



安森美半导体

## 四低功率运算放大器

LM324 系列器件为价格便宜的带有真差动输入的四运算放大器。与单电源应用场合的标准运算放大器相比，它们有一些显著优点。该四放大器可以工作在低到 3.0 伏或者高到 32 伏的电源下，静态电流大致为 MC1741 的静态电流的五分之一（对每一个放大器而言）。共模输入范围包括负电源，因而消除了在许多应用场合中采用外部偏置元件的必要性。输出电压范围也包含负电源电压。

- 短路保护输出
- 真差动输入级
- 单电源工作：3.0 伏至 32 伏
- 低输入偏置电流：最大 100 纳安（LM324A）
- 每一封装四个放大器
- 内部补偿
- 共模范围扩展到负电源
- 行业标准引脚输出
- 在输入端的静电放电箝位增加可靠性而不影响器件的工作

最大额定值（ $T_A=+25^{\circ}\text{C}$ ，除非另有规定。）

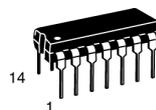
额定值	符号	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	单位
电源电压				Vdc
单电压	$V_{CC}$	32	26	
分离电压	$V_{CC}, V_{EE}$	$\pm 16$	$\pm 13$	
输入差动电压范围 (注 1)	$V_{IDR}$	$\pm 32$	$\pm 26$	Vdc
输入共模电压范围 (注 2)	$V_{ICR}$	-0.3 至 32	-0.3 至 26	Vdc
输出短路持续时间	$t_{SC}$	连续		
结温	$T_J$	150		$^{\circ}\text{C}$
保存温度范围	$T_{stg}$	-65 至 +150		$^{\circ}\text{C}$
工作环境温度范围	$T_A$	-25 至 +85 0 至 +70	-40 至 +105 -40 至 +125	$^{\circ}\text{C}$

注：1. 分离电源。

## LM324, LM324A LM224, LM2902, LM2902V

### 四低功率运算放大器

半导体技术数据

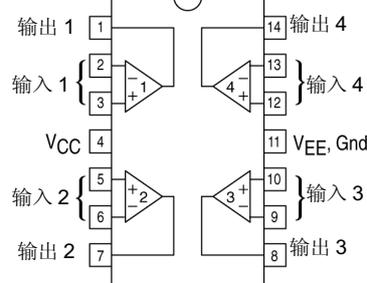


**N 后缀**  
塑料封装  
外壳 646  
(仅用于 LM224,  
LM324, LM2902)



**D 后缀**  
塑料封装  
外壳 751A  
(SO-14)

管脚连接图



(俯视图)

工作温度范围

器件	工作温度范围	封装
LM2902D	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 +105 $^{\circ}\text{C}$	SO-14
LM2902N		塑料 DIP
LM2902VD	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 +125 $^{\circ}\text{C}$	SO-14
LM2902VN		塑料 DIP
LM224D	$T_A = -25^{\circ}\text{C}$ 至 +85 $^{\circ}\text{C}$	SO-14
LM224N		塑料 DIP
LM324AD	$T_A = 0^{\circ}\text{C}$ 至 +70 $^{\circ}\text{C}$	SO-14
LM324AN		塑料 DIP
LM324D		SO-14
LM324N		塑料 DIP

## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

电气特性 ( $V_{CC}=5.0V, V_{EE}=\text{地}, T_A=25^\circ\text{C}$ , 除非另有规定。)

特性	符号	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V			单位
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
输入失调电压 $V_{CC}=5.0$ 至 $30V$ (为 $26V$ 当使用 LM2902 时) $V_{ICR}=0V$ 至 $V_{CC}-1.7V$ , $V_O=1.4V, R_S=0\Omega$ $T_A=25^\circ\text{C}$ $T_A=T_{\text{high}}^{(1)}$ $T_A=T_{\text{low}}^{(1)}$	$V_{IO}$	-	2.0	5.0	-	2.0	3.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	mV
输入失调电压平均温度系数 $T_A=T_{\text{high}}$ 至 $T_{\text{low}}^{(1)}$	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	30	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入失调电流 $T_A=T_{\text{high}}$ 至 $T_{\text{low}}^{(1)}$	$I_{IO}$	-	3.0	30	-	5.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
输入失调电流平均温度系数 $T_A=T_{\text{high}}$ 至 $T_{\text{low}}^{(1)}$	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	300	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流 $T_A=T_{\text{high}}$ 至 $T_{\text{low}}^{(1)}$	$I_{IB}$	-	-90	-150	-	-45	-100	-	-90	-250	-	-90	-250	-	-90	-250	nA
输入共模电压范围 <sup>(2)</sup> $V_{CC}=30V$ (为 $26V$ 当使用 LM2902, V 时) $V_{CC}=30V$ (为 $26V$ 当使用 LM2902, V 时) $T_A=T_{\text{high}}$ 至 $T_{\text{low}}$	$V_{ICR}$	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
差动输入电压范围	$V_{IDR}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	V
大信号开环电压增益 $R_L=2.0\text{k}\Omega, V_{CC}=15V$ , 对大 $V_O$ 摆动 $T_A=T_{\text{high}}$ 至 $T_{\text{low}}^{(1)}$	$A_{VOL}$	50	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
通道隔离度 $1.0\text{kHz} \leq f \leq 20\text{kHz}$ , 参考输入	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
共模抑制比 $R_S \leq 10\text{k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
电源抑制比	PSR	65	100	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB
输出电压-高电平限制( $T_A=T_{\text{high}}$ 至 $T_{\text{low}}^{(1)}$ ) $V_{CC}=5.0V, R_L=2.0\text{k}\Omega, T_A=25^\circ\text{C}$ $V_{CC}=30V$ (当使用 LM2902, V 时为 $26V$ ) $R_L=2.0\text{k}\Omega$ $V_{CC}=30V$ (当使用 LM2902, V 时为 $26V$ ) $R_L=10\text{k}\Omega$	$V_{OH}$	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	V
		26	-	-	26	-	-	26	-	-	22	-	-	22	-	-	
		27	28	-	27	28	-	27	28	-	23	24	-	23	24	-	

注: 1.  $T_{\text{low}}=-25^\circ\text{C}$  对 LM224=  $0^\circ\text{C}$  对 LM324, A=  $-40^\circ\text{C}$  对 LM2902=  $-40^\circ\text{C}$  对 LM2902V $T_{\text{high}}=+85^\circ\text{C}$  对 LM224=  $+70^\circ\text{C}$  对 LM324A=  $+105^\circ\text{C}$  对 LM2902=  $+125^\circ\text{C}$  对 LM2902V2. 输入共模电压或两个输入信号电压中任意一个都不允许低于  $-0.3V$ 。共模电压范围的上限是  $V_{CC}-1.7V$ 。

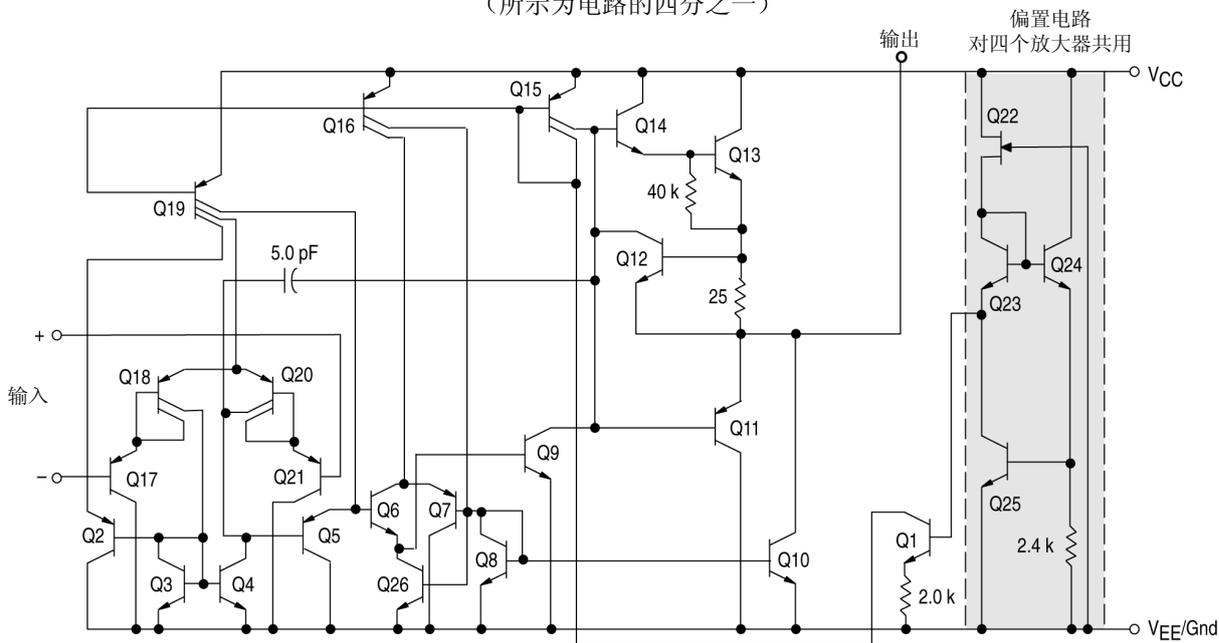
LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

电气特性 (V<sub>CC</sub>=5.0V, V<sub>EE</sub>=地, T<sub>A</sub>=25°C, 除非另有规定。)

特性	符号	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V			单位
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
输出电压-低电平限制, V <sub>CC</sub> =5.0V, R <sub>L</sub> =10kΩ, T <sub>A</sub> =T <sub>high</sub> 至T <sub>IOW</sub> <sup>(1)</sup>	V <sub>OL</sub>	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	100	-	5.0	100	mV
输出拉电流 (V <sub>ID</sub> =+1.0V, V <sub>CC</sub> =15V) T <sub>A</sub> =25°C T <sub>A</sub> =T <sub>high</sub> 至T <sub>IOW</sub> <sup>(1)</sup>	I <sub>O+</sub>	20	40	-	20	40	-	20	40	-	20	40	-	20	40	-	mA
输出灌电流 (V <sub>ID</sub> =-1.0V, V <sub>CC</sub> =15V) T <sub>A</sub> =25°C T <sub>A</sub> =T <sub>high</sub> 至T <sub>IOW</sub> <sup>(1)</sup> (V <sub>ID</sub> =-1.0V, V <sub>O</sub> =200mV) T <sub>A</sub> =25°C	I <sub>O-</sub>	10	20	-	10	20	-	10	20	-	10	20	-	10	20	-	mA
		5.0	8.0	-	5.0	8.0	-	5.0	8.0	-	5.0	8.0	-	5.0	8.0	-	μA
输出短路至地 <sup>(3)</sup>	I <sub>SC</sub>	-	40	60	-	40	60	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
电源电压 (T <sub>A</sub> =T <sub>high</sub> 至T <sub>IOW</sub> ) <sup>(1)</sup> V <sub>CC</sub> =30V, (当使用LM2902时为26V) V <sub>O</sub> =0V, R <sub>L</sub> =∞ V <sub>CC</sub> =5.0V, V <sub>O</sub> =0V, R <sub>L</sub> =∞	I <sub>CC</sub>	-	-	3.0	-	1.4	3.0	-	-	3.0	-	-	3.0	-	-	3.0	mA
		-	-	1.2	-	0.7	1.2	-	-	1.2	-	-	1.2	-	-	1.2	

注: 1. T<sub>IOW</sub>=-25°C 对 LM224 T<sub>high</sub>=+85°C 对 LM224  
 =0°C 对 LM324, A =+70°C 对 LM324A  
 =-40°C 对 LM2902 =+105°C 对 LM2902  
 =-40°C 对 LM2902V =+125°C 对 LM2902V  
 2. 输入共模电压或两个输入信号电压中任意一个都不允许低于-0.3V。共模电压范围的上限是 V<sub>CC</sub>-1.7V。

典型原理图 (所示为电路的四分之一)

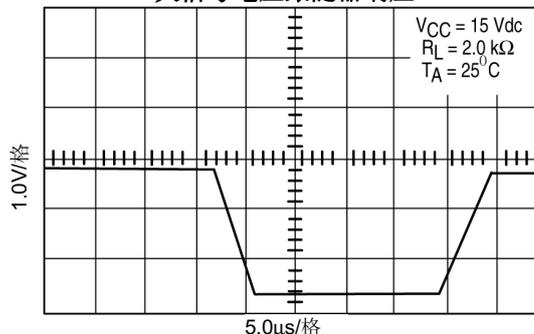


LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

电路描述

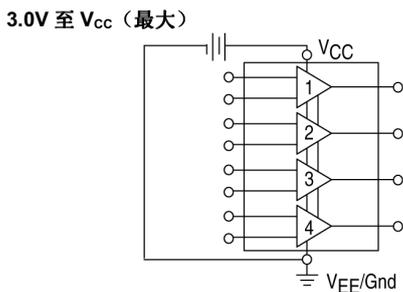
LM324 系列采用两个内部补偿、二级运算放大器。每个运放的第一级由带输入缓冲晶体管 Q21 和 Q17 的差动输入器件 Q20 和 Q18，以及差动到单端转换器 Q3 和 Q4。第一级不仅完成第一级增益的功能，而且要完成电平移动和减小跨导的功能。由于跨导的减小，仅需使用一个较小的补偿电容（仅 0.5pF），从而就可以减小芯片尺寸。跨导的减小可由将 Q20 和 Q18 的集电极分离而实现。该输入级的另一特征是，在单电源工作模式下，输入共模范围包含负输入和地，无论是输入器件或者差动到单端变换器都不会饱和。第二级含标准电流源负载放大器级。

大信号电压跟随器响应

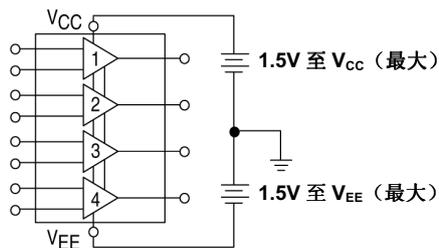


每个放大器都有内部电压稳压器提供偏置。稳压器的温度系数低，因此，每个放大器就拥有良好的温度特性以及优异的电源抑制。

单电源



分离电源



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

图 1. 输入电压范围曲线

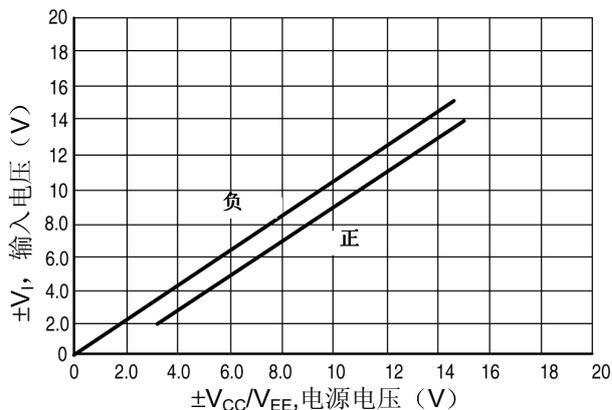


图 2. 开环频率曲线

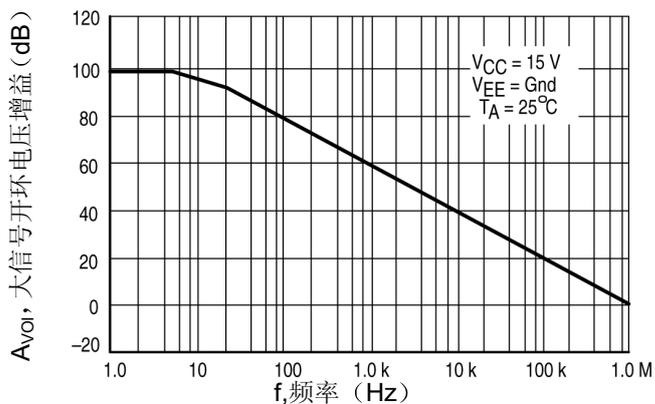


图 3. 大信号频率响应曲线

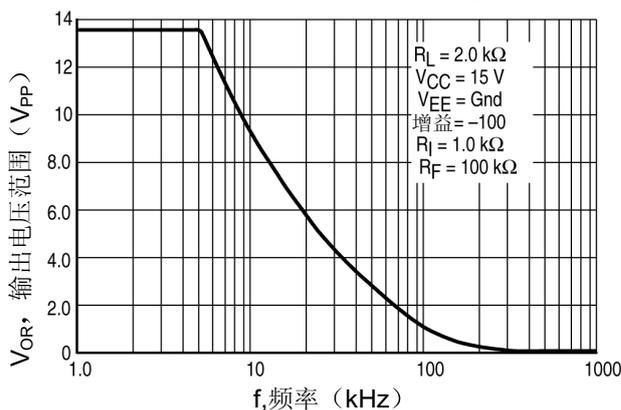


图 4. 小信号电压跟随器脉冲响应曲线 (同相)

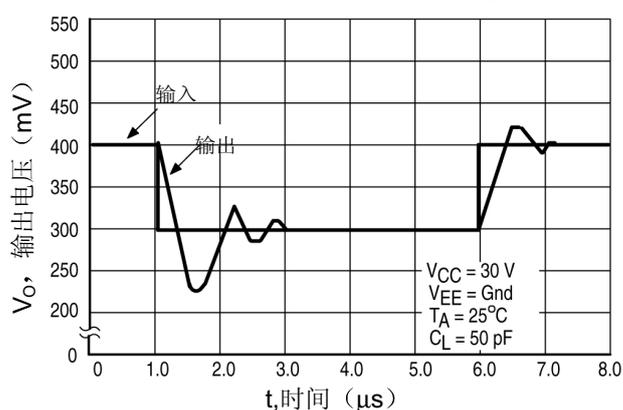


图 5. 电源电流和电源电压关系曲线

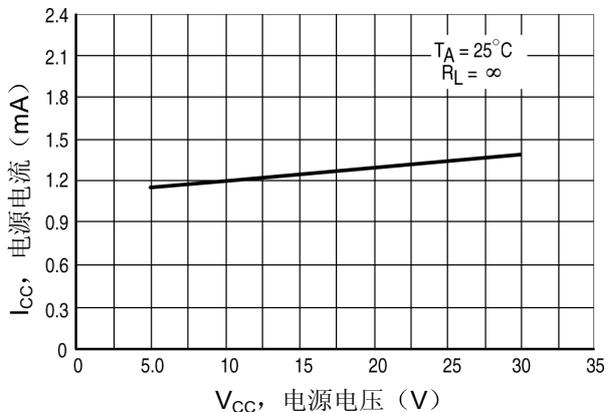
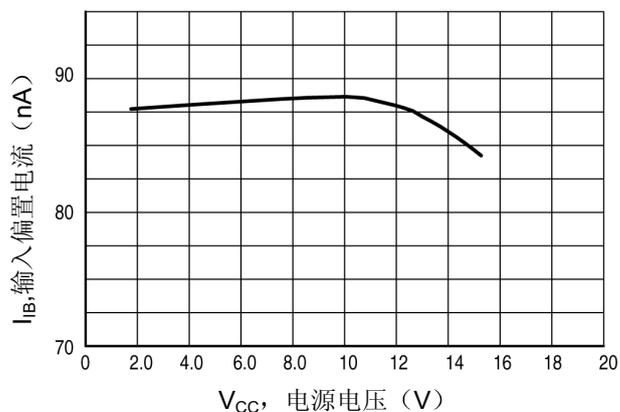
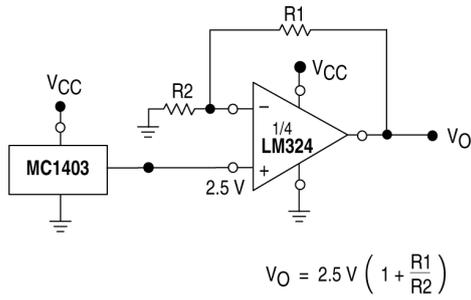


图 6. 输入偏置电流和电源电压关系曲线



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

图 7. 电压参考



$$V_O = 2.5V \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

图 8. 维思电桥振荡器

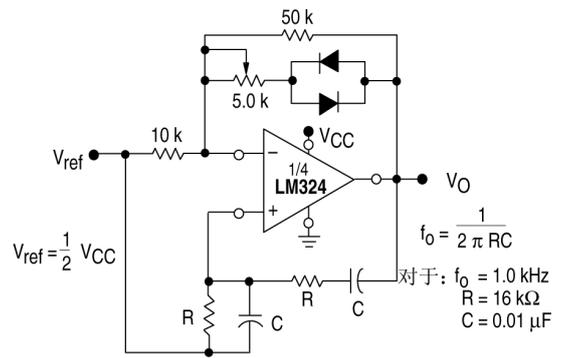
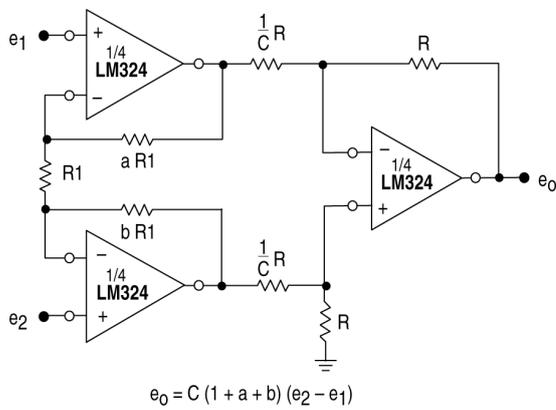
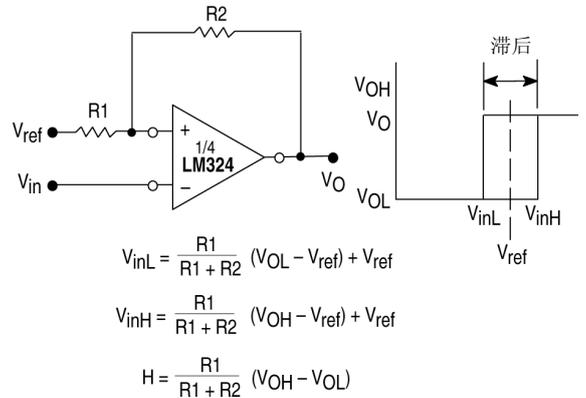


图 9. 高阻抗差动放大器



$$e_0 = C(1 + a + b)(e_2 - e_1)$$

图 10. 滞后比较器

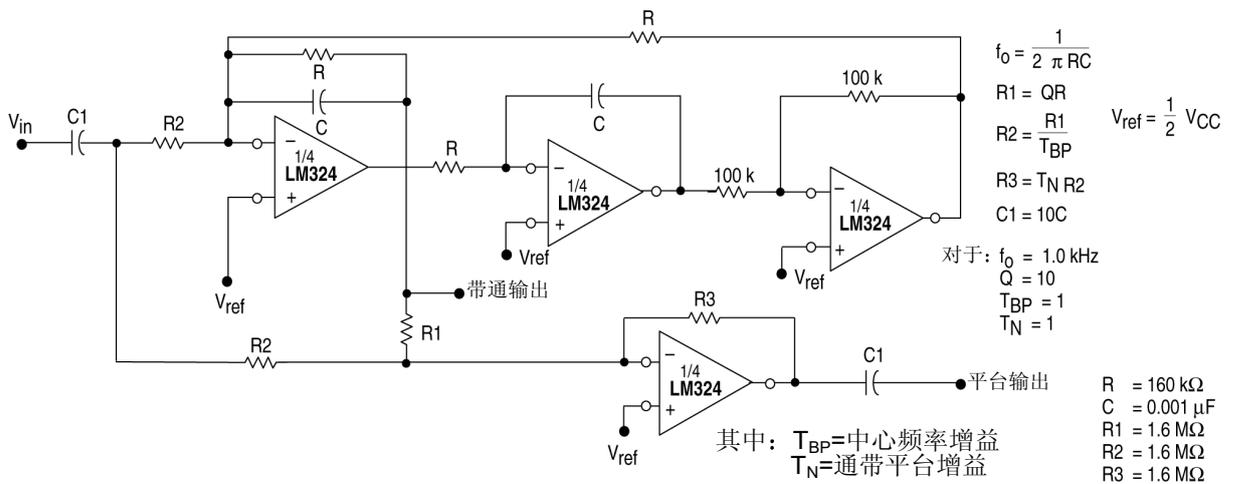


$$V_{inL} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OL} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_{inH} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$H = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{OL})$$

图 11. 双四级滤波器



其中:  $T_{BP}$  = 中心频率增益  
 $T_N$  = 通带平台增益

$R = 160 \text{ k}\Omega$   
 $C = 0.001 \text{ }\mu\text{F}$   
 $R_1 = 1.6 \text{ M}\Omega$   
 $R_2 = 1.6 \text{ M}\Omega$   
 $R_3 = 1.6 \text{ M}\Omega$

LM324,LM324A,LM224,LM2902,LM2902V

图 12.函数发生器

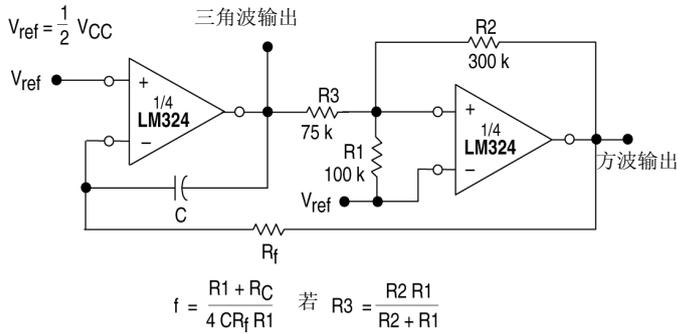
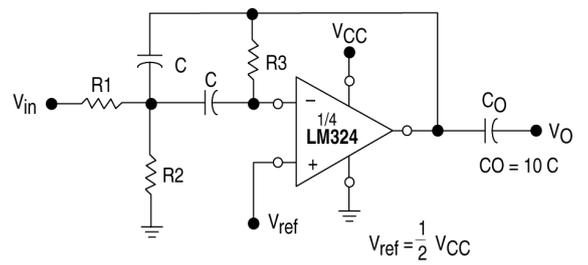


图 13.多路反馈带通滤波器



给定:  $f_o$ =中心频率

$A(f_o)$ =中心频率增益

选择  $f_o, C$  的值

$$\text{则: } R3 = \frac{Q}{\pi f_o C}$$

$$R1 = \frac{R3}{2A(f_o)}$$

$$R2 = \frac{R1R3}{4Q^2R1 - R3}$$

对于来自运算放大器的小于 10%的误差。

$$\frac{Q_o f_o}{BW} < 0.1$$

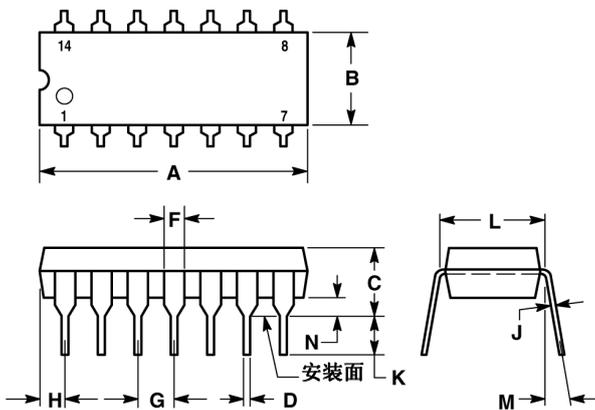
其中  $f_o$  和  $BW$  单位为 Hz。

若源阻抗改变, 滤波器前加电压跟随器缓冲, 以稳定滤波器参数。

LM324,LM324A,LM224,LM2902,LM2902V

外观尺寸

**N 后缀**  
塑料封装  
外壳 646-06  
(仅对 LM224,LM324,LM2902)  
版本 L

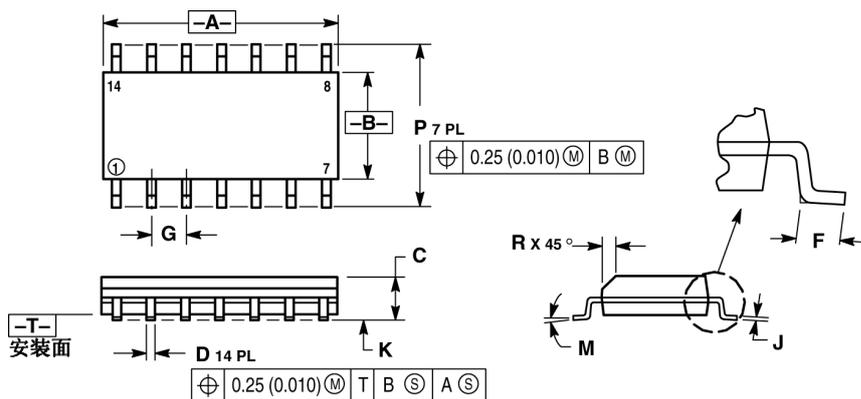


注:

1. 在最大材料条件下, 引线在安装面上应位于其确切位置的 0.13(0.005)半径内。
2. 尺寸 L 为平行引线中心间距离。
3. 尺寸 B 不包括模压毛边。
4. 可选圆角。

尺寸	英寸		毫米	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100BSC		2.54BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300BSC		7.62BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

**D 后缀**  
塑料封装  
外壳 751A-03  
(SO-14)  
版本 F



注:

1. 尺寸与公差按 ANSI Y14.5M, 1982。
2. 控制尺寸: 毫米。
3. 尺寸 A 和 B 不包括模压突起。
4. 最大模压突起为 0.150(0.006)每边。
5. 尺寸 D 不包括挡块突出。在最大材料条件下, 允许挡块突出超过尺寸 D, 总共为 0.127(0.005)。

尺寸	毫米		英寸	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27BSC		0.050BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019