

精密、低噪声、低输入偏置电流
单通道/双通道运算放大器

CM4151/CM4152 数据手册

特征

- 快速建立时间：500ns（建立到 0.1%）
- 低失调电压：最大值为 0.6mV
- 低失调电压温漂：典型值为 $1.5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- 低输入偏置电流：典型值为 1.5pA ($V_S = \pm 15\text{V}$)
- 双电源供电： $\pm 5\text{V} \sim \pm 15\text{V}$
- 低噪声：典型值为 $7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (1kHz)
- 低失真：0.0005%
- 无相位反转
- 单位增益稳定
- SOP8 4.9mm × 3.9mm、MSOP8 3mm × 3mm 封装 (CM4151)
- SOP8 4.9mm × 3.9mm、MSOP8 3mm × 3mm 封装 (CM4152)

应用

- 仪器仪表
- 多级滤波器
- 精密电流测量
- 光电二极管放大器
- 传感器
- 音频

概述

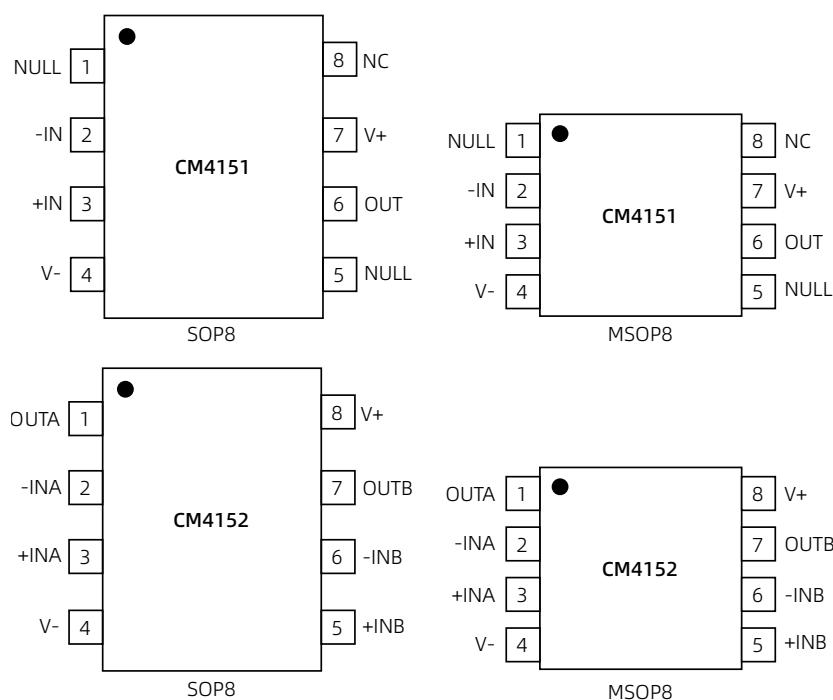
CM4151/CM4152 是单通道/双通道精密运算放大器，具有低失调电压、低输入偏置电流、低输入电压噪声和低输入电流噪声等特性，这些特性使其特别适用于高阻抗传感器信号放大以及基于分流器的精密电流测量。

CM4151/CM4152 的直流精度、低噪声与快速建立时间相结合，可显著提升医疗仪器、电子测量系统和自动化测试设备等的测量准确性。

CM4151/CM4152 在驱动较大容性负载时仍能保持快速建立性能，且输入电压超过共模电压范围时不会出现输出反相。

CM4151/CM4152 均采用 MSOP8 表贴微小型贴装和 SOP8 表贴窄体封装，其额定工作温度范围均为 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 。

管脚配置



目录

封页.....	1	输出反相.....	15
特征.....	1	建立时间.....	15
应用.....	1	过载恢复时间.....	15
概述.....	1	总谐波失真和噪声.....	16
管脚配置.....	1	驱动容性负载.....	16
文档历史.....	3	通道隔离度.....	16
绝对最大额定值.....	4	封装及订购信息.....	18
电气规格.....	5	封装形式.....	18
典型特征.....	9	产品外形图.....	18
工作原理.....	15	CM4151.....	18
总噪声-含源电阻.....	15	CM4152.....	22
输入过压保护.....	15	订购信息.....	26

文档历史

下表列举了本文档自产品发布后的所有更新。

文档版本	修订日期	内容描述
V0.1	2025-06-04	预发布。
V0.5	2025-09-11	<ul style="list-style-type: none">根据实验室数据更新电气规格。新增典型特征图。

| 绝对最大额定值

参数	等级
温度	
工作温度	-40°C~125°C
存储温度	-65°C~150°C
结温	-65°C~150°C
耐压	
电源电压	$\pm 18V$
输入电压	$\pm V_S$

电气规格

默认测试条件: $V_S = \pm 5V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $TA = 25^\circ C$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特征					
输入失调电压		-0.1	0.45		mV
	TA = -40°C~125°C	-0.05	0.6		mV
输入失调电压温漂		1.5			µV/°C
输入偏置电流		1.5	3.5		pA
	TA = -40°C~125°C	0.3			nA
输入失调电流		-1.2	3.5		pA
	TA = -40°C~125°C	0.01			nA
输入电容	差模	12.5			pF
	共模	11.5			pF
输入电压范围		-2	2.5		V
CMRR	V _{CM} = -2V~2.5V	125			dB
大信号电压增益	R _L = 2kΩ, V _O = -3V~3V	130			dB
输出特征					
V _{OH}	R _L = 10kΩ	4.97			V
	R _L = 2kΩ	4.91			V
	R _L = 600Ω	4.75			V
V _{OL}	R _L = 10kΩ, TA = -40°C~125°C	-4.99			V
	R _L = 2kΩ, TA = -40°C~125°C	-4.96			V
	R _L = 600Ω, TA = -40°C~125°C	-4.89			V
输出电流		-56	48		mA
电源					
PSRR	V _S = ±4.5V~±18V	128			dB
电源电流 (每个放大器)	V _O = 0V	2.3			mA
	TA = -40°C~125°C	3			mA
动态性能					
压摆率	R _L = 2kΩ	22			V/µs
建立时间	建立到 0.1%, 0V~4V 阶跃, G = 1	0.4			µs
增益带宽积		6.2			MHz
相位裕度		62			°
总谐波失真 + 噪声	1kHz, R _L = 2kΩ, G = 1	0.0005			%
噪声性能					

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电压噪声密度	10Hz		40		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
	100Hz		15		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
	1kHz		7		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
	10kHz		6		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
峰峰电压噪声	0.1Hz~10Hz		2		μV_{pp}

默认测试条件: $V_S = \pm 15V$ 、 $V_{CM} = 0V$ 、 $TA = 25^\circ C$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特征					
输入失调电压		-0.1	0.45		mV
	TA = -40°C~125°C	-0.05	0.6		mV
输入失调电压温漂		1.5			μV/°C
输入偏置电流		3	4.5		pA
	TA = -40°C~125°C		1		nA
输入失调电流		-2			pA
	TA = -40°C~125°C	0.03			nA
输入电容	差模	12.5			pF
	共模	11.5			pF
输入电压范围		-12.5	12.5		V
CMRR	V _{CM} = -12.5V~12.5V	135			dB
大信号电压增益	R _L = 2kΩ, V _O = -13.5V~13.5V	130			dB
输出特征					
V _{OH}	R _L = 10kΩ	14.94			V
	R _L = 2kΩ	14.72			V
	R _L = 600Ω	14.19			V
	R _L = 600Ω, TA = -40°C~125°C	13.7			V
V _{OL}	R _L = 10kΩ, TA = -40°C~125°C	-14.98			V
	R _L = 2kΩ, TA = -40°C~125°C	-14.88			V
	R _L = 600Ω	-14.63			V
	R _L = 600Ω, TA = -40°C~125°C	-14.3			V
输出电流		-47	47		mA
电源					
PSRR	V _S = ±4.5V~±18V	128			dB
电源电流 (每个放大器)	V _O = 0V	2.5			mA
	TA = -40°C~125°C	3			mA
动态性能					
压摆率	R _L = 2kΩ	26			V/μs
建立时间	建立到 0.1%, 0V~10V 阶跃, G = 1	0.5			μs
	建立到 0.01%, 0V~10V 阶跃, G = 1	0.9			μs
增益带宽积		6.3			MHz
相位裕度		63			°
总谐波失真 + 噪声	1kHz, R _L = 2kΩ, G = 1	0.0005			%
噪声性能					

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电压噪声密度	10Hz		42		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
	100Hz		15		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
	1kHz		7		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
	10kHz		6		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
峰峰电压噪声密度	0.1Hz~10Hz		2.5		μV_{pp}

典型特征

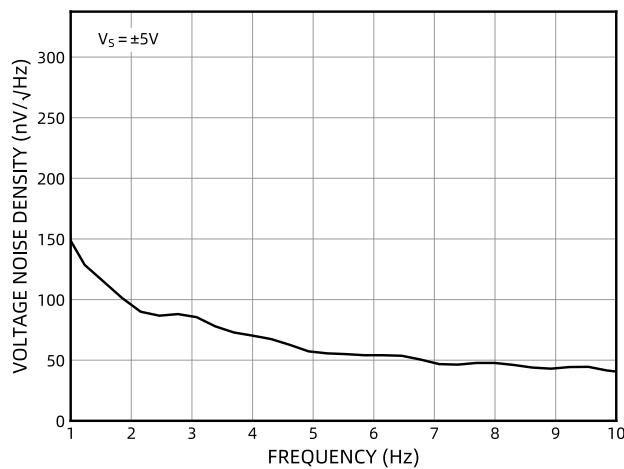


图 1 电压噪声密度(1Hz~10Hz)

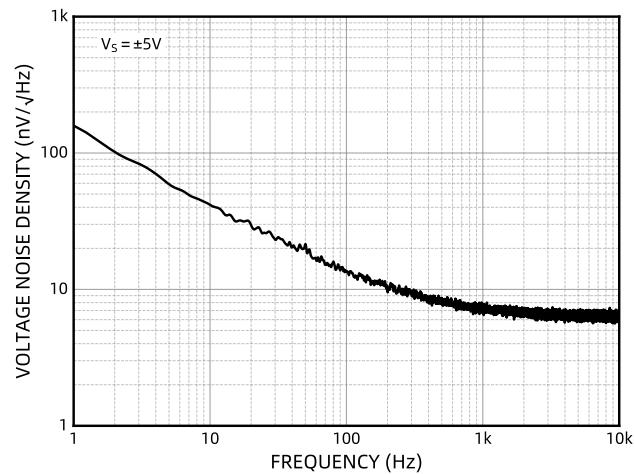


图 2 电压噪声密度(1Hz~10kHz)

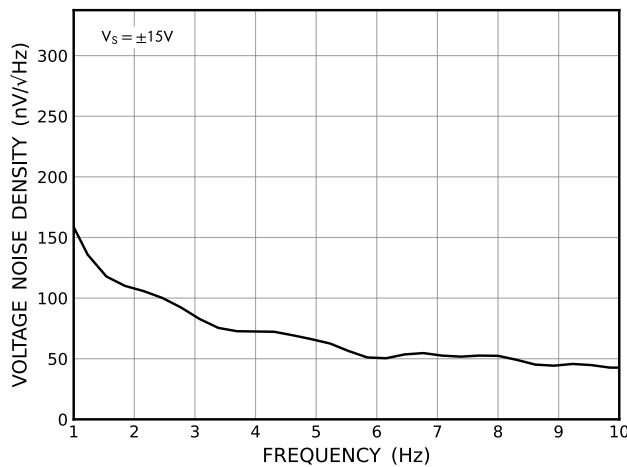


图 3 电压噪声密度(1Hz~10Hz)

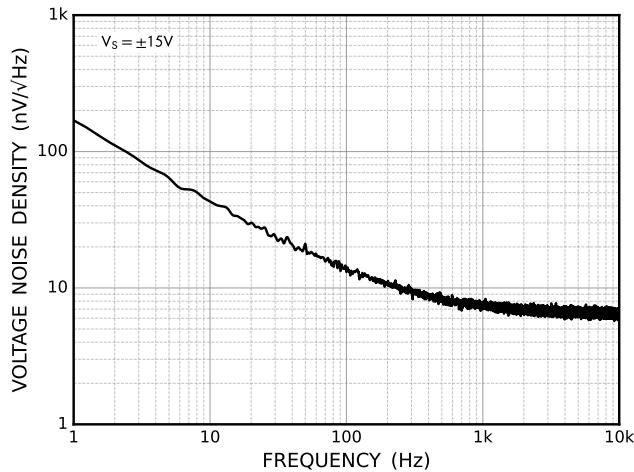


图 4 电压噪声密度(1Hz~10kHz)

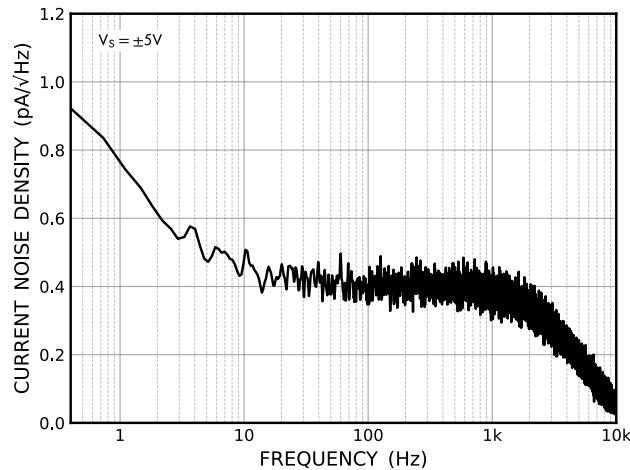


图 5 电流噪声密度

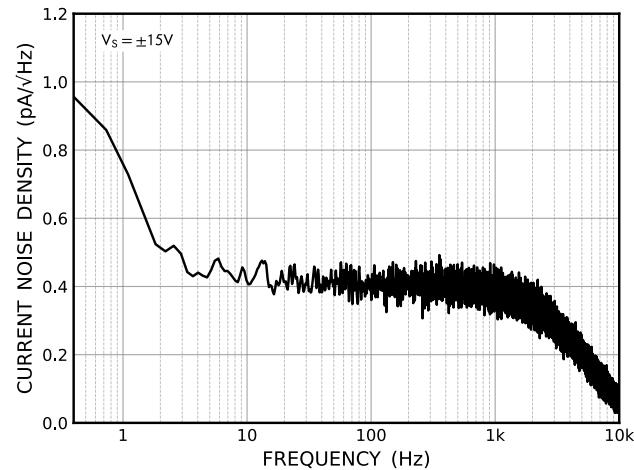


图 6 电流噪声密度

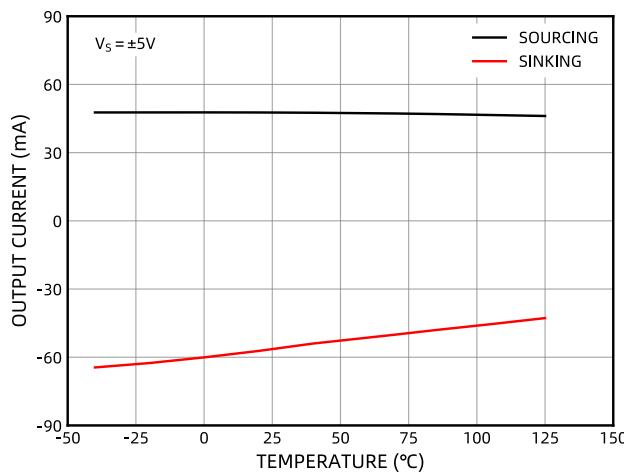


图 7 短电路电流的温度特性

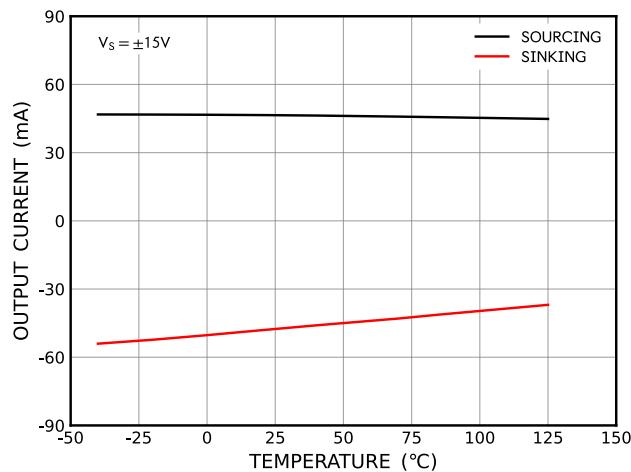


图 8 短电路电流的温度特性

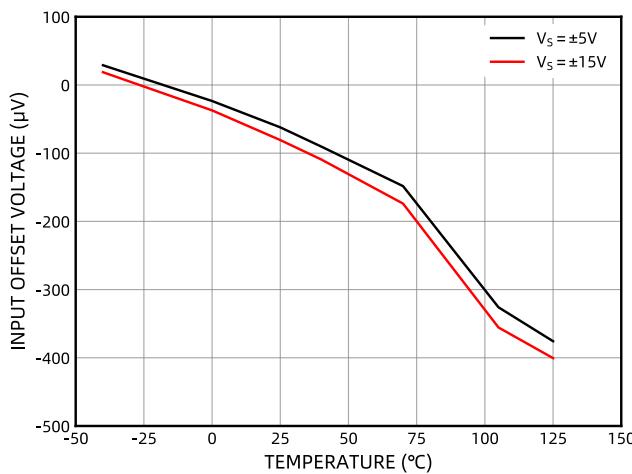


图 9 输入失调电压的温度特性

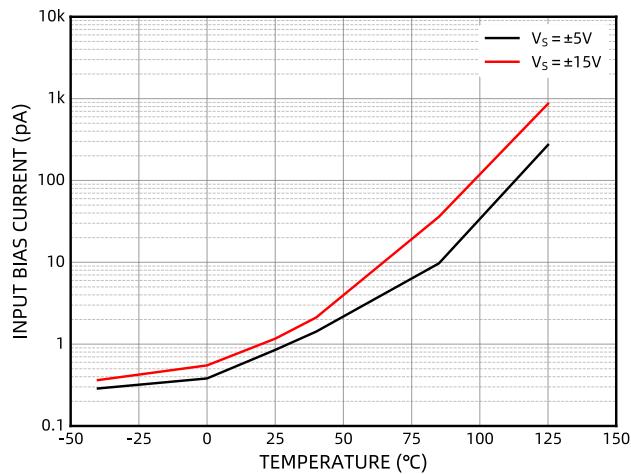


图 10 输入偏置电流的温度特性

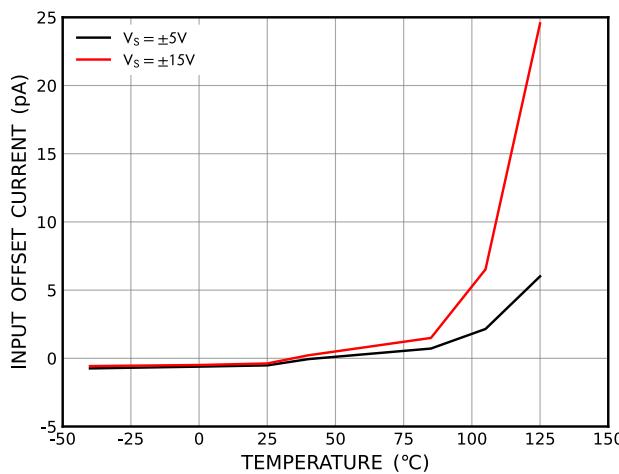


图 11 输入失调电流的温度特性

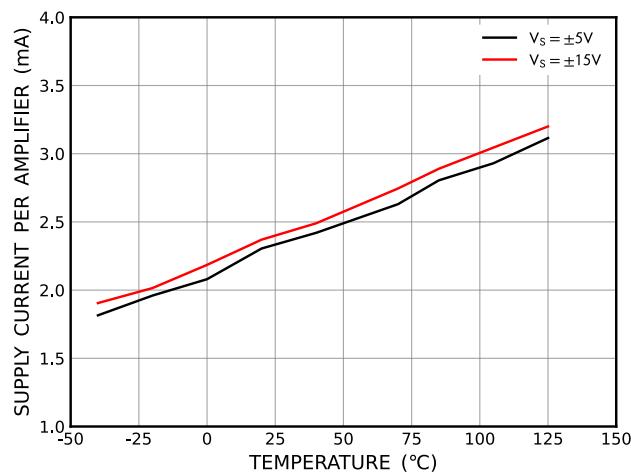


图 12 电源电流的温度特性

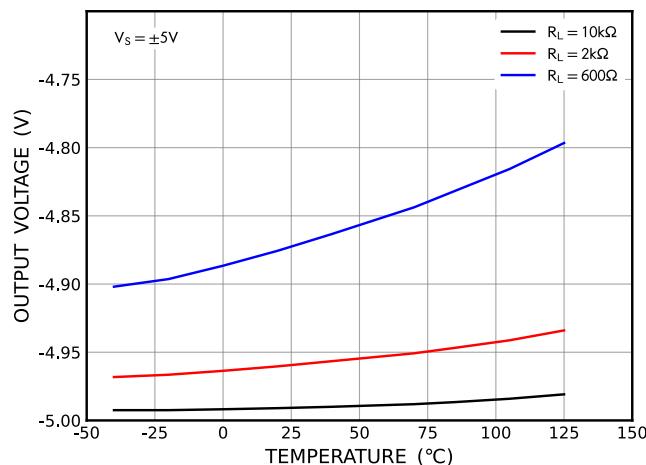


图 13 输出电压的温度特性（最低输出电压）

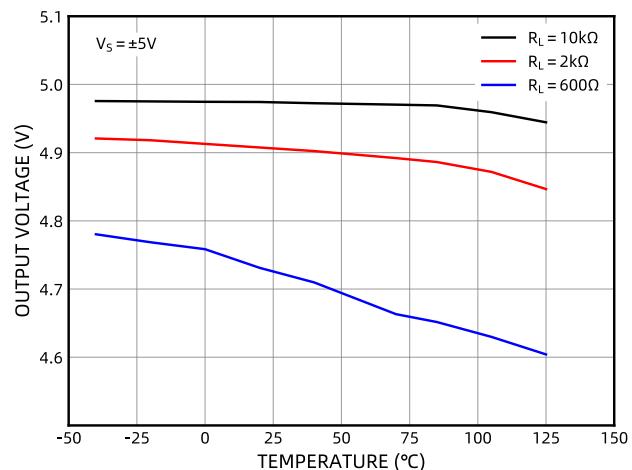


图 14 输出电压的温度特性（最高输出电压）

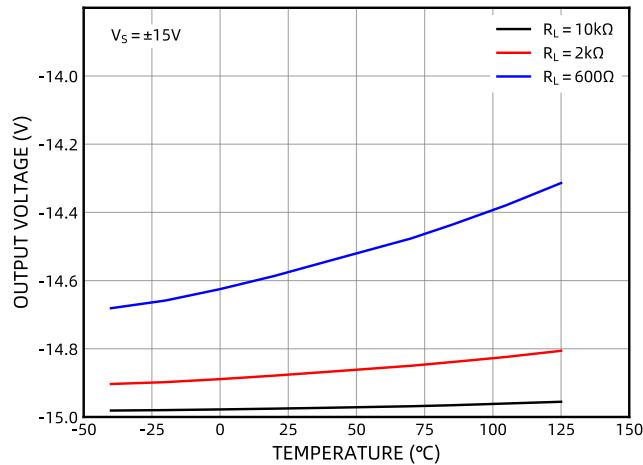


图 15 输出电压的温度特性（最低输出电压）

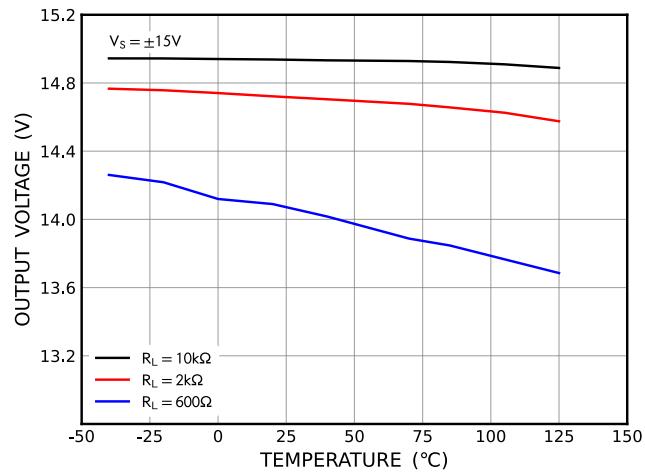


图 16 输出电压的温度特性（最高输出电压）

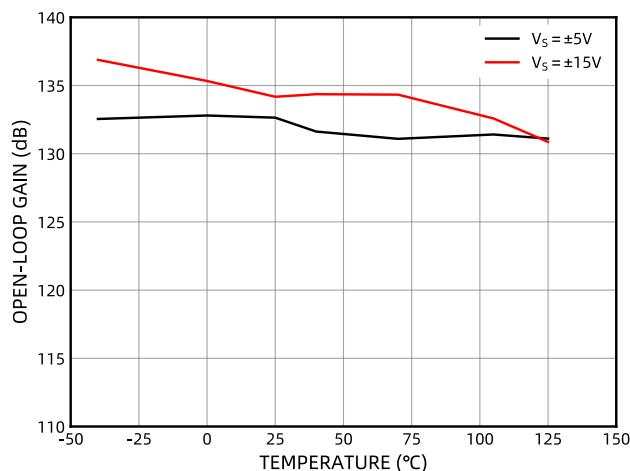


图 17 开环增益的温度特性

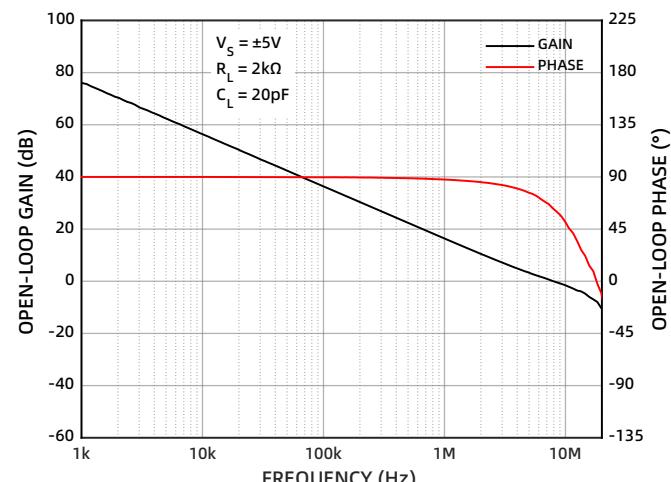


图 18 开环增益

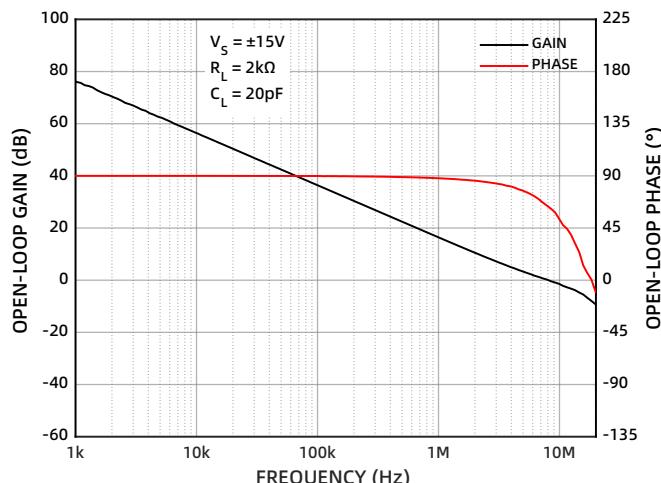


图 19 开环增益

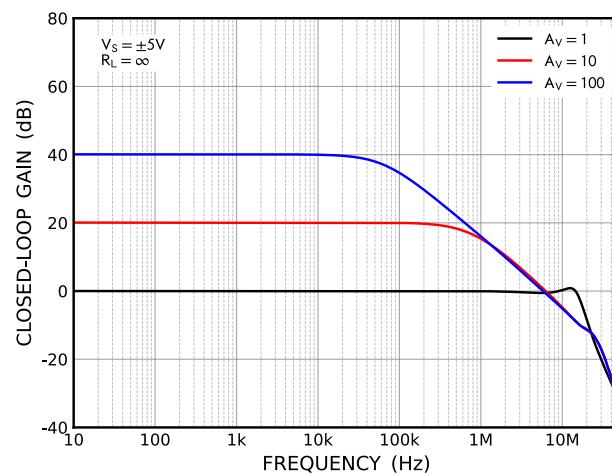


图 20 闭环增益

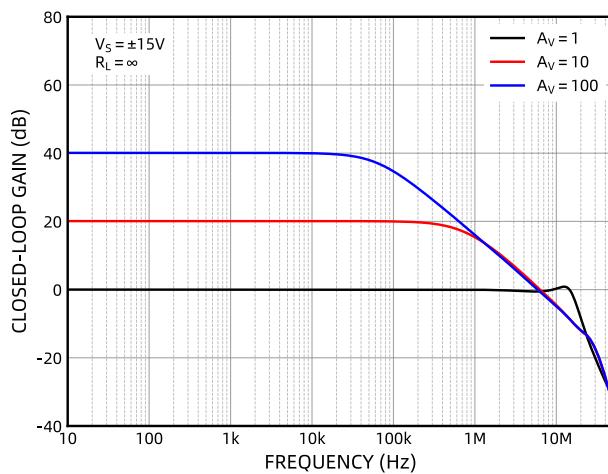


图 21 闭环增益

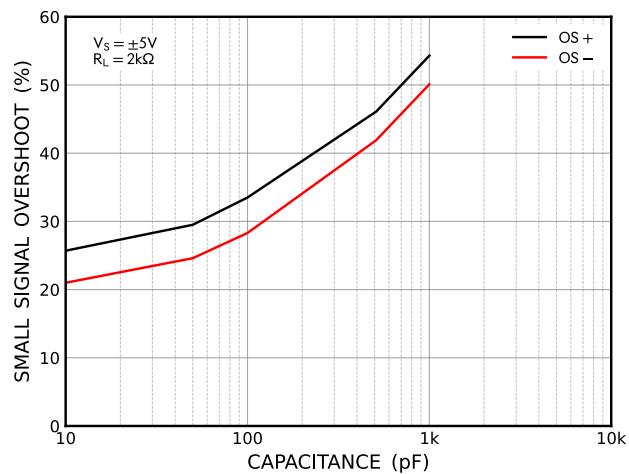


图 22 小信号过冲随负载电容的变化

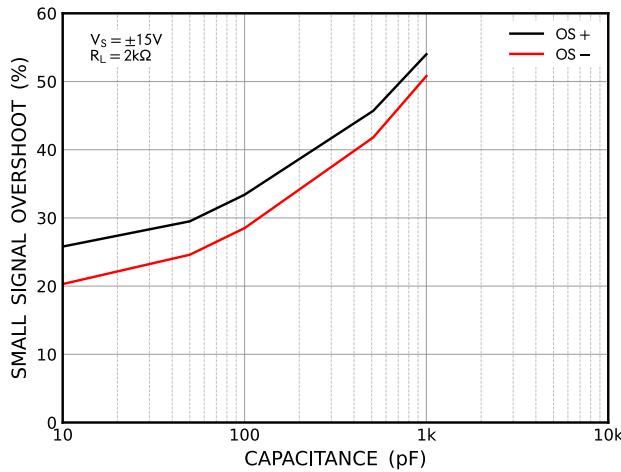


图 23 小信号过冲随负载电容的变化

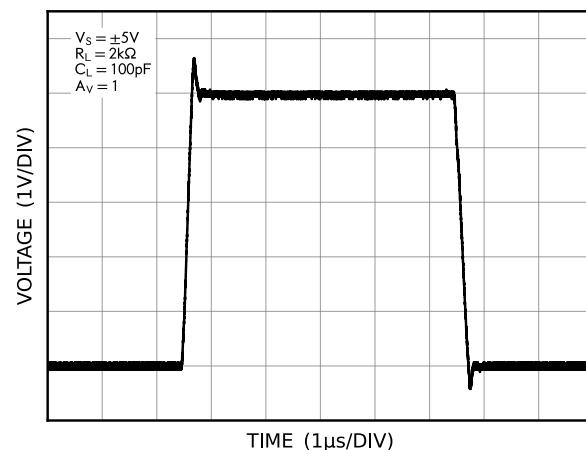


图 24 大信号瞬态响应

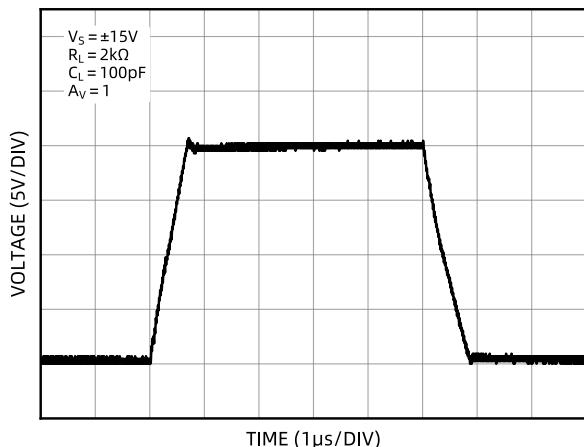


图 25 大信号瞬态响应

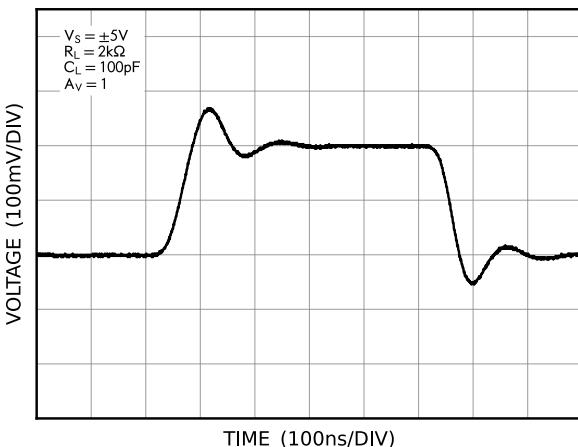


图 26 小信号瞬态响应

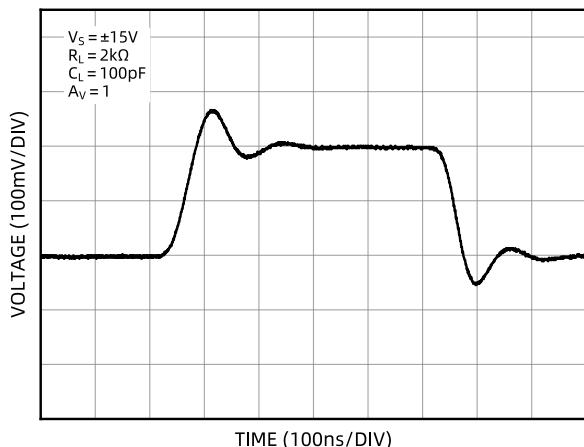


图 27 小信号瞬态响应

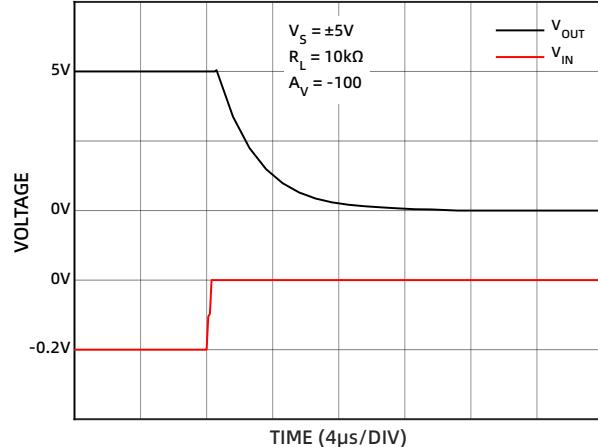


图 28 正向过载恢复

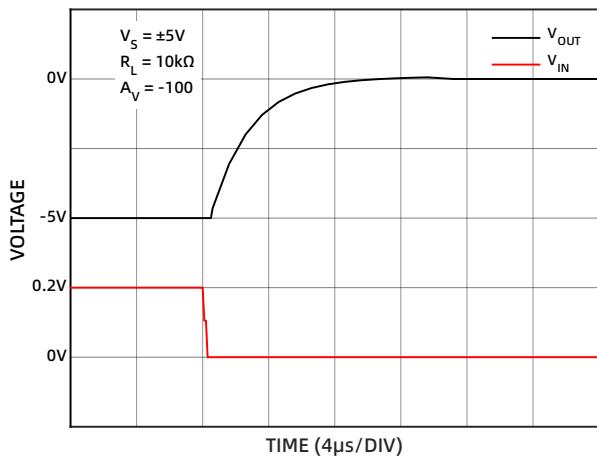


图 29 负向过载恢复

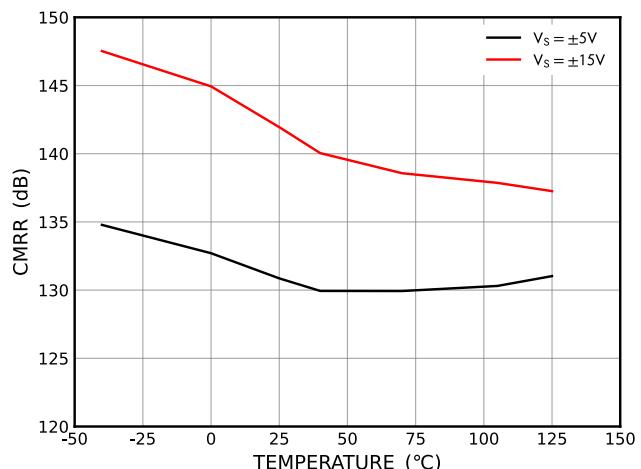
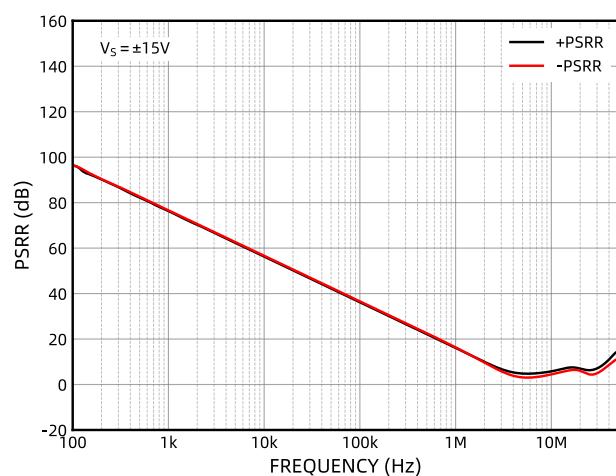
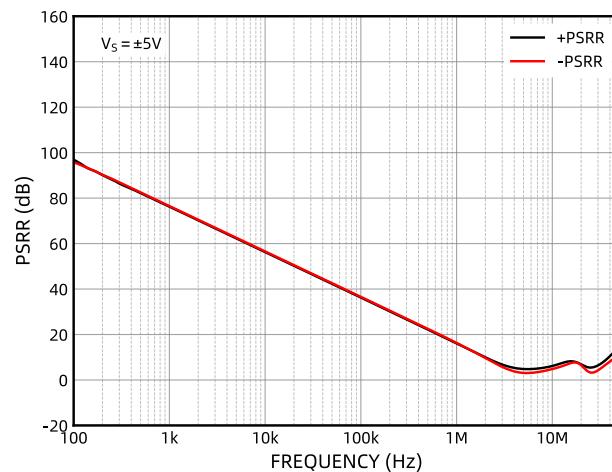
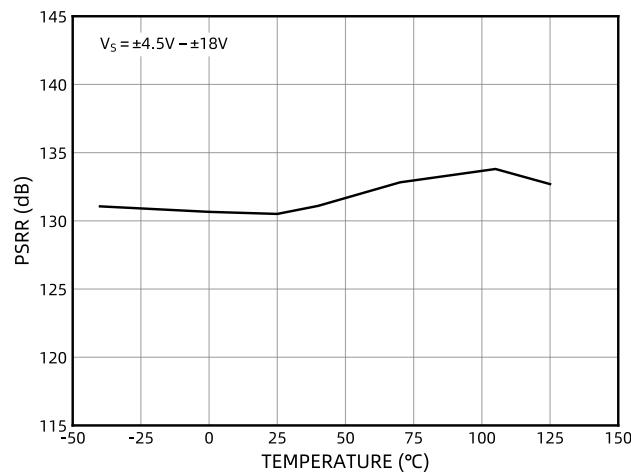


图 30 CMRR 的温度特性



工作原理

总噪声-含源电阻

低输入电流噪声和低输入偏置电流特性，使 CM4151/CM4152 成为高输入源阻抗电路的理想放大器选择。在室温下，源电阻每增大 500Ω，输入失调电压增大最高不超过 15nV。

该电路的总噪声密度为：

$$e_{n,TOTAL} = \sqrt{e_n^2 + (R_S)^2 + 4kTR_S}$$

其中：

- e_n 表示输入电压噪声密度。
- R_S 表示同相端的源电阻。
- k 表示玻尔兹曼常数 ($1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$)。
- T 为开尔文温度 ($T = 273 + \text{摄氏度温度}$)。

当 $R_S < 4.7\text{k}\Omega$ 时， e_n 起支配作用：

$$e_{n,TOTAL} \approx e_n$$

特定带宽上的等效总均方根噪声表示为：

$$e_n = (e_{n,TOTAL})\sqrt{\text{BW}}$$

其中 BW 为带宽（单位：Hz）。

以上分析在频率大于 150Hz 时有效，且假设在 1kHz 以上为热噪声。如果频率低于该值，则必须考虑闪烁噪声（也被称为 1/f 噪声）。

输入过压保护

CM4151/CM4152 具有内部保护功能，可以允许输入电压超过电源轨 0.7V，而不至于造成芯片损坏。如果输入电压超过这个范围，建议使用一个片外电阻与内部输入电阻串联来限制输入电流。该电阻的值可通过以下公式计算：

$$\frac{V_{IN} - V_S}{R_S} \leq 5\text{mA}$$

由于 CM4151/CM4152 的输入失调电流很低，即使在最高 125°C 下仍小于 0.03nA，因此可在输入端串联阻值较大的电阻。例如，使用 5kΩ 电阻即可在输入电压比电源电压高出 25V 时提供保护，并由此引入不到 0.2μV 的额外失调电压。

输出反相

反相是指放大器传递函数的极性发生改变。当在输入端施加的电压大于最大共模电压时，许多运算放大器都会表现出反相现象。在反馈环路中，反相会导致芯片永久性损坏或系统锁死。而 CM4151/CM4152 不存在反相问题，即使输入电压高于电源电压也无需担心。

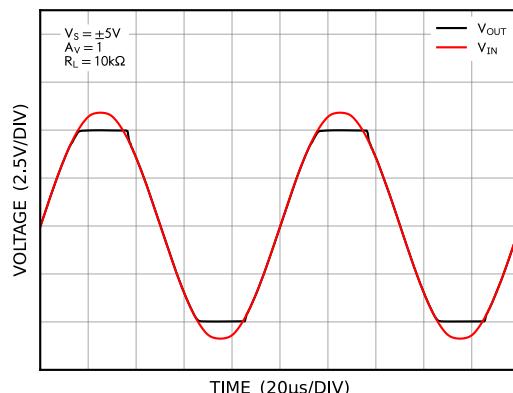


图 34 无反相

建立时间

建立时间是指放大器输入端施加脉冲信号后，其输出达到并稳定在最终值某一百分比范围内所需的时间。在单位增益配置下，输入阶跃信号为 0V 至 10V 时，CM4151/CM4152 可在 900ns 内稳定至最终值的 0.01% 以内。一些无缓冲、快速建立 DAC 通常要求输出建立时间小于 1us，CM4151/CM4152 非常适合作为该类 DAC 的输出缓冲器。

除具备快速建立时间与高压摆率外，CM4151/CM4152 的低失调电压温漂和低输入偏置电流特性，可确保 12 位转换器在整个工作温度范围内保持全精度。

过载恢复时间

过载恢复时间是指放大器的输出电压从饱和状态恢复到线性响应区间所需的时间。该参数在存在大瞬态电压干扰时仍需放大微弱信号的应用中尤为重要。

如图 35 所示，正向过载恢复时间为 300ns（从饱和状态恢复）。

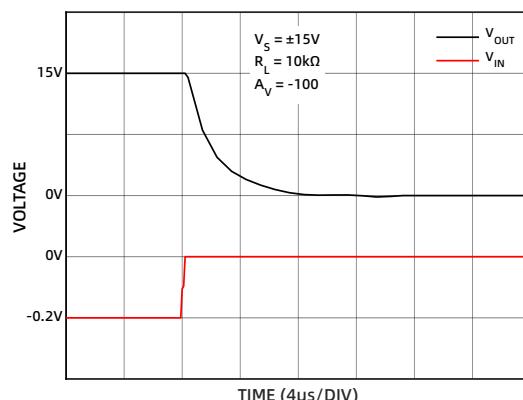


图 35 正向过载恢复

如图 36 所示，负向过载恢复时间为 200ns。

除快速恢复特性外，CM4151/CM4152 在正/负向恢复时间上表现出卓越的对称性。这一特性对瞬态信号整流应用至关重要，可确保输出信号在任意时段内均保持无失真对称。

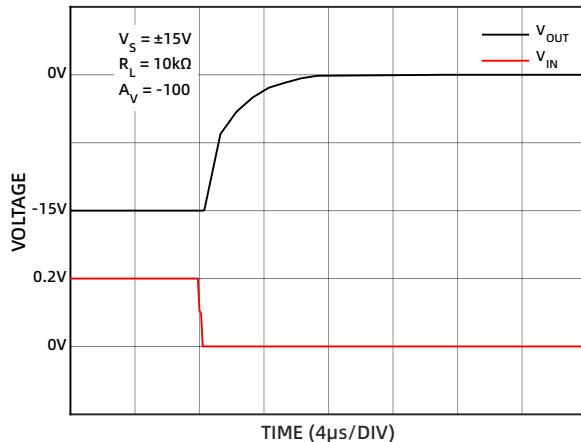


图 36 负向过载恢复

总谐波失真和噪声

总谐波失真为信号所有谐波的均方根值与信号的均方根值的比例。谐波失真会给精确测量增加误差，并给音频系统增加声音伪影。

CM4151/CM4152 具有较低的总谐波失真和出色的增益线性度，因此非常适合高闭环增益精密电路及音频应用电路。

如图 37 所示，CM4151/CM4152 配置为正单位增益，负载 $100\text{k}\Omega$ 电阻，该配置下，在整个音频频率范围内的总谐波失真仅为 0.0005%。

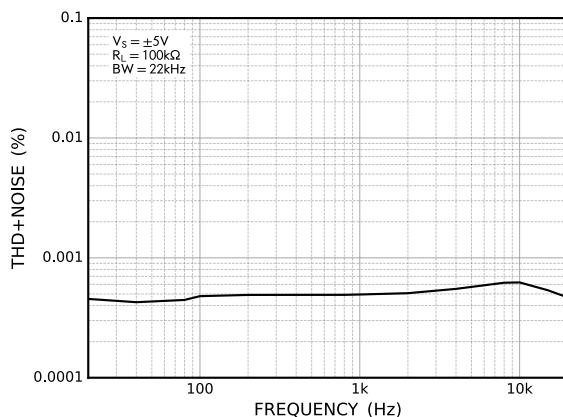


图 37 总谐波失真和噪声

驱动容性负载

CM4151/CM4152 在反相/同相配置增益下均具有优异的稳定性，能够驱动高达 1000pF 的容性负载而不会引发震荡现象。

不过需要注意的是，与大多数放大器一样，在单位增益配置下驱动较大容性负载时，可能导致严重的过冲、振铃甚至震荡现象。通过采用简单的缓冲电路即可显著降低过冲和振铃幅度。该配置

的优势在于，由于电阻 R_S 位于反馈电路之外，因此不会减小放大器的输出摆幅。

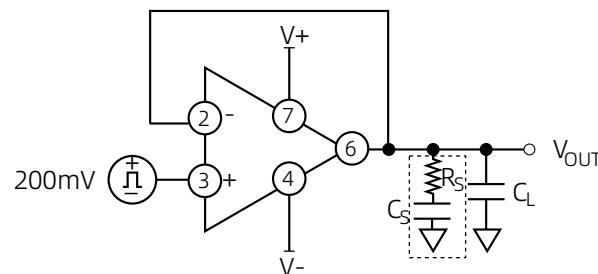


图 38 缓冲网络配置

缓冲电路中的电阻 R_S 和电容 C_S 最佳取值主要取决于负载电容和输入杂散电容，通常需要通过测量最终确认。针对不同容性负载，表 1 列出了 R_S 和 C_S 的最佳值。

表 1 与容性负载相对应的最佳值

C_L	R_S	C_S
500pF	100Ω	1nF
2nF	70Ω	100pF
5nF	60Ω	300pF

通道隔离度

通道隔离度是指同一颗芯片上不同通道之间的串扰。CM4151/CM4152 在 10kHz 频率范围内直流通道隔离度小于-120dB，在 10MHz 频率范围内仍保持优于-80dB 的隔离性能。图 40 展示了驱动放大器与后续各通道之间的典型通道隔离特性。

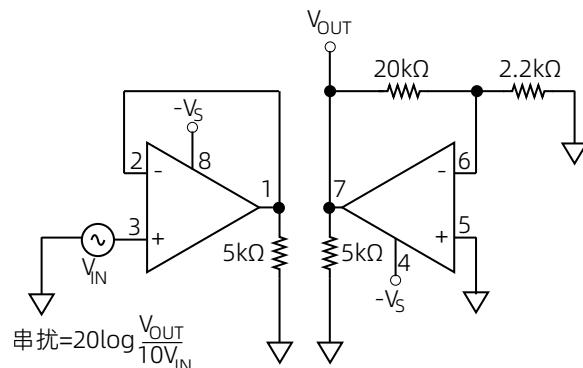
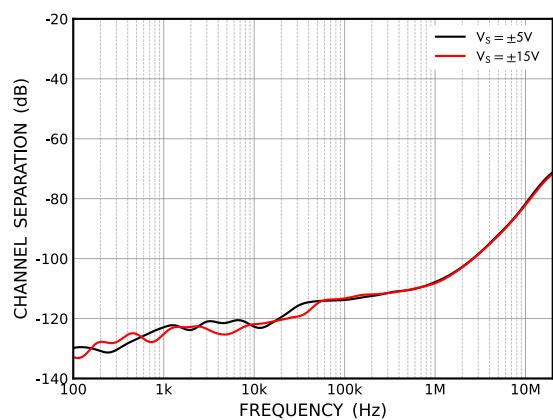


图 39 通道隔离度测试电路

图 40 通道隔离度



| 封装及订购信息

封装形式

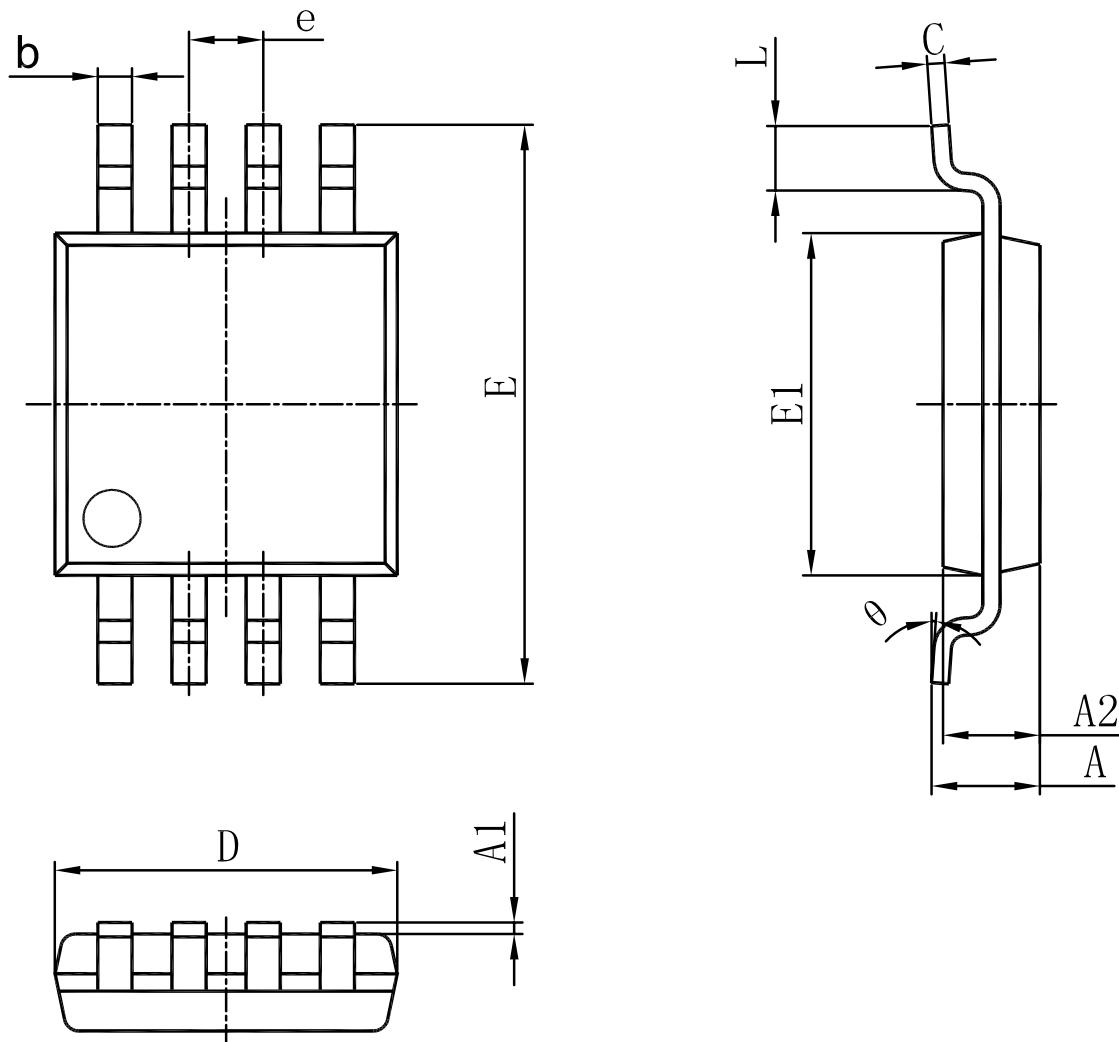
CM4151/CM4152 均采用 MSOP8 表贴微小型贴装和 SOP8 表贴窄体封装。

产品外形图

产品外形图如下图所示。

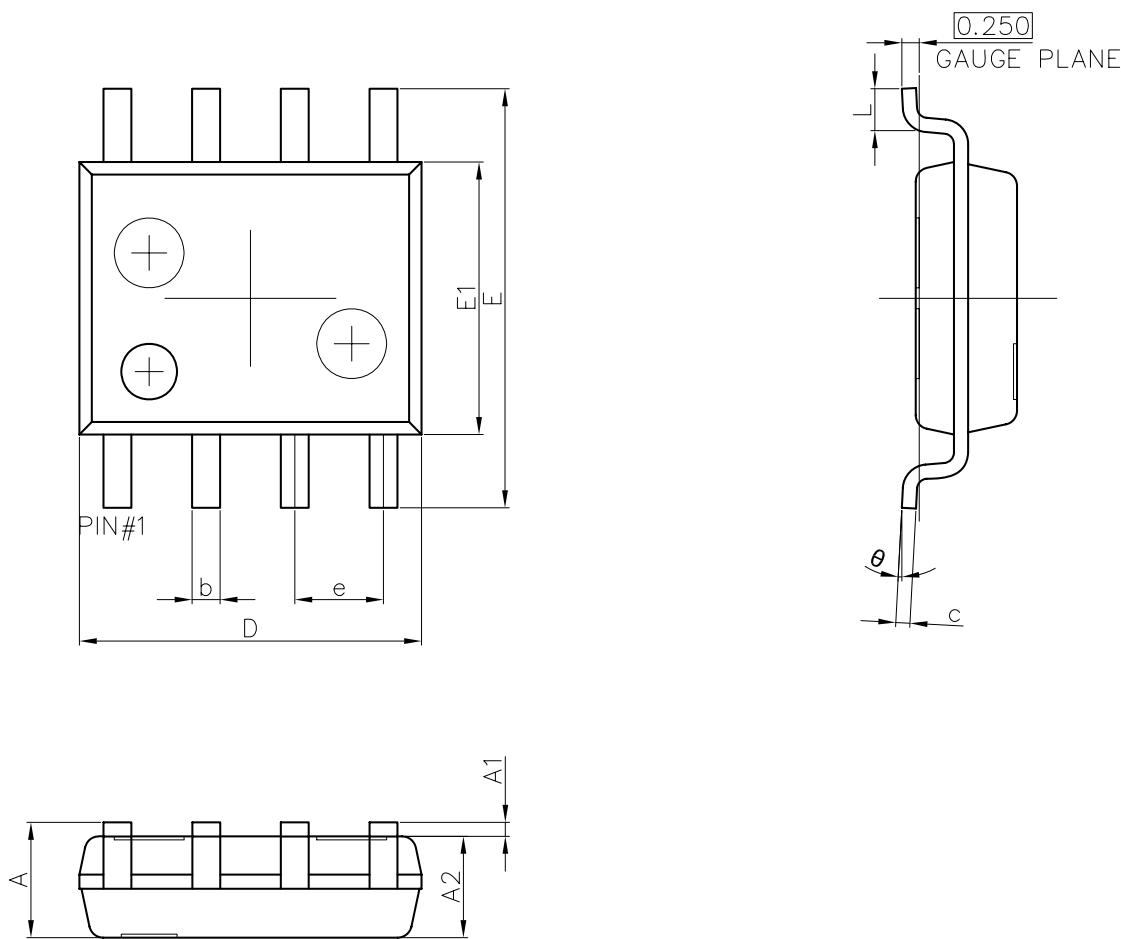
CM4151

MSOP8



标识	尺寸(毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.10
A1	0.02	0.09	0.15
A2	0.75	0.85	0.95
b	0.25	0.32	0.38
c	0.09	0.16	0.23
D	2.90	3.00	3.10
e	0.65 (BSC)		
E	4.75	4.90	5.05
E1	2.90	3.00	3.10
L	0.40	0.60	0.80
θ	0°	3°	6°

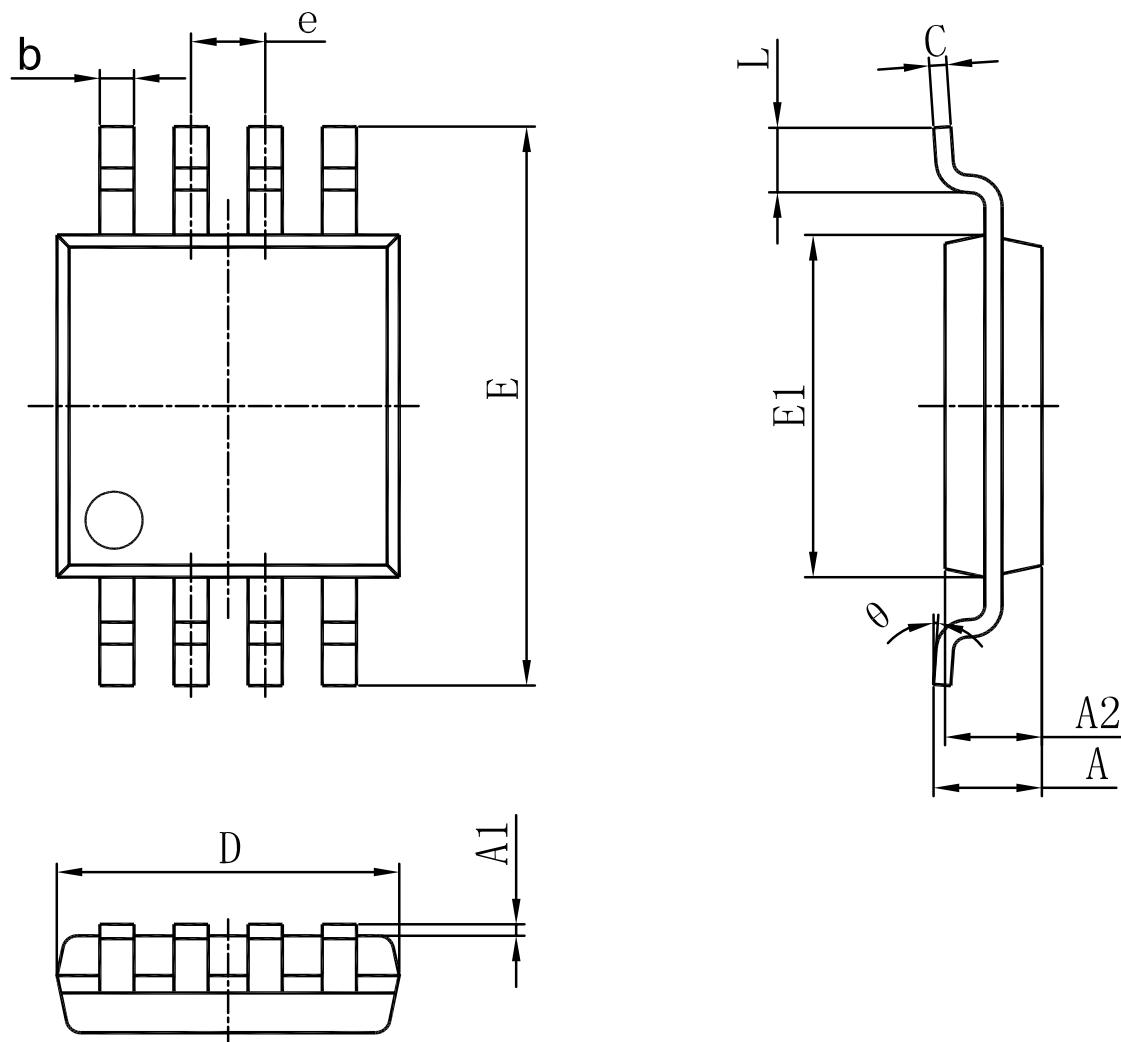
SOP8



标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	1.45	1.60	1.75
A1	0.10	0.18	0.25
A2	1.35	1.45	1.55
b	0.33	0.42	0.51
c	0.17	0.21	0.25
D	4.70	4.90	5.10
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	1.27 (BSC)		
L	0.40	0.84	1.27
θ	0°	4°	8°

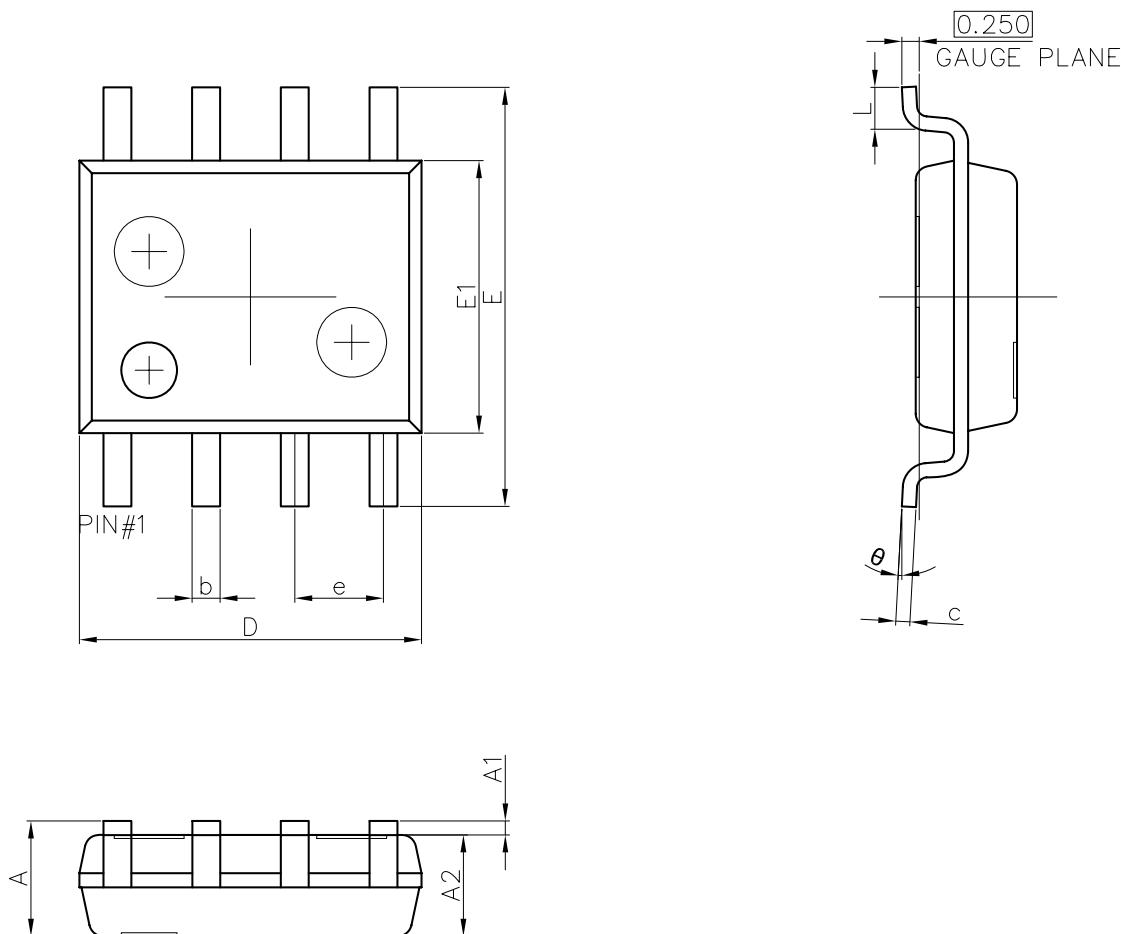
CM4152

MSOP8



标识	尺寸(毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.10
A1	0.02	0.09	0.15
A2	0.75	0.85	0.95
b	0.25	0.32	0.38
c	0.09	0.16	0.23
D	2.90	3.00	3.10
e	0.65 (BSC)		
E	4.75	4.90	5.05
E1	2.90	3.00	3.10
L	0.40	0.60	0.80
θ	0°	3°	6°

SOP8



标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	1.45	1.60	1.75
A1	0.10	0.18	0.25
A2	1.35	1.45	1.55
b	0.33	0.42	0.51
c	0.17	0.21	0.25
D	4.70	4.90	5.10
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	1.27 (BSC)		
L	0.40	0.84	1.27
θ	0°	4°	8°

订购信息

型号	温度范围	封装	包装	包装数量
CM4151-MSOTA	-40°C~125°C	MSOP8	Reel	4000
CM4151-SOPTA	-40°C~125°C	SOP8	Reel	3000
CM4152-MSOTA	-40°C~125°C	MSOP8	Reel	4000
CM4152-SOPTA	-40°C~125°C	SOP8	Reel	3000