



钜地半导体  
Tudi Semiconductor

## Product Specification

TUDI-LM124/224/324/2902

四路运算放大器

网址 [www.sztdbdt.com](http://www.sztdbdt.com) 🔍

用芯智造 · 卓越品质

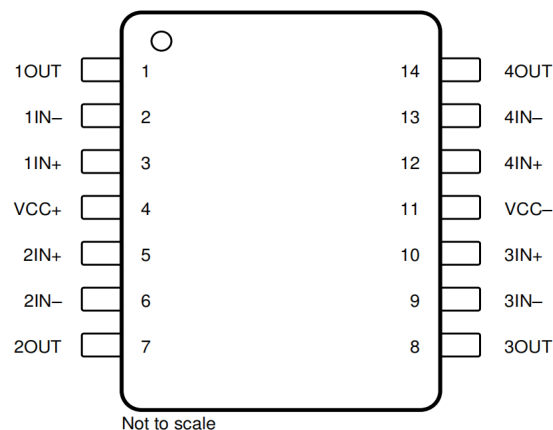
**semiconductor device  
manufacturer**

- Design
- research and development
- production
- and sales



## 特性

- 下一代 LM324B 和 LM2902B
- B 版本可直接替代所有版本的 LM224、LM324 和 LM2902
- 改进了 B 版本的规格
  - 电源电压范围：3V 至 36V (B、BA 版本)
  - 低输入失调电压：±2mV (BA 版本) /3mV (B 版本)
  - ESD 等级：2kV (HBM)，1.5kV (CDM)
  - EMI 抑制：集成射频和 EMI 滤波器
  - 低输入偏置电流：最大值为 50nA(在 -40°C至 +125°C范围内)
- 共模输入电压范围包括  $V^-$
- 输入电压差最高可达到电源电压
- 有关双路 B 版本，请参阅 LM358B 和 LM2904B



LM124/224/324/2902  
引脚图

## 应用

- 商用网络和服务电源单元
- 多功能打印机
- 电源和移动充电器
- 台式计算机和主板
- 室内外空调
- 洗衣机、烘干机和冰箱
- 交流逆变器、串式逆变器、中央逆变器和变频器
- 不间断电源

## 说明

LM324B 和 LM2902B 器件是业界通用运算放大器 LM324 和 LM2902 的下一代版本，其中包括四个高压 (36V) 运算放大器。

这些器件为成本敏感型应用提供了卓越的价值，其特性包括低失调电压 (600  $\mu$ V，典型值)、对地共模输入范围和高差分输入电压能力。

LM324B 和 LM2902B 的特点是单位增益稳定，每个放大器可实现最大 3mV (LM324BA 和 LM2902BA 最大 2mV) 的低失调电压和 240  $\mu$ A (典型值) 的静态电流。高 ESD (2kV HBM 和 1.5kV CDM) 和集成 EMI 以及射频滤波器可支持将 LM324B 和 LM2902B 器件用于更严苛、更具环境挑战性的应用。

LM324B 和 LM2902B 可直接替代所有版本的 LM224、LM324 和 LM2902 器件。



表 1. 引脚功能

| 引脚    |                                                | 类型 | 说明                  |
|-------|------------------------------------------------|----|---------------------|
| 名称    | 编号                                             |    |                     |
|       | D (SOIC)、DB (SSOP)、N (PDIP)、NS (SO)、PW (TSSOP) |    |                     |
| 1IN-  | 2                                              | 输入 | 负输入                 |
| 1IN+  | 3                                              | 输入 | 正输入                 |
| 1OUT  | 1                                              | 输出 | 输出                  |
| 2IN-  | 6                                              | 输入 | 负输入                 |
| 2IN+  | 5                                              | 输入 | 正输入                 |
| 2OUT  | 7                                              | 输出 | 输出                  |
| 3IN - | 9                                              | 输入 | 负输入                 |
| 3IN+  | 10                                             | 输入 | 正输入                 |
| 3OUT  | 8                                              | 输出 | 输出                  |
| 4IN-  | 13                                             | 输入 | 负输入                 |
| 4IN+  | 12                                             | 输入 | 正输入                 |
| 4OUT  | 14                                             | 输出 | 输出                  |
| NC    | —                                              | —  | 不连接                 |
| VCC-  | 11                                             | —  | 负(最低)电源或接地(对于单电源供电) |
| VCC+  | 4                                              | —  | 正(最高)电源             |



## 规格

### 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

|                                                                                             | LM324B、<br>LM324BA、<br>LM2902B、<br>LM2902BA |          | LM2902 |          | LM324xx、<br>LM224xx、<br>LM2902xxx、<br>LM124x |          | 单位               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------|--------|----------|----------------------------------------------|----------|------------------|
|                                                                                             | 最小值                                         | 最大值      | 最小值    | 最大值      | 最小值                                          | 最大值      |                  |
| 电源电压, $V_{CC}$ (2)                                                                          |                                             | 40       |        | 26       |                                              | 32       | V                |
| 差分输入电压, $V_{ID}$ (3)                                                                        |                                             | $\pm 40$ |        | $\pm 26$ |                                              | $\pm 32$ | V                |
| 输入电压 $V_I$ (任一输入)                                                                           | -0.3                                        | 40       | -0.3   | 26       | -0.3                                         | 32       | V                |
| 输出对地短路(一个放大器)的持续时间<br>(在或低于 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} \leq 15\text{V}$ 条件下)<br>(4) | 无限                                          |          | 无限     |          | 无限                                           |          |                  |
| 运行虚拟结温 $T_J$                                                                                |                                             | 150      |        | 150      |                                              | 150      | $^\circ\text{C}$ |
| 60秒内的外壳温度                                                                                   | FK封装                                        |          |        |          |                                              | 260      | $^\circ\text{C}$ |
| 60秒内距离外壳1.6mm<br>(1/16英寸)的引线温度                                                              | J或W封装                                       |          |        | 300      |                                              | 300      | $^\circ\text{C}$ |
| 贮存温度, $T_{stg}$                                                                             | -65                                         | 150      | -65    | 150      | -65                                          | 150      | $^\circ\text{C}$ |

(1) 超出绝对最大额定值运行可能导致器件损坏。绝对最大额定值 并不表示器件在这些条件下或在建议的工作条件 以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出 建议运行条件 但在 绝对最大额定值 范围内使用, 器件可能不会完全正常运行, 这可能影响器件的可靠性、功能 和性能并缩短器件寿命。

(2) 所有电压值 (差分电压和为  $I_{OS}$  测量指定的  $V_{CC}$  除外) 都是相对于网络 GND 的值。

(3) 差分电压是相对于  $IN^-$  的  $IN^+$  上的值。

(4) 从输出到  $V_{CC}$  的短路会导致过热, 并且最终会发生损坏。





## ESD 等级

|                                                                                          |      |                                         | 值     | 单位 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------|-------|----|
| LM324B、LM324BA、LM2902B、LM2902BA、LM224K、LM224KA、LM324K、LM324KA、LM2902K、LM2902KV、LM2902KAV |      |                                         |       |    |
| V <sub>(ESD)</sub>                                                                       | 静电放电 | 人体放电模型(HBM),符合ANSIESDAJEDEC JS-001标准(1) | ±1000 | V  |
|                                                                                          |      | 充电器件模型(CDM),符合JEDEC规范JESD22-C101(2)     | ±1000 |    |
| LM124、LM124A、LM224、LM224A、LM324、LM324A、LM2902                                            |      |                                         |       |    |
| V <sub>(ESD)</sub>                                                                       | 静电放电 | 人体放电模型(HBM),符合ANSVESDAJEDEC JS-001标准(1) | ±500  | V  |
|                                                                                          |      | 充电器件模型(CDM),符合JEDEC规范JESD22-C101(2)     | ±1000 |    |

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

## 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

|                 |                            |                       | LM324B、LM324BA<br>、LM2902B、<br>LM2902BA |                     | LM2902 |                     | LM324xx、LM224xx<br>、LM2902xxx、<br>LM124x |                     | 单位 |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|---------------------|--------|---------------------|------------------------------------------|---------------------|----|
|                 |                            |                       | 最小值                                     | 最大值                 | 最小值    | 最大值                 | 最小值                                      | 最大值                 |    |
| V <sub>CC</sub> | 电源电压                       |                       | 3                                       | 36                  | 3      | 26                  | 3                                        | 30                  | V  |
| V <sub>CM</sub> | 共模电压                       |                       | 0                                       | V <sub>CC</sub> - 2 | 0      | V <sub>CC</sub> - 2 | 0                                        | V <sub>CC</sub> - 2 | V  |
| T <sub>A</sub>  | 自然通风<br>条件下的<br>工作温度<br>范围 | LM124x                |                                         |                     |        |                     | -55                                      | 125                 | °C |
|                 |                            | LM2902xxx<br>LM2902Bx | -40                                     | 125                 | -40    | 125                 |                                          |                     |    |
|                 |                            | LM324Bx               | -40                                     | 85                  |        |                     |                                          |                     |    |
|                 |                            | LM224xx               |                                         |                     |        |                     | -25                                      | 85                  |    |
|                 |                            | LM324xx               |                                         |                     |        |                     | 0                                        | 70                  |    |



## 热性能信息

| 热指标                     |            | LMx24、LM2902 |          |         |        |           | 单位   |
|-------------------------|------------|--------------|----------|---------|--------|-----------|------|
|                         |            | D(SOIC)      | DB(SSOP) | N(PDIP) | NS(SO) | PW(TSSOP) |      |
|                         |            | 14引脚         | 14引脚     | 14引脚    | 14引脚   | 14引脚      |      |
| $R_{\theta JA(1)(2)}$   | 结至环境热阻     | 99.3         | 106.5    | 83.5    | 90.4   | 124.7     | °C/W |
| $R_{\theta JC(top)(3)}$ | 结至外壳(顶部)热阻 | 60.4         | 55.5     | 62.0    | 48.0   | 57.9      | °C/W |
| $R_{\theta JB}$         | 结至电路板热阻    | 57.5         | 56.8     | 57.7    | 49.2   | 80.7      | °C/W |
| $\psi_{JT}$             | 结至顶部特征参数   | 19.8         | 18.2     | 40.5    | 14.4   | 8.4       | °C/W |
| $\psi_{JB}$             | 结至电路板特征参数  | 57.0         | 55.8     | 57.1    | 48.8   | 79.8      | °C/W |
| $R_{\theta JC(bot)}$    | 结至外壳(底部)热阻 | —            | —        | —       | —      | —         | °C/W |

(1) 从输出到  $V_{CC}$  的短路会导致过热，并且最终会发生损坏。

(2) 最大功耗是与  $T_{J(max)}$ 、 $R_{\theta JA}$  和  $T_A$  相关的函数。在任何允许的环境温度下，允许的最大功率耗散为  $P_D = (T_{J(max)} - T_A) / R_{\theta JA}$ 。在 150 °C 的绝对最大  $T_J$  下运行可能会影响可靠性。

(3) 最大功耗是与  $T_{J(max)}$ 、 $R_{\theta JA}$  和  $T_C$  相关的函数。在任何允许的管壳温度下，允许的最大功率耗散为  $P_D = (T_{J(max)} - T_C) / R_{\theta JC}$ 。在 150 °C 的绝对最大  $T_J$  下运行可能会影响可靠性。

## LM324B 和 LM324BA 的电气特性

在  $V_S = (V_+) - (V_-) = 5V$  至  $36V$  ( $\pm 2.5V$  至  $\pm 18V$ ) ,  $T_A = 25^\circ C$  ,  $V_{CM} = V_{OUT} = V_S/2$  , 且  $R_L = 10k\Omega$  (连接至  $V_S/2$ ) 条件下 (除非另有说明)

| 参数      |               | 测试条件                                     |               | 最小值 | 典型值  | 最大值       | 单位   |
|---------|---------------|------------------------------------------|---------------|-----|------|-----------|------|
| 失调电压    |               |                                          |               |     |      |           |      |
| Vos     | 输入偏移电压        | LM324B                                   |               |     | ±0.6 | ±3.0      | mV   |
|         |               |                                          | TA= -40℃至+85℃ |     |      | ±4.0      |      |
|         |               | LM324BA                                  |               |     | ±0.3 | ±2        |      |
|         |               |                                          | TA= -40℃至+85℃ |     |      | 2.5       |      |
| dVos/dT | 输入失调电压漂移      | Rs=0Ω                                    | TA= -40℃至+85℃ |     | ±7   |           | μV/℃ |
| PSRR    | 输入失调电压与电源间的关系 |                                          |               | 65  | 100  |           | dB   |
|         | 通道隔离          | f=1kHz至20kHz                             |               |     | 120  |           | dB   |
| 输入电压范围  |               |                                          |               |     |      |           |      |
| VCM     | 共模电压          | Vs=3V至36V                                |               | V-  |      | (V+) -1.5 | V    |
|         |               | Vs=5V至36V,TA= -40℃至+85℃                  |               | V-  |      | (V +)-2   |      |
| CMRR    | 共模抑制比         | Vs=3V至36V,(V-)≤VCM≤(V+)-1.5V             |               | 70  | 80   |           | dB   |
|         |               | Vs=5V至36V,(V-)≤VCM≤(V+)-2V,TA= -40℃至+85℃ |               | 65  | 80   |           |      |
| 输入偏置电流  |               |                                          |               |     |      |           |      |
| IB      | 输入偏置电流        |                                          |               |     | -10  | -35       | nA   |
|         |               | TA= -40℃至+85℃                            |               |     |      | -60       |      |
| dIos/dT | 输入失调电流漂移      | TA= -40℃至+85℃                            |               |     | 10   |           | pA/℃ |
| Ios     | 输入失调电流        |                                          |               |     | ±0.5 | ±4        | nA   |
|         |               | TA= -40℃至+85℃                            |               |     |      | ±5        |      |
| dIos/dT | 输入失调电流漂移      | TA= -40℃至+85℃                            |               |     | 10   |           | pA/℃ |



| 噪声    |          |                                                             |              |    |           |  |          |
|-------|----------|-------------------------------------------------------------|--------------|----|-----------|--|----------|
| EN    | 输入电压噪声   | f=0.1Hz至10Hz                                                |              |    | 3         |  | μ Vpp    |
| eN    | 输入电压噪声密度 | Rs=100Ω,VI=OV,f=1kHz(有关测试电路, 请参阅图2)                         |              |    | 35        |  | nVI √ Hz |
| 输入电容  |          |                                                             |              |    |           |  |          |
| ZID   | 差分       |                                                             |              |    | 10    0.1 |  | MΩ    pF |
| ZICM  | 共模       |                                                             |              |    | 4   1.5   |  | GΩ    pF |
| 开环增益  |          |                                                             |              |    |           |  |          |
| AOL   | 开环电压增益   | Vs=15V,Vo=1V至11V,RL ≥10kΩ,连接到(V-)                           |              | 50 | 100       |  | V/mV     |
|       |          |                                                             | TA=-40℃至+85℃ | 25 |           |  |          |
| 频率响应  |          |                                                             |              |    |           |  |          |
| GBW   | 增益带宽积    | RL=1MΩ,CL=20pF(有关测试电路, 请参阅图1)                               |              |    | 1.2       |  | MHz      |
| SR    | 压摆率      | RL=1MΩ,CL=30pF,VI=±10V(有关测试电路, 请参阅图1)                       |              |    | 0.5       |  | V/μs     |
| Θm    | 相位裕度     | G=+1,RL=10kΩ,CL=20pF                                        |              |    | 56        |  | °        |
| ts    | 趋稳时间     | 精度达到0.1%,Vs=5V,2V阶跃, G=+1, CL=100pF                         |              |    | 4         |  | μs       |
|       | 过载恢复时间   | VIN×增益>Vs                                                   |              |    | 10        |  | μs       |
| THD+N | 总谐波失真+噪声 | G=+1,f=1kHz,Vo=3.53VRMS,Vs=36V, RL=100kΩ,IOUT≤50μA,BW=80kHz |              |    | 0.001%    |  |          |



## LM324B 和 LM324BA 的电气特性 (续)

在  $V_S = (V_+) - (V_-) = 5V$  至  $36V$  ( $\pm 2.5V$  至  $\pm 18V$ ) ,  $T_A = 25^\circ C$  ,  $V_{CM} = V_{OUT} = V_S/2$  , 且  $R_L = 10 k\Omega$  (连接至  $V_S/2$ ) 条件下 (除非另有说明)

| 参数    |               | 测试条件                             |                                    | 最小值           | 典型值 | 最大值  | 单位   |    |
|-------|---------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------|-----|------|------|----|
| 输出    |               |                                  |                                    |               |     |      |      |    |
| Vo    | 相对于电源轨的电压输出摆幅 | 正电源轨(V+)                         |                                    | IOUT= -50μA   |     | 1.35 | 1.5  | V  |
|       |               |                                  |                                    | IOUT= -1mA    |     | 1.4  | 1.6  |    |
|       |               |                                  |                                    | IOUT= -5mA    |     | 1.5  | 1.75 |    |
|       |               | 负电源轨(V-)                         | IOUT=50μA                          |               |     | 100  | 150  | mV |
|       |               |                                  | IOUT=1mA                           |               |     | 0.75 | 1    | V  |
|       |               |                                  | Vs=5V,RL≤10kΩ,连接至(V-),TA=-40℃至+85℃ |               |     | 5    | 20   | mV |
| Io    | 输出电流          | 拉电流, Vs=15V, Vo=V- , VID=1V      |                                    |               | -20 | -30  |      | mA |
|       |               |                                  |                                    | TA= -40℃至+85℃ | -10 |      |      |    |
|       |               | 灌电流, Vs=15V, Vo=V+ , VID= -1V    |                                    |               | 10  | 20   |      |    |
|       |               |                                  |                                    | TA= -40℃至+85℃ | 5   |      |      |    |
|       |               | VID= -1V,Vo=(V-)+200mV           |                                    | 50            | 85  |      | μA   |    |
| Isc   | 短路电流          | Vs=20V,(V+)=10V,(V-)= -10V,Vo=0V |                                    |               |     | ±40  | ±60  | mA |
| CLOAD | 容性负载驱动        |                                  |                                    |               |     | 100  |      | pF |
| Ro    | 开环输出阻抗        | f=1MHz,Io=0A                     |                                    |               |     | 300  |      | Ω  |
| 电源    |               |                                  |                                    |               |     |      |      |    |
| Iq    | 每个放大器的静态电流    | Vs=5V,Io=0A,TA= -40℃至+85℃        |                                    |               |     | 240  | 300  | μA |
|       |               | Vs=36V,Io=0A,TA= -40℃至+85℃       |                                    |               |     | 350  | 750  |    |

(1) 仅由设计和特性指定。



## LM2902B 和 LM2902BA 的电气特性

在  $V_S = (V_+) - (V_-) = 5V$  至  $36V$  ( $\pm 2.5V$  至  $\pm 18V$ ) ,  $T_A = 25^\circ C$  ,  $V_{CM} = V_{OUT} = V_S/2$  , 且  $R_L = 10k\Omega$  (连接至  $V_S/2$ ) 条件下 (除非另有说明)

| 参数      |               | 测试条件                                     |               | 最小值 | 典型值  | 最大值      | 单位   |
|---------|---------------|------------------------------------------|---------------|-----|------|----------|------|
| 失调电压    |               |                                          |               |     |      |          |      |
| Vos     | 输入偏移电压        | LM2902B                                  |               |     | ±0.6 | ±3.0     | mV   |
|         |               |                                          | TA=-40℃至+125℃ |     |      | ±4.0     |      |
|         |               | LM2902BA                                 |               |     | ±0.3 | ±2       |      |
|         |               |                                          | TA=-40℃至+125℃ |     |      | 2.5      |      |
| dVos/dT | 输入失调电压漂移      | Rs=0Ω,TA=-40℃至+125℃                      |               |     | ±7   |          | μV/℃ |
| PSRR    | 输入失调电压与电源间的关系 |                                          |               | 65  | 100  |          | dB   |
|         | 通道隔离          | f=1kHz至20kHz                             |               |     | 120  |          | dB   |
| 输入电压范围  |               |                                          |               |     |      |          |      |
| VCM     | 共模电压范围        | Vs=3V至36V                                |               | V-  |      | (V+)-1.5 | V    |
|         |               | Vs=5V至36V,TA=-40℃至+125℃                  |               | V-  |      | (V+)-2   |      |
| CMRR    | 共模抑制比         | Vs=3V至36V,(V-)≤VCM≤(V+)-1.5V             |               | 70  | 80   |          | dB   |
|         |               | Vs=5V至36V,(V-)≤VCM≤(V+)-2V,TA=-40℃至+125℃ |               | 65  | 80   |          |      |
| 输入偏置电流  |               |                                          |               |     |      |          |      |
| IB      | 输入偏置电流        |                                          |               |     | -10  | -35      | nA   |
|         |               | TA=-40℃至+125℃                            |               |     |      | -60      |      |
| dIos/dT | 输入失调电流漂移      | TA=-40℃至+125℃                            |               |     | 10   |          | pA/℃ |
| Ios     | 输入失调电流        |                                          |               |     | ±0.5 | ±4       | nA   |
|         |               | TA=-40℃至+125℃                            |               |     |      | ±5       |      |
| dIos/dT | 输入失调电流漂移      | TA=-40℃至+125℃                            |               |     | 10   |          | pA/℃ |





| 噪声         |          |                                                                                                                                           |                                                |                    |     |                                      |
|------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|-----|--------------------------------------|
| $E_N$      | 输入电压噪声   | $f=0.1\text{Hz至}10\text{Hz}$                                                                                                              |                                                | 3                  |     | $\mu\text{Vpp}$                      |
| $e_N$      | 输入电压噪声密度 | $R_s=100\Omega, V_I=0\text{V}, f=1\text{kHz}$ (有关测试电路, 请参阅图2)                                                                             |                                                | 35                 |     | $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$         |
| 输入电容       |          |                                                                                                                                           |                                                |                    |     |                                      |
| $Z_{ID}$   | 差分       |                                                                                                                                           |                                                | $10 \parallel 0.1$ |     | $\text{M}\Omega \parallel \text{pF}$ |
| $Z_{ICM}$  | 共模       |                                                                                                                                           |                                                | $4 \parallel 1.5$  |     | $\text{G}\Omega \parallel \text{pF}$ |
| 开环增益       |          |                                                                                                                                           |                                                |                    |     |                                      |
| $A_{oL}$   | 开环电压增益   | $V_s=15\text{V}, V_o=1\text{V至}11\text{V}, R_L \geq 10\text{k}\Omega$ , 连接到(V-)                                                           |                                                | 50                 | 100 | $\text{V/mV}$                        |
|            |          |                                                                                                                                           | $T_A=-40^{\circ}\text{C至}+125^{\circ}\text{C}$ | 25                 |     |                                      |
| 频率响应       |          |                                                                                                                                           |                                                |                    |     |                                      |
| GBW        | 增益带宽积    | $R_L=1\text{M}\Omega, C_L=20\text{pF}$ (有关测试电路, 请参阅图6-1)                                                                                  |                                                | 1.2                |     | MHz                                  |
| SR         | 压摆率      | $R_L=1\text{M}\Omega, C_L=30\text{pF}, V_I=\pm 10\text{V}$ (有关测试电路, 请参阅图1)                                                                |                                                | 0.5                |     | $\text{V}/\mu\text{s}$               |
| $\Theta_m$ | 相位裕度     | $G=+1, R_L=10\text{k}\Omega, C_L=20\text{pF}$                                                                                             |                                                | 56                 |     | $^{\circ}$                           |
| $t_s$      | 趋稳时间     | 精度达到0.1%, $V_s=5\text{V}, 2\text{V}$ 阶跃, $G=+1, C_L=100\text{pF}$                                                                         |                                                | 4                  |     | $\mu\text{s}$                        |
|            | 过载恢复时间   | $V_{IN} \times \text{增益} > V_s$                                                                                                           |                                                | 10                 |     | $\mu\text{s}$                        |
| THD+N      | 总谐波失真+噪声 | $G=+1, f=1\text{kHz}, V_o=3.53V_{\text{RMS}}, V_s=36\text{V}, R_L=100\text{k}, I_{\text{OUT}} \leq 50\mu\text{A}, \text{BW}=80\text{kHz}$ |                                                | 0.001%             |     |                                      |



## LM2902B 和 LM2902BA 的电气特性 (续)

在  $V_S = (V_+) - (V_-) = 5V$  至  $36V$  ( $\pm 2.5V$  至  $\pm 18V$ ) ,  $T_A = 25^\circ C$  ,  $V_{CM} = V_{OUT} = V_S/2$  , 且  $R_L = 10 k\Omega$  (连接至  $V_S/2$ ) 条件下 (除非另有说明)

| 参数    |               | 测试条件                            |                                         | 最小值           | 典型值 | 最大值  | 单位   |    |
|-------|---------------|---------------------------------|-----------------------------------------|---------------|-----|------|------|----|
| 输出    |               |                                 |                                         |               |     |      |      |    |
| Vo    | 相对于电源轨的电压输出摆幅 | 正电源轨(V+)                        |                                         | IOUT=-50μA    |     | 1.35 | 1.5  | V  |
|       |               |                                 |                                         | IOUT=-1mA     |     | 1.4  | 1.6  |    |
|       |               |                                 |                                         | IOUT=-5mA     |     | 1.5  | 1.75 |    |
|       |               | 负电源轨(V-)                        | IOUT=50μA                               |               |     | 100  | 150  | mV |
|       |               |                                 | IOUT=1mA                                |               |     | 0.75 | 1    | V  |
|       |               |                                 | Vs=5V,RL≤10kΩ,连接至(V-),<br>TA=-40℃至+125℃ |               |     | 5    | 20   | mV |
| Io    | 输出电流          | 拉电流, Vs=15V,Vo=V-,<br>VID=1V    |                                         |               | -20 | -30  |      | mA |
|       |               |                                 |                                         | TA=-40℃至+125℃ | -10 |      |      |    |
|       |               | 灌电流, Vs=15V,Vo=V+,<br>VID=-1V   |                                         |               | 10  | 20   |      |    |
|       |               |                                 |                                         | TA=-40℃至+125℃ | 5   |      |      |    |
|       |               | VID=-1V,Vo=(V-)+200mV           |                                         | 50            | 85  |      | μA   |    |
| Isc   | 短路电流          | Vs=20V,(V+)=10V,(V-)=-10V,Vo=0V |                                         |               | ±40 | ±60  | mA   |    |
| CLOAD | 容性负载驱动        |                                 |                                         |               | 100 |      | pF   |    |
| Ro    | 开环输出阻抗        | f=1MHz,Io=0A                    |                                         |               | 300 |      | Ω    |    |
| 电源    |               |                                 |                                         |               |     |      |      |    |
| Iq    | 每个放大器的静态电流    | Vs=5V,Io=0A,TA=-40℃至+125℃       |                                         |               |     | 240  | 300  | μA |
|       |               | Vs=36V,Io=0A,TA=-40℃至+125℃      |                                         |               |     |      | 750  |    |

(1) 仅由设计和特性指定。



## LM324、LM324K、LM224、LM224K 和 LM124 的电气特性

在指定自然通风温度下， $V_{CC} = 5V$ （除非另有说明）

| 参数               |                                          | 测试条件(1)                                                    | Ta(2)   | LM124、LM224、LM224K      |     |      | LM324、LM324K            |     |      | 单位       |
|------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------|-------------------------|-----|------|-------------------------|-----|------|----------|
|                  |                                          |                                                            |         | 最小值                     | 典型值 | 最大值  | 最小值                     | 典型值 | 最大值  |          |
| V <sub>IO</sub>  | 输入偏移电压                                   | V <sub>CC</sub> =5V至最大值， $V_{IC}=V_{ICRmin}$ ， $V_O=1.4V$  | 25°C    |                         | 3   | 5    |                         | 3   | 7    | mV       |
|                  |                                          |                                                            | 完整范围    |                         |     | 7    |                         |     | 9    |          |
| I <sub>IO</sub>  | 输入失调电流                                   | V <sub>O</sub> =1.4V                                       | 25°C    |                         | 2   | 30   |                         | 2   | 50   | nA       |
|                  |                                          |                                                            | 完整范围    |                         |     | 100  |                         |     | 150  |          |
| I <sub>IB</sub>  | 输入偏置电流                                   | V <sub>O</sub> =1.4V                                       | 25°C    |                         | -20 | -150 |                         | -20 | -250 | nA       |
|                  |                                          |                                                            | 完整范围    |                         |     | -300 |                         |     | -500 |          |
| V <sub>ICR</sub> | 共模输入电压范围                                 | V <sub>CC</sub> =5V至最大值                                    | 25°C    | 0至V <sub>CC</sub> - 1.5 |     |      | 0至V <sub>CC</sub> - 1.5 |     |      | V        |
|                  |                                          |                                                            | 完整范围    | 0至V <sub>CC</sub> -2    |     |      | 0至V <sub>CC</sub> -2    |     |      |          |
| V <sub>OH</sub>  | 高电平输出电压                                  | RL=2kΩ                                                     | 25°C    | V <sub>CC</sub> - 1.5   |     |      | V <sub>CC</sub> - 1.5   |     |      | V        |
|                  |                                          | V <sub>CC</sub> =最大值                                       | RL=2kΩ  | 完整范围                    | 26  |      | 26                      |     |      |          |
|                  |                                          |                                                            | RL≥10kΩ | 完整范围                    | 27  | 28   | 27                      | 28  |      |          |
| V <sub>OL</sub>  | 低电平输出电压                                  | RL≤10kΩ                                                    | 完整范围    |                         | 5   | 20   |                         | 5   | 20   | mV       |
| A <sub>VD</sub>  | 大信号差分电压放大                                | V <sub>CC</sub> + =15V， $V_O=1V$ 至11V， $R_L \geq 2k\Omega$ | 25°C    | 50                      | 100 |      | 25                      | 100 |      | V/<br>mV |
|                  |                                          |                                                            | 完整范围    | 25                      |     |      | 15                      |     |      |          |
| CMRR             | 共模抑制比                                    | V <sub>IC</sub> =V <sub>ICRmin</sub>                       | 25°C    | 70                      | 80  |      | 65                      | 80  |      | dB       |
| k <sub>SVR</sub> | 电源电压抑制比( $\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$ ) |                                                            | 25°C    | 65                      | 100 |      | 65                      | 100 |      | dB       |



| $V_{O1}/V_{O2}$ | 串扰衰减        | $f=1\text{kHz至}20\text{kHz}$                              | $25^{\circ}\text{C}$ |     | 120      |          |     | 120      |          | dB            |
|-----------------|-------------|-----------------------------------------------------------|----------------------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|---------------|
| $I_O$           | 输出电流        | 拉电流, $V_{CC}=15\text{V}, V_{ID}=1\text{V}, V_O=0\text{V}$ | $25^{\circ}\text{C}$ | -20 | -30      | -60      | -20 | -30      | -60      | mA            |
|                 |             |                                                           | 完整范围                 | -10 |          |          | -10 |          |          |               |
|                 |             | $V_{CC}=15\text{V}, V_{ID}=-1\text{V}, V_O=15\text{V}$    | $25^{\circ}\text{C}$ | 10  | 20       |          | 10  | 20       |          | mA            |
|                 |             |                                                           | 完整范围                 | 5   |          |          | 5   |          |          |               |
|                 |             | $V_{ID}=-1\text{V}, V_O=200\text{mV}$                     | $25^{\circ}\text{C}$ | 12  | 30       |          | 12  | 30       |          | $\mu\text{A}$ |
| $I_{OS}$        | 短路输出电流      | $V_{CC}$ 为5V, $V_O=0\text{V}, V_{CC}-$ 为-5V               | $25^{\circ}\text{C}$ |     | $\pm 40$ | $\pm 60$ |     | $\pm 40$ | $\pm 60$ | mA            |
| $I_{CC}$        | 电源电流(4个放大器) | $V_O=2.5\text{V}$ ,空载                                     | 完整范围                 |     | 0.7      | 1.2      |     | 0.7      | 1.2      | mA            |
|                 |             | $V_{CC}$ =最大值, $V_O=0.5V_{CC}$ ,空载                        | 完整范围                 |     | 1.4      | 3        |     | 1.4      | 3        |               |

- (1) 除非另有说明, 否则所有特性均在开环条件下以零共模输入电压测定。对于 LM2902, 用于测试目的的最大  $V_{CC}$  为 26V, 其他器件则为 30V。
- (2) 对于 LM124,, 完整范围为  $-55^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$ , 对于 LM224, 为  $-25^{\circ}\text{C}$  至  $+85^{\circ}\text{C}$ , 而对于 LM324 则为  $0^{\circ}\text{C}$  至  $70^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 所有典型值均在  $T_A=25^{\circ}\text{C}$  下测得。



## LM2902、LM2902K、LM2902KV 和 LM2902KAV 的电气特性

在指定自然通风温度下,  $V_{CC} = 5V$  (除非另有说明)

| 参数                   |          | 测试条件(1)                                                                                    |                      | TA(2) | LM2902、LM2902K            |     |      | LM2902KV、LM2902KAV        |     |      | 单位   |
|----------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|---------------------------|-----|------|---------------------------|-----|------|------|
|                      |          |                                                                                            |                      |       | 最小值                       | 典型值 | 最大值  | 最小值                       | 典型值 | 最大值  |      |
| V <sup>10</sup>      | 输入偏移电压   | V <sub>CC</sub> =5V至最大值，<br>V <sub>IC</sub> =V <sub>ICRmin</sub> ，<br>V <sub>O</sub> =1.4V | 不带后缀A的器件             | 25℃   |                           | 3   | 7    |                           | 3   | 7    | mV   |
|                      |          |                                                                                            | 完整范围                 |       |                           | 10  |      |                           | 10  |      |      |
|                      |          |                                                                                            | A后缀器件                | 25℃   |                           |     |      | 1                         | 2   |      |      |
|                      |          |                                                                                            |                      | 完整范围  |                           |     |      |                           | 4   |      |      |
| △V <sub>IO</sub> /△T | 输入失调电压温漂 | R <sub>S</sub> =0Ω                                                                         |                      | 完整范围  |                           |     |      |                           | 7   |      | μV/℃ |
| I <sub>IO</sub>      | 输入失调电流   | V <sub>O</sub> =1.4V                                                                       |                      | 25℃   |                           | 2   | 50   |                           | 2   | 50   | nA   |
|                      |          |                                                                                            |                      | 完整范围  |                           |     | 300  |                           |     | 150  |      |
| △I <sub>IO</sub> /△T | 输入失调电压温漂 |                                                                                            |                      | 完整范围  |                           |     |      |                           | 10  |      | pA/℃ |
| I <sub>IB</sub>      | 输入偏置电流   | V <sub>O</sub> =1.4V                                                                       |                      | 25℃   |                           | -20 | -250 |                           | -20 | -250 | nA   |
|                      |          |                                                                                            |                      | 完整范围  |                           |     | -500 |                           |     | -500 |      |
| V <sub>ICR</sub>     | 共模输入电压范围 | V <sub>CC</sub> =5V至最大值                                                                    |                      | 25℃   | 0 至 V <sub>CC</sub> - 1.5 |     |      | 0 至 V <sub>CC</sub> - 1.5 |     |      | V    |
|                      |          |                                                                                            |                      | 完整范围  | 0 至 V <sub>CC</sub> - 2   |     |      | 0 至 V <sub>CC</sub> - 2   |     |      |      |
| V <sub>OH</sub>      | 高电平输出电压  | R <sub>L</sub> =10kΩ                                                                       |                      | 25℃   | V <sub>CC</sub> - 1.5     |     |      | V <sub>CC</sub> - 1.5     |     |      | V    |
|                      |          | V <sub>CC</sub> =最大值                                                                       | R <sub>L</sub> =2kΩ  | 完整范围  | 22                        |     |      | 26                        |     |      |      |
|                      |          |                                                                                            | R <sub>L</sub> ≥10kΩ | 完整范围  | 23                        | 24  |      | 27                        |     |      |      |



|                 |                                                 |                                                    |      |     |          |          |     |          |          |          |
|-----------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|----------|
| $V_{OL}$        | 低电平输出电压                                         | $R_L \leq 10k\Omega$                               | 完整范围 |     | 5        | 20       |     | 5        | 20       | mV       |
| $A_{VD}$        | 大信号差分电压放大                                       | $V_{CC}=15V, V_O=1V$<br>至 $11V, R_L \geq 2k\Omega$ | 25°C | 25  | 100      |          | 25  | 100      |          | V/<br>mV |
|                 |                                                 |                                                    | 完整范围 | 15  |          |          | 15  |          |          |          |
| CMRR            | 共模抑制比                                           | $V_{IC}=V_{ICRmin}$                                | 25°C | 50  | 80       |          | 60  | 80       |          | dB       |
| $k_{SVR}$       | 电源电压抑制比( $\Delta V_{CC}$<br>/ $\Delta V_{IO}$ ) |                                                    | 25°C | 50  | 100      |          | 60  | 100      |          | dB       |
| $V_{O1}/V_{O2}$ | 串扰衰减                                            | $f=1kHz$ 至 $20kHz$                                 | 25°C |     | 120      |          |     | 120      |          | dB       |
| $I_O$           | 输出电流                                            | 拉电流, $V_{CC}=15V$ ,<br>$V_{ID}=1V, V_O=0V$         | 25°C | -20 | -30      | -60      | -20 | -30      | -60      | mA       |
|                 |                                                 |                                                    | 完整范围 | -10 |          |          | -10 |          |          |          |
|                 |                                                 | 灌电流, $V_{CC}=15V$ ,<br>$V_{ID}=-1V, V_O=15V$       | 25°C | 10  | 20       |          | 10  | 20       |          |          |
|                 |                                                 |                                                    | 完整范围 | 5   |          |          | 5   |          |          |          |
|                 |                                                 | $V_{ID}=-1V, V_O=$<br>$200mV$                      | 25°C |     | 30       |          | 12  | 40       |          | $\mu A$  |
| $I_{OS}$        | 短路输出电流                                          | $V_{CC}$ 为 $5V, V_O=0V$ ,<br>$V_{CC}$ 为 $-5V$      | 25°C |     | $\pm 40$ | $\pm 60$ |     | $\pm 40$ | $\pm 60$ | mA       |
| $I_{CC}$        | 电源电流(4<br>个放大器)                                 | $V_O=2.5V$ ,空载                                     | 完整范围 |     | 0.7      | 1.2      |     | 0.7      | 1.2      | mA       |
|                 |                                                 | $V_{CC}$ =最大值,<br>$V_O=0.5V_{CC}$ ,空载              | 完整范围 |     | 1.4      | 3        |     | 1.4      | 3        |          |

(1) 除非另有说明, 否则所有特性均在开环条件下以零共模输入电压测定。对于 LM2902, 用于测试目的的最大  $V_{CC}$  为 26V, 对于 LM2902V 则为 32V。

(2) 对于 LM2902, 完整范围为  $-40^\circ C$  至  $+125^\circ C$ 。

(3) 所有典型值均在  $T_A=25^\circ C$  下测得。



## LM324A、LM324KA、LM224A、LM224KA 和 LM124A 的电气特性

在指定自然通风温度下,  $V_{CC} = 5V$  (除非另有说明)

| 参数        |                   | 测试条件                                                            |                      | TA                       | LM124A            |         |                          | LM224A、<br>LM224KA |         |                          | LM324A、<br>LM324KA |         |         | 单位       |
|-----------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|---------|--------------------------|--------------------|---------|--------------------------|--------------------|---------|---------|----------|
|           |                   |                                                                 |                      |                          | 最小<br>值           | 典型<br>值 | 最大<br>值                  | 最小<br>值            | 典型<br>值 | 最大<br>值                  | 最小<br>值            | 典型<br>值 | 最大<br>值 |          |
| $V_{IO}$  | 输入偏<br>移电压        | $V_{CC}=5V$ 至 $30V$ ,<br>$V_{IC}=V_{ICRmin}$ , $V_O$<br>$=1.4V$ | 25°C                 |                          |                   |         | 2                        |                    | 2       | 3                        |                    | 2       | 3       | mV       |
|           |                   |                                                                 | 完整范围                 |                          |                   |         | 4                        |                    |         | 4                        |                    |         | 5       |          |
| $I_{IO}$  | 输入失<br>调电流        | $V_O=1.4V$                                                      | 25°C                 |                          |                   |         | 10                       |                    | 2       | 15                       |                    | 2       | 30      | nA       |
|           |                   |                                                                 | 完整范围                 |                          |                   |         | 30                       |                    |         | 30                       |                    |         | 75      |          |
| $I_{IB}$  | 输入偏<br>置电流        | $V_O=1.4V$                                                      | 25°C                 |                          |                   |         | -50                      |                    | -15     | -80                      |                    | -15     | -100    | nA       |
|           |                   |                                                                 | 完整范围                 |                          |                   |         | -100                     |                    |         | -100                     |                    |         | -200    |          |
| $V_{ICR}$ | 共模输<br>入电压<br>范围  | $V_{CC}=30V$                                                    | 25°C                 | 0 至<br>$V_{CC}$<br>- 1.5 |                   |         | 0 至<br>$V_{CC}$<br>- 1.5 |                    |         | 0 至<br>$V_{CC}$<br>- 1.5 |                    |         |         | V        |
|           |                   |                                                                 | 完整范围                 | 0 至<br>$V_{CC}$<br>- 2   |                   |         | 0 至<br>$V_{CC}$<br>- 2   |                    |         | 0 至<br>$V_{CC}$<br>- 2   |                    |         |         |          |
| $V_{OH}$  | 高电平<br>输出电<br>压   | $R_L=2k\Omega$                                                  |                      | 25°C                     | $V_{CC}$<br>- 1.5 |         |                          | $V_{CC}$<br>- 1.5  |         |                          | $V_{CC}$<br>- 1.5  |         |         | V        |
|           |                   | $V_{CC}=30V$                                                    | $R_L=2k\Omega$       | 完整范围                     | 26                |         |                          | 26                 |         |                          | 26                 |         |         |          |
|           |                   |                                                                 | $R_L \geq 10k\Omega$ | 完整范围                     | 27                |         |                          | 27                 | 28      |                          | 27                 | 28      |         |          |
| $V_{OL}$  | 低电平<br>输出电<br>压   | $R_L \leq 10k\Omega$                                            |                      | 完整范围                     |                   |         | 20                       |                    | 5       | 20                       |                    | 5       | 20      | mV       |
| $A_{VD}$  | 大信号<br>差分电<br>压放大 | $V_{CC}=15V$ ,<br>$V_O=1V$ 至 $11V$ ,<br>$R_L \geq 2k\Omega$     | 25°C                 | 50                       | 100               |         | 50                       | 100                |         |                          | 25                 | 100     |         | V/<br>mV |
|           |                   |                                                                 | 完整范围                 | 25                       |                   |         | 25                       |                    |         |                          | 15                 |         |         |          |





|                  |                                       |                                                       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| CMRR             | 共模抑制比                                 | $V_{IC}=V_{ICRmin}$                                   | 25°C | 70  |     |     | 70  | 80  |     | 65  | 80  |     | dB |
| k <sub>SVR</sub> | 电源电压抑制比( $\Delta V_{cc}/\Delta V_o$ ) |                                                       | 25°C | 65  |     |     | 65  | 100 |     | 65  | 100 |     | dB |
| $V_{O1}/V_{O2}$  | 串扰衰减                                  | f=1kHz至20kHz                                          | 25°C |     | 120 |     |     | 120 |     |     | 120 |     | dB |
| I <sub>O</sub>   | 输出电流                                  | 拉电流,<br>$V_{CC}=15V$ ,<br>$V_{ID}=1V$ ,<br>$V_O=0V$   | 25°C | -20 |     |     | -20 | -30 | -60 | -20 | -30 | -60 | mA |
|                  |                                       |                                                       | 完整范围 | -10 |     |     | -10 |     |     | -10 |     |     |    |
|                  |                                       | 灌电流,<br>$V_{CC}=15V$ ,<br>$V_{ID}=-1V$ ,<br>$V_O=15V$ | 25°C | 10  |     |     | 10  | 20  |     | 1   | 20  |     |    |
|                  |                                       |                                                       | 完整范围 | 5   |     |     | 5   |     |     | 5   |     |     |    |
|                  |                                       | $V_{ID}=1V$ ,<br>$V_O=200mV$                          | 25°C | 12  |     |     | 12  | 30  |     | 12  | 30  |     | μA |
| I <sub>OS</sub>  | 短路输出电流                                | $V_{CC}$ 为5V, $V_{CC}$ .<br>为-5V, $V_O=0V$            | 25°C |     | ±40 | ±60 |     | ±40 | ±60 |     | ±40 | ±60 | mA |
| I <sub>CC</sub>  | 电源电流(4个放大器)                           | $V_O=2.5V$ ,空载                                        | 完整范围 |     | 0.7 | 1.2 |     | 0.7 | 1.2 |     | 0.7 | 1.2 | mA |
|                  |                                       | $V_{CC}=30V$ ,<br>$V_O=15V$ ,空载                       | 完整范围 |     | 1.4 | 3   |     | 1.4 | 3   |     | 1.4 | 3   |    |

(1) 除非另有说明, 否则所有特性均在开环条件下以零共模输入电压测定。

(2) 对于 LM124A,, 完整范围为 - 55 ° C 至 +125 ° C, 对于 LM224A, 为 - 25 ° C 至 +85 ° C, 而对于 LM324A 则为 0 ° C 至 70 ° C。

(3) 所有典型值均在 TA=25 ° C 下测得。



## 运行条件

测试条件为  $V_{CC} = \pm 15V$ ,  $T_A = 25^\circ C$  (除非另有说明)

| 参数             |           | 测试条件                                                | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位             |
|----------------|-----------|-----------------------------------------------------|-----|-----|-----|----------------|
| SR             | 单位增益下的压摆率 | $R_L = 1M\Omega, C_L = 30pF, V_I = \pm 10V$ (请参阅图1) |     | 0.5 |     | $V/\mu s$      |
| B <sub>1</sub> | 单位增益带宽    | $R_L = 1M\Omega, C_L = 20pF$ (请参阅图1)                |     | 1.2 |     | MHz            |
| V <sub>n</sub> | 等效输入噪声电压  | $R_s = 100\Omega, V_I = 0V, f = 1kHz$ (请参阅图2)       |     | 35  |     | $nV/\sqrt{Hz}$ |

## 参数测量信息

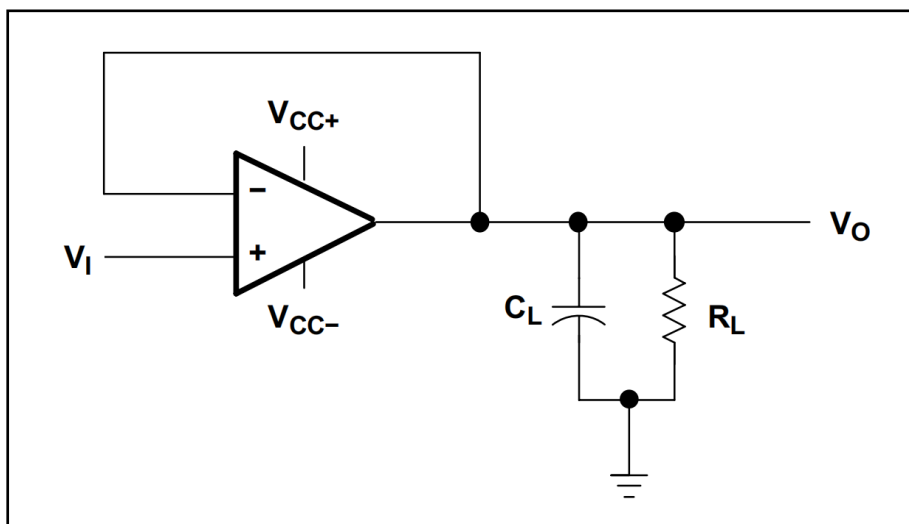


图 1. 单位增益放大器

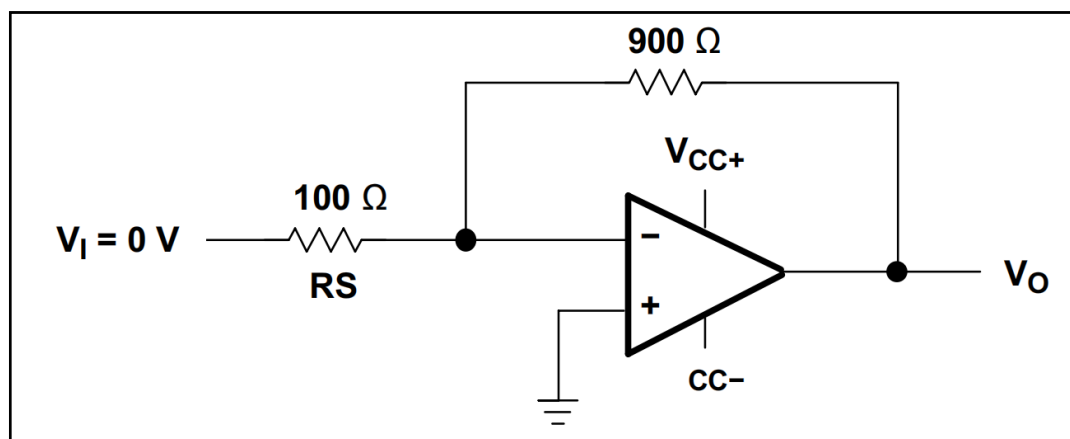


图2. 噪声测试电路



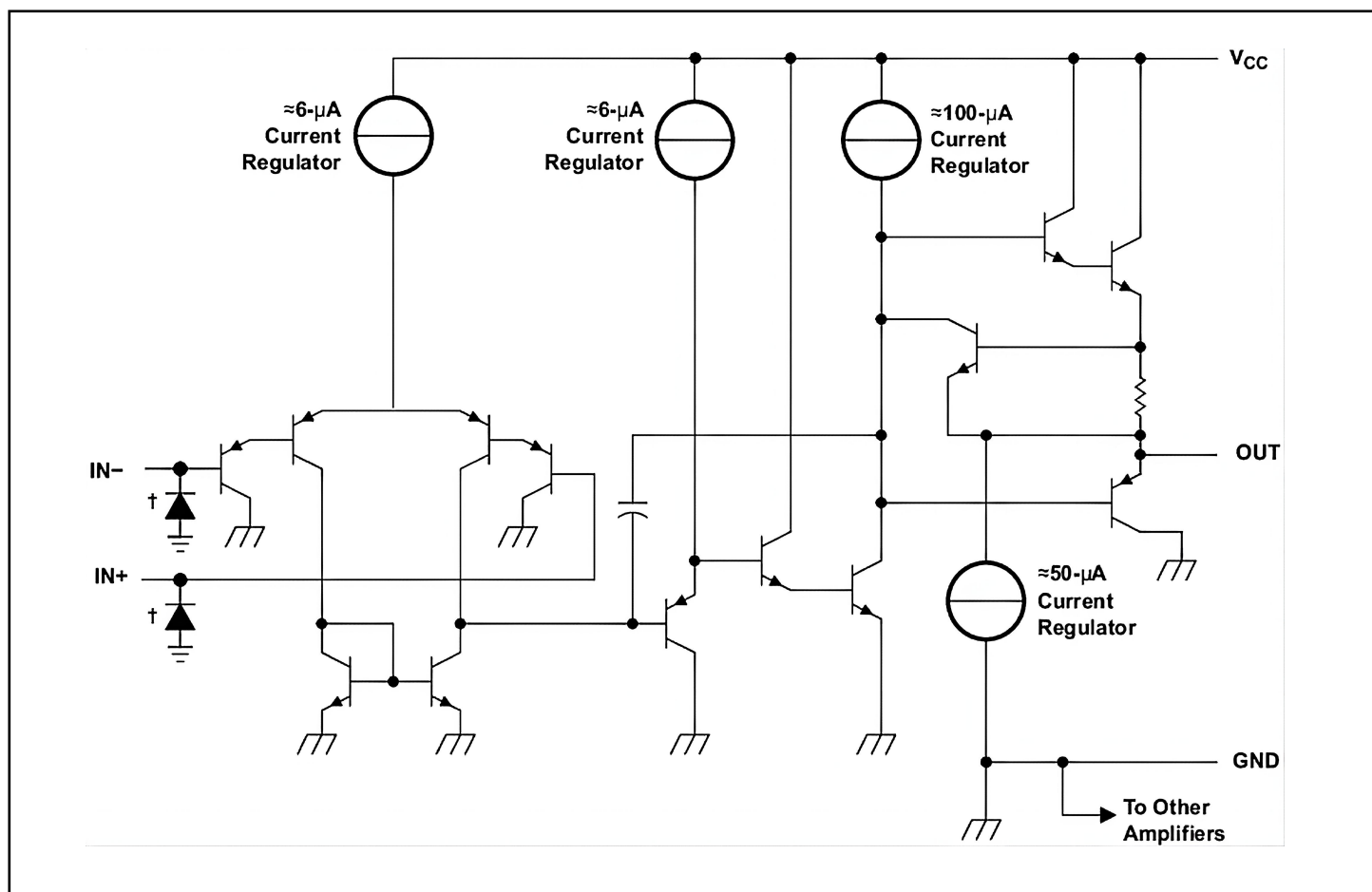
## 详细说明

### 概述

这些器件包含 4 个独立的高增益频率补偿运算放大器，专为在宽电压范围内使用单电源而设计。如果两个电源之间的电压差在 3V 和 36V 之间（B 和 BA 版本）、3V 和 26V 之间（LM2902 器件）或 3V 和 30V 之间（所有其他 器件），并且  $V_{CC}$  比输入共模电压的正值至少高 1.5V，也可使用双电源供电运行。低电源电流消耗与电源电压的幅度无关。

应用包括传感器放大器、直流放大块和所有可在单电源电压系统中更轻松实现的传统运算放大器电路。例如，LM324B 和 LM2902B 器件可以直接在数字系统中使用的标准 5V 电源电压下工作，并提供所需的接口电子元件，而无需添加  $\pm 15V$  电源。

### 功能方框图





| COMPONENT COUNT<br>(total device) |    |
|-----------------------------------|----|
| Epi-FET                           | 1  |
| Transistors                       | 95 |
| Diodes                            | 4  |
| Resistors                         | 11 |
| Capacitors                        | 4  |

ESD 保护单元 - 仅在 B、BA 和 K 版本上提供

## 特性说明

### 单位增益带宽

要计算增益带宽积，请将测得的放大器带宽乘以测得的带宽增益。这些器件具有 1.2 MHz 的高增益带宽。

### 压摆率

转换率是指运算放大器在输入发生变化时可以改变输出的速率。这些器件具有 0.5V/μs 的转换率。

### 输入共模电压范围

有效的共模电压范围是从器件接地到  $V_{CC} - 1.5V$ （在整个温度范围内为  $V_{CC} - 2V$ ）。输入可超过  $V_{CC}$ ，直至最大  $V_{CC}$ ，而不会损坏器件。确保至少一个输入在有效的输入共模电压范围内，才能使输出具有正确的相位。如果两个输入都超出有效范围，则输出相位未定义。如果任一输入低于  $-0.3V$ ，则输入电流应限制为 1mA，并且输出相位未定义。

### 器件功能模式

这些器件会在连接电源时通电。该器件可根据应用情况作为单电源运算放大器或双电源放大器使用。

### 应用信息

LMx24和LM2902运算放大器适用于各种信号调节应用。可以在VCC 之前为输入供电，从而实现多电源电路的灵活性。



## 典型应用

运算放大器的常见应用是反相放大器。该放大器在输入端接受正电压，然后产生同样幅度的负电压。该放大器还会以相同的方式将负电压变为正电压。通过改变反馈路径中的电阻比率，即可实现线性增益。

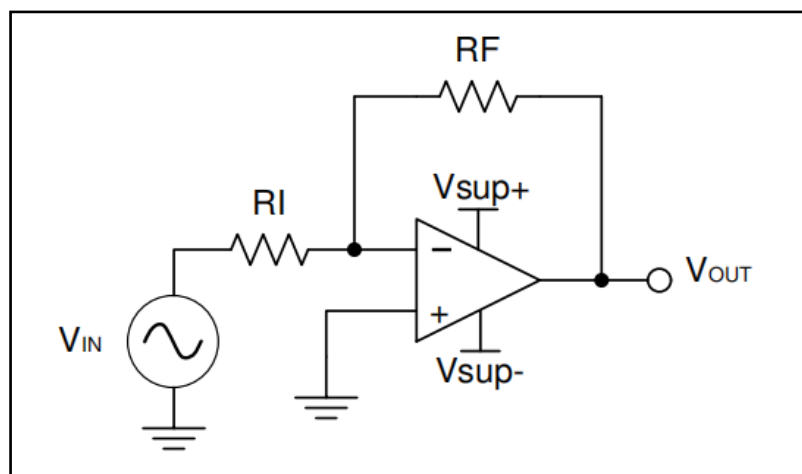


图 3. 应用原理图

## 设计要求

选择的电源电压必须大于输入电压范围和输出范围。例如，此应用将  $\pm 0.5\text{V}$  的信号扩展到  $\pm 1.8\text{V}$ 。将电源设置在  $\pm 12\text{V}$  就足以适应此应用。

## 详细设计过程

使用 方程式 1 和 方程式 2 来确定反相放大器需要的增益：

$$(1) \quad A_v = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

$$(2) \quad A_v = \frac{1.8}{-0.5} = -3.6$$

确定所需增益后，选择  $R_I$  或  $R_F$  的阻值。由于放大器电路使用 mA 级电流，因此需要选择 k $\Omega$  级阻值。这种选择不会消耗过多电流。对于本示例，选择  $R_I$  为 10k $\Omega$ ，这意味着  $R_F$  使用 36k $\Omega$ 。这些值由 方程式 3 确定。

$$(3) \quad A_v = \frac{R_F}{R_I}$$

## 电源相关建议

单电源的电源电压超过 32V 或双电源的电源电压范围超出  $\pm 16V$  可能会对器件造成永久损坏。将  $0.1\ \mu F$  旁路电容器置于电源引脚附近，以减少来自高噪声电源或高阻抗电源的耦合误差。

## 布局

### 布局指南

为了实现器件的出色工作性能，请采用良好的 PCB 布局实践，包括：

- 噪声可通过全部电路电源引脚以及运算放大器自身传入模拟电路。使用旁路电容器，通过提供模拟电路的本地 低阻抗电源来减少耦合噪声。
  - 在每个电源引脚和接地端之间连接低等效串联电阻 (ESR)  $0.1\ \mu F$  陶瓷旁路电容器，并尽量靠近器件放置。
- 从  $V+$  到接地端的单个旁路电容器适用于单电源应用。
- 将电路中的模拟部分和数字部分单独接地是最简单、最有效的噪声抑制方法之一。多层 PCB 上的一层或多层 通常专门用于作为接地平面。接地层有助于散热和减少 EMI 噪声拾取。对数字接地和模拟接地进行物理隔离， 同时应注意接地电流的流动。
- 为了减少寄生耦合，应让输入走线尽可能远离电源或输出走线。如果无法使这些布线保持分离，最好将敏感布 线与有噪声布线以垂直交叉而非平行的方式摆放。
- 外部元件应尽量靠近器件放置。使 RF 和 RG 接近反相输入可尽可能减小寄生电容。
- 尽可能缩短输入走线的长度。切记，输入布线是电路中最敏感的部分。
- 考虑在关键布线周围设定驱动型低阻抗保护环。这样能显著减少附近布线在不同电势下产生的漏电流。

### 布局示例

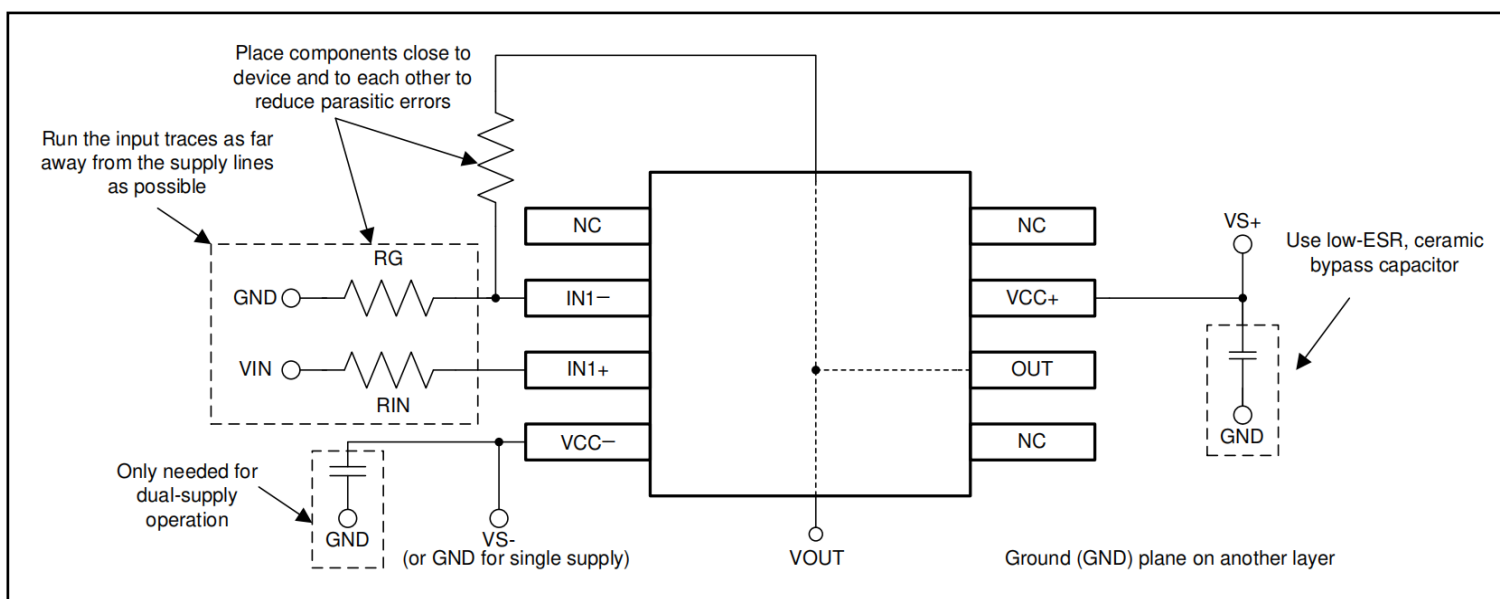


图4. 同相配置的运算放大器电路板布局

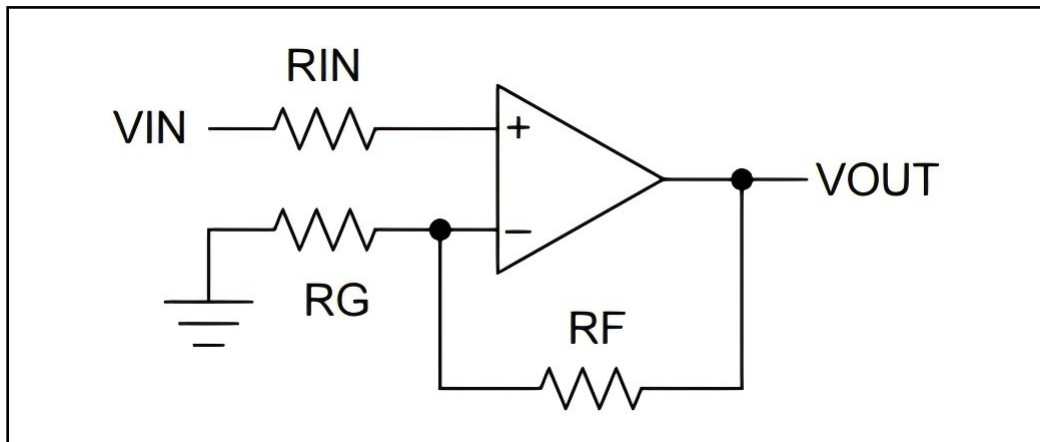


图 5. 同相配置的运算放大器原理图



## 订购信息

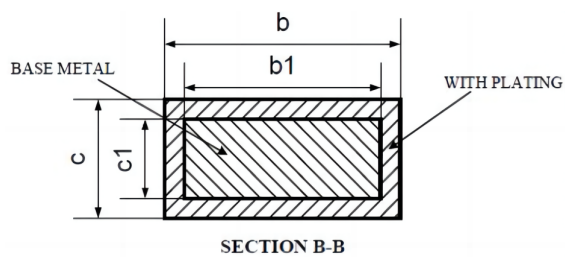
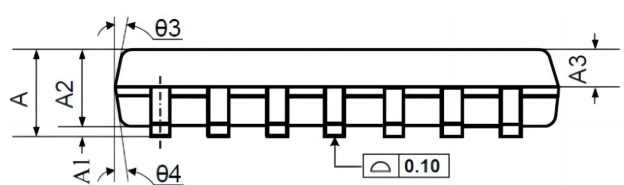
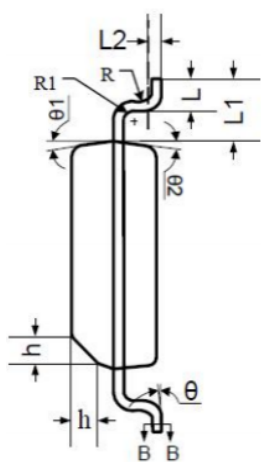
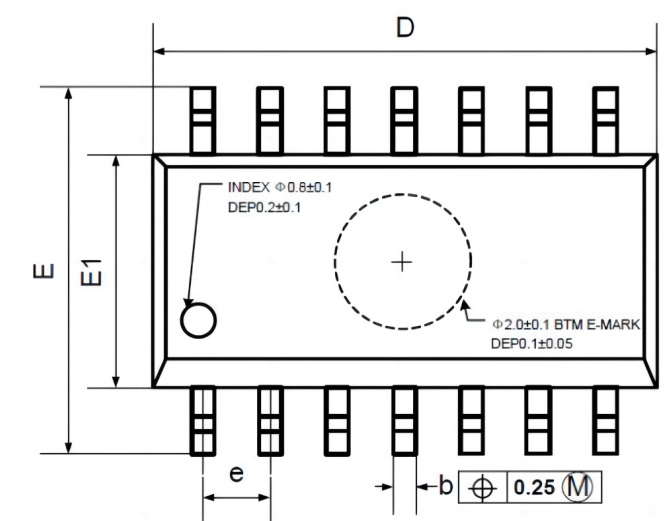
| Order Number     | Package | Package Quantity      | Marking<br>On The park | Temperature   |
|------------------|---------|-----------------------|------------------------|---------------|
| LM324DR-TUDI     | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM324                  | 0°C to 70°C   |
| LM324KADR-TUDI   | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM324KA                |               |
| LM324KAN-TUDI    | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM324KAN               |               |
| LM324KAPWR-TUDI  | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L324KA                 |               |
| LM324KDR-TUDI    | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM324K                 |               |
| LM324KN-TUDI     | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM324KN                |               |
| LM324KPWR-TUDI   | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L324K                  |               |
| LM324N-TUDI      | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM324N                 |               |
| LM324PWR-TUDI    | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L324                   |               |
| LM324ADR-TUDI    | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM324A                 |               |
| LM324AN-TUDI     | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM324AN                |               |
| LM324APWR-TUDI   | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L324A                  |               |
| LM324AN-TUDI     | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM324AN                |               |
| LM324APWR-TUDI   | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L324A                  |               |
| LM324BAIDR-TUDI  | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM324BA                | -40°C to 85°C |
| LM324BAIPWR-TUDI | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L324BA                 |               |
| LM324BIDR-TUDI   | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM324B                 |               |
| LM324BIPWR-TUDI  | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | LM324B                 |               |
| LM224ADR-TUDI    | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM224A                 | -25°C to 85°C |
| LM224AN-TUDI     | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM224AN                |               |





| Order Number       | Package | Package Quantity      | Marking<br>On The park | Temperature    |
|--------------------|---------|-----------------------|------------------------|----------------|
| LM224DR-TUDI       | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM224                  | -25°C to 85°C  |
| LM224KADR-TUDI     | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM224KA                |                |
| LM224KAN-TUDI      | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM224KAN               |                |
| LM224KDR-TUDI      | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM224K                 |                |
| LM224KN-TUDI       | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM224KN                |                |
| LM224N-TUDI        | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM224N                 |                |
| LM2902BAIDR-TUDI   | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM2902BA               | -40°C to 125°C |
| LM2902BAIPWR-TUDI  | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L2902BA                |                |
| LM2902BIDR-TUDI    | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM2902B                |                |
| LM2902BIPWR-TUDI   | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | LM2902B                |                |
| LM2902DR-TUDI      | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM2902                 |                |
| LM2902KAVQDR-TUDI  | SOP14   | Tape,Reel,4000        | L2902KA                |                |
| LM2902KAVQPWR-TUDI | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L2902KA                |                |
| LM2902KN-TUDI      | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM2902KN               |                |
| LM2902KPWR-TUDI    | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L2902K                 |                |
| LM2902KVQDR-TUDI   | SOP14   | Tape,Reel,4000        | L2902KV                |                |
| LM2902KVQPWR-TUDI  | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L2902KV                |                |
| LM2902N-TUDI       | DIP14   | Tube,25,A box of 1000 | LM2902N                |                |
| LM2902PWR-TUDI     | TSSOP14 | Tape,Reel,4000        | L2902                  |                |
| LM124DR-TUDI       | SOP14   | Tape,Reel,4000        | LM124                  | -55°C to 125°C |

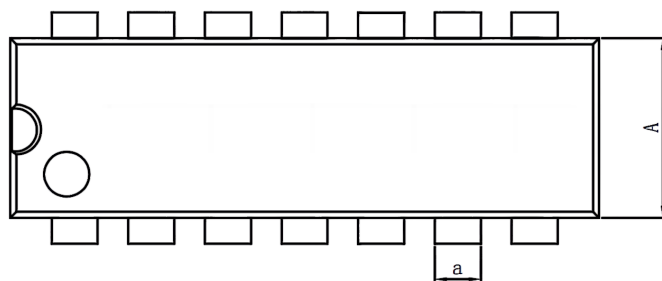
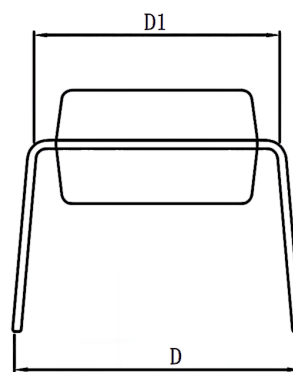
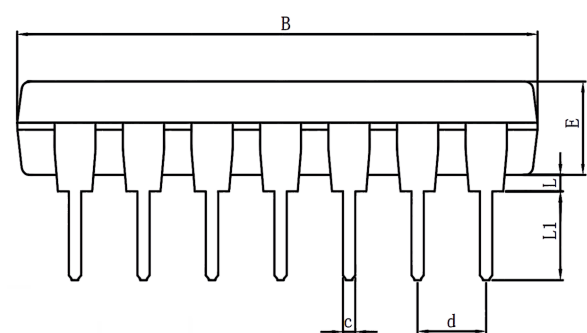
## Package SOP14



| Symbol | Dimensions<br>In Millimeters |      |      |
|--------|------------------------------|------|------|
|        | MIN                          | NOM  | MAX  |
| A      | 1.35                         | 1.60 | 1.75 |
| A1     | 0.10                         | 0.15 | 0.25 |
| A2     | 1.25                         | 1.45 | 1.65 |
| A3     | 0.55                         | 0.65 | 0.75 |
| b      | 0.36                         |      | 0.49 |
| b1     | 0.35                         | 0.40 | 0.45 |
| C      | 0.16                         |      | 0.25 |
| c1     | 0.15                         | 0.20 | 0.25 |
| D      | 8.53                         | 8.63 | 8.73 |
| E      | 5.80                         | 6.00 | 6.20 |
| E1     | 3.80                         | 3.90 | 4.00 |
| e      | 1.27 BSC                     |      |      |
| L      | 0.45                         | 0.60 | 0.80 |
| L1     | 1.04 REF                     |      |      |
| L2     | 0.25 BSC                     |      |      |
| R      | 0.07                         |      |      |
| R1     | 0.07                         |      |      |
| h      | 0.30                         | 0.40 | 0.50 |
| θ      | 0°                           |      | 8°   |
| θ1     | 6°                           | 8°   | 10°  |
| θ2     | 6°                           | 8°   | 10°  |
| θ3     | 5°                           | 7°   | 9°   |
| θ4     | 5°                           | 7°   | 9°   |

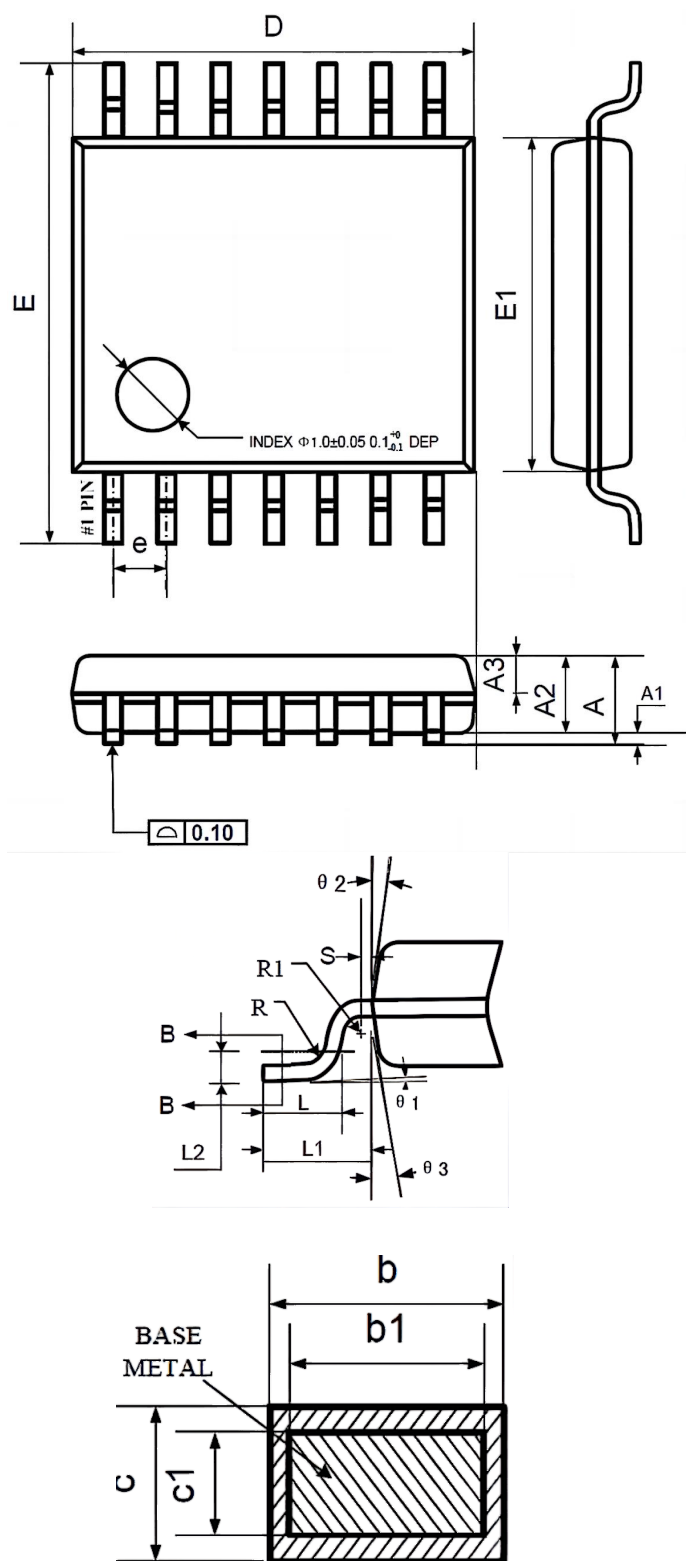


## Package DIP14



| DIM. | MIN    | TYP    | MAX    | DIM. | MIN   | TYP   | MAX   |
|------|--------|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| A    | 6.100  | 6.300  | 6.680  | a    | 1.504 | 1.524 | 1.544 |
| B    | 18.940 | 19.200 | 19.560 | C    | 0.437 | 0.457 | 0.477 |
| D    | 8.200  | 8.700  | 9.200  | d    | 2.530 | 2.540 | 2.550 |
| D1   | 7.42   | 7.62   | 7.82   | L    | 0.500 | —     | 0.800 |
| E    | 3.100  | 3.300  | 3.550  | L1   | 3.000 | 3.200 | 3.600 |

## Package TSSOP14



| Symbol     | Dimensions<br>In Millimeters |      |      |
|------------|------------------------------|------|------|
|            | MIN                          | NOM  | MAX  |
| A          | —                            | —    | 1.20 |
| A1         | 0.05                         | —    | 0.15 |
| A2         | 0.90                         | 1.00 | 1.05 |
| A3         | 0.34                         | 0.44 | 0.54 |
| b          | 0.20                         | —    | 0.28 |
| b1         | 0.20                         | 0.22 | 0.24 |
| C          | 0.10                         | —    | 0.19 |
| c1         | 0.10                         | 0.13 | 0.15 |
| D          | 4.86                         | 4.96 | 5.06 |
| E          | 6.20                         | 6.40 | 6.60 |
| E1         | 4.30                         | 4.40 | 4.50 |
| e          | 0.65 BSC                     |      |      |
| L          | 0.45                         | 0.60 | 0.75 |
| L1         | 1.00 REF                     |      |      |
| L2         | 0.25 BSC                     |      |      |
| R          | 0.09                         | —    | —    |
| R1         | 0.09                         | —    | —    |
| S          | 0.20                         | —    | —    |
| $\theta 1$ | 0°                           | —    | 8°   |
| $\theta 2$ | 10°                          | 12°  | 14°  |
| $\theta 3$ | 10°                          | 12°  | 14°  |



## Important statement:

- TUDI Semiconductor reserves the right to modify the product manual without prior notice! Before placing an order, customers need to confirm whether the obtained information is the latest version and verify the completeness of the relevant information.
- Any semi-guide product is subject to failure or malfunction under specified conditions. It is the buyer's responsibility to comply with safety standards when using TUDI Semiconductor products for system design and whole machine manufacturing. And take the appropriate safety measures to avoid the potential in the risk of loss of personal injury or loss of property situation!
- TUDI Semiconductor products have not been licensed for life support, military, and aerospace applications, and therefore TUDI Semiconductor is not responsible for any consequences arising from the use of this product in these areas.
- If any or all TUDI Semiconductor products (including technical data, services) described or contained in this document are subject to any applicable local export control laws and regulations, they may not be exported without an export license from the relevant authorities in accordance with such laws.
- The specifications of any and all TUDI Semiconductor products described or contained in this document specify the performance, characteristics, and functionality of said products in their standalone state, but do not guarantee the performance, characteristics, and functionality of said products installed in Customer's products or equipment. In order to verify symptoms and conditions that cannot be evaluated in a standalone device, the Customer should ultimately evaluate and test the device installed in the Customer's product device.
- TUDI Semiconductor documentation is only allowed to be copied without any alteration of the content and with the relevant authorization. TUDI Semiconductor assumes no responsibility or liability for altered documents.
- TUDI Semiconductor is committed to becoming the preferred semiconductor brand for customers, and TUDI Semiconductor will strive to provide customers with better performance and better quality products.