		$f=10kHz$	--	2.7	--	$nV/\sqrt{Hz}$
总谐波失真+噪声	THD+N	$G=1, R_L=1k\Omega,$ $f=1kHz, V_{IN}=2V$ p-p	--	0.0007	--	%
频率响应						
增益带宽积	GBP	--	--	28	--	MHz
压摆率	SR	$R_L=10k\Omega$	--	11	--	V/ $\mu$ s
建立时间	ts	To 0.1%, $V_{IN}=0V$ to $2V$ step, $G=+1$	--	370	--	ns
相位裕度	--	$C_L=0pF$	--	69	--	degrees

## 典型性能

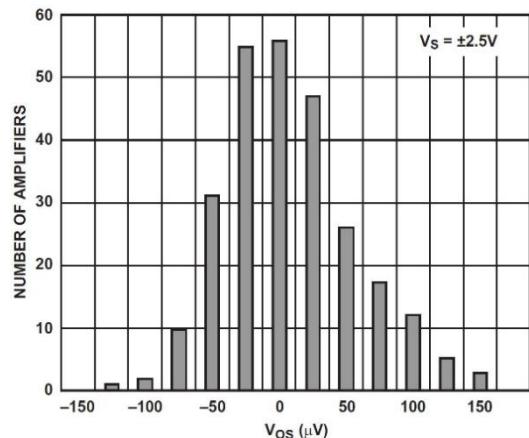


图 3. 输入失调电压分布图

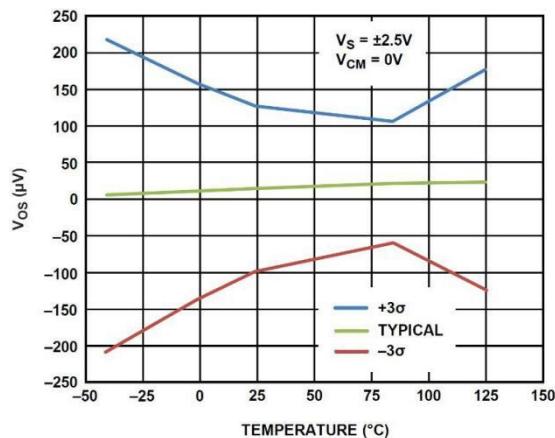


图 4. 输入失调电压与温度的关系

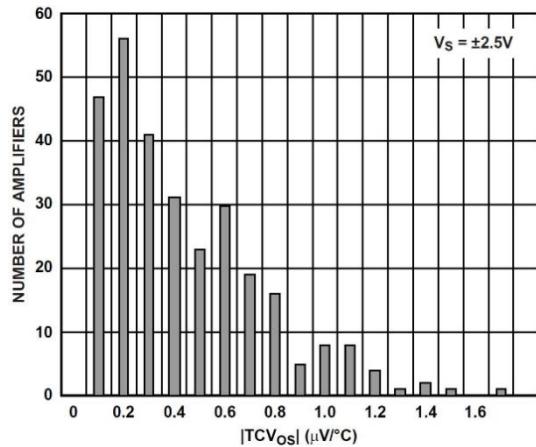


图 5. |TCV<sub>OS</sub>| 分布

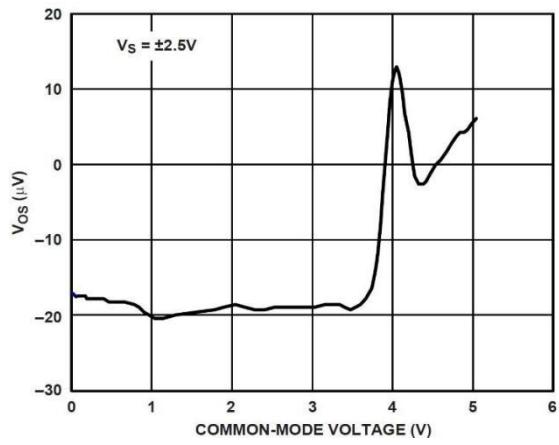


图 6. 输入失调电压与共模电压的关系

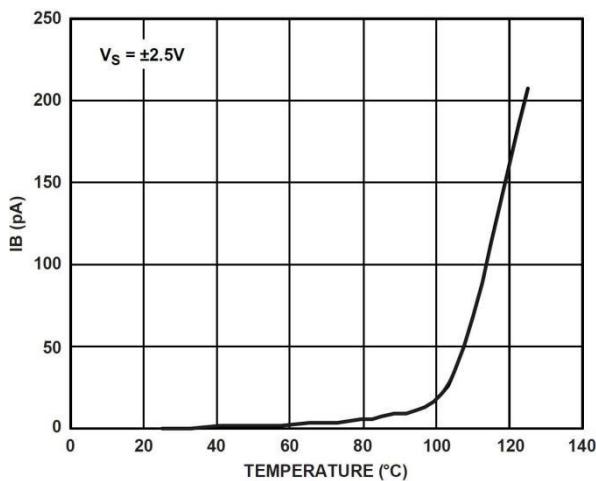


图 7. 输入偏置电流与温度的关系

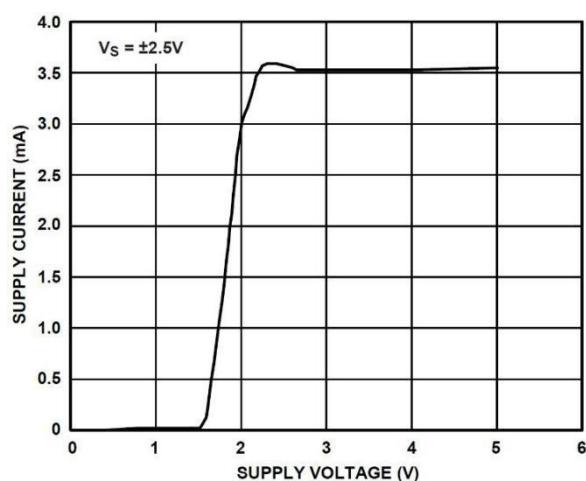


图 8. 电源电流与电源电压的关系

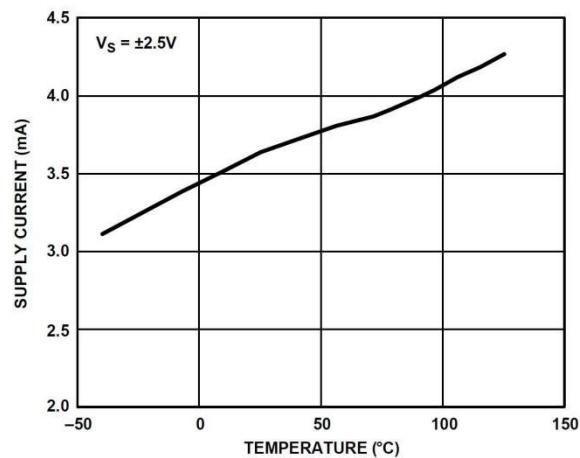


图 9. 电源电流与温度的关系

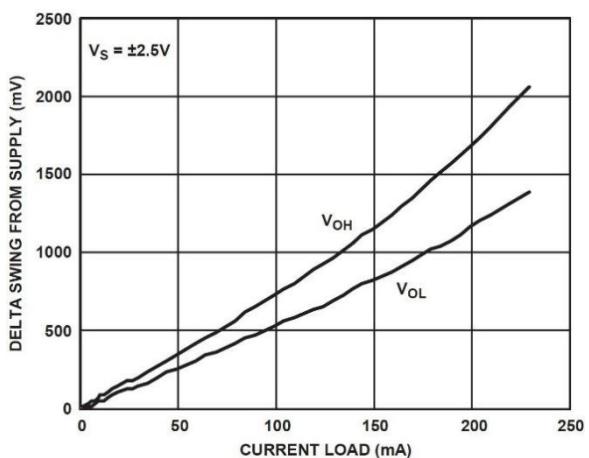


图 10. CD8655 输出电压供电轨与负载电流的关系

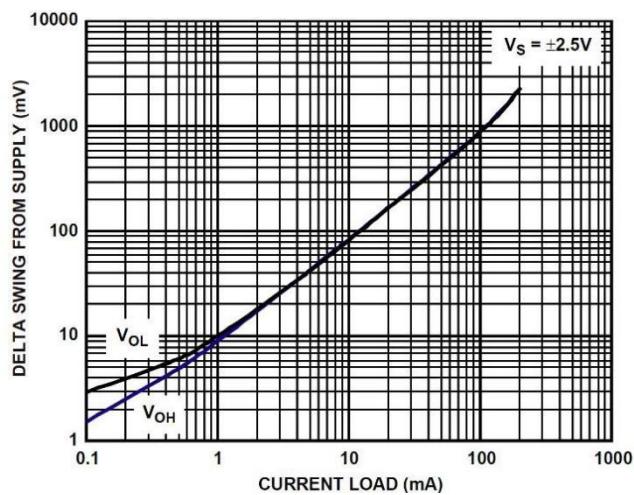


图 11. CD8656 输出摆幅与电流 负载的关系

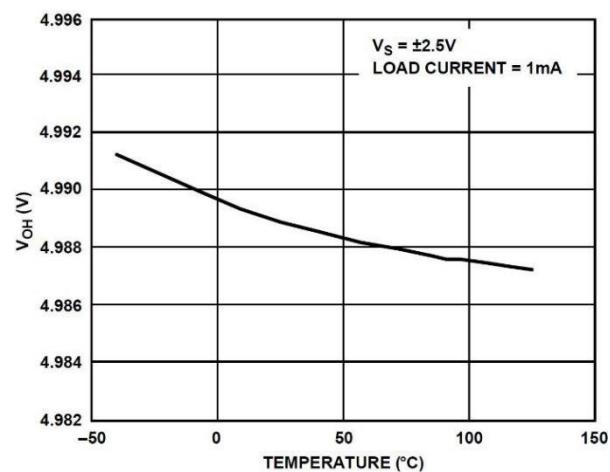


图 12. 输出电压高摆幅与温度的关系

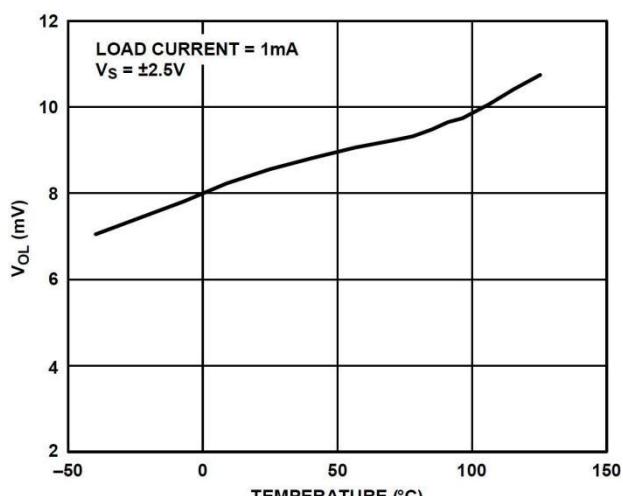


图 13. 输出电压摆幅与温度的关系

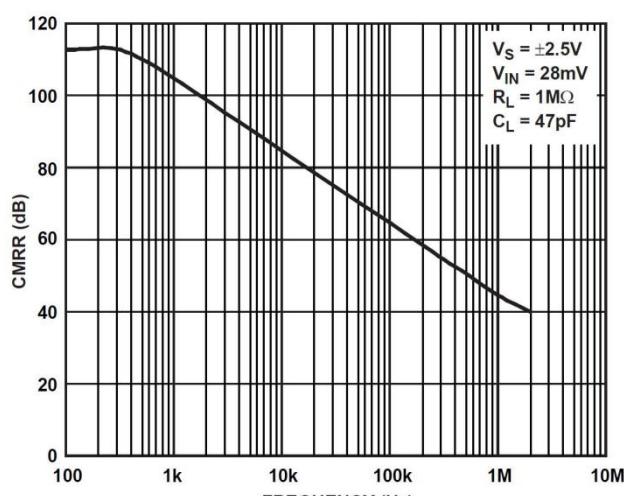


图 14. CMRR 与频率的关系

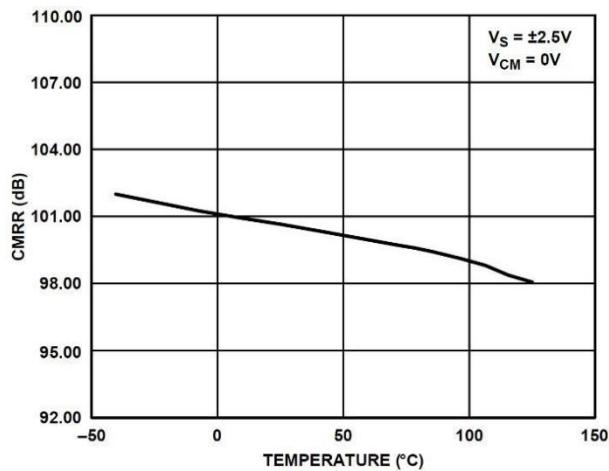


图 15. 大信号 CMRR 与温度的关系

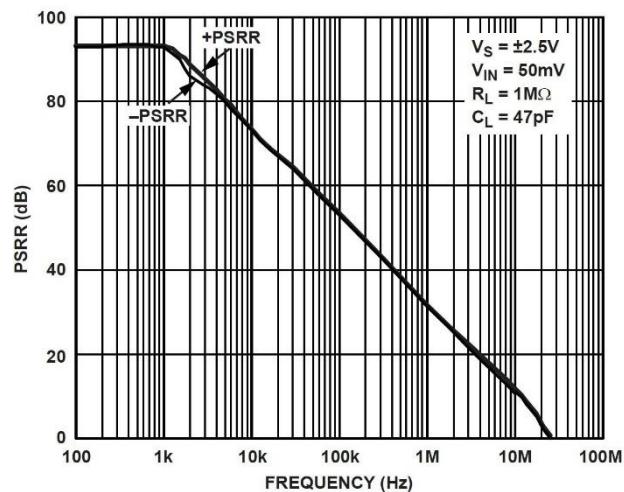


图 16. 小信号 PSSR 与频率的关系

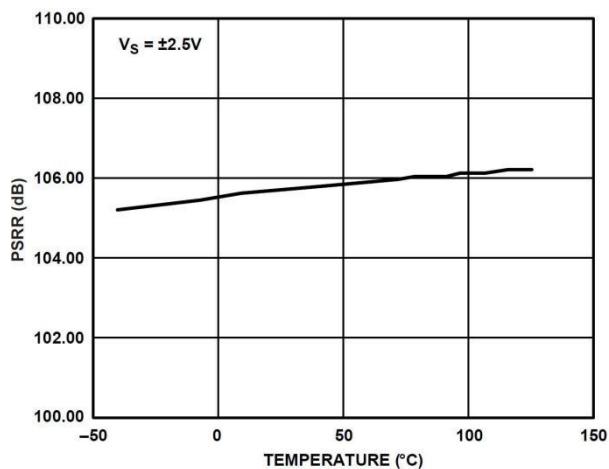


图 17. 大信号 PSSR 与温度的关系

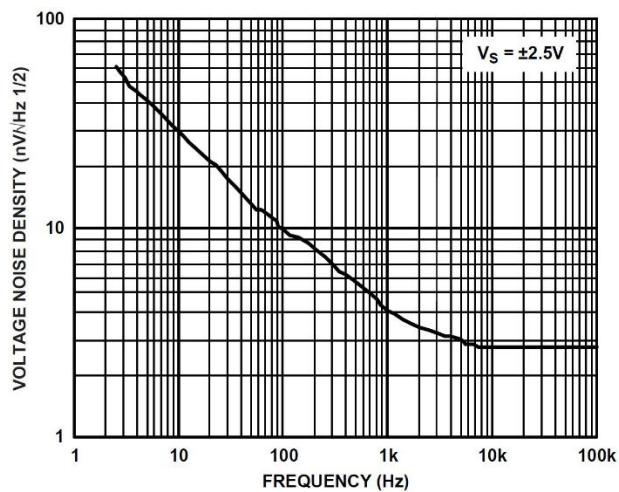


图 18. 电压噪声密度与频率的关系

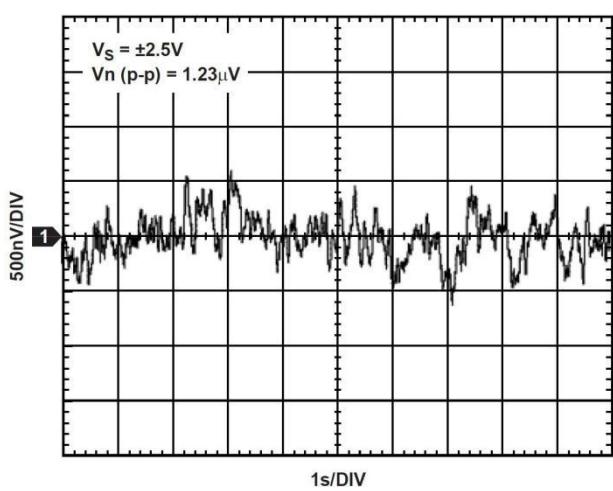


图 19. 低频噪声 (0.1 Hz 至 10 Hz)

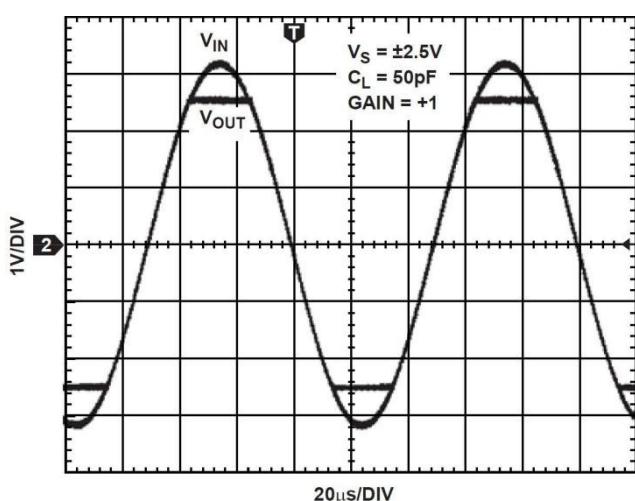


图 20. 无相位反转

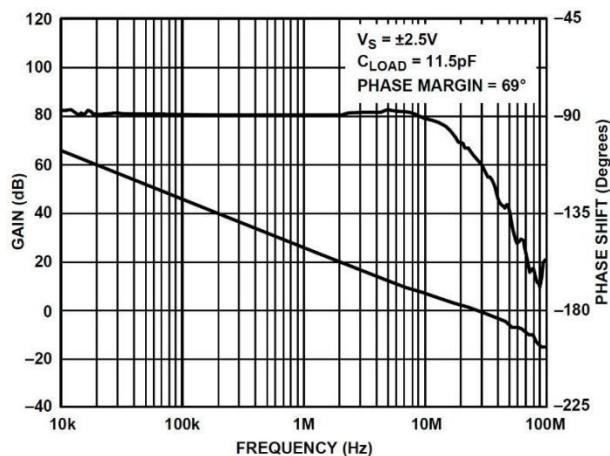


图 21. 开环增益和相位与频率的关系

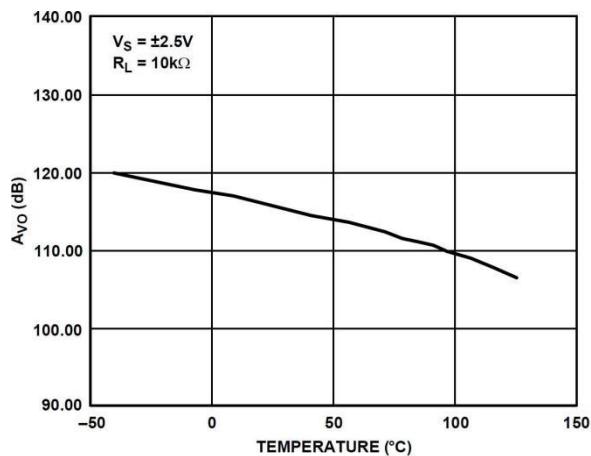


图 22. 大信号开环增益与温度的关系

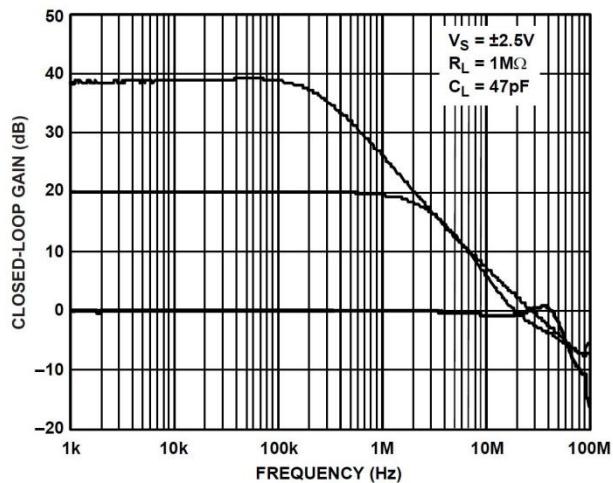


图 23. 闭环增益与频率的关系

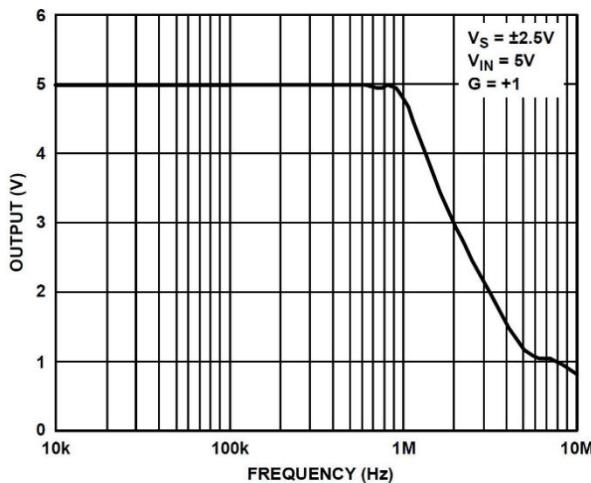


图 24. 最大输出压摆与频率的关系

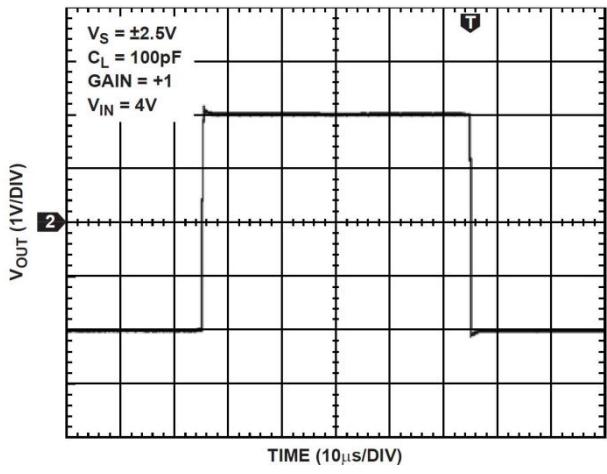


图 25. 大信号响应

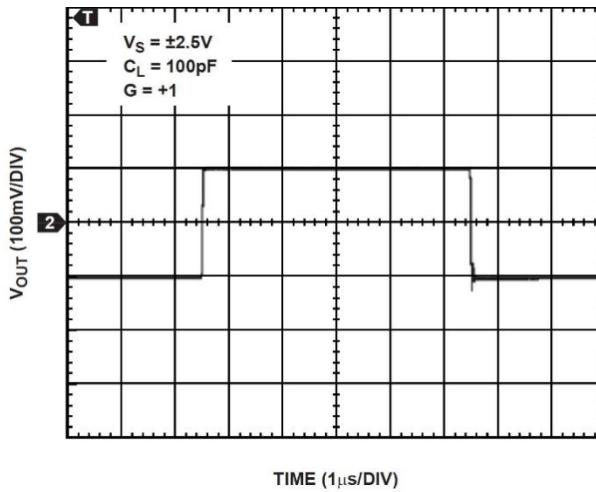


图 26. 小信号响应

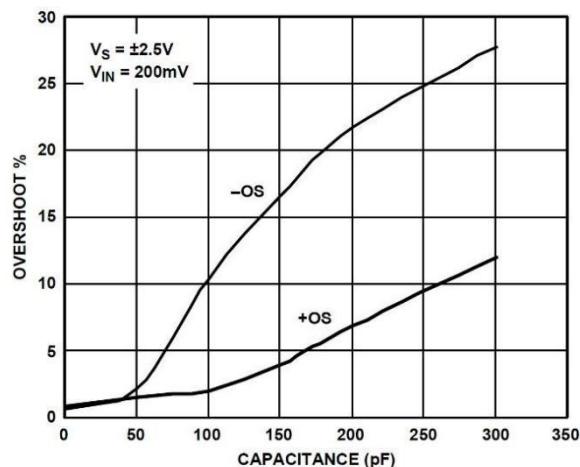


图 27. 小信号过充与负载电容的关系

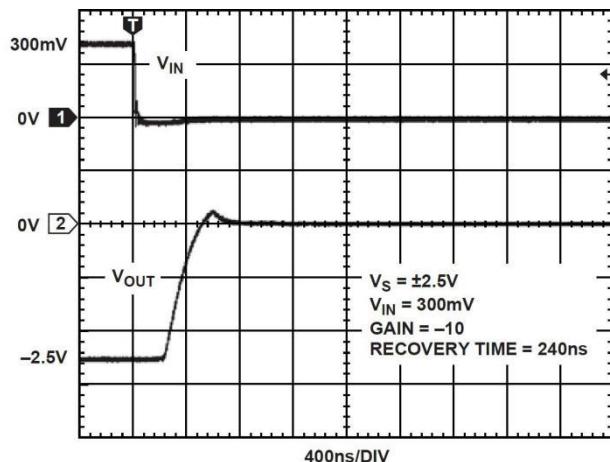


图 28. 负过载恢复时间

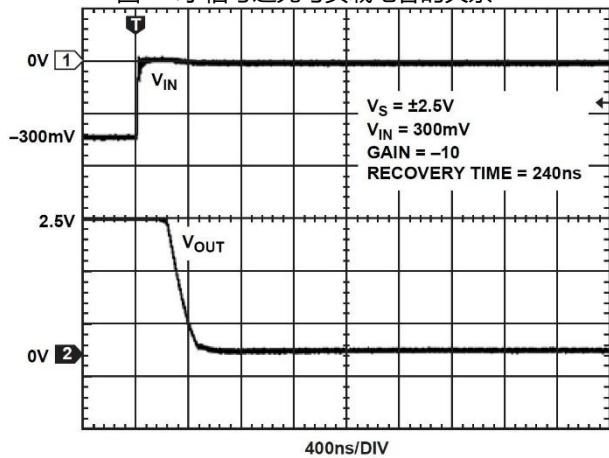


图 29. 正过载恢复时间

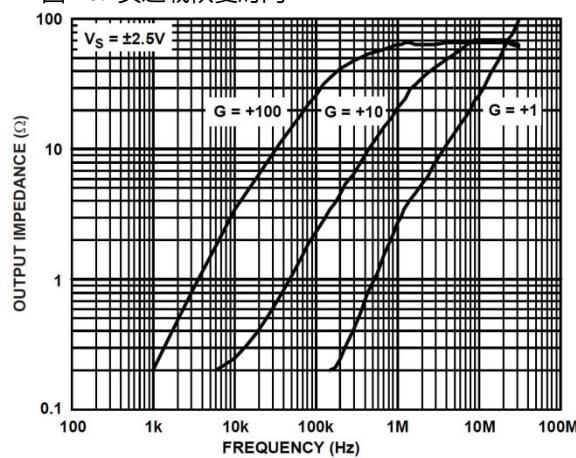


图 30. 输出阻抗与频率的关系

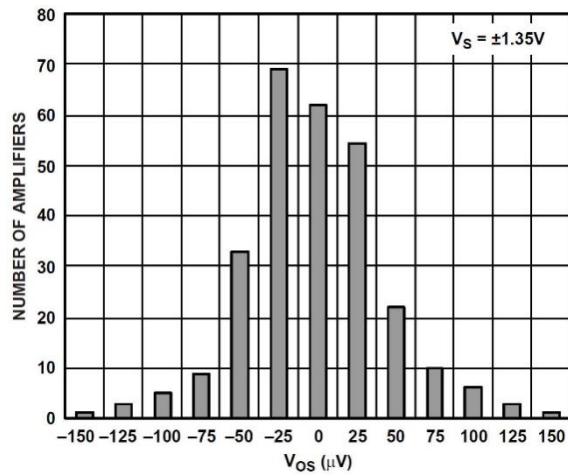


图 31. 输入失调电压分布

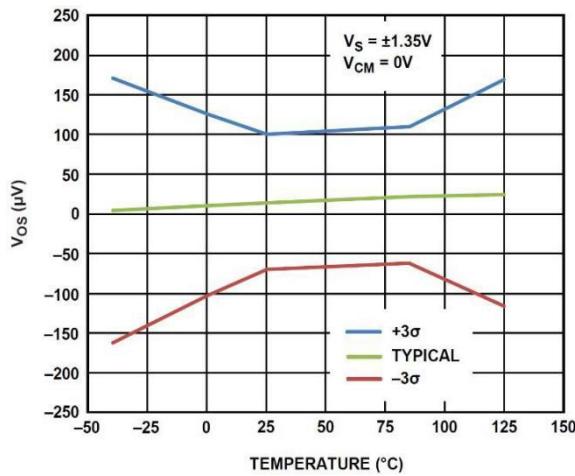


图 32. 输入失调电压与温度的关系

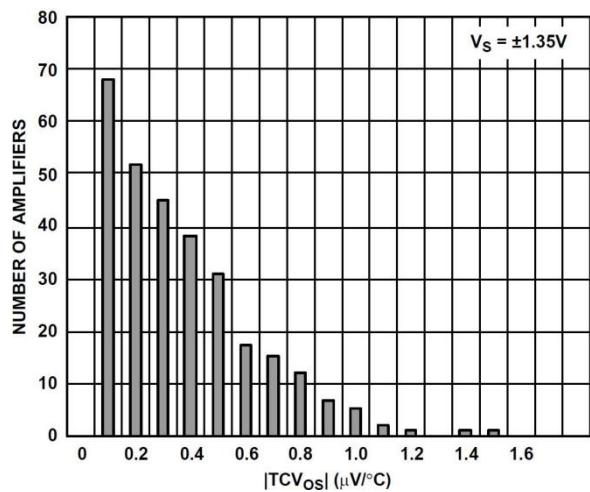


图 33. |TCVOS| 分布

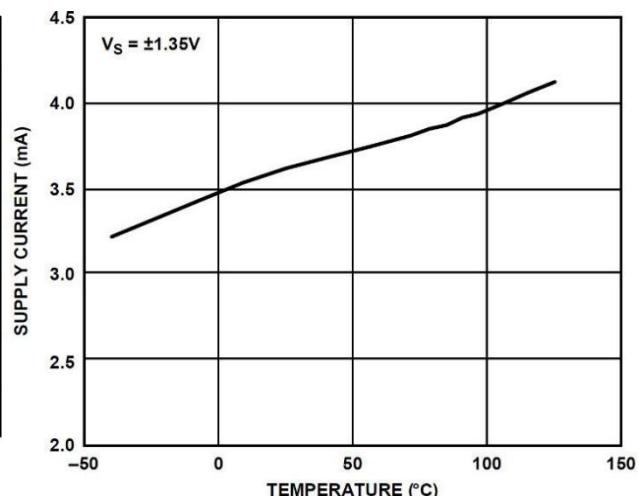


图 34. 电源电流和温度的关系

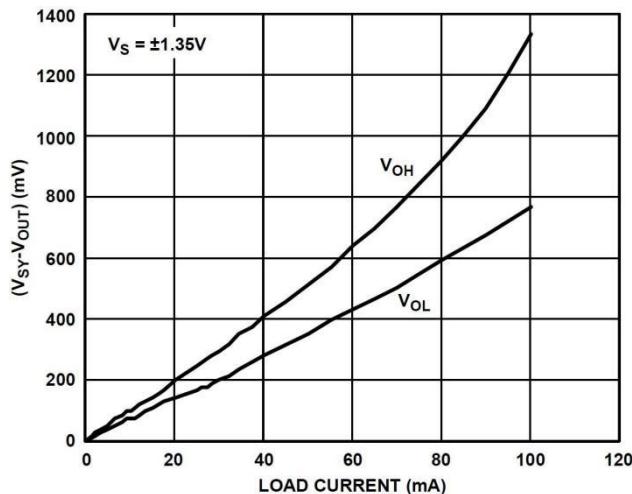


图 35. CD8655 输出电压至供电轨与负载电流的关系

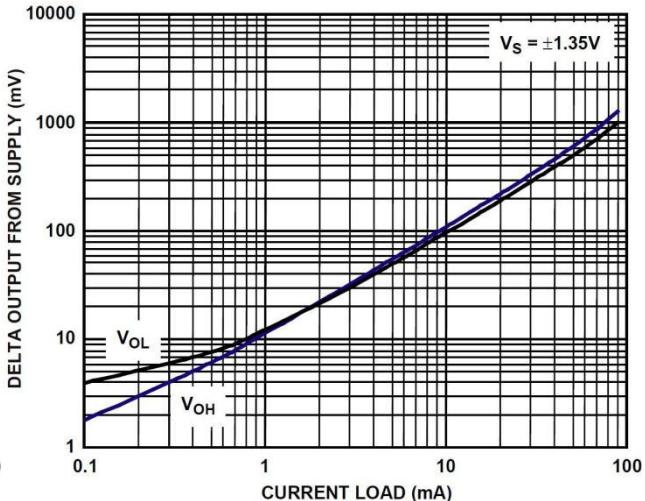


图 36. CD8656 输出摆幅与电流的关系

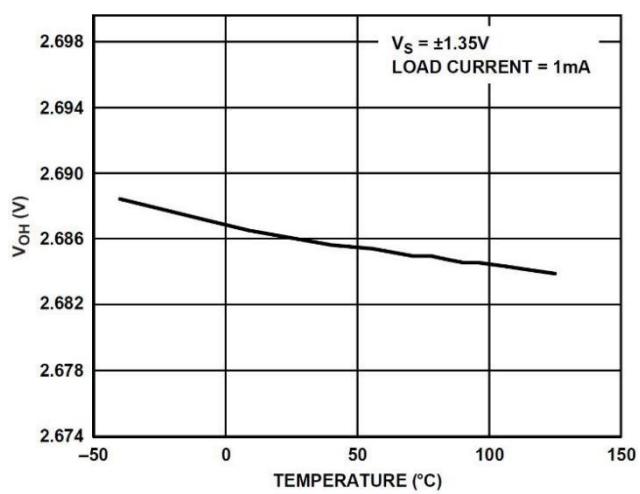


图 37. 输出电压高摆幅与温度的关系

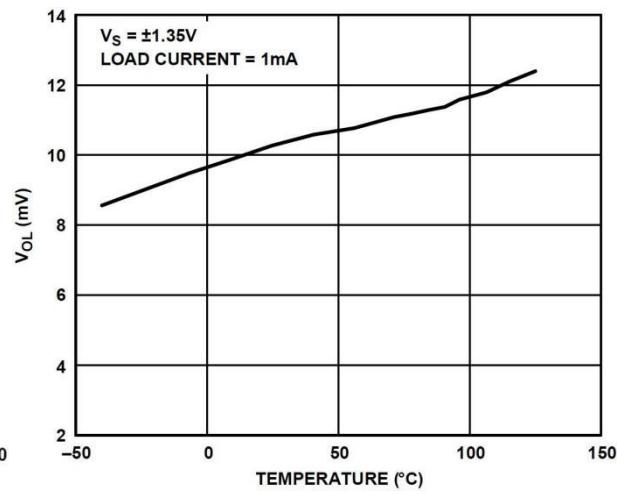


图 38. 输出电压低摆幅与温度的关系

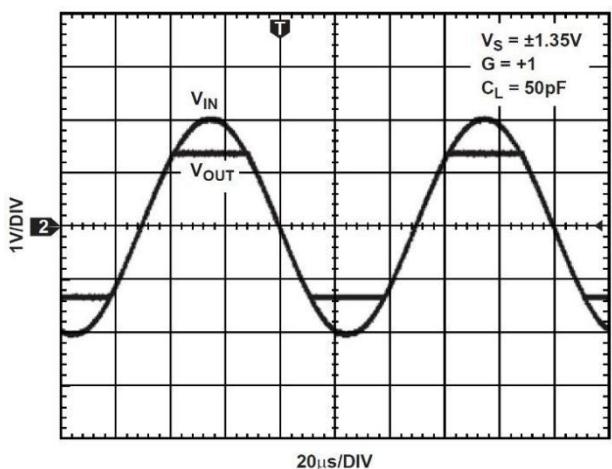


图 39. 无相位反转

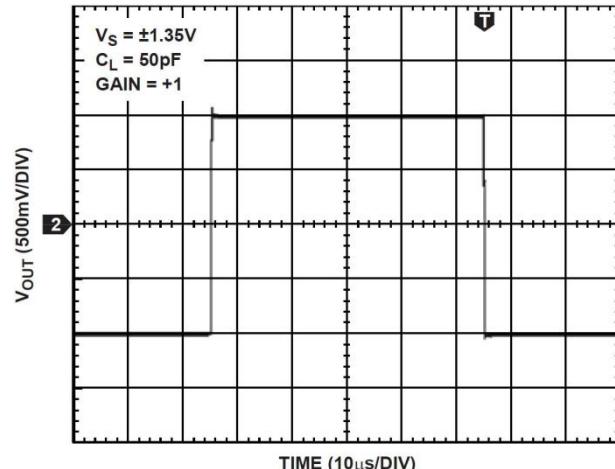


图 40. 大信号响应

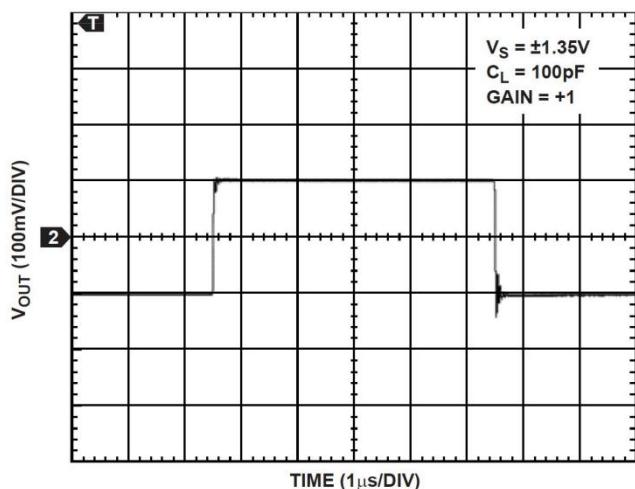


图 41. 小信号响应

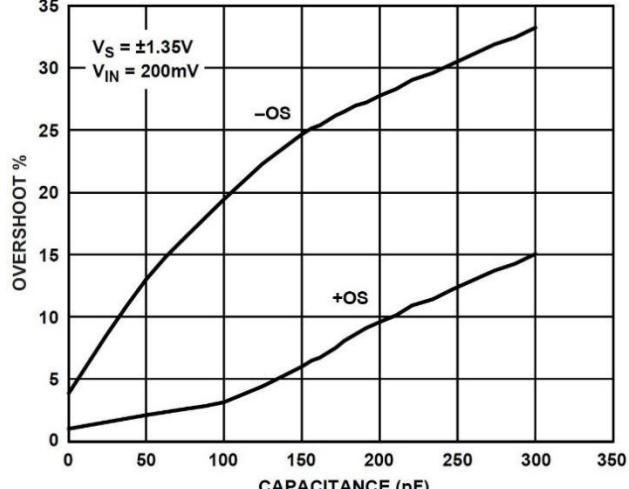


图 42. 小信号过充与负载电容的关系

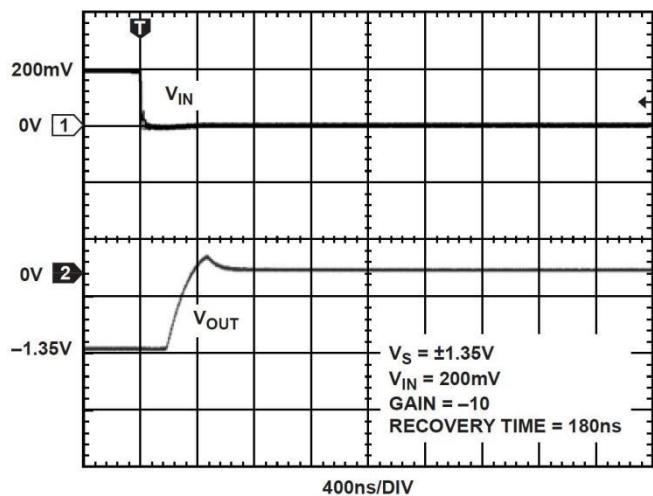


图 43. 负过载恢复时间

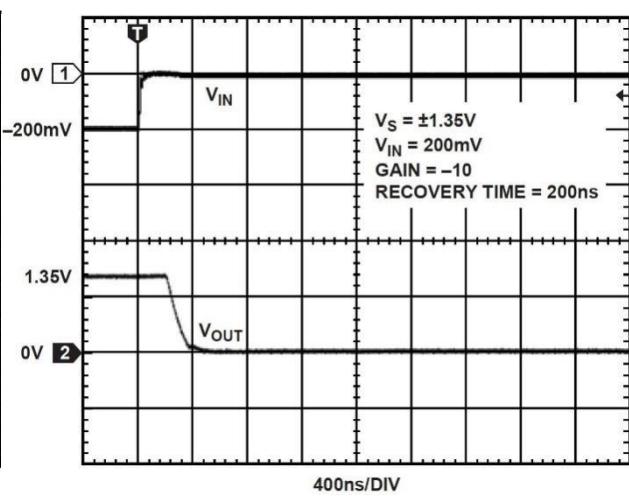


图 44. 正过载恢复时间

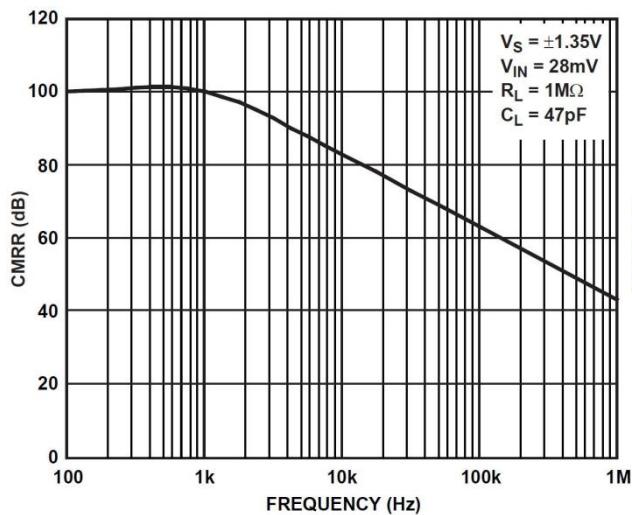


图 45. CMRR 与频率的关系

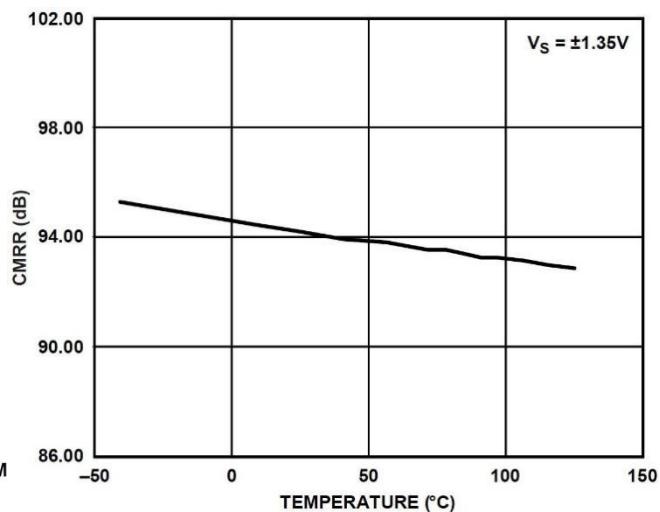


图 46. 大信号 CMRR 与温度的关系

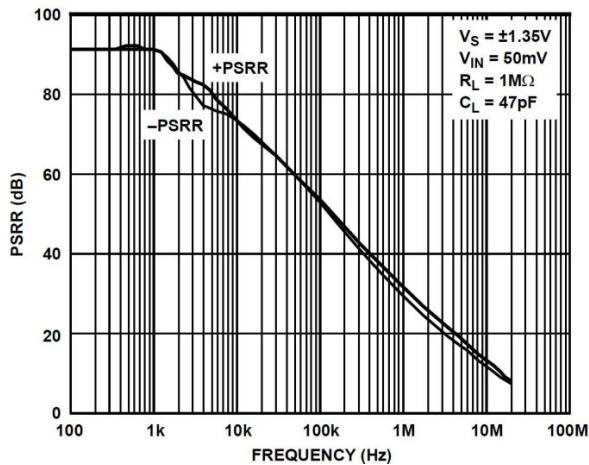


图 47. 小信号 PSRR 与频率的关系

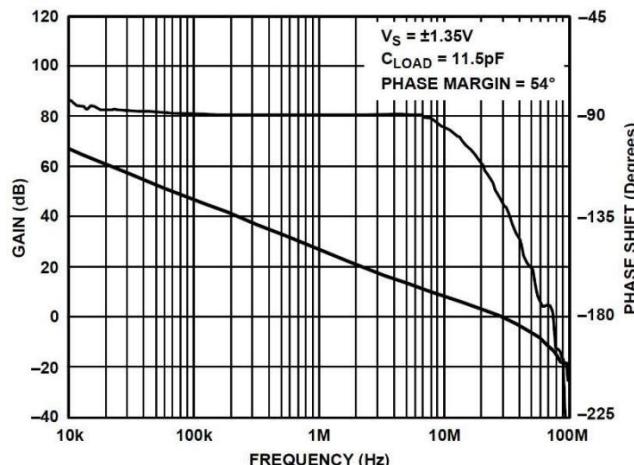


图 48. 开环增益和相位与频率的关系

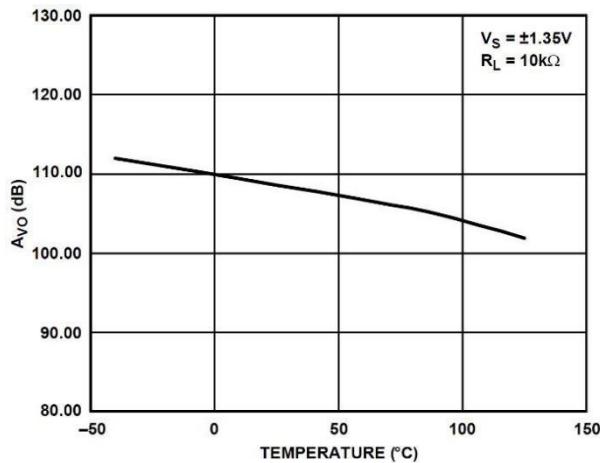


图 49. 大信号开环增益与温度的关系

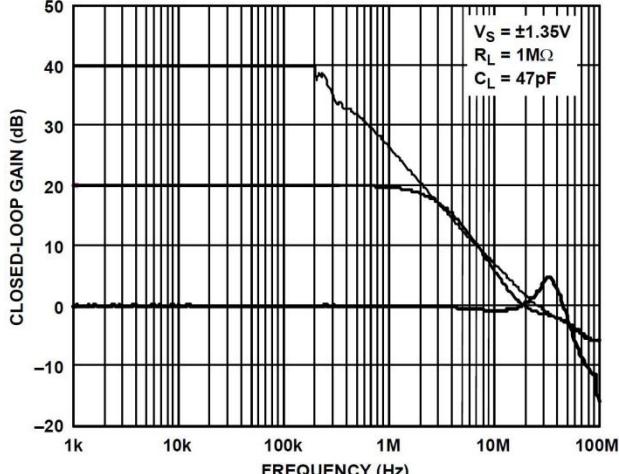


图 50. 闭环增益与频率的关系

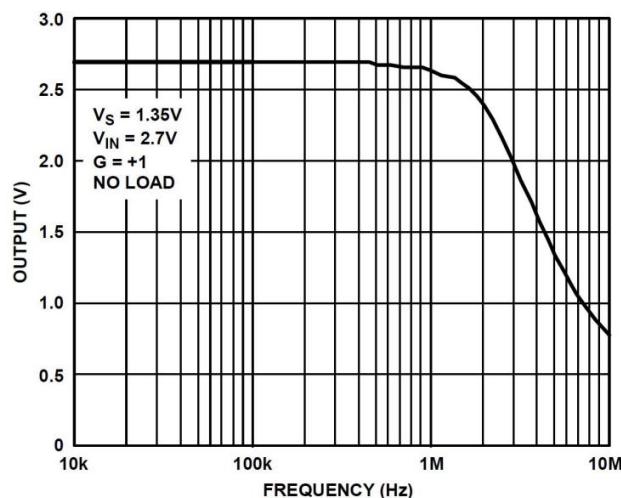


图 51. 最大输出摆幅与频率的关系

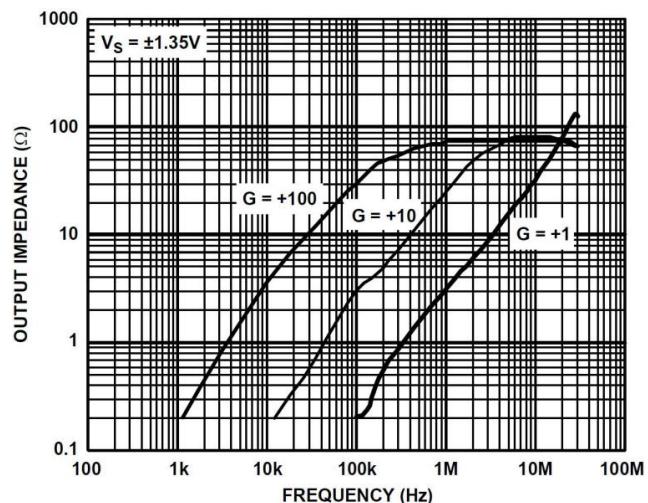


图 52. 输出阻抗与频率的关系

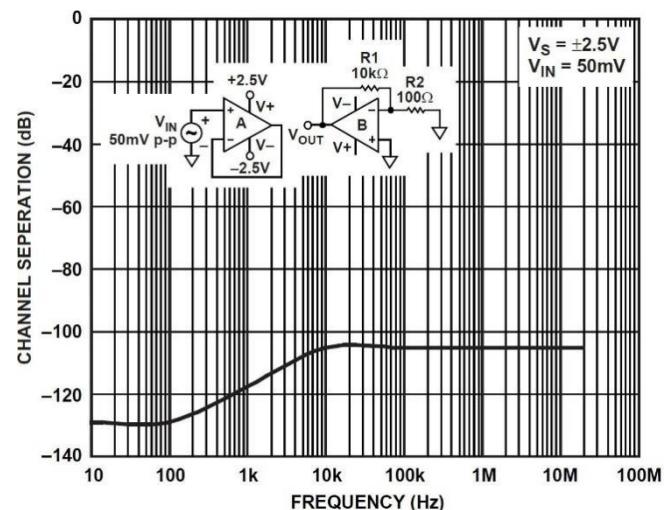


图 53. 通道间隔与频率的关系

## 工作原理

CD8655/CD8656 放大器是电压反馈、轨对轨输入和输出精密 CMOS 放大器，工作电压范围为 2.7V 至 5.0V。这些放大器使用数字微调技术来实现比大多数 CMOS 放大器更高的精度。数字微调技术应用于许多放大器中，是一种在放大器封装后对其失调电压进行微调的方法。后封装微调的优点是，它修正了任何由装配的机械应力引起的失调电压。

CD8655/CD8656 采用标准运算放大器引脚排列，使得数字修调对用户是完全透明的。放大器输入级是真正的轨到轨结构，允许放大器的输入共模电压范围同时扩展到正供电轨和负供电轨。CD8655/CD8656 负载为  $10\text{k}\Omega$  时的开环增益典型值为 110 dB。

CD8655/CD8656 可用于所有精密运算放大器应用。在电源范围内，放大器的共模电压不会发生反相。CD8655/CD8656 对于电压噪声为  $2.7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、THD + N 为  $-103\text{ dB}$ (10 kHz 时的 2 V p-p 信号)的高分辨率数据采集系统而言是极佳的选择。低噪声、亚皮安级输入偏置电流、精密失调和高速特性使这些运放特别适合用作快速滤波器应用中的前置放大器。CD8655/CD8656 的速度和输出驱动能力还使得这些器件适合视频应用。

## 应用信息

### 输入过压保护

CD8655/CD8656 的内部保护电路使输入端得以承受高于电源电压的输入电压。然而，不建议在放大器的任一输入端采用超过电源 0.3 V 的输入电压。若采用了较高的输入电压，则需使用串联电阻以限制流入输入端的电流。输入电流应限制为低于 5mA。

极低的输入偏置电流允许使用更大的电阻，进而允许用户对输入端采用更高的电压。使用这些电阻会增加热噪声，导致放大器总输出电压噪声增加。例如，在室温下， $10\text{k}\Omega$  电阻的热噪声低于  $12.6\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  且误差电压低于  $10\text{nV}$ 。

### 输入电容

除旁路和接地外，高速放大器对输入端与接地之间的寄生电容也很敏感。对于电阻反馈网络电路而言，总电容——无论它是源电容、输入引脚上的杂散电容或是放大器的输入电容——会导致电路的噪声增益出现断点。为了保持稳定性，必须添加一个电容与增益电阻并联。噪声增益与频率成函数关系，并在较高频率下有峰化现象——假定选择反馈电容，使该二阶系统处于临界阻尼状态。输入端几皮法的电容就会降低高频时的输入阻抗，进而提高放大器的增益，导致频率响应峰化或振荡。使用 CD8655/CD8656 时，针对直接输入至输出反馈且大于  $200\text{pF}$  的电容负载，需要使用额外的阻尼以保持稳定。详见“驱动容性负载”部分。

### 驱动容性负载

虽然 CD8655/CD8656 可驱动高达  $500\text{pF}$  的容性负载而无振荡，但器件工作时的输入频率超过 100 kHz 时，会产生大量的振铃。当放大器配置为正单位增益时(最糟的情况)，这种现象特别显著。当需要如

此高的容性负载时, 建议使用外部补偿。这可减少过冲并使振铃最小化, 从而提高 CD8655/ CD8656 驱动较大容性负载时的稳定性。

一个提供补偿的简单技巧是使用缓冲器组成一个简单的 RC 网络。

有了这个电路, 便可维持输出摆幅, 且放大器在所有增益下均可保持稳定。图 57 显示缓冲器部署方案, 它可降低 30%以上的过冲并消除振铃。使用缓冲器并不能恢复由于高容性负载所造成的带宽损失。

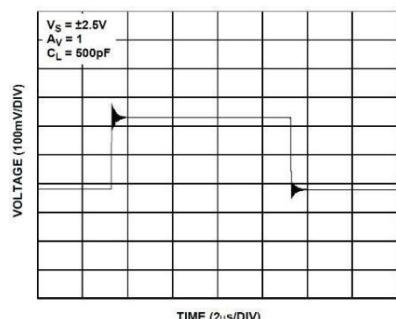


Figure 54. Driving Heavy Capacitive Loads Without Compensation

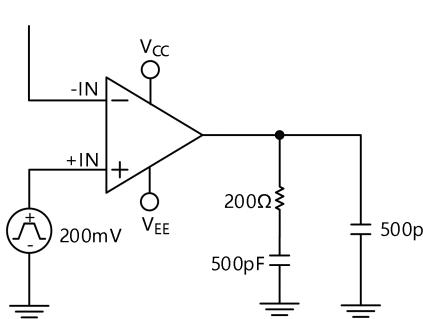


Figure 55. Snubber Network

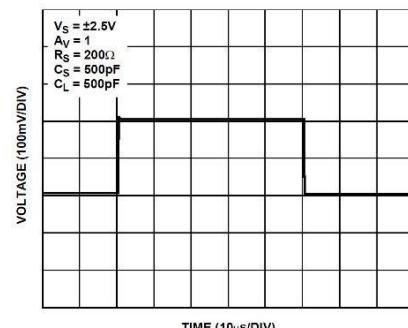


Figure 56. Driving Heavy Capacitive Loads Using a Snubber Network

### THD Readings vs. Common-Mode Voltage

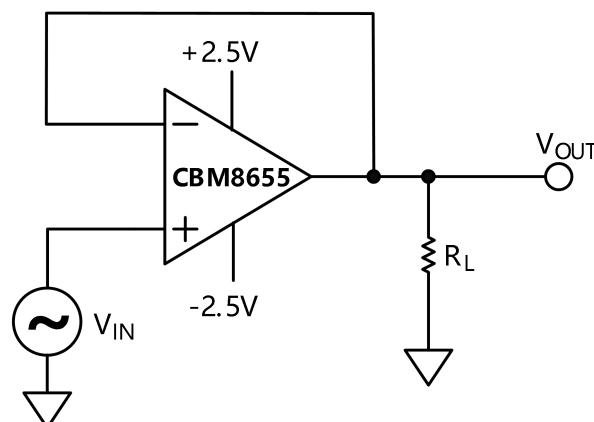


Figure 57. THD + N Test Circuit

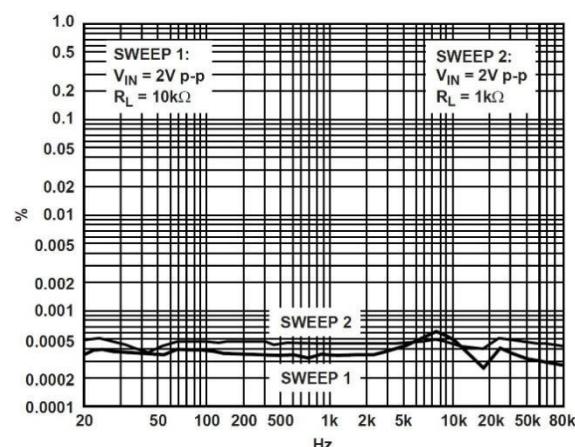


Figure 58. THD + Noise vs. Frequency

## 布局指南

### 电源旁路

电源引脚可能成为噪声输入路径，因此必须小心，确保施加无噪声的稳定直流电压。旁路电容的作用是在所有频率条件下在电源和地之间构成低阻抗，从而通过分流或滤波消除大多数噪声。旁路方案旨在通过 0.1  $\mu\text{F}$  和 4.7  $\mu\text{F}$  的电容并联组合将所有频率条件下的电源阻抗降至最低。0.1  $\mu\text{F}$  芯片电容(X7R 或 NPO)非常重要，并应尽可能靠近放大器封装。4.7  $\mu\text{F}$  钽电容对于高频旁路不太重要，多数情况下，每个电路板只需在电源输入端连接一个电容即足够。

### 接地

在高密度集成 PCB 上，接地层很重要，可以将寄生电感降至最低。电流发生改变时，压降降至最小。不过，了解电路中的电流流向对实现有效的高速电路设计至关重要。电流路径的长度与寄生电感的量级成正比，因此与路径的高频阻抗也成正比。感性接地回路中的较大电流变化极有可能会产生干扰电压噪声。

高频旁路电容引脚的长度很重要，建议使用表面贴装电容。旁路接地走线中的寄生电感会对旁路电容的低阻抗产生不利影响。负载电流来自电源，因此负载阻抗的地应与旁路电容地在同一物理位置。若使用较大电容并在较低频率时有效，电流返回路径距离并不重要。

### 漏电流

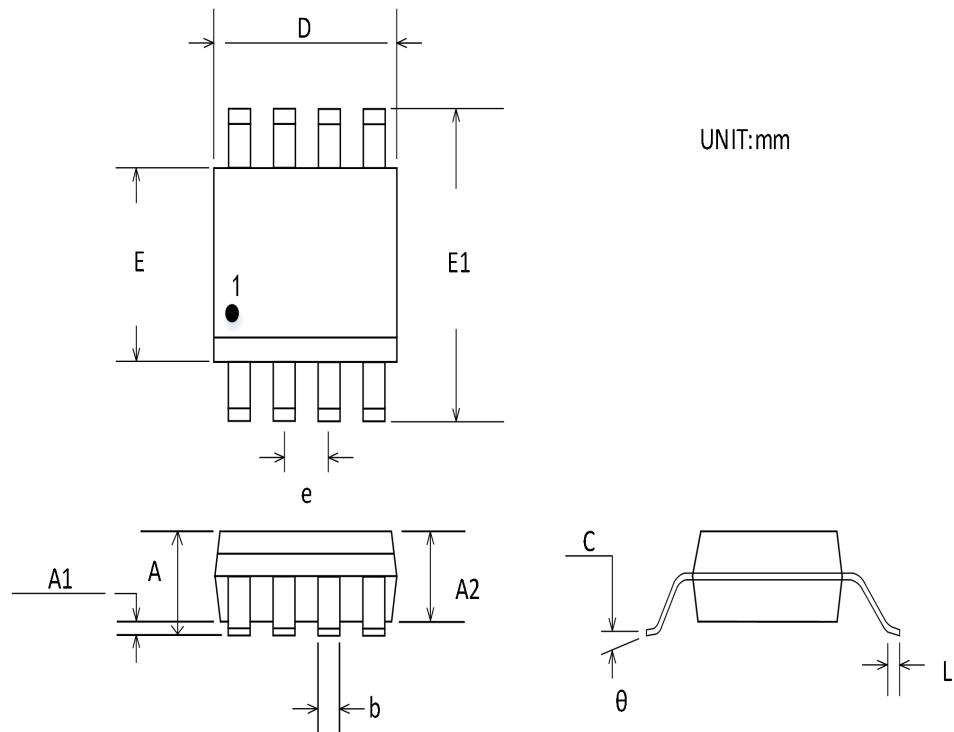
不良的 PCB 布局、污染和板绝缘材料可能会引起远大于 CD8655/CD8656 输入偏置电流的漏电流。输入端与邻近走线的任何压差都会引起漏电流通过 PCB 绝缘器，例如：1 V/100G $\Omega$  = 10pA。同样，任何污染(人体油脂就是一种常见污染)都会造成显著的漏电流。

为了大幅降低漏电流，应在输入端和输入引脚周围放置一个保护环(屏蔽)，并将其驱动至与输入端相同的电位。这样确保输入端与周围区域之间不存在压差，从而不会产生漏电流。为使保护环有效，必须用阻抗相对较低的源驱动它；在使用多层板时，应将输入引脚四周及上下完全包围起来。

绝缘材料本身的电荷吸收也有可能导致漏电流。尽可能减少输入引脚与保护环之间的材料量有助于降低电荷吸收。此外，某些情况下可能需要使用特氟龙或陶瓷等低吸收材料。

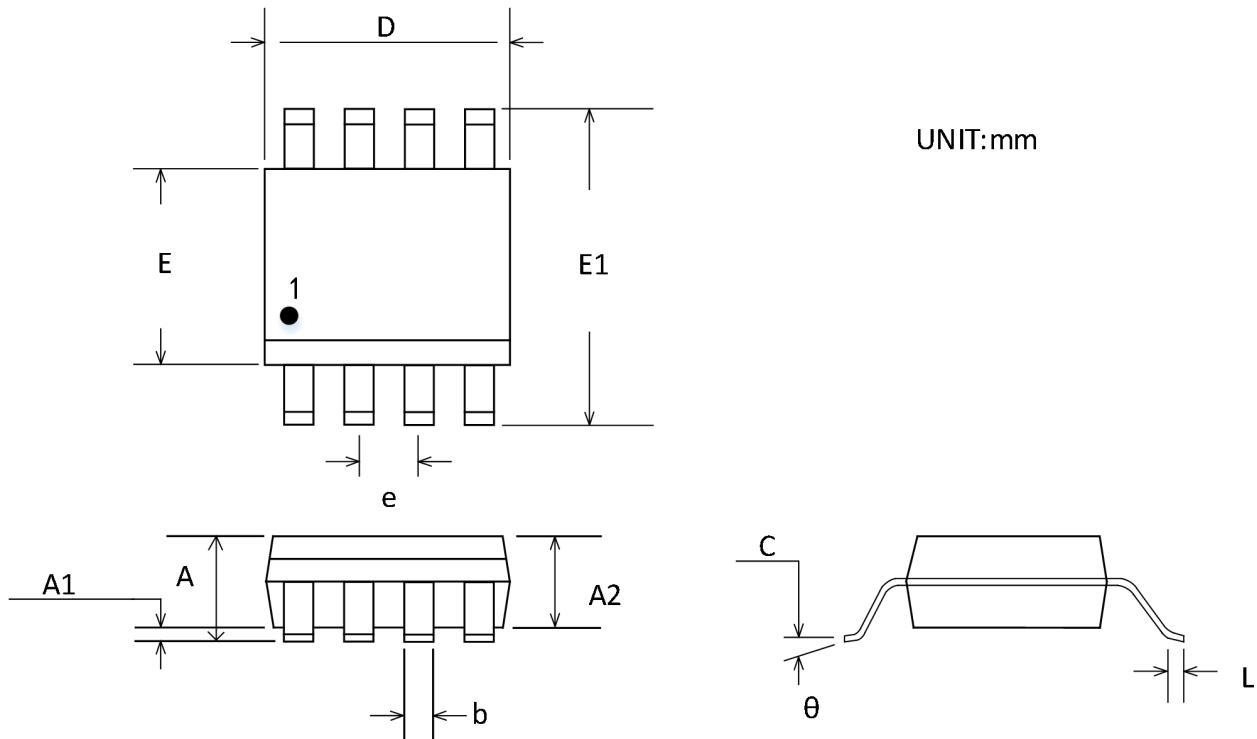
## 封装外形及尺寸

### MSOP-8



符号	尺寸 (mm)		尺寸 (in)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
<b>A</b>	0.820	1.100	0.032	0.043
<b>A1</b>	0.020	0.150	0.001	0.006
<b>A2</b>	0.750	0.950	0.030	0.037
<b>b</b>	0.250	0.380	0.010	0.015
<b>c</b>	0.090	0.230	0.004	0.009
<b>D</b>	2.900	3.100	0.114	0.122
<b>E</b>	2.900	3.100	0.114	0.122
<b>E1</b>	4.750	5.050	0.187	0.199
<b>e</b>	0.650 BSC		0.026 BSC	
<b>L</b>	0.400	0.800	0.016	0.031
<b>theta</b>	0°	6°	0°	6°

**SOP8**



符号	尺寸 (mm)		尺寸 (in)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
<b>A</b>	1.350	1.750	0.053	0.069
<b>A1</b>	0.100	0.250	0.004	0.010
<b>A2</b>	1.350	1.550	0.053	0.061
<b>b</b>	0.330	0.510	0.013	0.020
<b>c</b>	0.170	0.250	0.007	0.010
<b>D</b>	4.800	5.000	0.189	0.197
<b>E</b>	3.800	4.000	0.150	0.157
<b>E1</b>	5.800	6.200	0.228	0.244
<b>e</b>	1.270 BSC		0.050 BSC	
<b>L</b>	0.400	1.270	0.016	0.050
<b>θ</b>	0°	8°	0°	8°

## 包装/订购信息

产品型号	温度范围	产品封装	运输及包装数量
CD8655AS8	-40°C~125°C	SOP-8	编带和卷盘,每卷 2500
CD8655AS8-RL	-40°C~125°C	SOP-8	编带和卷盘,每卷 3000
CD8655AS8-REEL	-40°C~125°C	SOP-8	编带和卷盘,每卷 4000
CD8655AMS8	-40°C~125°C	MSOP-8	编带和卷盘,每卷 3000
CD8656AS8	-40°C~125°C	SOP-8	编带和卷盘,每卷 2500
CD8656AS8-RL	-40°C~125°C	SOP-8	编带和卷盘,每卷 3000
CD8656AS8-REEL	-40°C~125°C	SOP-8	编带和卷盘,每卷 4000
CD8656AMS8	-40°C~125°C	MSOP-8	编带和卷盘,每卷 3000

## 修订日志

版本	修订日期	变更内容	变更原因	制作	审核	备注
V1.0	2025.5.26	初版生成	常规更新	WW	LYL	