

精密、低噪声、低输入偏置电流  
双通道/四通道运算放大器

## CM4102/CM4104 数据手册

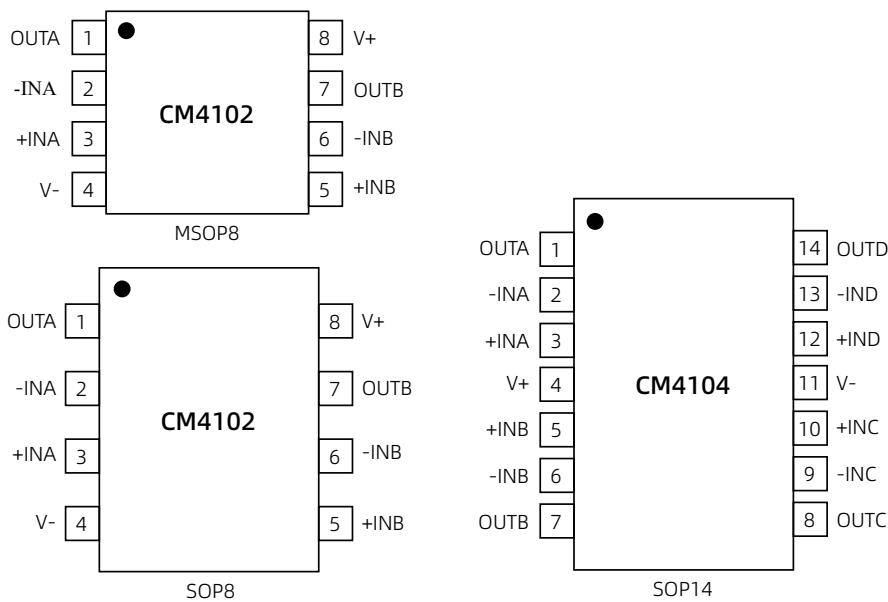
### 特征

- 低失调电压：最大值为  $75\mu V$
- 极低失调电压温漂： $0.25\mu V/{^\circ}C$
- 低输入偏置电流： $0.28nA$
- 低噪声： $8.4nV/\sqrt{Hz}$
- 高增益： $> 120dB$
- 共模抑制比、电源抑制比： $> 120dB$
- 低电源电流：每放大器  $715\mu A$
- 双电源供电： $\pm 2.5V$  至  $\pm 12.5V$
- 单位增益稳定
- 输入过压输出无反相
- 内部保护电路支持输入高于电源电压

### 应用

- 无线基站控制电路
- 光网络控制电路
- 仪器仪表
- 传感器和控制电路
  - 热电偶
  - 电阻式温度检测器 (RTD)
  - 应变电桥
  - 电流测量
- 精密滤波器

### 管脚配置



# 目录

封页.....	1	输入过压保护.....	12
特征.....	1	输出反相.....	12
应用.....	1	建立时间.....	13
概述.....	1	过载恢复时间.....	13
管脚配置.....	1	总谐波失真和噪声.....	13
文档历史.....	3	驱动容性负载.....	13
绝对最大额定值.....	4	封装及订购信息.....	15
电气规格.....	5	封装形式.....	15
典型特征.....	7	产品外形图.....	15
工作原理.....	12	CM4102.....	15
总噪声-含源电阻.....	12	CM4104.....	18
增益线性度.....	12	订购信息.....	19

## 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
V1.0	2023-12-15	初版发布。
V1.1	2024-04-30	<p>内容更新如下：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>新增四通道运算放大器 CM4104 的内容：新增<a href="#">管脚配置</a>中的 SOP14、新增<a href="#">SOP14 封装</a>、全文增加 CM4104 的描述。</li><li>修正<a href="#">绝对最大额定值</a>表中的 CDM 值。</li><li>修正<a href="#">图 23 和图 24</a>。</li></ul>
V1.2	2025-10-27	修正 <a href="#">电气规格</a> 中电源电流数值。

## | 绝对最大额定值

参数	最小值	最大值	单位
<b>温度</b>			
工作温度	-40	125	°C
存储温度	-65	150	°C
结温	-65	150	°C
回流焊	铅锡焊接温度 (10 秒到 30 秒)	240	°C
	无铅焊接温度	260	°C
<b>耐压</b>			
电源电压 (VS+ - VS-)		25	V
输入+INA、-INA、+INB、-INB	VS-	VS+	V
<b>ESD</b>			
HBM	3000		V
CDM	1500		V

## 电气规格

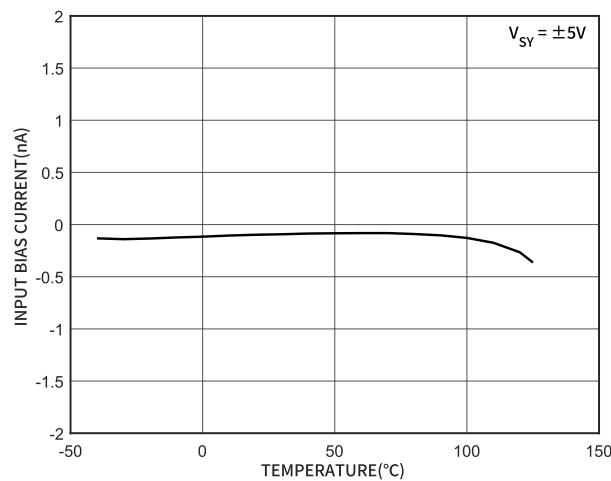
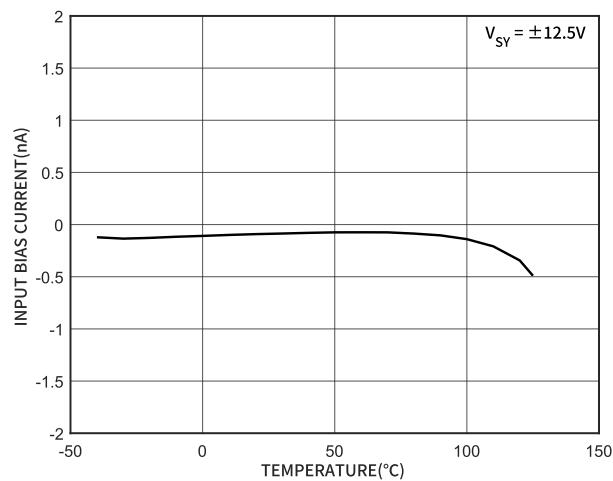
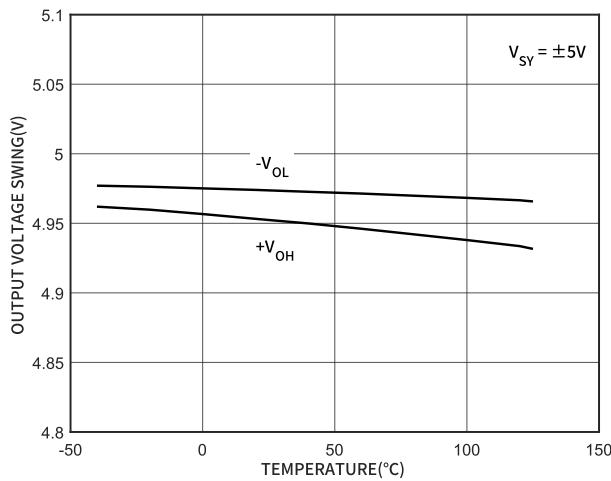
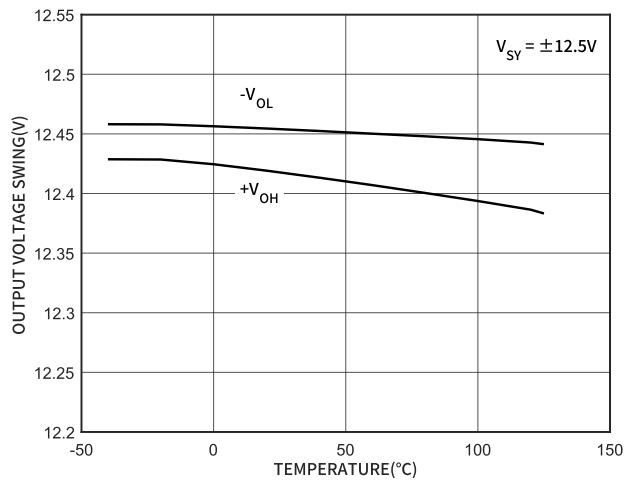
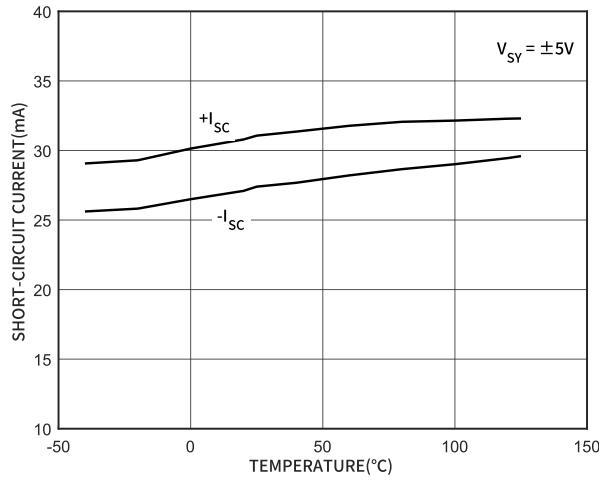
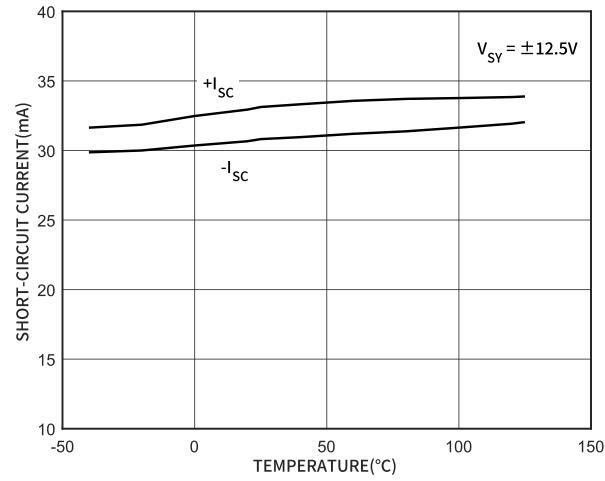
默认测试条件: VS = ±5.0V、VCM = 0V、TA = 25°C。

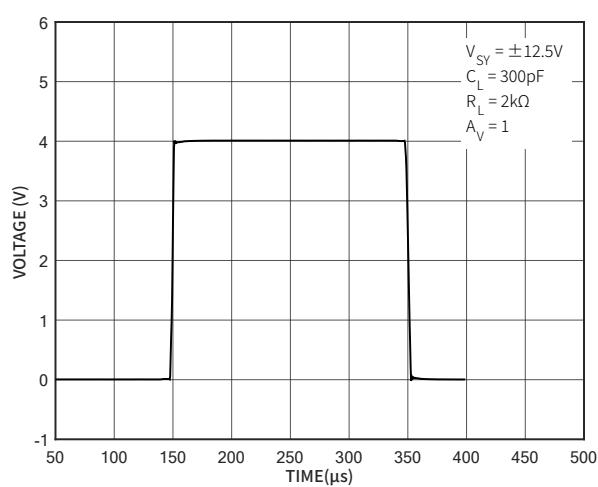
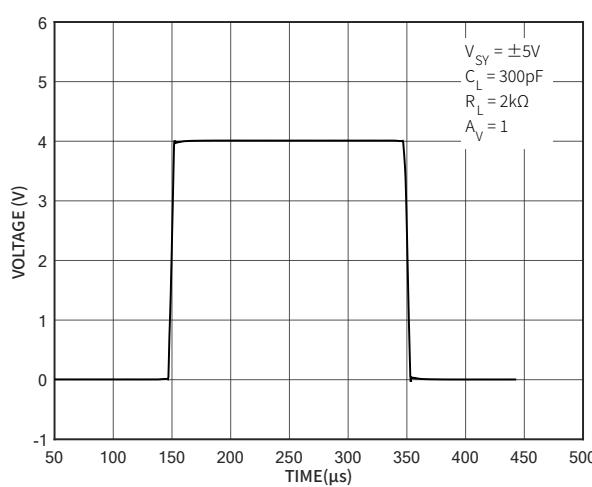
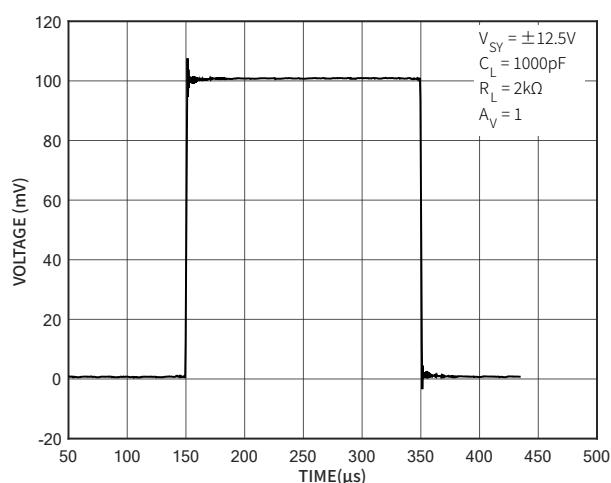
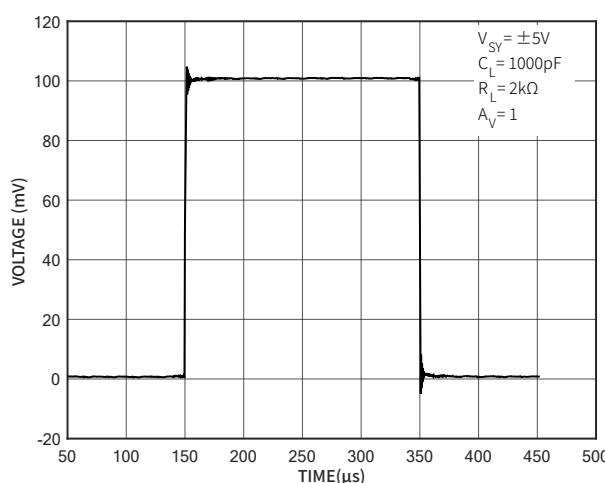
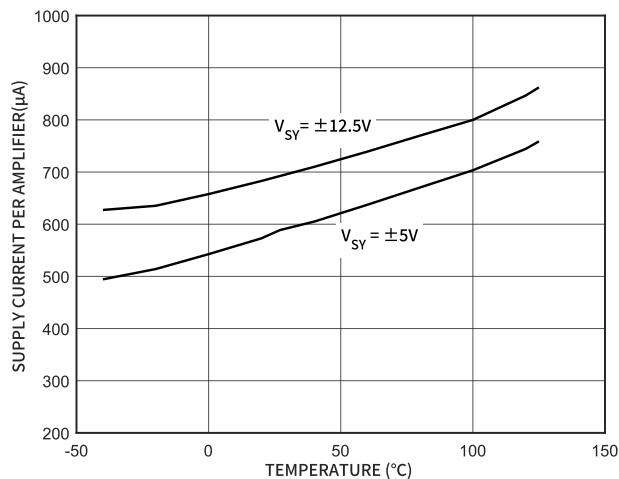
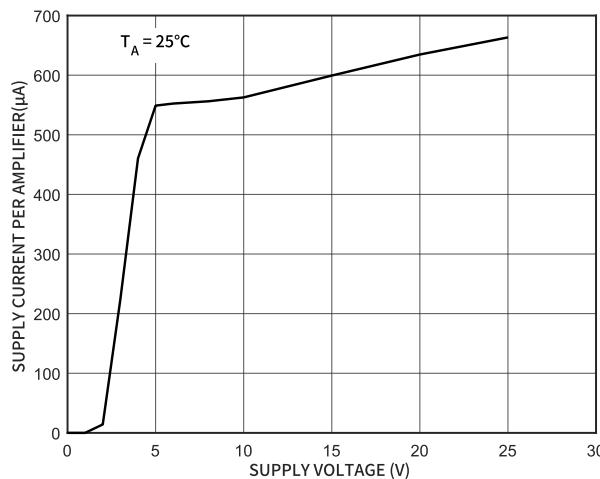
参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>输入特征</b>					
失调电压		40	75		µV
	-40°C < TA < 125°C	50			µV
输入偏置电流	-40°C < TA < 125°C	0.23	0.64		nA
输入失调电流	-40°C < TA < 125°C	0.3	0.73		nA
输入电压范围		-3.5	3.5		V
共模抑制比	VCM = -3.5V 至 +3.5V	120	135		dB
	-40°C < TA < 125°C	120	131		dB
大信号电压增益	R <sub>L</sub> = 2kΩ, VO = -4V 至 +4V	120	142		dB
失调电压温漂	-40°C < TA < 125°C	0.22	0.64		µV/°C
<b>输出特征</b>					
高电平输出电压	IL = 1mA, -40°C < TA < 125°C	4.93	4.95		V
低电平输出电压	IL = 1mA, -40°C < TA < 125°C	-4.97	-4.96		V
输出电流	VDROPOUT < 1.2V	15			mA
<b>电源</b>					
电源抑制比	VS = ±2.5V 至 ±12.5V	120	135		dB
	-40°C < TA < 125°C	120	130		dB
电源电流 (单通道)	VO = 0V, TA = 25°C	600	700		µA
	VO = 0V, -40°C < TA < 125°C	850			µA
<b>动态性能</b>					
压摆率	R <sub>L</sub> = 2kΩ	0.72			V/µs
增益带宽积		1.5			MHz
<b>噪声性能</b>					
电压噪声	0.1Hz~10Hz	0.4			µVpp
电压噪声密度	1kHz	7.7			nV/√Hz
电流噪声密度	1kHz	0.37			pA/√Hz
通道隔离度	DC	0.009			µV/V
	f = 100kHz	-125			dB

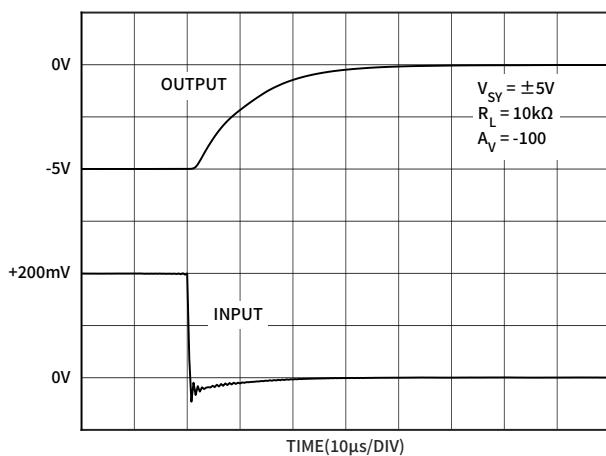
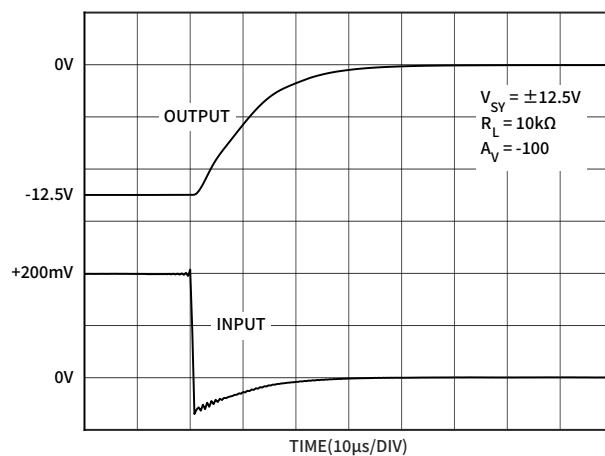
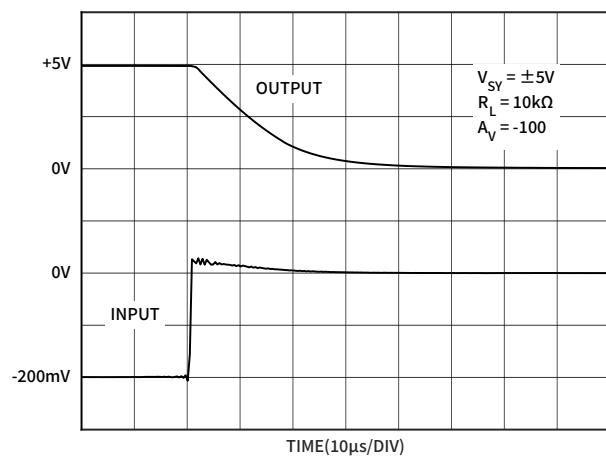
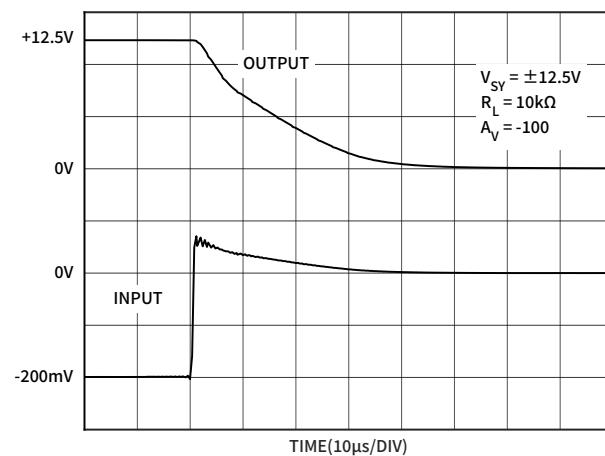
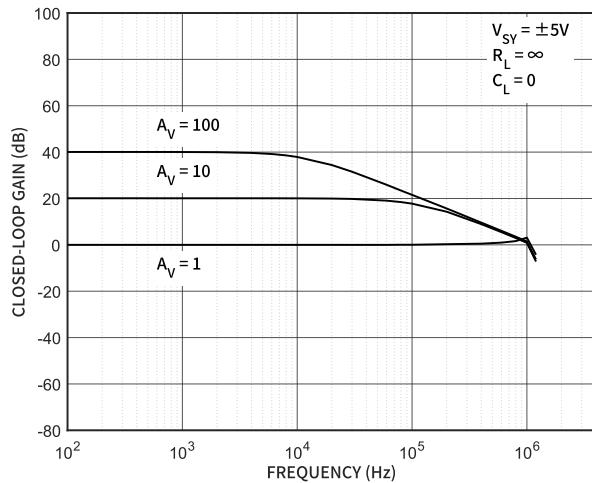
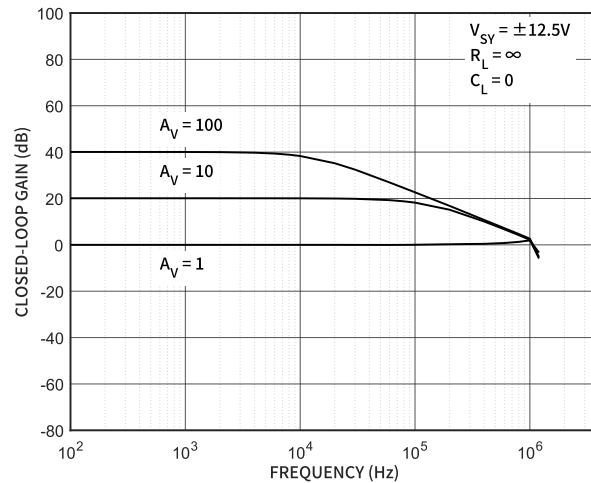
默认测试条件: VS =  $\pm 12.5V$ 、VCM = 0V、TA = 25°C。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>输入特征</b>					
失调电压		40	75		$\mu V$
	-40°C < TA < 125°C	50			$\mu V$
输入偏置电流	-40°C < TA < 125°C	0.28	0.64		nA
输入失调电流	-40°C < TA < 125°C	0.34	0.72		nA
输入电压范围		-11	11		V
共模抑制比	VCM = -11V 至 +11V	125	138		dB
	-40°C < TA < 125°C	120	132		dB
大信号电压增益	$R_L = 2k\Omega$ , VO = -11V 至 +11V	120	140		dB
失调电压温漂	-40°C < TA < 125°C	0.25	0.7		$\mu V/^\circ C$
<b>输出特征</b>					
高电平输出电压	IL = 1mA, -40°C < TA < 125°C	12.38	12.40		V
低电平输出电压	IL = 1mA, -40°C < TA < 125°C	-12.45	-12.43		V
输出电流	VDROPOUT < 1.2V	15			mA
短路电流		30			mA
<b>电源</b>					
电源抑制比	VS = $\pm 2.5V$ 至 $\pm 12.5V$	120	135		dB
	-40°C < TA < 125°C	120	130		dB
电源电流 (单通道)	VO = 0V, TA = 25°C	715	850		$\mu A$
	VO = 0V, -40°C < TA < 125°C		1000		$\mu A$
<b>动态性能</b>					
压摆率	$R_L = 2k\Omega$	0.9			V/ $\mu s$
增益带宽积		1.5			MHz
<b>噪声性能</b>					
电压噪声	0.1Hz~10Hz	0.4			$\mu V_{pp}$
电压噪声密度	1kHz	8.4			nV/ $\sqrt{Hz}$
电流噪声密度	1kHz	0.33			pA/ $\sqrt{Hz}$
通道隔离度	DC	0.02			$\mu V/V$
	f = 100kHz	-116.7			dB

## 典型特征

图 1 输入偏置电流的温度特性 ( $\pm 5V$ )图 2 输入偏置电流的温度特性 ( $\pm 12.5V$ )图 3 输出电压摆幅的温度特性 ( $\pm 5V$ )图 4 输出电压摆幅的温度特性 ( $\pm 12.5V$ )图 5 短路电流的温度特性 ( $\pm 5V$ )图 6 短路电流的温度特性 ( $\pm 12.5V$ )



图 13 正过压恢复时间 ( $\pm 5V$ )图 14 正过压恢复时间 ( $\pm 12.5V$ )图 15 负过压恢复时间 ( $\pm 5V$ )图 16 负过压恢复时间 ( $\pm 12.5V$ )图 17 闭环增益与频率的关系 ( $\pm 5V$ )图 18 闭环增益与频率的关系 ( $\pm 12.5V$ )

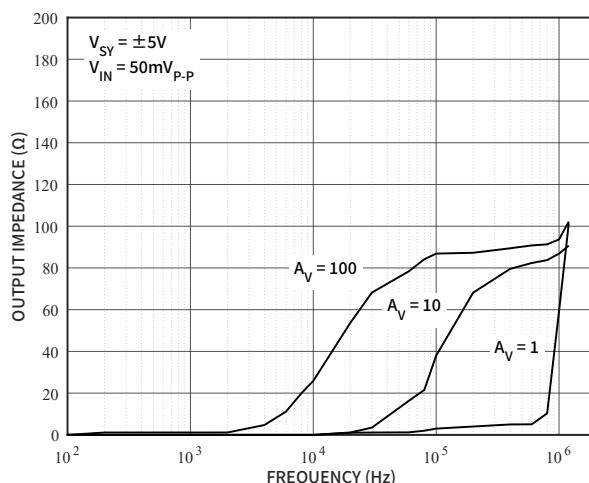


图 19 输出阻抗与频率的关系 ( $\pm 5V$ )

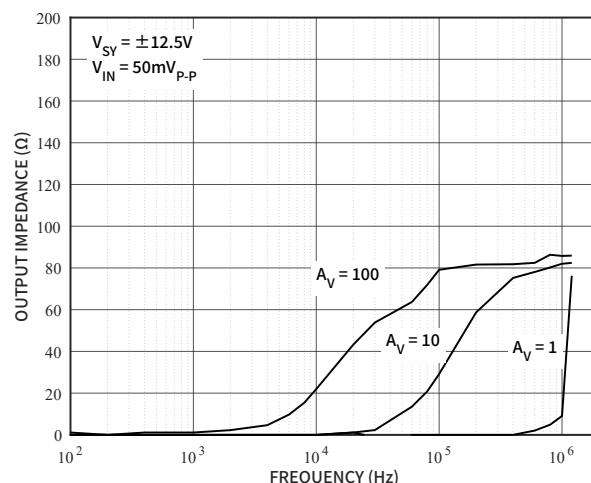


图 20 输出阻抗与频率的关系 ( $\pm 12.5V$ )

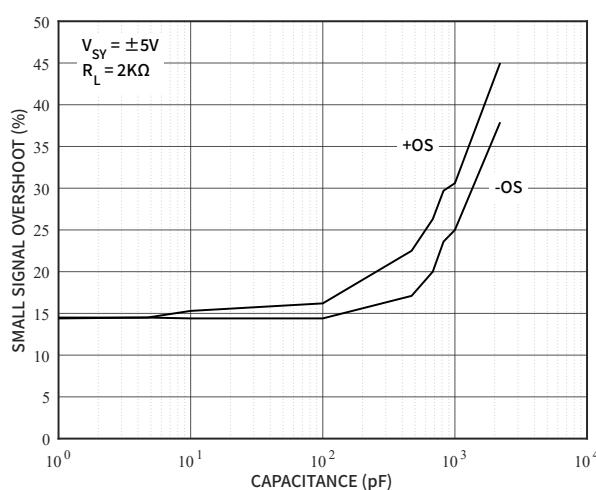


图 21 小信号过冲与负载电容的关系 ( $\pm 5V$ )

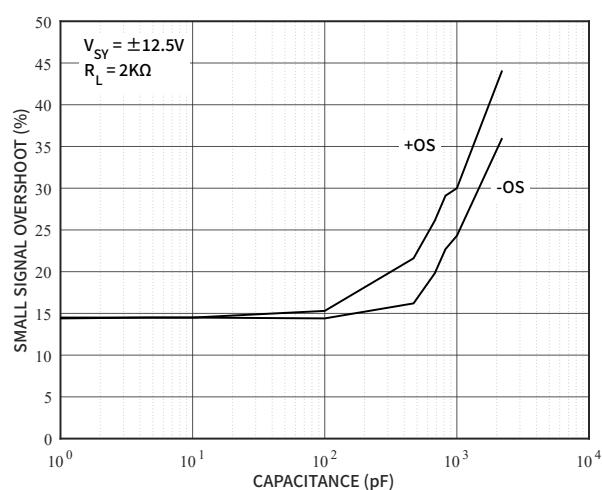


图 22 小信号过冲与负载电容的关系 ( $\pm 12.5V$ )

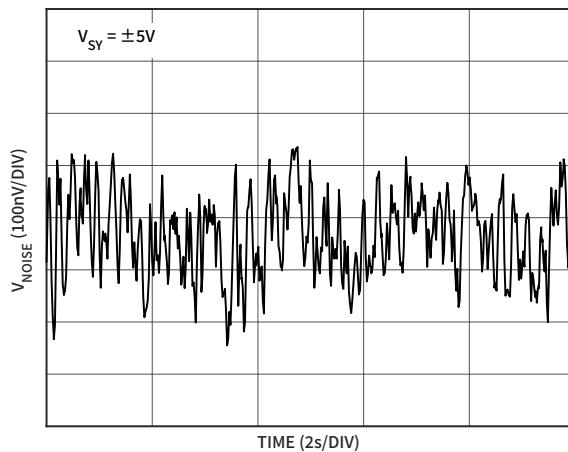


图 23 0.1Hz 至 10Hz 输入电压噪声 ( $\pm 5V$ )

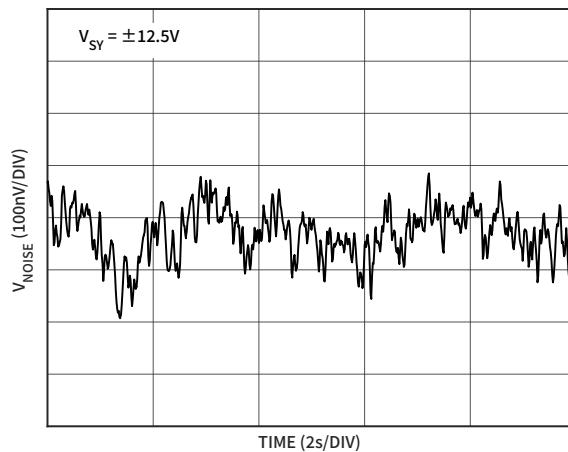


图 24 0.1Hz 至 10Hz 输入电压噪声 ( $\pm 12.5V$ )

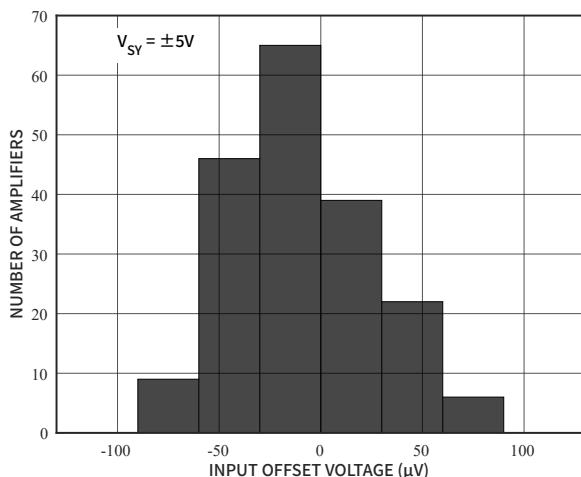
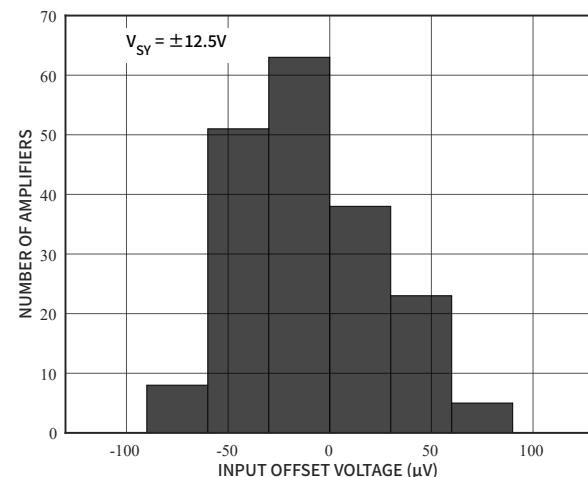
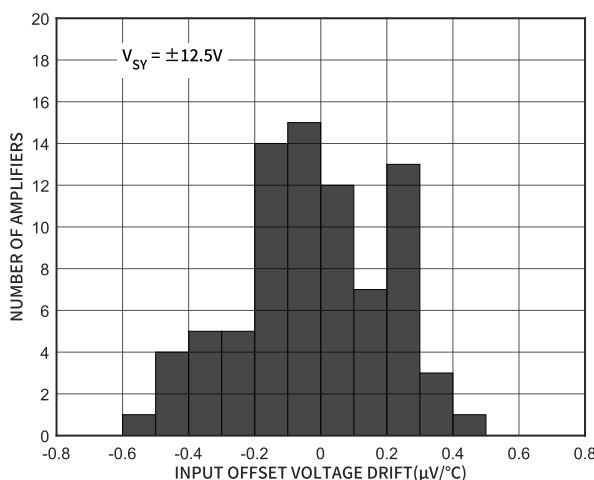
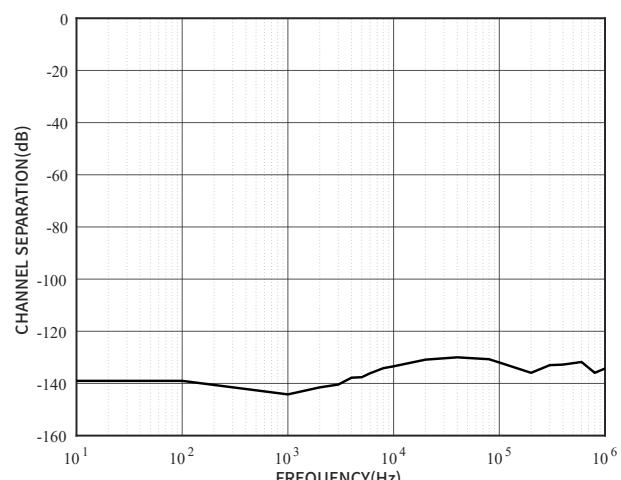
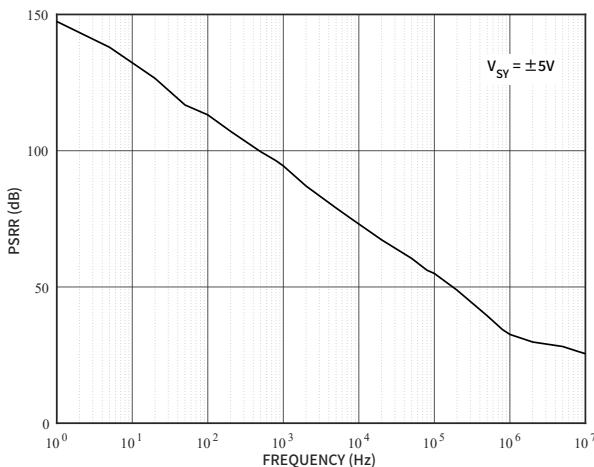
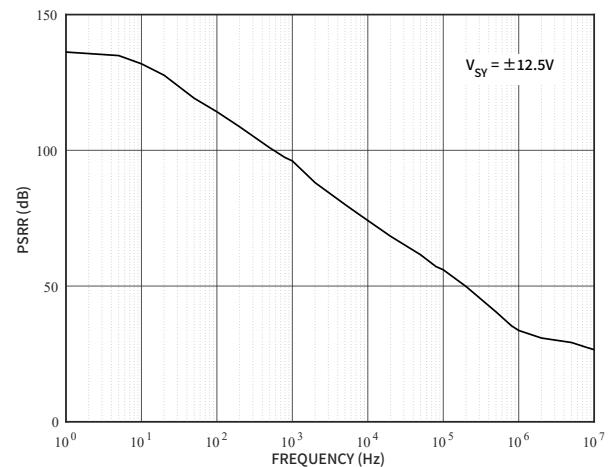
图 25 输入失调电压分布图 ( $\pm 5V$ )图 26 输入失调电压分布图 ( $\pm 12.5V$ )图 27 输入失调电压漂移分布图 ( $\pm 12.5V$ )

图 28 通道隔离度

图 29 PSRR 的频率特性 ( $\pm 5V$ )图 30 PSRR 的频率特性 ( $\pm 12.5V$ )

## 工作原理

CM4102/CM4104 高精度、低噪声运算放大器具有极低的失调电压和输入偏置电流，且该性能在-40°C至 125°C的宽环境温度范围内保持稳定。

CM4102/CM4104 具有优异的开环增益线性度，这在闭环电路中能够显著提升直流精度并减小信号失真。芯片内部设计有输入保护电路，使得输入信号略微超出正负电源轨时而不会损坏。

像任何高性能放大器一样，要实现最高性能，必须注意外围电路以及 PCB 的合理设计。

### 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 CM4102/CM4104 可用于具有大输入源电阻的电路。源电阻每增大  $2\text{k}\Omega$ ，输入失调电压增大最高不超过  $1\mu\text{V}$ 。

CM4102/CM4104 的总噪声密度为：

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

其中：

- $e_n$  表示输入电压噪声密度。
  - $i_n$  表示输入电流噪声密度。
  - $R_S$  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  $R_S < 4.6\text{k}\Omega$  时， $e_n$  起支配作用：

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

当  $4.6\text{k}\Omega < R_S < 272\text{k}\Omega$  时，放大器的电压噪声、通过源电阻转换的放大器电流噪声以及源电阻产生的热噪声均对总噪声有重要贡献。

当  $R_S > 272\text{k}\Omega$  时，电流噪声起支配作用：

$$e_{n,TOTAL} \approx i_n R_S$$

特定带宽上的等效总均方根噪声表示为：

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

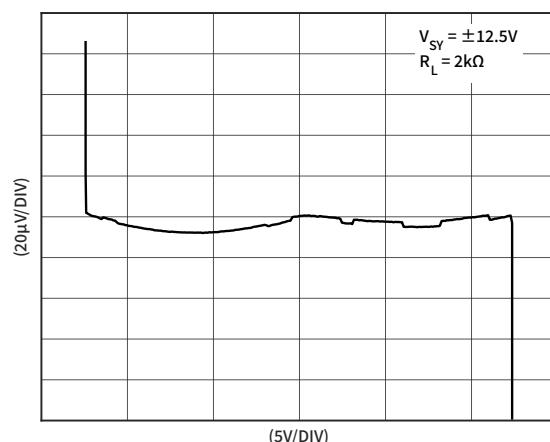
其中  $BW$  为带宽（单位：Hz）。

以上分析在频率大于 50Hz 时有效。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）。

### 增益线性度

增益线性度可以减小闭环配置中的误差。增益曲线越平直，对应输入电压范围内的最大误差越小。尤其是当电路具有高闭环增益时，更是如此。

即使在高负载时，CM4102/CM4104 也具有出色的增益线性度，如图 31 所示。



### 输入过压保护

当输入电压超过正电源电压或负电源电压时，大多数放大器都需要外部电阻提供保护，以免遭到破坏。

CM4102/CM4104 具有内部保护电路，在任一输入端上施加的电压可以高出电源电压 2.5V 而不会有任何有害影响。

如果输入电压超过电源电压 2.5V 以上，则可以使用一个片外电阻与内部输入电阻串联。该电阻的值可以通过以下公式确定：

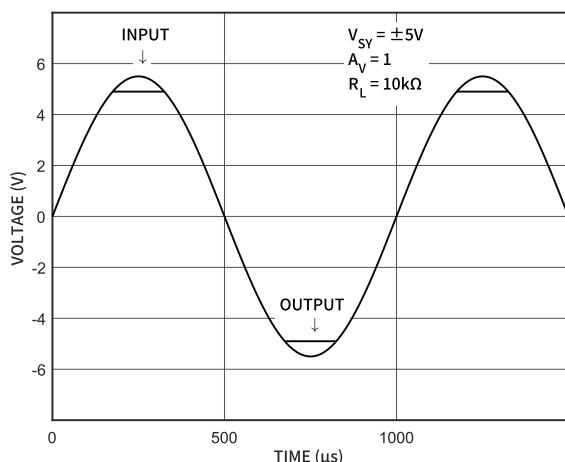
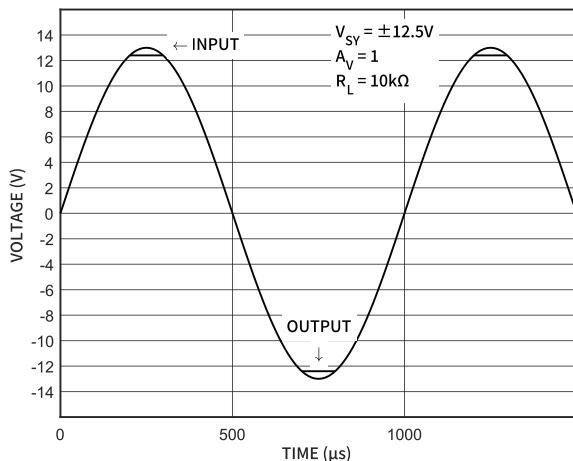
$$\frac{(V_{IN} - V_S)}{R_S + 500\Omega} \leq 5\text{mA}$$

由于 CM4102/CM4104 的输入失调电流很低，最大值仅为  $0.73\text{nA}$ ，因此输入端串联一个  $5\text{k}\Omega$  电阻所导致的输入失调电压不超过  $3.65\mu\text{V}$ ，对电路整体噪声性能的影响可忽略不计。

有关噪声与源电阻二者关系的更多信息，请参考[总谐波失真和噪声](#)。

### 输出反相

反相是指放大器传递函数的极性发生改变。当在输入上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。在某些情况下，反相会对放大器造成永久性损坏。在反馈环路中，反相会导致系统功能异常甚至设备损坏。CM4102/CM4104 消除了反相问题，即使输入电压高于电源电压也不用担心。

图 32 无反相 ( $\pm 5V$ )图 33 无反相 ( $\pm 12.5V$ )

## 建立时间

建立时间是指在施加输入脉冲以后，放大器输出达到并稳定在其最终值的某一误差内（一般用百分比表示）所需的时间。在放大器作为 ADC 的输入缓冲或 DAC 的输出测量和控制电路中，这一参数尤为重要。

为缩短放大器电路的建立时间，需要对放大器电源进行合适的设计，并选用适当的元器件。电阻应为金属薄膜型，以保证较小的杂散电容和电感。电容应为聚苯乙烯型或聚碳酸酯型，以尽量降低介电吸收。

电源管脚应尽可能短，以将电容和电感降至最小。在单位增益配置中，当对输入施加 10V 阶跃电压时，CM4102/CM4104 的输出电压达到 1mV (0.01%) 的精度所需的建立时间为 45μs。

## 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。例如对闭环增益为 2 的放大器施加 10V 输入电压时，按照传递函数输出电压为 20V，这便超出了采用 $\pm 12.5V$

电源供电的 CM4102/CM4104 的输出电压范围，迫使输出进入饱和状态。

恢复时间对许多应用都很重要，尤其是当运算放大器必须在有较大瞬态电压的情况下放大小信号时。

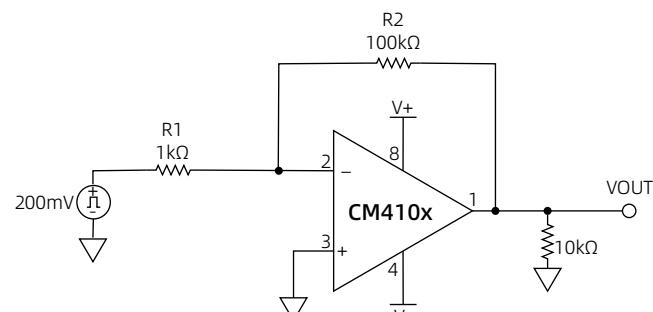


图 34 过载恢复时间的测试电路

图 14 显示了 CM4102/CM4104 的正过载恢复时间。以电源 12.5V 为例，输出过载恢复时间小于 1.6μs。

图 16 显示了 CM4102/CM4104 的负过载恢复时间。以电源 12.5V 为例，输出过载恢复时间小于 3μs。

## 总谐波失真和噪声

CM4102/CM4104 因其具有非常优异的增益线性度，所以总谐波失真非常低。

图 35 显示在单位增益时（对失真而言为最差配置），CM4102/CM4104 的失真约为 0.00037%。

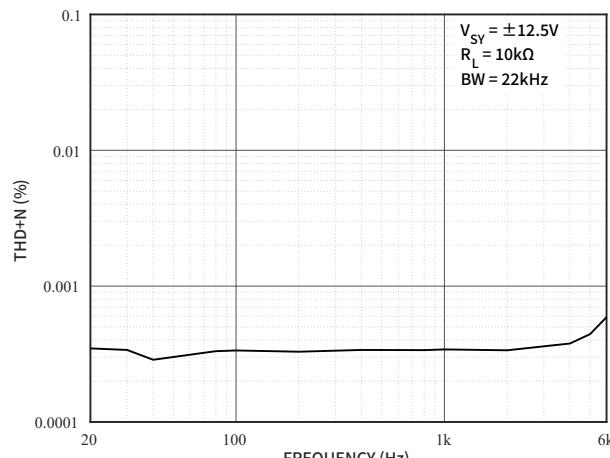


图 35 THD+N 与频率的关系

## 驱动容性负载

CM4102/CM4104 在所有增益下均具有优异的稳定性，能够驱动较大容性负载而不会振荡。在无外部补偿的情况下，CM4102/CM4104 能在任何配置中驱动最高 1000pF 的负载。

与几乎所有放大器一样，在单位增益时驱动较大容性负载要求使用附加电路以确保稳定性。这种情况下，使用一个 RC-Snubber 电路可防止振荡，并降低电压过冲，如图 38 所示。这种方法的一个显著特点是它不会减小输出摆率，因为电阻  $R_S$  不在反馈环路内部。

图 36 所示是无 RC-Snubber 电路时，CM4102/CM4104 响应 400mV 脉冲的输出波形图。负载电容为 2nF，电路配置为单位增益，这对于稳定性而言是最差情况。

图 37 同样条件下，增加了 RC-Snubber 电路后输出波形图，此时输出不会有响铃振荡，而且过冲从 27% 降至 5%。

针对不同容性负载，表 1 列出了  $R_S$  和  $C_S$  的最佳值。针对其它容性负载的值可通过实验确定。

表 1 与容性负载相对应的最佳值

$C_L$	$R_S$	$C_S$
2nF	50Ω	47nF
10nF	20Ω	0.47μF
50nF	5Ω	1μF
200nF	5Ω	2.2μF

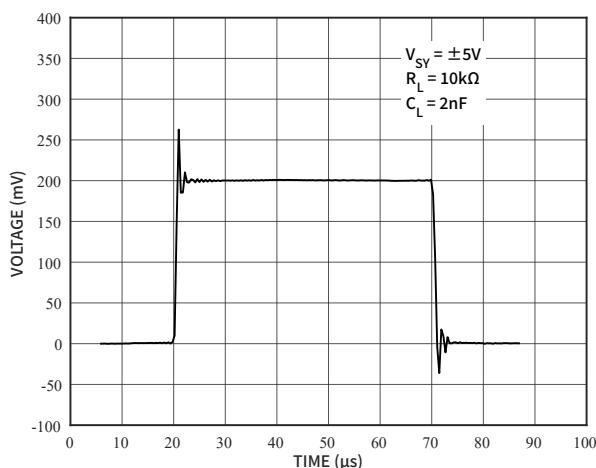


图 36 无 RC-Snubber 情况下的容性负载驱动

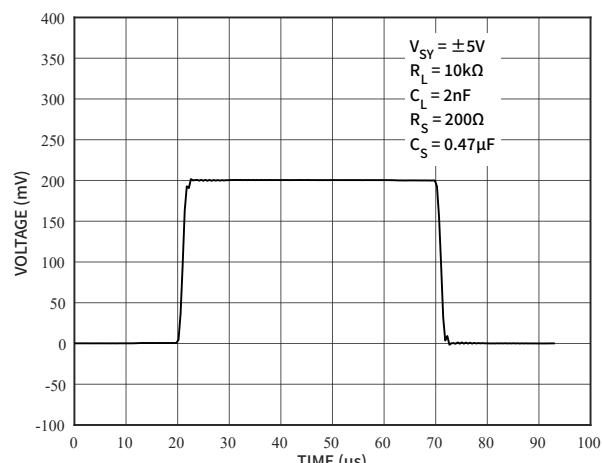


图 37 有 RC-Snubber 情况下的容性负载驱动

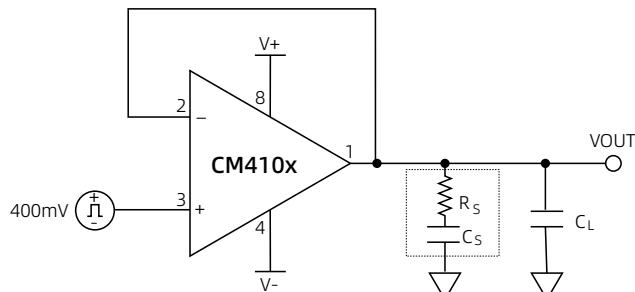


图 38 RC-Snubber 网络配置

#### 注意：

RC-Snubber 电路无法弥补较大容性负载引起的带宽损耗。

## 封装及订购信息

### 封装形式

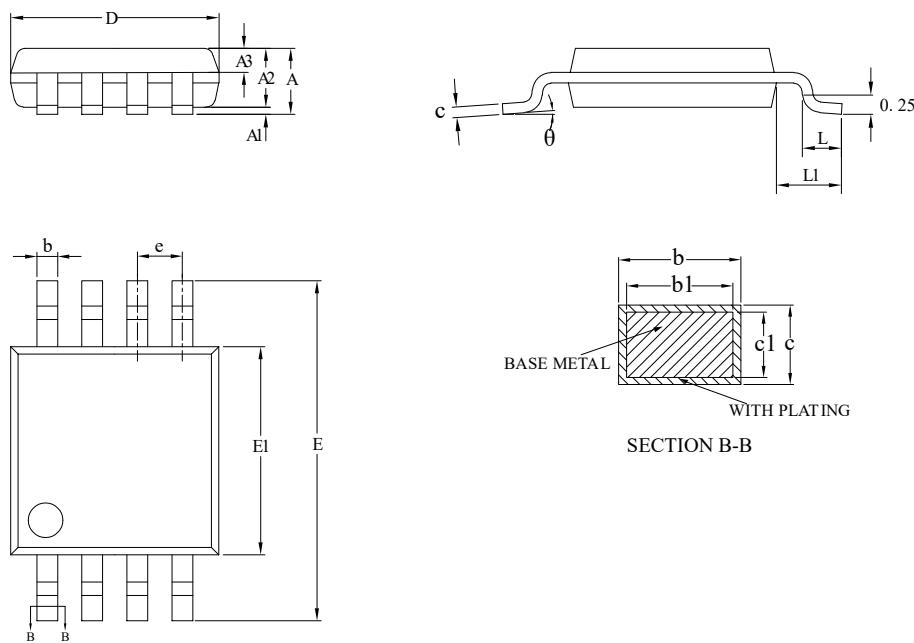
CM4102 采用 MSOP8 和 SOP8 封装，CM4104 采用 SOP14 封装。

### 产品外形图

产品外形图如下图所示。

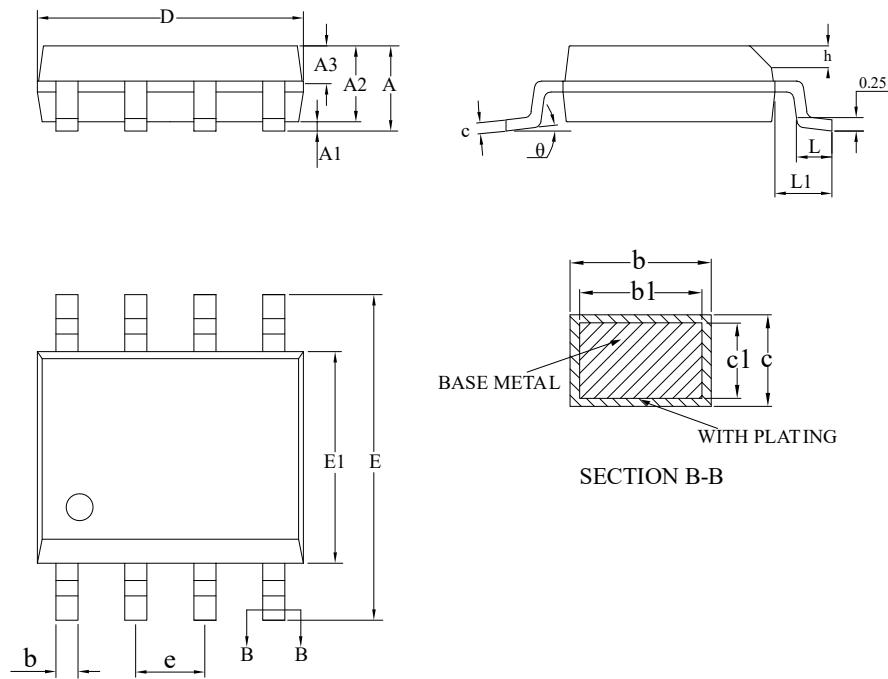
CM4102

MSOP8



标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.10
A1	0.05	0.10	0.15
A2	0.75	0.85	0.95
A3	0.30	0.35	0.40
b	0.28	0.32	0.36
b1	0.27	0.30	0.33
c	0.15	0.17	0.19
c1	0.14	0.15	0.16
D	2.90	3.00	3.10
E	4.70	4.90	5.10
E1	2.90	3.00	3.10
e	0.65 (BSC)		
L	0.40	0.55	0.70
L1	0.95 (REF)		
θ	0°	4°	8°

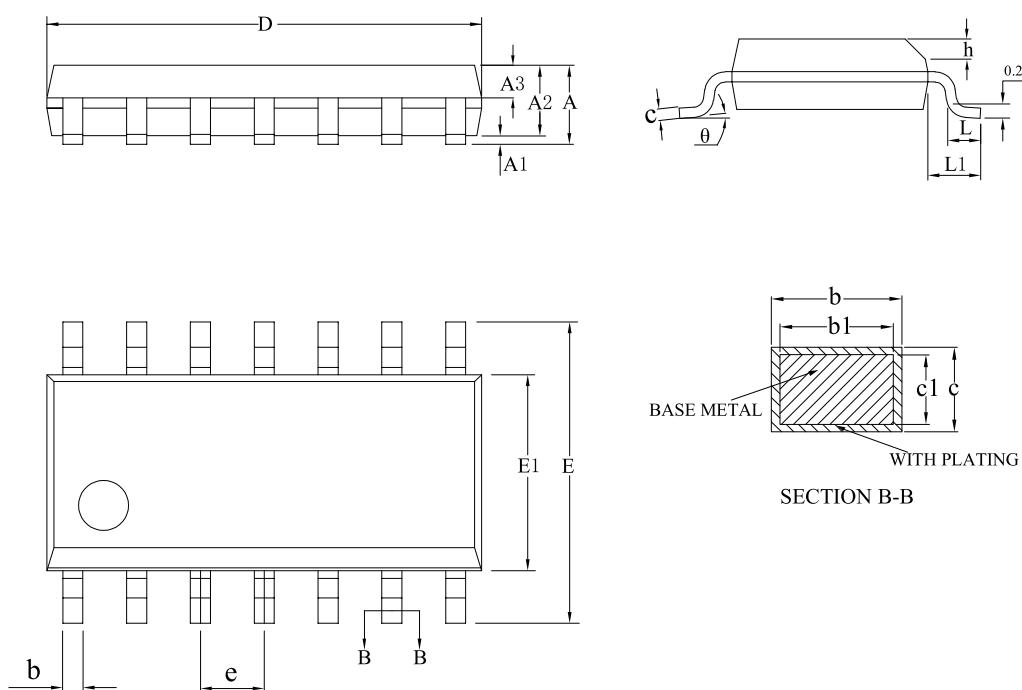
## SOP8



标识	尺寸(毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.75
A1	0.10	0.17	0.23
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.60	0.65	0.70
b	0.39	0.43	0.47
b1	0.38	0.41	0.44
c	0.20	0.22	0.24
c1	0.19	0.20	0.21
D	4.80	4.90	5.00
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	1.27 (BSC)		
h	0.25	0.38	0.50
L	0.50	0.65	0.80
L1	1.05 (REF)		
θ	0°	4°	8°

CM4104

SOP14



标识	尺寸(毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.75
A1	0.10	0.17	0.23
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.60	0.65	0.70
b	0.39	0.43	0.47
b1	0.38	0.41	0.44
c	0.20	0.22	0.24
c1	0.19	0.20	0.21
D	8.55	8.65	8.75
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	1.27 (BSC)		
h	0.25	0.38	0.50
L	0.50	0.65	0.80
L1	1.05 (REF)		
θ	0°	4°	8°

## 订购信息

型号	温度范围	封装	包装	包装数量
CM4102-MSOTA	-40°C~125°C	MSOP8	Reel	5000
CM4102-SOPTA	-40°C~125°C	SOP8	Reel	4000
CM4104-SOPTA	-40°C~125°C	SOP14	Reel	4000