

# 零温漂、精密、低噪声、低输入偏置电流 双通道/四通道斩波运算放大器

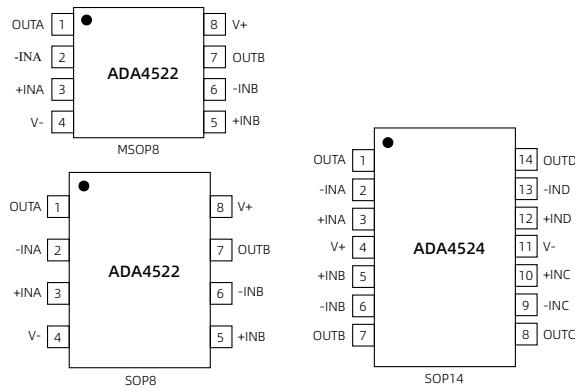
## 特征

- 低失调电压：典型值为  $12.5\mu V$
- 极低失调电压温漂：典型值为  $0.10\mu V/\text{°C}$
- 低输入偏置电流：最大值为  $275\text{pA}$
- 低噪声密度：典型值为  $8.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- 输入共模范围：GND + 1.5V 至 VDD - 1.5V
- 轨到轨输出
- CMRR: > 126dB
- PSRR: > 120dB
- 高开环增益: > 120dB
- 低电源电流：每放大器典型值为  $940\mu A$
- 双电源供电:  $\pm 2.5\text{V}$  至  $\pm 18\text{V}$
- 压摆率：典型值为  $0.85\text{V}/\mu \text{s}$
- 增益带宽积：典型值为  $2\text{MHz}$
- 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
- MSOP8 3mm × 3mm、SOP8 4.9mm × 3.9mm 封装 (ADA4522)
- SOP14 8.7mm × 3.9mm 封装 (ADA4524)

## 应用

- 传感器调理电路
  - 热电偶
  - 电阻式温度检测器 (RTD)
  - 应变电桥测量
- 工业过程控制输入和输出信号调理
- 有源滤波器

## 管脚配置



## 概述

ADA4522/4524-2是高精度双通道/四通道放大器，采用了自稳零和斩波技术。ADA4522/4524-2具有极低的失调电压和失调电压温漂、低输入偏置电流、低噪声、低功耗等特征，能够在 $\pm 2.5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ 的双电源供电情况下工作。

ADA4522/4524-2使用  $1000\text{pF}$  以下容性负载时无需外部补偿即可保持输出稳定。当电源电压为  $36\text{V}$  时，每放大器的电源电流典型值为  $940\mu A$ 。输入端内置  $500\Omega$  串联电阻，不仅能对内部电路进行保护，同时使得芯片可以接受略高于电源电压的输入信号，并且保持输出不会反相。

ADA4522/4524-2的失调电压典型值仅为  $12.5\mu V$ ，失调电压温漂典型值为  $0.10\mu V/\text{°C}$ ，噪声仅为  $0.3\mu V_{pp}$  ( $0.1\text{Hz}$ ~ $10\text{Hz}$ )，因而对系统引入的误差非常小，适用于各种高精度应用。

ADA4522采用 MSOP8表贴微小型贴装和 SOP8 表贴窄体封装，而 ADA4524 采用 SOP14表贴窄体封装。其额定工作温度范围均为 $-40\text{°C}$ 至  $125\text{°C}$ 。

## 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		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- )		36	V
输入+INA、-INA、+INB、-INB	VS-	VS+	V
差分输入电压		±0.7	V
<b>ESD</b>			
HBM	1000		V
CDM	1000		V

## 电气规格

默认测试条件：VS = ±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		12.5	32		µV
	TA = -40°C~125°C		±40		µV
输入偏置电流		-285	-240		pA
	TA = -40°C~125°C	-330	720		pA
输入失调电流		150	180		pA
	TA = -40°C~125°C		230		pA
CMRR	VCM = -3.5V~3.5V		134		dB
	TA = -40°C~125°C	130			dB
大信号电压增益	R <sub>L</sub> = 2kΩ, VO = -3.5V~3.5V		150		dB
失调电压温漂	TA = -40°C~125°C		0.10		µV/°C
<b>输出特征</b>					
最大输出电压摆幅	I <sub>L</sub> = 1mA	-4.95	4.95		V
<b>电源</b>					
PSRR	VS = ±5V~±18V	125			dB
	TA = -40°C~125°C	120			dB
电源电流 (每个放大器)	VO = 0V, TA = -40°C~125°C	940	1000		µA
<b>动态性能</b>					
压摆率	R <sub>L</sub> = 2kΩ	0.85			V/µs
增益带宽积	VIN = 4mVpp, C <sub>L</sub> = 0, R <sub>L</sub> = ∞	2			MHz
<b>噪声性能</b>					
电压噪声	0.1Hz~10Hz	0.34			µVpp
电压噪声密度	1kHz	8.5			nV/√Hz
电流噪声密度	1kHz	0.05			pA/√Hz
通道隔离度	DC	-155			dB
	100kHz	-122			dB

默认测试条件: VS =  $\pm 18V$ 、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		0.2	18	$\mu V$	
	TA = -40°C~125°C		$\pm 27$	$\mu V$	
输入偏置电流		-275	-250	pA	
	TA = -40°C~125°C	-340	2140	pA	
输入失调电流		145	180	pA	
	TA = -40°C~125°C		300	pA	
CMRR	VCM = -16.5V~16.5V	135		$dB$	
	TA = -40°C~125°C	126		$dB$	
大信号电压增益	R <sub>L</sub> = 2kΩ, VO = -16.5V~16.5V	155		$dB$	
失调电压温漂	TA = -40°C~125°C		0.12	$\mu V/^\circ C$	
<b>输出特征</b>					
最大输出电压摆幅	I <sub>L</sub> = 1mA	-17.95	17.95	V	
短路电流		$\pm 26$		mA	
<b>电源</b>					
PSRR	V <sub>S</sub> = $\pm 5V \sim \pm 18V$	125		$dB$	
	TA = -40°C~125°C	120		$dB$	
电源电流 (每个放大器)	VO = 0V, TA = -40°C~125°C	980	1000	$\mu A$	
<b>动态性能</b>					
压摆率	R <sub>L</sub> = 2kΩ	0.85		V/ $\mu s$	
增益带宽积	V <sub>IN</sub> = 4mVpp, C <sub>L</sub> = 0, R <sub>L</sub> = $\infty$	2		MHz	
<b>噪声性能</b>					
电压噪声	0.1Hz~10Hz	0.3		$\mu Vpp$	
电压噪声密度	1kHz	8.9		nV/ $\sqrt{Hz}$	
电流噪声密度	1kHz	0.07		pA/ $\sqrt{Hz}$	
通道隔离度	DC	-155		$dB$	
	100kHz	-122		$dB$	

## 典型特征

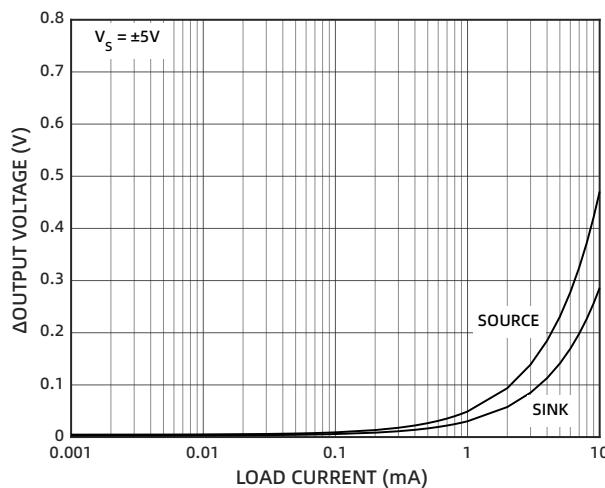


图 1 输出电压随负载电流的变化( $\pm 5V$ )

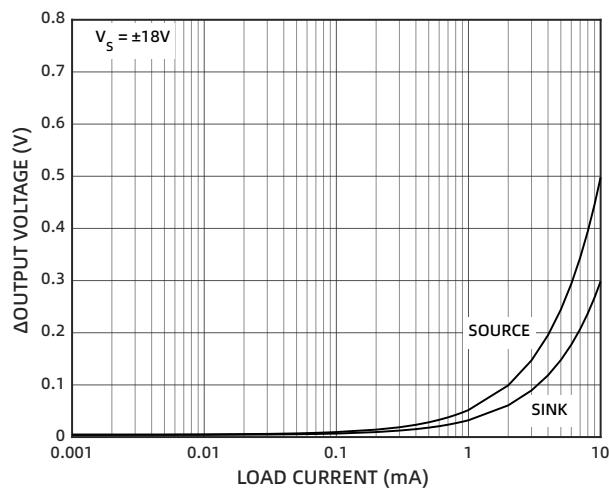


图 2 输出电压随负载电流的变化 ( $\pm 18V$ )

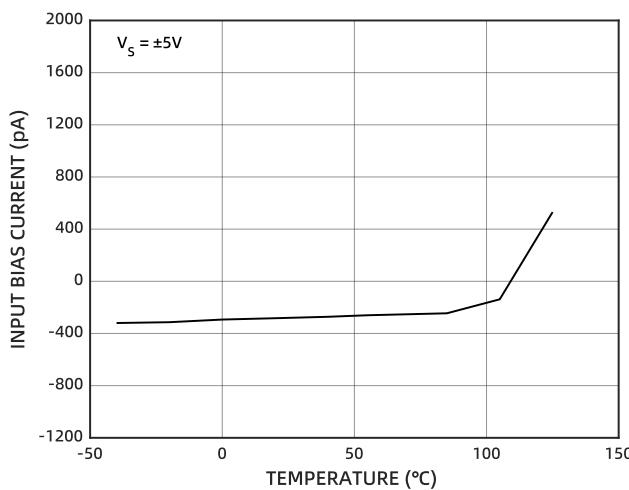


图 3 输入偏置电流的温度特性 ( $\pm 5V$ )

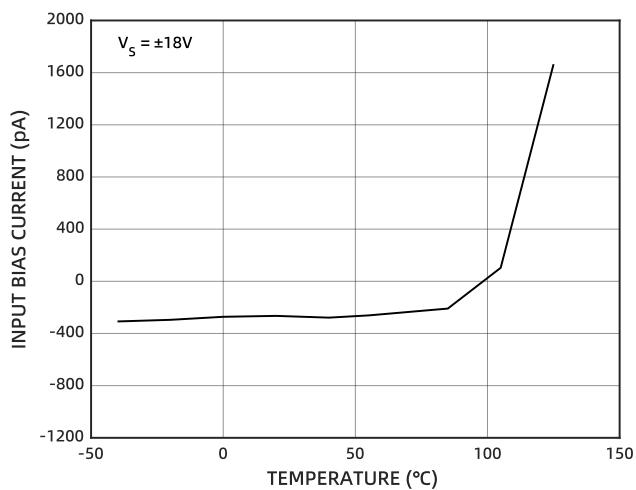


图 4 输入偏置电流的温度特性 ( $\pm 18V$ )

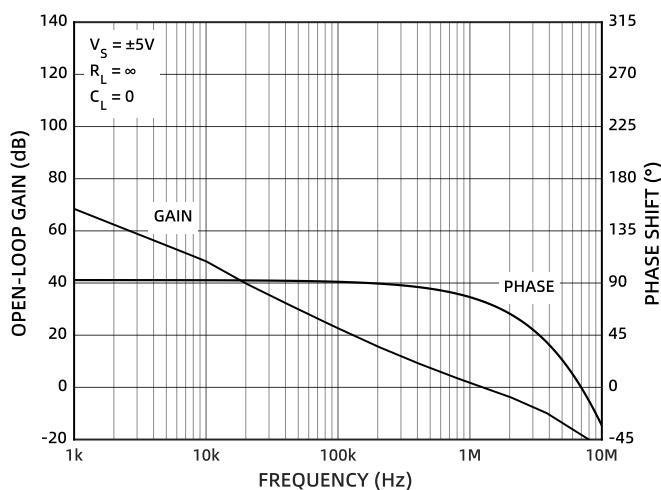


图 5 开环增益和相位 ( $\pm 5V$ )

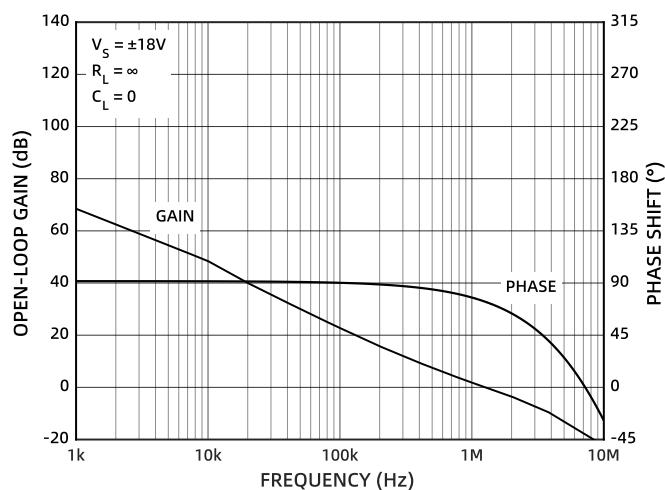
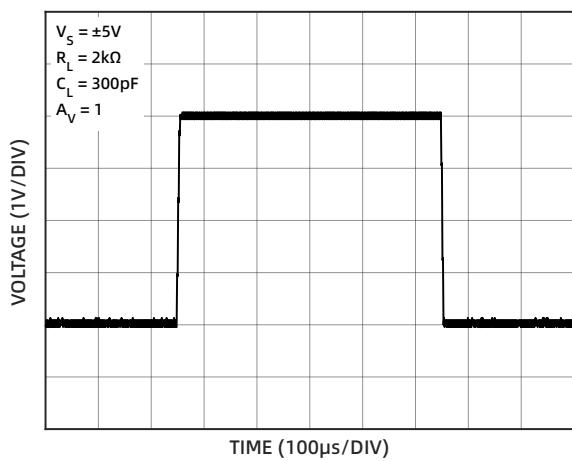
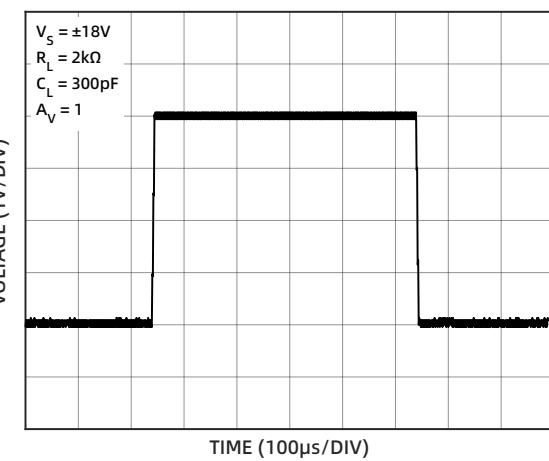
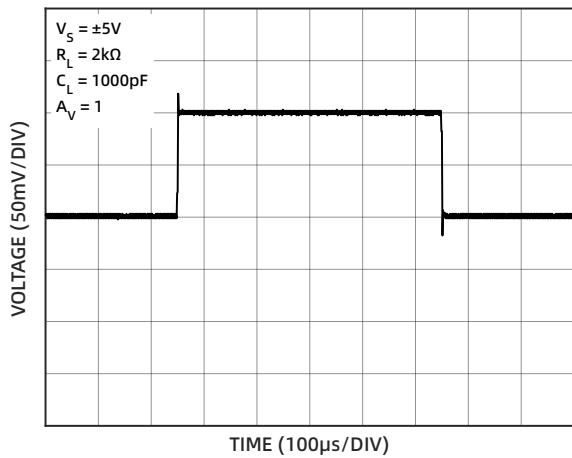
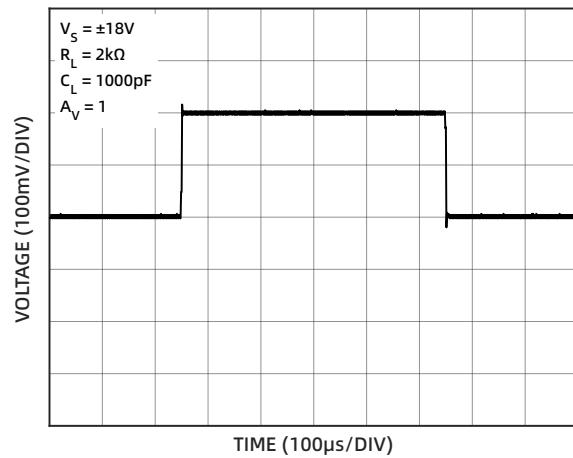
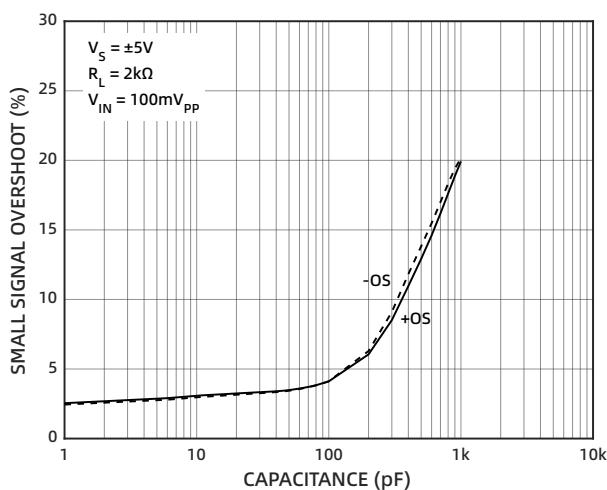
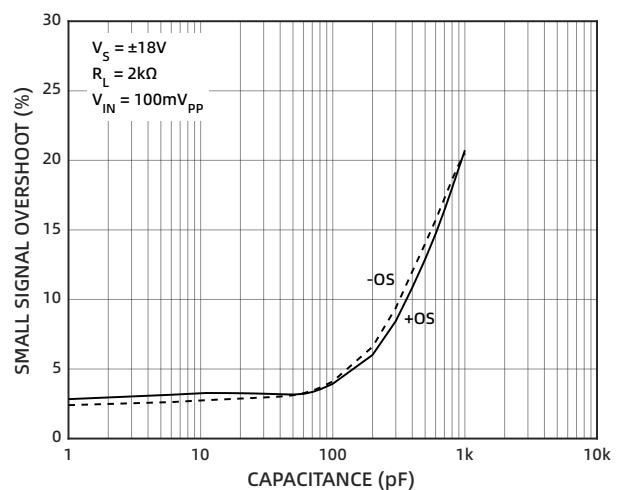


图 6 开环增益和相位 ( $\pm 18V$ )


图 7 大信号瞬态响应 ( $\pm 5V$ )

图 8 大信号瞬态响应 ( $\pm 18V$ )

图 9 小信号瞬态响应 ( $\pm 5V$ )

图 10 小信号瞬态响应 ( $\pm 18V$ )

图 11 小信号过冲与负载电容的关系 ( $\pm 5V$ )

图 12 小信号过冲与负载电容的关系 ( $\pm 18V$ )

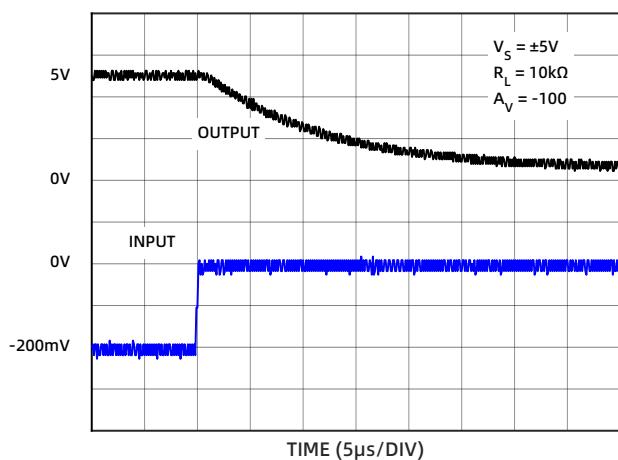


图 13 正过载恢复时间 ( $\pm 5V$ )

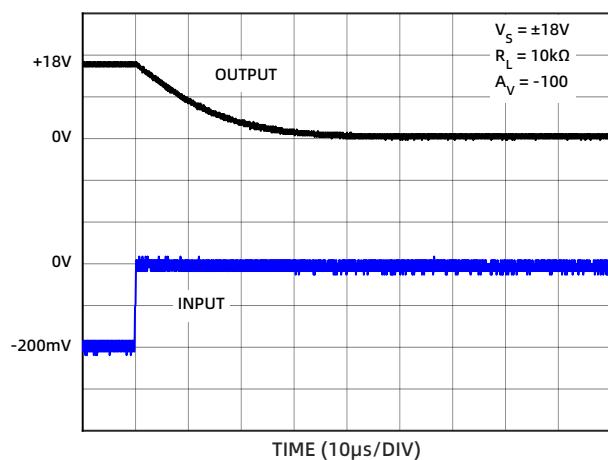


图 14 正过载恢复时间 ( $\pm 18V$ )

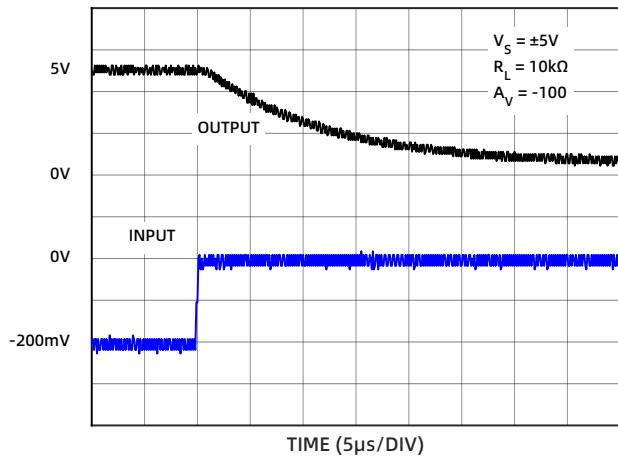


图 15 负过载恢复时间 ( $\pm 5V$ )

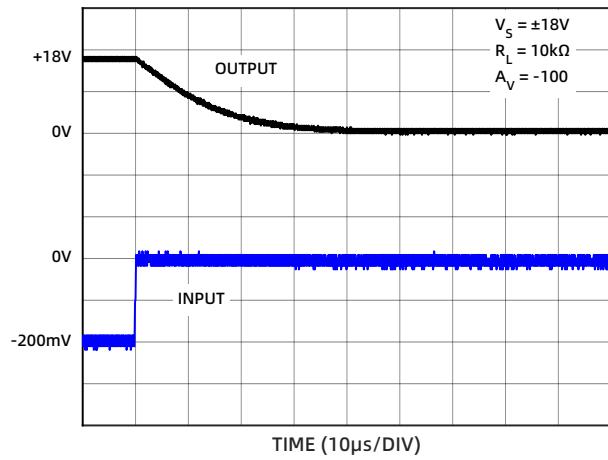


图 16 负过载恢复时间 ( $\pm 18V$ )

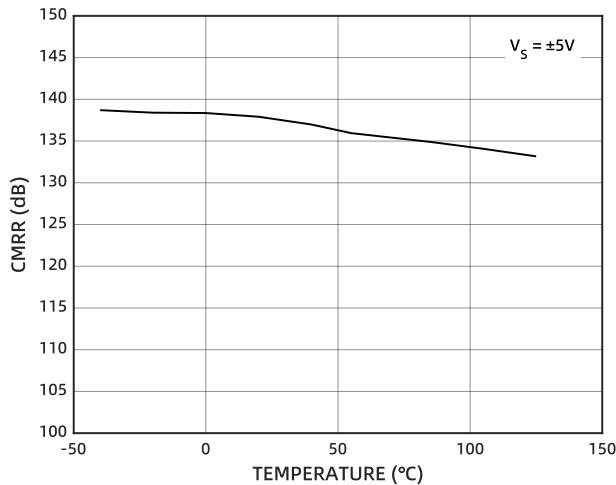


图 17 CMRR ( $\pm 5V$ )

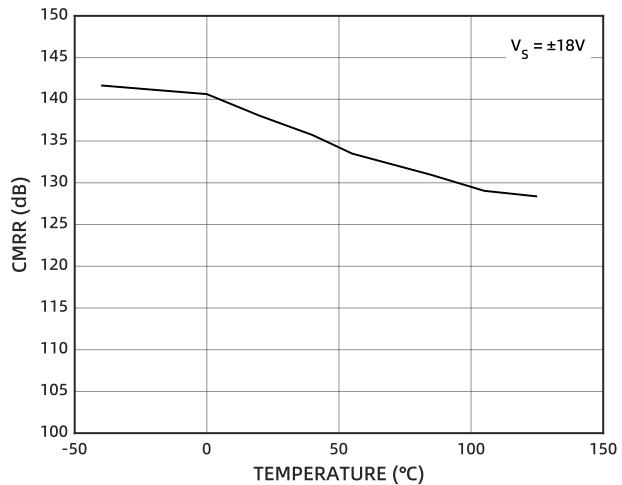
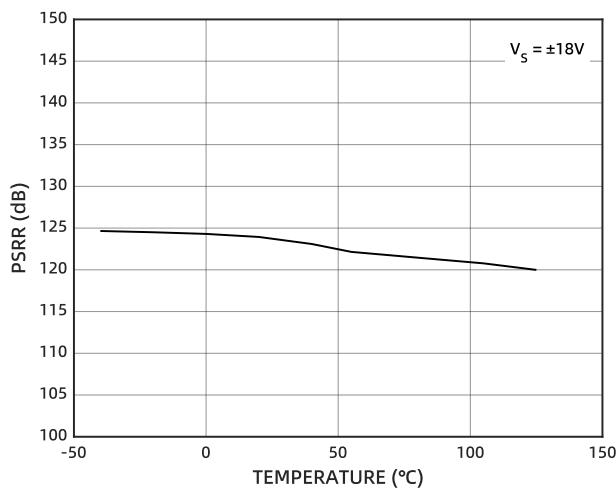
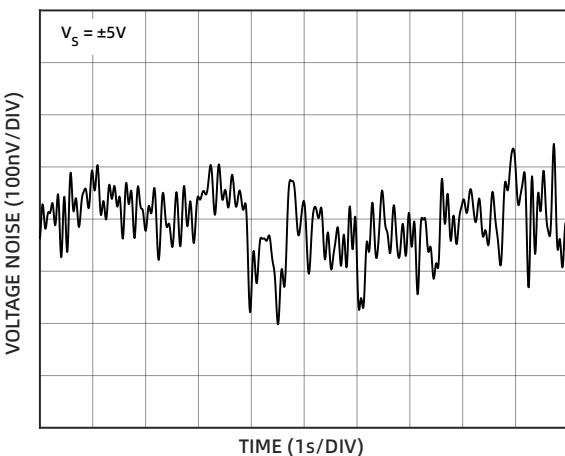
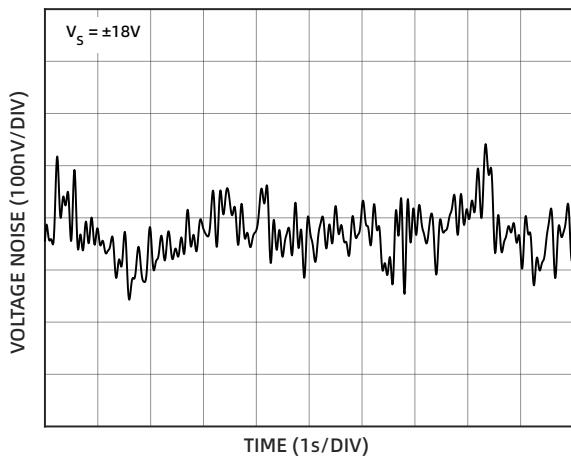
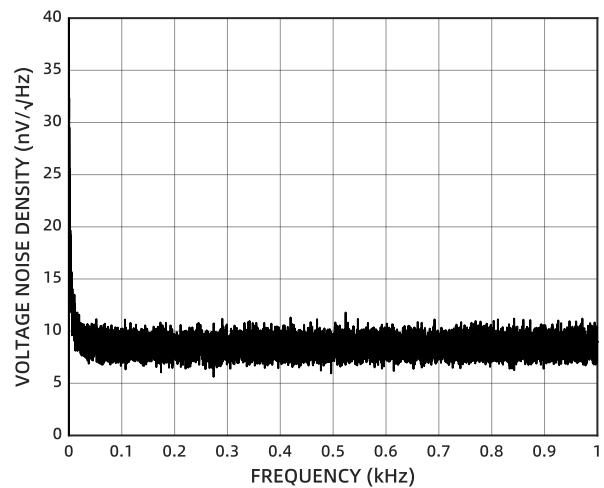
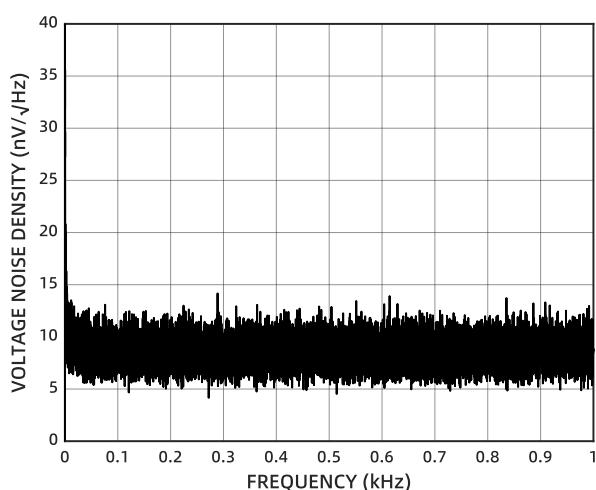
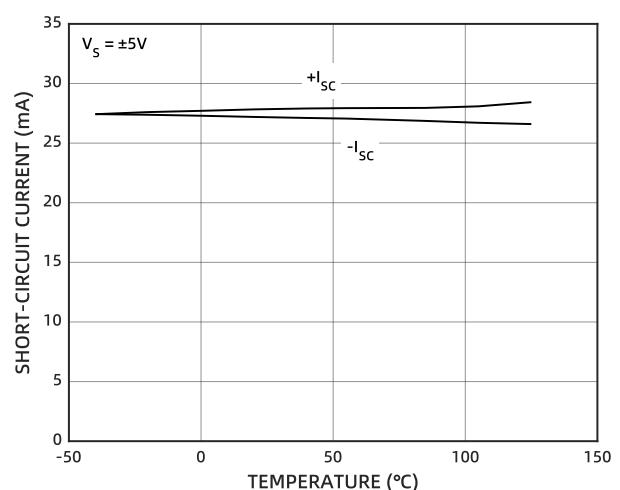


图 18 CMRR ( $\pm 18V$ )


图 19 PSRR ( $\pm 18V$ )

图 20 0.1Hz~10Hz 输入电压噪声 ( $\pm 5V$ )

图 21 0.1Hz~10Hz 输入电压噪声 ( $\pm 18V$ )

图 22 0.1Hz~10Hz 电压噪声密度 ( $\pm 5V$ )

图 23 0.1Hz~10Hz 电压噪声密度 ( $\pm 18V$ )

图 24 短路电流的温度特性 ( $\pm 5V$ )

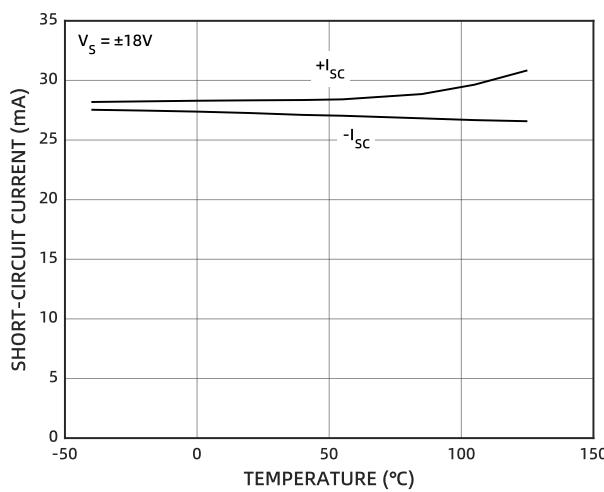
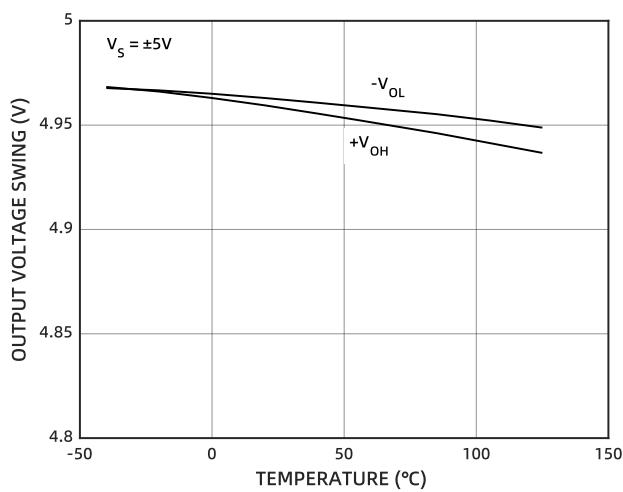
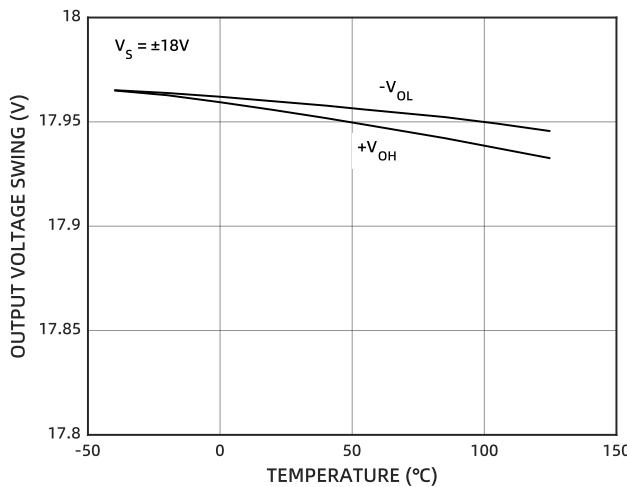
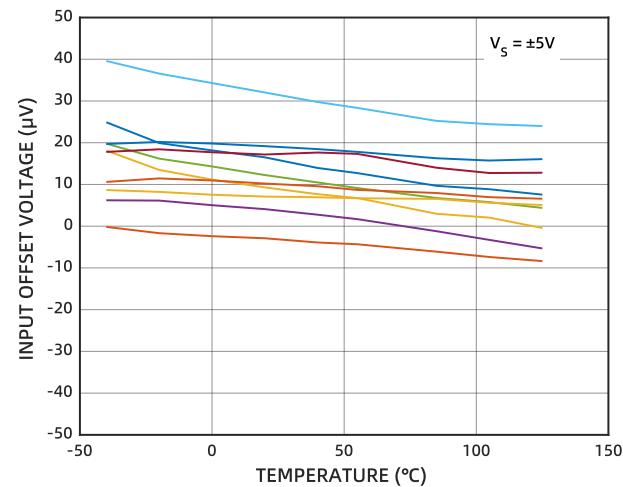
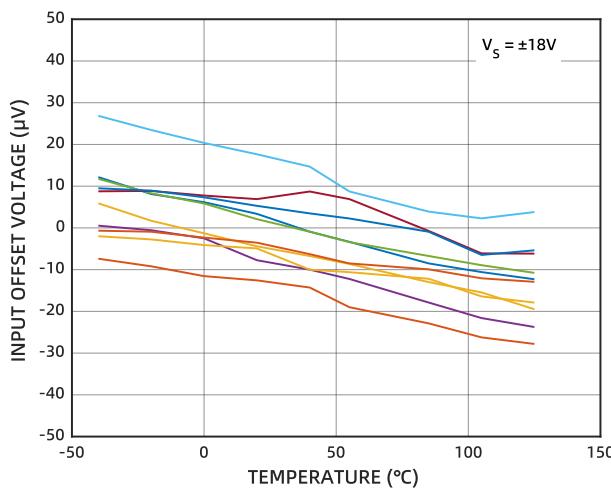
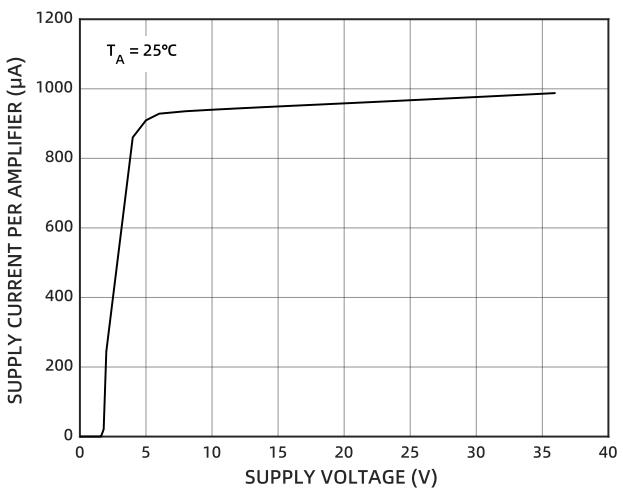
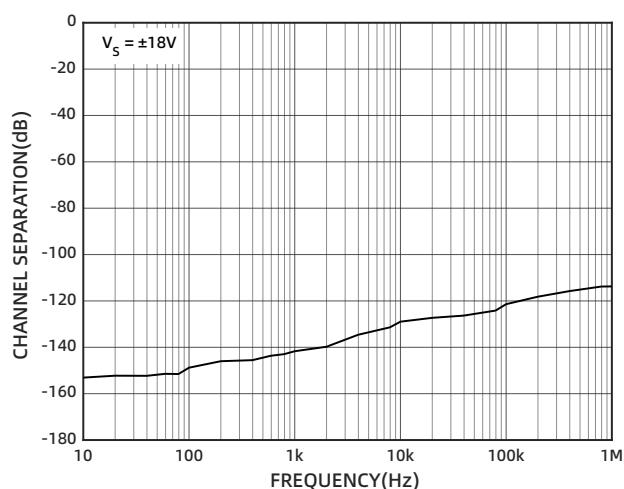
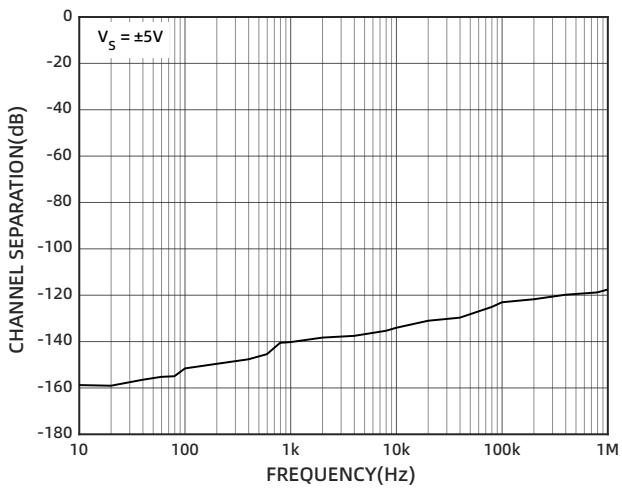
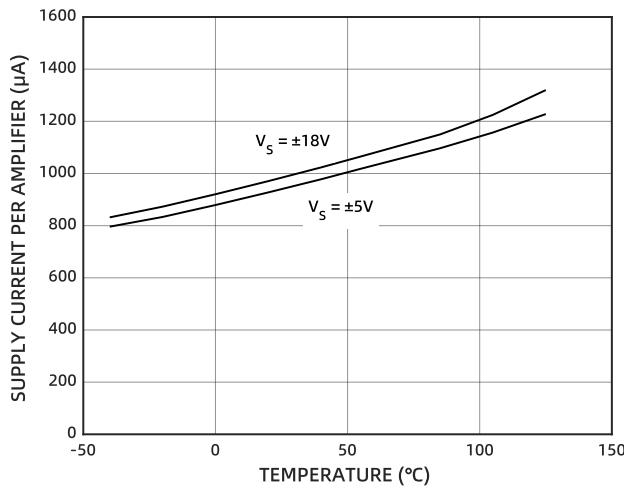

图 25 短路电流的温度特性 ( $\pm 18V$ )

图 26 输出电压摆幅的温度特性 ( $\pm 5V$ )

图 27 输出电压摆幅的温度特性 ( $\pm 18V$ )

图 28 输入失调电压的温度特性 ( $\pm 5V$ )

图 29 输入失调电压的温度特性 ( $\pm 18V$ )


图 30 电源电流与电源电压的关系



## 工作原理

ADA4522/4524-2是双电源供电、超高精度、轨到轨输出运算放大器。 $0.10\mu V/^\circ C$  的极小温漂确保 ADA4522/4524-2 在 $-40^\circ C \sim 125^\circ C$  的宽环境温度范围内均具有极低的失调电压。

ADA4522/4524-2采用自稳零和斩波技术实现高精度。其独特的拓扑结构使 ADA4522/4524-2能够在较宽的温度范围和较长的使用寿命内保持低失调电压。同时，ADA4522/4524-2具有较低的低频噪声以及较低噪声能量，从而在不需要额外滤波的情况下最大限度地提高应用的信噪比。35kHz 的斩波频率保证了一个较宽的无噪声带宽，简化了对后续滤波器的设计要求。

ADA4522/4524-2在 0.1Hz~10kHz 的宽带宽范围内具有低噪声，可用于需要高直流精度的应用。在信号带宽为 5kHz~10kHz 的系统中，ADA4522/4524-2提供了真正的 16 位精度，是高分辨率系统的最佳选择。

### 1/f 噪声

1/f 噪声，也称为闪烁噪声，是直流耦合测量中误差的主要原因。1/f 噪声误差可以是几  $\mu V$  或更大，当电路的闭环增益放大时，将产生较大的输出失调电压。例如，当具有  $5\mu V_{pp}$  1/f 噪声的放大器配置 1000 的增益时，可以输出 5mV 的失调电压误差。而 ADA4522/4524-2 内部消除了 1/f 噪声，从而大大减少了输出误差。

ADA4522/4524-2的一大优势是其噪声非常低。如图 34 所示，ADA4522/4524-2 在 1kHz 时的输入参考噪声密度仅为  $8.5nV/\sqrt{Hz}$ 。值得一提的是，ADA4522/4524-2 的 1/f 噪声转角频率低至 0.01Hz，这能保证系统具有足够低的全带宽内积分噪声。

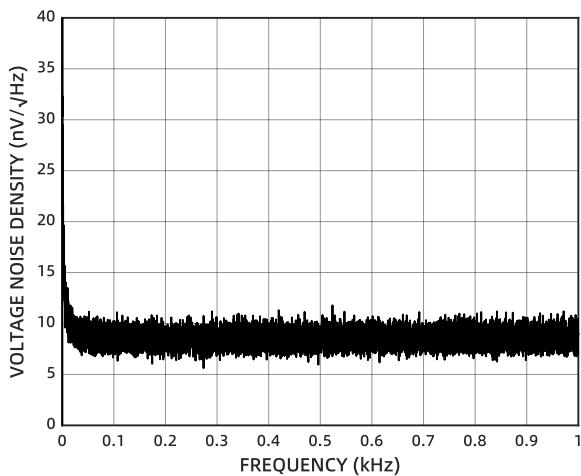


图 34 噪声频谱密度图 ( $\pm 5V$ )

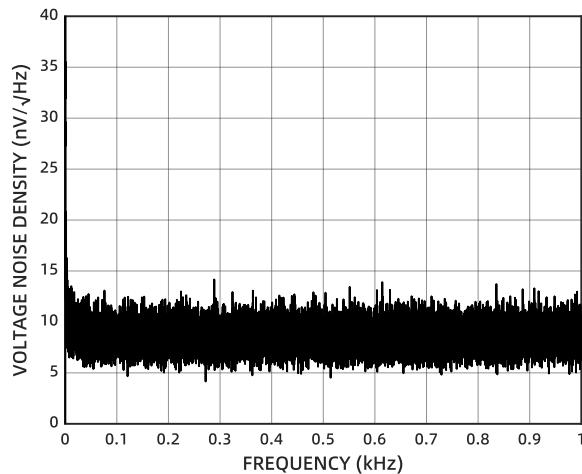


图 35 噪声频谱密度图 ( $\pm 18V$ )

### 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，以免遭到损坏。

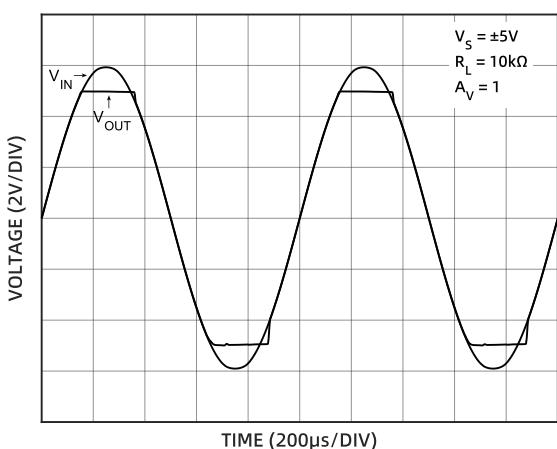
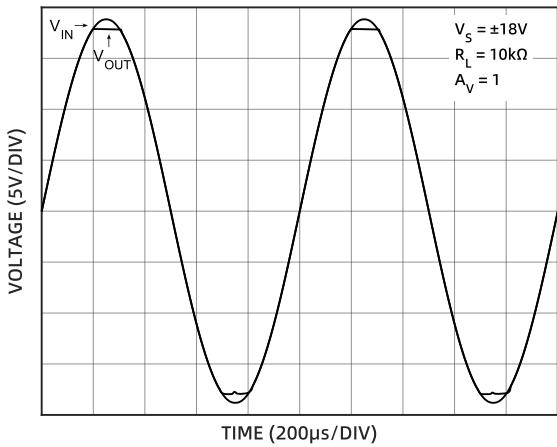
ADA4522/4524-2具有内部保护电路，在任一输入端上施加的电压可以超过电源电压 2.5V，这时可以使用一个片外电阻与内部输入电阻串联。可通过以下公式计算该电阻的值：

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

由于 ADA4522/4524-2 的输入失调电流很低，因此输入端串联一个 5kΩ 电阻所导致的输入失调电压不超过  $1\mu V$ ，但是电路整体噪声性能会额外增加  $9nV/\sqrt{Hz}$ 。

### 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芯片损坏。ADA4522/4524-2 消除了反相问题，即使输入电压高于电源电压也不会产生影响。


图 36 无反相 ( $\pm 5V$ )

图 37 无反相 ( $\pm 18V$ )

## 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-100 的放大器施加 $\pm 200mV$ 的输入电压时，按照传递函数输出电压为 $\pm 20V$ ，这便超出了采用 $\pm 18V$ 电源供电的 ADA4522/4524-2 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。

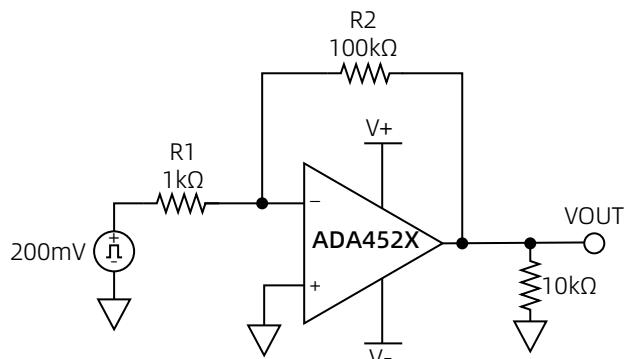


图 38 过载恢复时间的测试电路

图 13 显示了 ADA4522/4524-2 的正过载恢复时间。以电源 $\pm 5V$ 为例，输出过载恢复时间为  $1.2\mu s$ 。

图 14 显示了 ADA4522/4524-2 的正过载恢复时间。以电源 $\pm 18V$ 为例，输出过载恢复时间为  $1.2\mu s$ 。

图 15 显示了 ADA4522/4524-2 的负过载恢复时间。以电源 $\pm 5V$ 为例，输出过载恢复时间为  $1.2\mu s$ 。

图 16 显示了 ADA4522/4524-2 的负过载恢复时间。以电源 $\pm 18V$ 为例，输出过载恢复时间为  $1.2\mu s$ 。

## 通道隔离度

通道隔离度是指同一个芯片上不同通道之间的串扰。

ADA4522/4524-2 的直流通道隔离度小于  $-155dB$ ，随着频率的增加，通道隔离度仍能达到  $-122dB$ ，在大多数应用中，允许两个放大器独立放大交流信号。

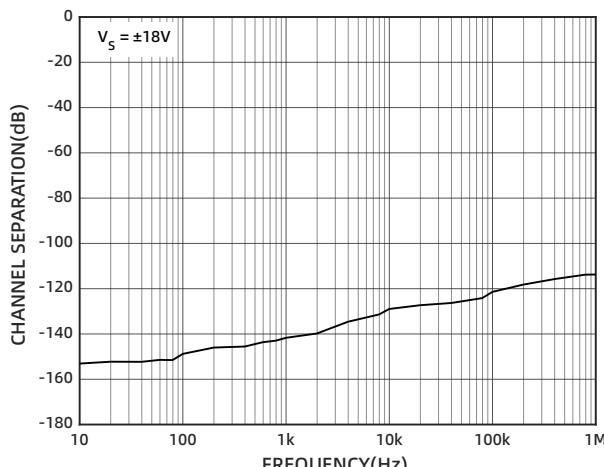


图 39 通道隔离度

## | 应用

ADA4522/4524-2在单极配置时，可以作为16位高精度DAC CB7501的输出放大器。这种情况下，ADA4522/4524-2具有非常低的失调电压，CB7501 LSB在2.5V基准电压下工作时为38μV，ADA4522/4524-2典型失调电压为12.5μV，因此不用校准输出失调电压。输入偏置电流也必须非常低，因为当它乘以CB7501输出阻抗（大约6kΩ）时会产生额外的0码误差。

轨到轨输出提供非常小误差的满量程输出。CB7501的输出阻抗是恒定的且与输出码字无关，但ADA4522/4524-2的高输入阻抗使增益误差最小化。在这种情况下，ADA4522/4524-2的高带宽也起到了很好的作用。ADA4522/4524-2的建立时间为1μs，CB7501的建立时间为1μs，两者结合的建立时间大约为1.4μs，可以从如下公式得出：

$$\text{总t}_s = \sqrt{(\text{t}_{s, \text{CB7501}})^2 + (\text{t}_{s, \text{ADA452X}})^2}$$

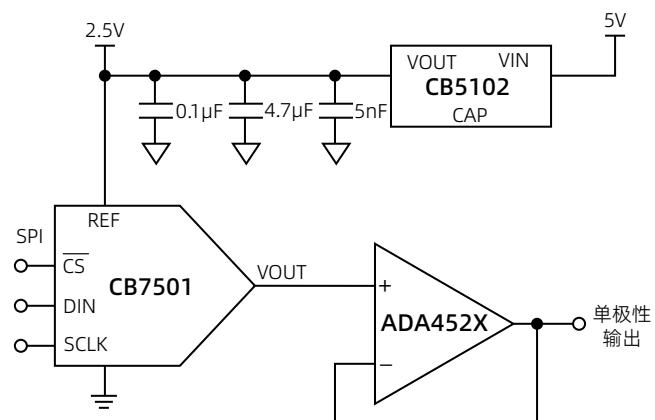
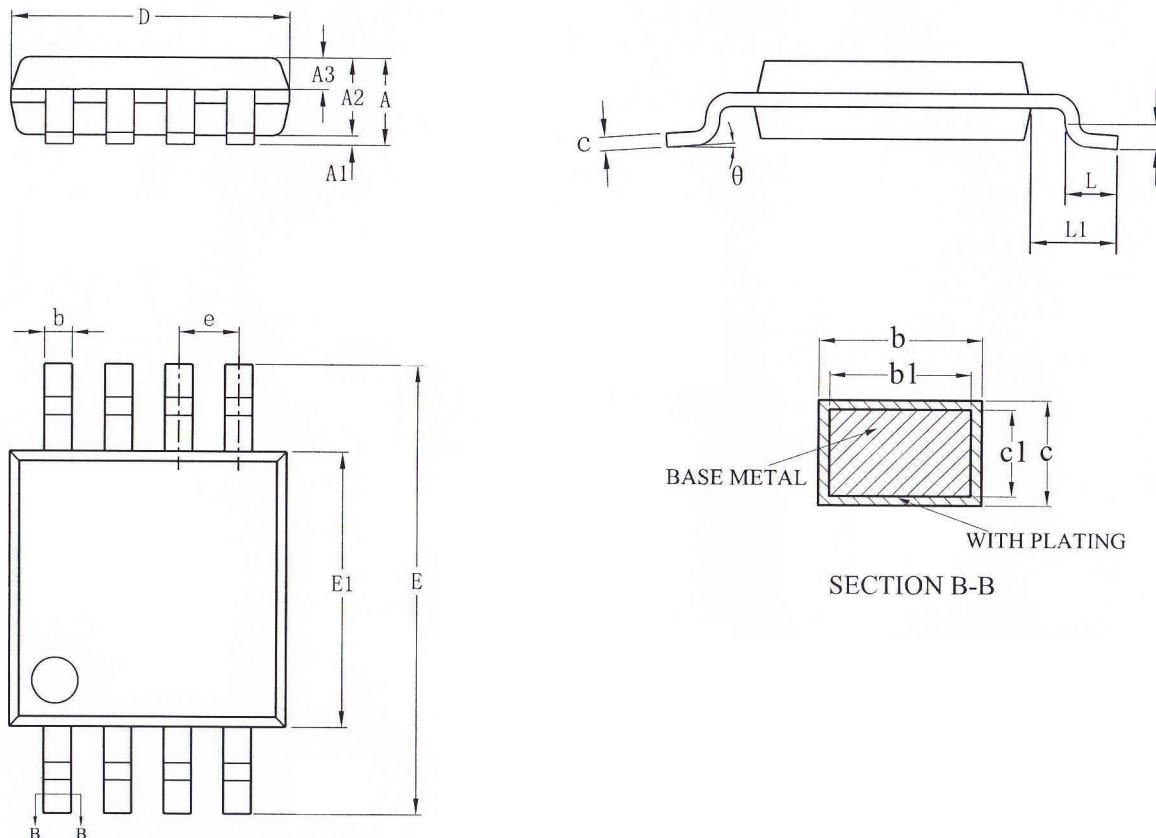


图 40 作为输出放大器

## 产品外形图

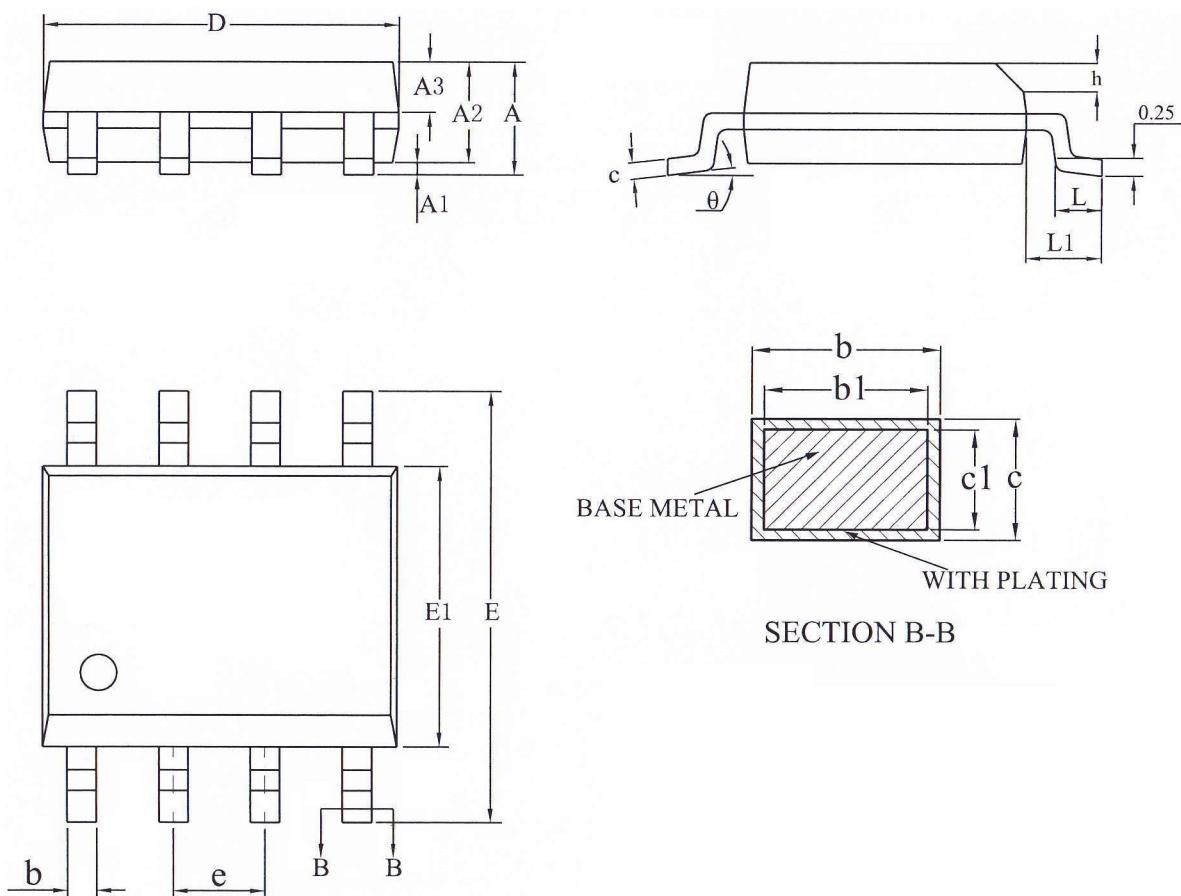
MSOP8



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
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)		

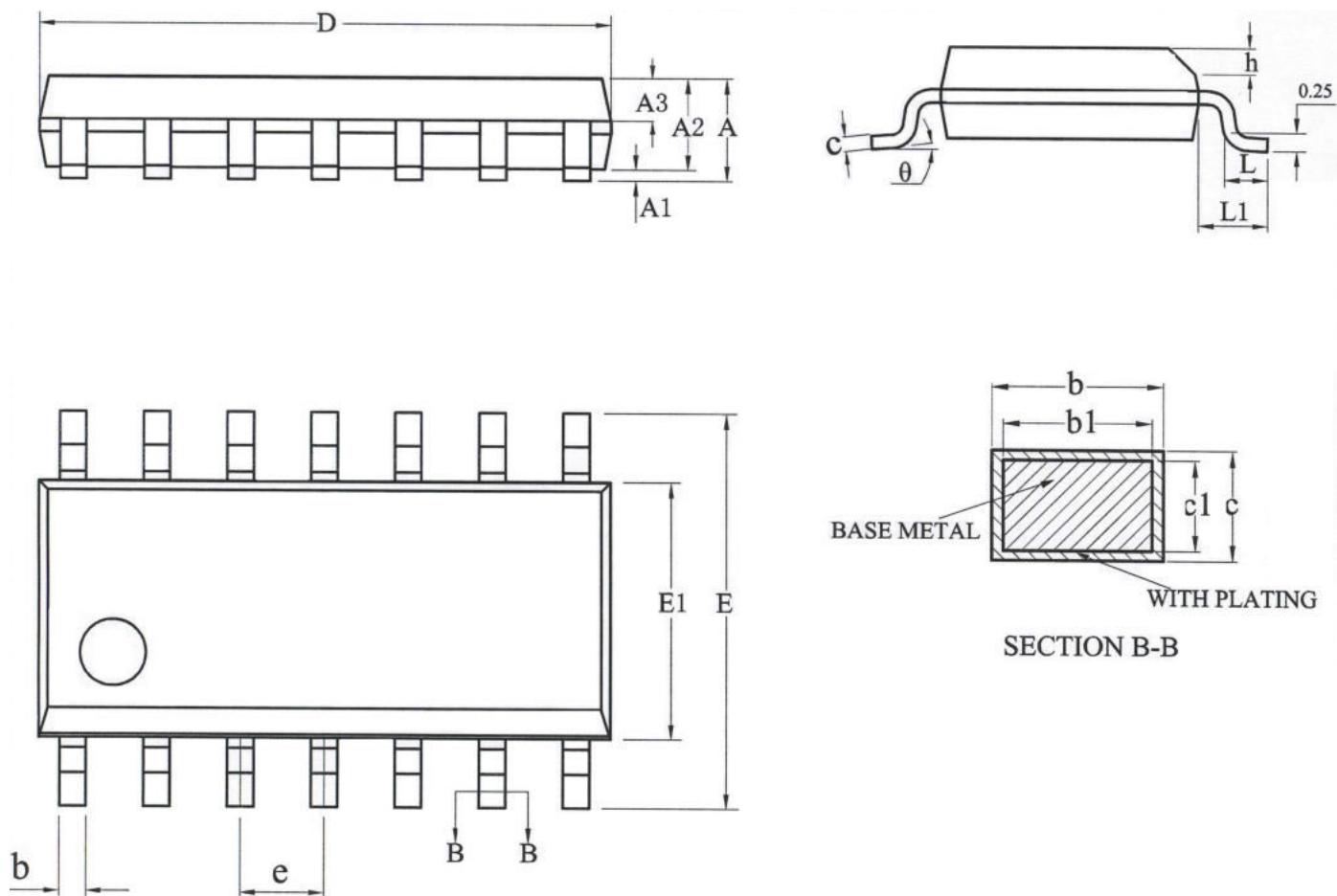
标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
L	0.40	0.55	0.70
L1	0.95 (REF)		
θ	0°	4°	8°

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
θ	0°	4°	8°

SOP14



标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	-	-	1.75
A1	0.10	0.16	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

标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
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
ADA4522-2ARZ	-40°C~125°C	MSOP8	Reel	5000
ADA4522-2ARZ-R7	-40°C~125°C	SOP8	Reel	4000
ADA4524-2AR	-40°C~125°C	SOP14	Reel	4000