

无锡泰连芯科技有限公司

## **TLX852X 型**

# **零漂移轨至轨 I/O CMOS 运算放大器**

2024 年 06 月

# 零漂移、轨至轨 I/O CMOS 运算放大器

## 1 特点

- 低失调电压:  $\pm 1\mu\text{V}$  (典型值)
- 输入失调漂移:  $\pm 0.005\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- 高增益带宽积: **350K Hz**
- 轨到轨输入和输出
- 高增益、**CMRR**、**PSRR**: **130dB**
- 高压摆率: **0.17V/ $\mu\text{s}$**
- 低噪声: **3.2 $\mu\text{Vp-p}$  (0.01~10Hz)**
- 低功耗: **60 $\mu\text{A}$ /运算放大器**
- 过载恢复时间: **6 $\mu\text{s}$**
- 低电源电压: **+2.3V 至 +5.5V**
- 无需外部电容器
- 扩展温度: **-55 $^\circ\text{C}$  至 +125 $^\circ\text{C}$**

## 2 应用

- 温度传感器
- 医疗/工业仪器
- 压力传感器
- 电池供电仪器
- 有源滤波
- 体重秤传感器
- 应变计放大器
- 电源转换器/逆变器

## 3 描述

TLX8521、TLX8522、TLX8524 系列 CMOS 运算放大器采用自稳零技术，可同时提供极低的失调电压（最大值  $5\mu\text{V}$ ）以及接近零的随时间和温度变化的漂移。该系列放大器具有超低的噪声、失调和功耗。

这款微型高精度运算放大器具有高输入阻抗和轨到轨输入及轨到轨输出摆幅。其增益带宽积高达 **350KHz**，压摆率为 **0.17V/ $\mu\text{s}$** 。

可以使用低至 **+2.3V ( $\pm 1.15\text{V}$ )** 和高至 **+5.5V ( $\pm 2.75\text{V}$ )** 的单电源或双电源。

TLX8521/ TLX8522/ TLX8524 额定工作温度范围为扩展工业和汽车级温度范围（-55 $^\circ\text{C}$  至 125 $^\circ\text{C}$ ）。

TLX8521 单通道放大器采用 5 引脚 SOT23 和 8 引脚 SOP 封装。TLX8522 双通道放大器采用 8 引脚 SOP 和 8 引脚 TSSOP 窄带表面贴装封装。TLX8524 四通道放大器采用 14 引脚 SOP 和 14 引脚窄带 TSSOP 封装。

质量等级：军温级 & N1 级

设备信息<sup>(1)</sup>

产品编号	封装	主体尺寸 (标称)
TLX8521	SOT23-5	2.90mm×1.60mm
	SOP8	4.90mm×3.90mm
TLX8522	SOP8	4.90mm×3.90mm
	MSOP8	3.00mm×3.00mm
	DFN2X2-8	2.00mm×2.00mm
TLX8524	SOP14	8.65mm×3.90mm
	TSSOP14	5.00mm×4.40mm

(1) 对于所有可用的封装，请参阅数据表末尾的可订购附录。

## 目录

1 特点 .....	2
2 应用 .....	2
3 描述 .....	2
4 修订历史 .....	4
5 封装/订购信息 <sup>(1)</sup> .....	5
6 引脚配置和功能 .....	6
7 规格 .....	8
7.1 绝对最大额定值 .....	8
7.2 ESD 额定值 .....	8
7.3 建议工作条件 .....	8
7.4 电气特性 .....	9
7.5 典型特性 .....	11
8 详细描述 .....	14
8.1 概述 .....	14
8.2 工作电压 .....	14
9 应用与实施 .....	15
9.1 应用说明 .....	15
9.2 双向电流感应 .....	15
9.3 设计要求 .....	15
9.4 详细设计程序 .....	15
9.5 应用曲线 .....	16
10 布局 .....	17
10.1 布局指南 .....	17
10.2 布局示例 .....	17
11 封装外形尺寸 .....	18
12 卷带信息 .....	24

## 4 修订历史

注意：以前修订的页码可能与当前版本的页码不同。

版本	变更日期	更改项目
C.1	2022/06/01	1. 更新 RevB.8 第 3 页封装数量 2. 增加了卷带包装信息 3. 新增应用说明 RevB.8 第 5 页的输入偏置电流与温度图表
C.2	2023/05/29	添加了注释
C.3	2023/09/15	删除 TLX8523 相关内容
C.3.1	2024/03/01	修改包装命名
C.4	2024/12/24	1. 删除 TLX8521XM 可订购设备 2. 添加 MSL 位于 RevC.3.1 第 4 页

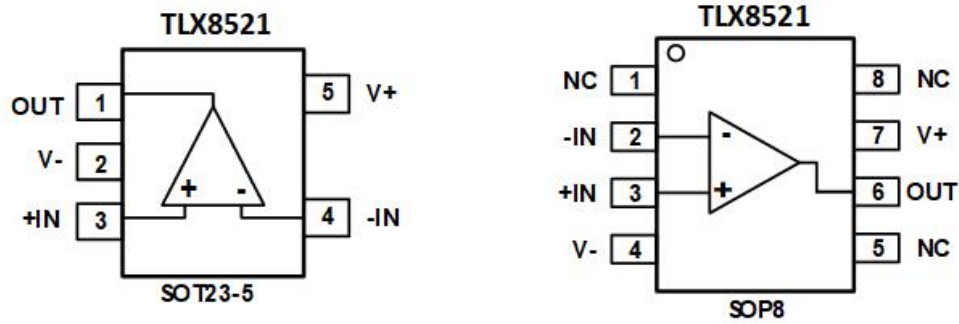
## 5 封装/订购信息<sup>(1)</sup>

订购型号	温度等级	封装类型	丝印标记 <sup>(2)</sup>	MSL	质量等级
JTLX8521XF	-55 °C ~+125 °C	SOT23-5	8521	MSL1/3	N1/军温级
JTLX8521XK	-55 °C ~+125 °C	SOP8	TLX8521	MSL1/3	N1/军温级
JTLX8522XK	-55 °C ~+125 °C	SOP8	TLX8522	MSL1/3	N1/军温级
JTLX8522XM	-55 °C ~+125 °C	MSOP8	TLX8522	MSL1/3	N1/军温级
JTLX8522XTDE8	-55 °C ~+125 °C	DFN2X2 -8	8522	MSL1/3	N1/军温级
JTLX8524XP	-55 °C ~+125 °C	SOP14	TLX8524	MSL1/3	N1/军温级
JTLX8524XQ	-55 °C ~+125 °C	TSSOP14	TLX8524	MSL1/3	N1/军温级
TLX8521XF	-40 °C ~+125 °C	SOT23-5	8521	MSL1/3	工业级
TLX8521XK	-40 °C ~+125 °C	SOP8	TLX8521	MSL1/3	工业级
TLX8522XK	-40 °C ~+125 °C	SOP8	TLX8522	MSL1/3	工业级
TLX8522XM	-40 °C ~+125 °C	MSOP8	TLX8522	MSL1/3	工业级
TLX8522XTDE8	-40 °C ~+125 °C	DFN2X2 -8	8522	MSL1/3	工业级
TLX8524XP	-40 °C ~+125 °C	SOP14	TLX8524	MSL1/3	工业级
TLX8524XQ	-40 °C ~+125 °C	TSSOP14	TLX8524	MSL1/3	工业级

笔记:

- (1) 此信息是指定器件的最新可用数据。数据如有变更，恕不另行通知，亦不会修订本文档。如需此数据表的浏览器版本，请参阅右侧导航栏。
- (2) 可能有额外的标记，涉及批次跟踪代码信息（数据代码和供应商代码）、设备上的徽标或环境类别。
- (3) TLXIC 在其组装工厂中使用符合 JEDEC 工业标准 J-STD- 20F 的通用预处理设置来划分 MSL 等级。如果您的最终应用对预处理设置至关重要，或者您有特殊要求，请与 TLXIC 协调。

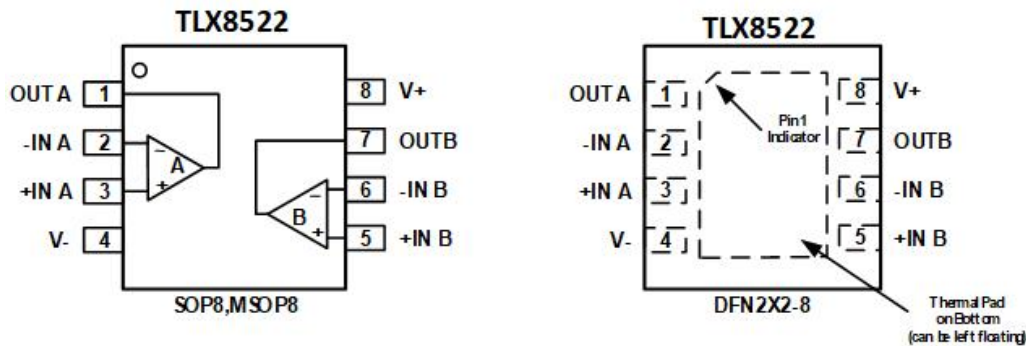
6 引脚配置和功能



引脚描述

代码	引脚		I/O <sup>(1)</sup>	描述
	TLX8521	TLX8521		
	SOT23-5	SOP8		
-IN	4	2	I	负（反相）输入
+IN	3	3	I	正（同相）输入
NC <sup>(2)</sup>	-	1,5,8	-	无内部连接（可以悬空）
OUT	1	6	O	输出
V-	2	4	-	负（最低）电源
V+	5	7	-	正极（最高）电源

- (1) I = 输入，O = 输出。  
(2) 无内部连接。通常建议使用 GND 连接至散热平面。

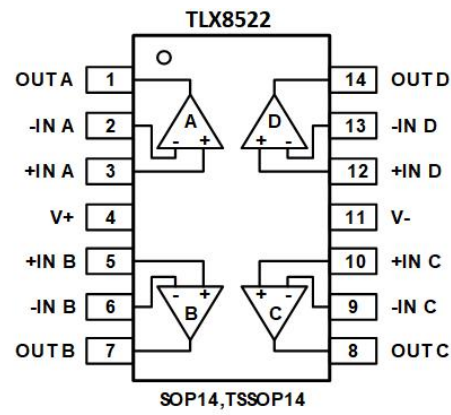


引脚描述

代码	引脚	I/O <sup>(1)</sup>	描述
	SOP8/MSOP8/DFN2X2-8		
-INA	2	I	反相输入，通道A
+INA	3	I	同相输入，通道A
-INB	6	I	反相输入，通道B
+INB	5	I	同相输入，通道B
OUTA	1	O	输出，通道 A
OUTB	7	O	输出，通道 B
V-	4	-	负（最低）电源
V+	8	-	正极（最高）电源
-	导热垫	-	将导热垫连接至 V-

- (1) I = 输入，O = 输出。

引脚配置和功能



引脚描述

代码	引脚	I/O <sup>(1)</sup>	描述
	SOP14 / TSSOP14		
-INA	2	I	反相输入，通道A
+INA	3	I	同相输入，通道A
-INB	6	I	反相输入，通道B
+INB	5	I	同相输入，通道B
-INC	9	I	反相输入，通道C
+INC	10	I	同相输入，通道C
-IND	13	I	反相输入，通道D
+IND	12	I	同相输入，通道D
OUTA	1	O	输出，通道A
OUTB	7	O	输出，通道B
OUTC	8	O	输出，通道C
OUTD	14	O	输出，通道D
V-	11	-	负（最低）电源
V+	4	-	正极（最高）电源

(1) I = 输入，O = 输出。

## 7 规格

### 7.1 绝对最大额定值

在自然通风工作温度范围内（除非另有说明）<sup>(1)</sup>

			分钟	最大限度	单元
电压	电源, $V_S = (V+) - (V-)$			7	V
	信号输入引脚 <sup>(2)</sup>		(V-)-0.5	(V+) +0.5	
	信号输出引脚 <sup>(3)</sup>		(V-)-0.5	(V+) +0.5	
电流	信号输入引脚 <sup>(2)</sup>		-10	10	mA
	信号输出引脚 <sup>(3)</sup>		-55	55	mA
	输出短路 <sup>(4)</sup>		连续的		
$\theta_{JA}$	封装热阻 <sup>(5)</sup>	SOT23-5		230	°C/W
		SOP8		110	
		MSOP8		170	
		SOP14		105	
		TSSOP14		90	
		DFN2X2-8		80	
温度	工作范围, $T_A$		-55	125	°C
	交界处, $T_J$ <sup>(6)</sup>		-55	150	
	储存温度, $T_{stg}$		-65	150	

(1) 超过这些额定值的应力可能会造成永久性损坏。长时间暴露于绝对最大条件可能会降低器件的可靠性。这些仅为应力额定值，并不保证器件在这些或任何其他超出规定值的条件下能够正常工作。

(2) 输入端采用二极管钳位连接到电源轨。如果输入信号摆幅超过电源轨 0.5V，则应将电流限制在 10mA 或以下。

(3) 输出端采用二极管钳位连接至电源轨。输出信号摆幅超过电源轨 0.5V 以上时，应将电流限制在 ±55mA 或以下。

(4) 短路至地，每个包装一个放大器。

(5) 封装热阻按照 JESD-51 计算。

(6) 最大功耗是  $T_J(\text{MAX})$ 、 $R_{\theta JA}$  和  $T_A$  的函数。任何环境温度下允许的最大功耗为  $P_D = (T_J(\text{MAX}) - T_A) / R_{\theta JA}$ 。所有数值均适用于直接焊接在 PCB 上的封装。

### 7.2 ESD 额定值

以下 ESD 信息仅适用于在 ESD 保护区内处理 ESD 敏感设备。

			数值	单位
静电放电 (ESD)	静电放电	人体模型 (HBM)	±5000	V
		机械模型 (MM)	±400	



#### ESD 敏感度警告

ESD 损害的范围很广，从轻微的性能下降到器件的彻底失效。精密集成电路更容易受到损坏，因为即使很小的参数变化也可能导致器件不符合其公开的规格。

### 7.3 建议工作条件

在自然通风工作温度范围内（除非另有说明）

		最小值	正常值	最大值	单位
电源电压, $V_S = (V+) - (V-)$	单电源	2.3		5.5	V
	双电源	±1.15		±2.75	



## 7.4 电气特性

粗体限制适用于指定的温度范围,  $T_A^{(9)} = -55^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$ .

除非另有说明, 否则  $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_S = 5\text{V}$ ,  $R_L = 10\text{k}\Omega$  连接至  $V_S/2$ , and  $V_{\text{OUT}} = V_S/2$ ,  $V_{\text{CM}} = V_S/2$ ,  $\text{ ) }^{(1)}$

范围	代码	测试条件	TLX8521 , TLX8522 , TLX8524			
			最小值 <sup>(2)</sup>	典型值 <sup>(3)</sup>	最大值 <sup>(2)</sup>	单位
失调电压						
输入失调电压	V <sub>OS</sub>	V <sub>CM</sub> = V <sub>S</sub> /2	-5	±1	5	μV
输入失调电压平均漂移	V <sub>OS</sub> Tc			±0.005	±0.05	μV/°C
电源抑制比	PSRR	V <sub>S</sub> = +2.3V to +5.5V, V <sub>CM</sub> = 0	110	130		dB
通道分离, 直流				0.1		μV/V
输入偏置电流						
输入偏置电流 <sup>(4) (5)</sup>	I <sub>B</sub>	V <sub>CM</sub> = V <sub>S</sub> /2		±10		pA
输入失调电流 <sup>(4)</sup>	I <sub>OS</sub>			±10		pA
噪音性能						
输入电压噪声	e <sub>n</sub> p-p	f= 0.01Hz to 10Hz		3.2		μVpp
输入电压噪声	e <sub>n</sub> p-p	f= 0.01Hz to 1Hz		0.97		μVpp
输入电压噪声密度	e <sub>n</sub>	f= 1KHz		140		nV/ √Hz
输入电流噪声密度	i <sub>n</sub>	f= 10Hz		15		fA/ √Hz
输入电压范围						
共模电压范围	V <sub>CM</sub>		(V-) -0.1		(V+) +0.1	V
共模抑制比	CMRR	(V-) -0.1V < V <sub>CM</sub> < (V+)+ 0.1V	110	130		dB
输入电容						
微分				1		pF
共模				5		pF
开环增益						
开环电压增益	A <sub>OL</sub>	R <sub>L</sub> = 10KΩ, V <sub>O</sub> = 0.3V to 4.7V, T <sub>A</sub> = -55°C to 125°C	110	130		dB
动态性能						
转换速率 <sup>(8)</sup>	SR	G= +1		0.17		V/μs
增益带宽积	GBW			350		KHz
过载恢复时间	t <sub>OR</sub>			6		μs
输出特性						
输出电压高	V <sub>OH</sub>	R <sub>L</sub> =100 KΩ to GND	4.99	4.998		V
		R <sub>L</sub> =10 KΩ to GND	4.95	4.98		
输出电压低	V <sub>OL</sub>	R <sub>L</sub> = 100 KΩ to V+		1	10	mV
		R <sub>L</sub> =10 KΩ to V+		10	30	
短路电流 <sup>(6) (7)</sup>	I <sub>SC</sub>			25		mA
电源						
工作电压范围	V <sub>S</sub>		2.3		5.5	V
静态电流/放大器	I <sub>Q</sub>			60	87	μA

笔记:

- (1) 电气表值仅适用于所示温度下的工厂测试条件。工厂测试条件下器件的自热效应非常有限。
- (2) 限值是在 **25°C** 下进行 **100%** 生产测试得出的。工作温度范围内的限值通过统计质量控制 (**SQC**) 方法的相关性来确保。
- (3) 典型值代表特性测定时确定的最可能的参数标准。实际典型值可能随时间变化，并取决于应用和配置。
- (4) 此参数由设计和/或特性确保，并未在生产中测试。
- (5) 正电流对应于流入器件的电流。
- (6) 最大功耗是  $T_{J(MAX)}$ 、 $R_{\theta JA}$  和  $T_A$  的函数。任何环境温度下允许的最大功耗为  $P_D = (T_{J(MAX)} - T_A) / R_{\theta JA}$ 。所有数值均适用于直接焊接在 **PCB** 上的封装。
- (7) 短路试验是瞬时试验。
- (8) 指定的数字是正向或负向斜率中较慢的一个。
- (9) 仅通过特性指定。

## 7.5 典型特性

注意：本说明后面提供的图表是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

$T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = 5\text{V}$ ,  $R_L = 10\text{k}\Omega$  连接至  $V_S/2$ ,  $V_{OUT} = V_S/2$ , 除非另有说明。

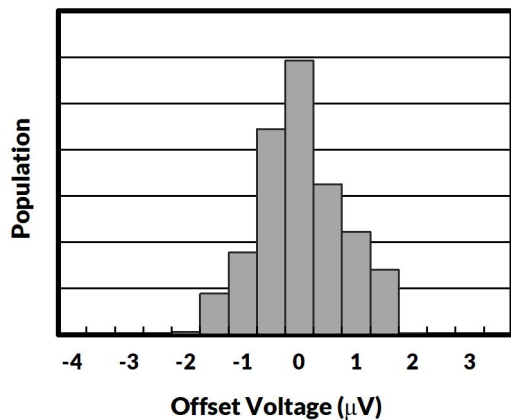


图 1. 失调电压产生分布

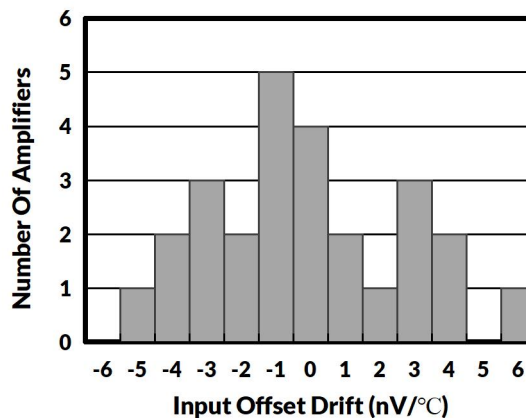


图 2. 失调电压漂移产生分布

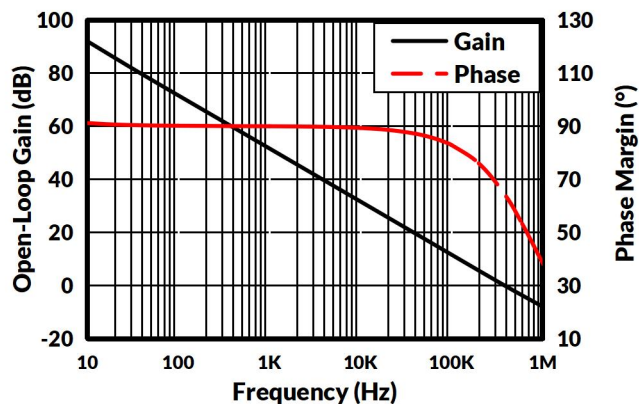


图 3. 开环增益和相位与频率的关系

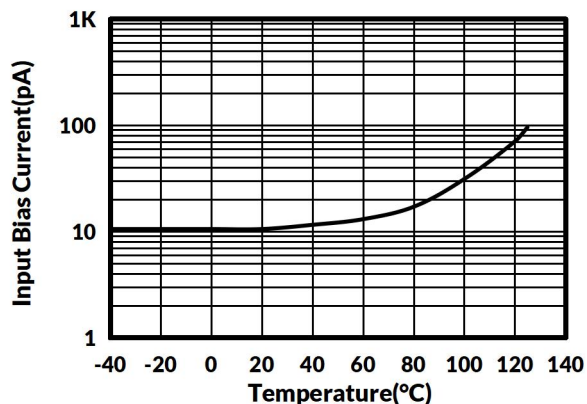


图 4. 输入偏置电流与温度的关系

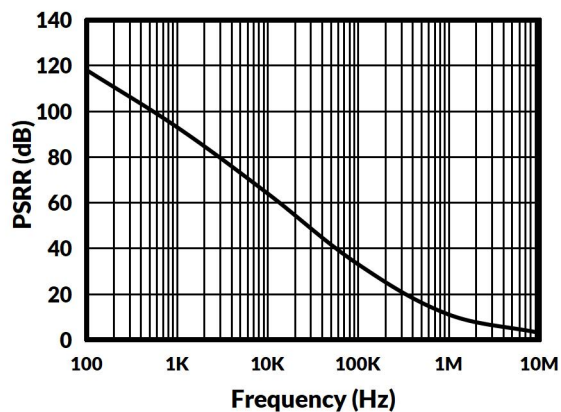


图 5. 电源抑制比与频率的关系

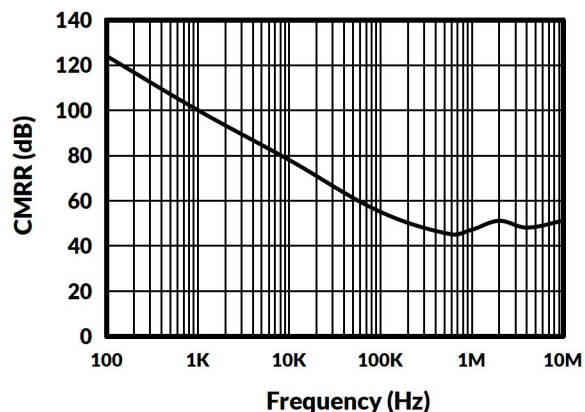


图 6. 共模抑制比与频率的关系

## 典型特征

注意：本说明后面提供的图表是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

$T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = 5\text{V}$ ,  $R_L = 10\text{k}\Omega$  连接至  $V_S/2$ ,  $V_{OUT} = V_S/2$ , 除非另有说明。

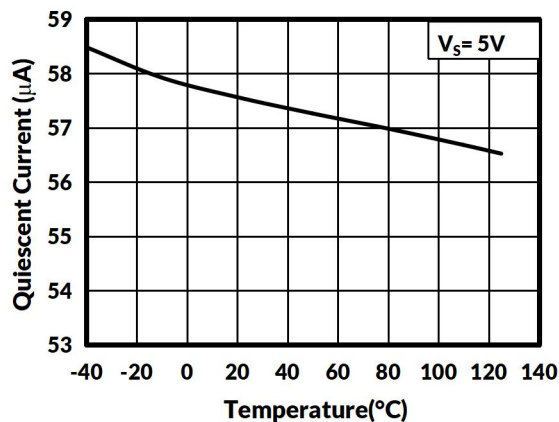


图 7. 静态电流与温度的关系

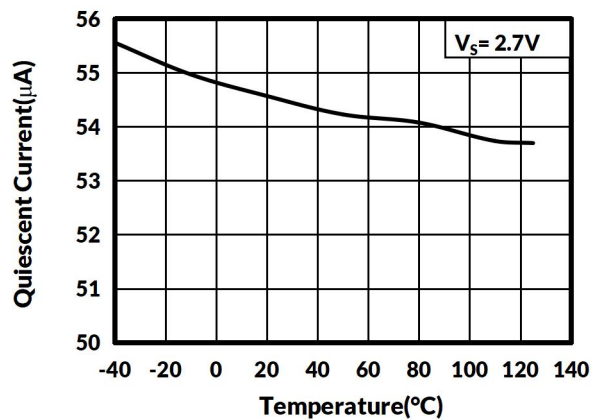


图 8. 静态电流与温度的关系

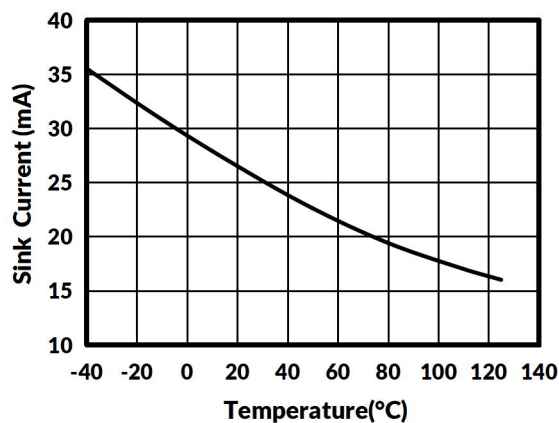


图 9. 灌电流与温度的关系

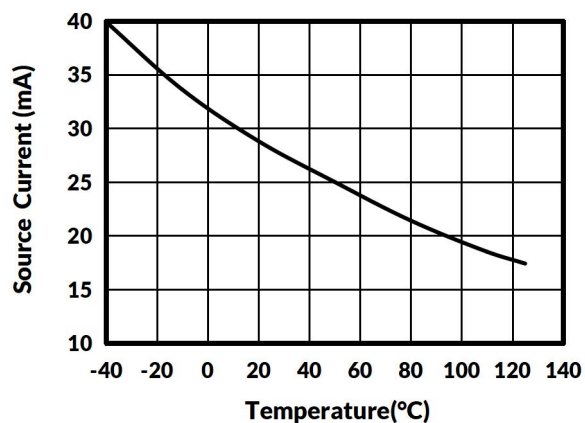


图 10. 源电流与温度的关系

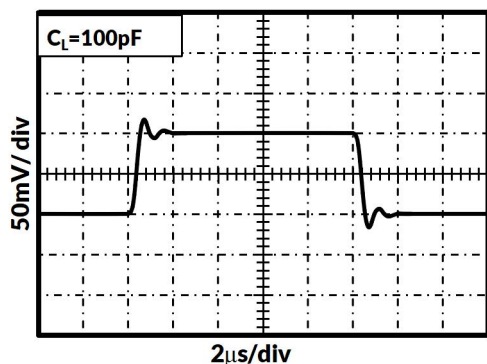


图 11. 小信号阶跃响应

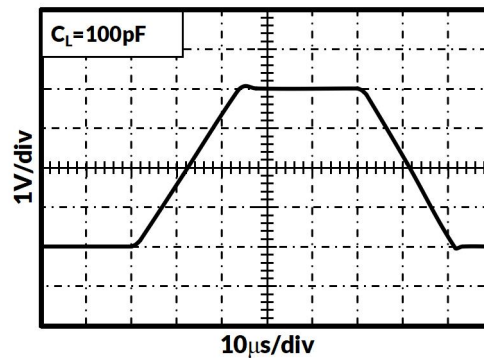


图 12. 大信号阶跃响应

## 典型特征

注意：本说明后面提供的图表是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

$T_A = +25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_S = 5\text{V}$ ,  $R_L = 10\text{k}\Omega$  连接至  $V_S/2$ ,  $V_{OUT} = V_S/2$ , 除非另有说明。

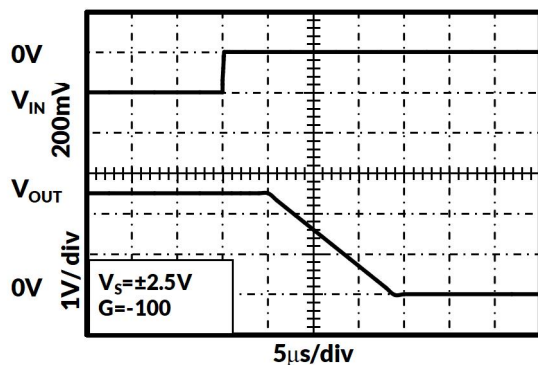


图 13. 正过压恢复

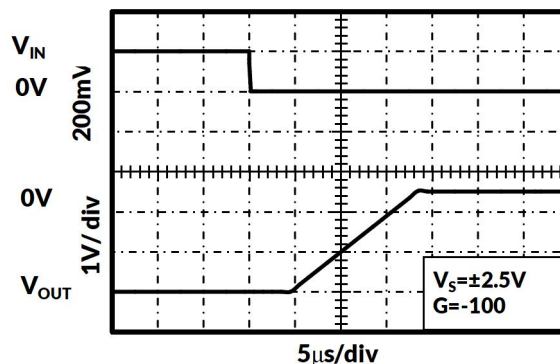


图 14. 负过压恢复

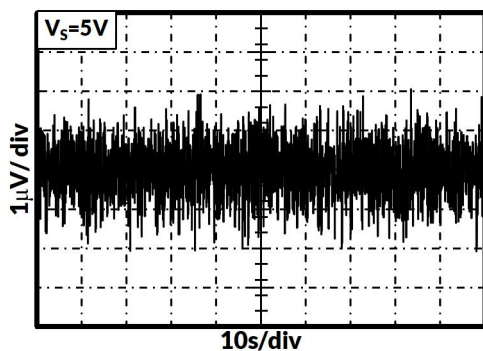


图 15. 0.01Hz 至 10Hz 噪声

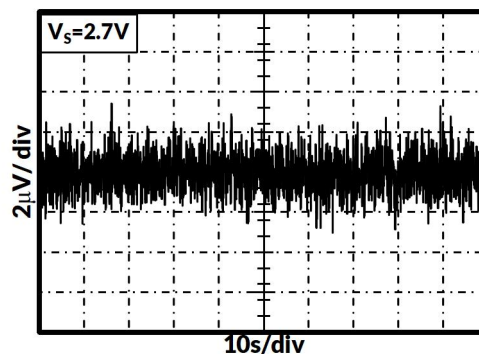


图 16. 0.01Hz 至 10Hz 噪声

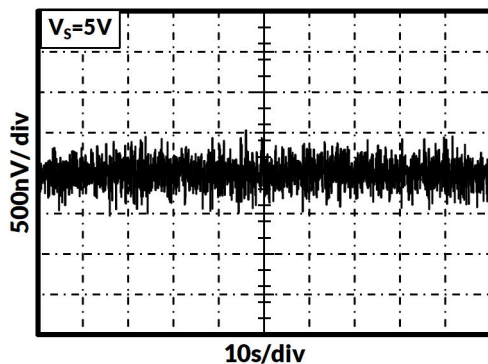


图 17. 0.01Hz 至 1Hz 噪声

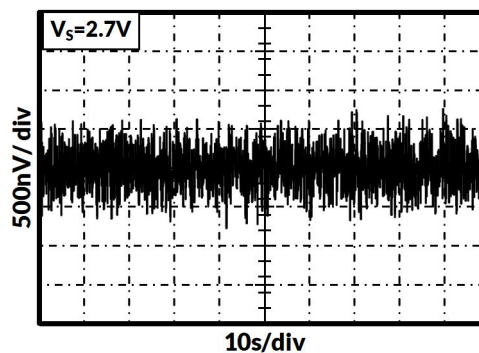


图 18. 0.01Hz 至 1Hz 噪声

## 8 详细描述

### 8.1 概述

**TLX8521、TLX8522、TLX8524** 系列运算放大器具有单位增益稳定特性，不会发生意外的输出相位反转。它们采用自动归零技术，可提供低失调电压以及极低的随时间和温度变化的漂移。

良好的布局实践要求使用紧密放置在电源引脚上的 **0.1 $\mu$ F** 电容器。

为了实现最低失调电压和高精度性能，应优化电路布局和机械条件。避免由不同导体连接形成的热电偶结点中产生热电（塞贝克）效应的温度梯度。通过确保两个输入端的热电势相等，可以抵消这些热电势。

- 使用低热电系数连接（避免使用不同的金属）。
- 将组件与电源或其他热源进行热隔离。
- 将运算放大器和输入电路与气流（例如冷却风扇）隔离。

遵循这些指导原则将降低结处于不同温度的可能性，这可能会导致 **0.1 $\mu$ V/°C** 或更高的热电电压，具体取决于所使用的材料。

### 8.2 工作电压

**TLX8521、TLX8522、TLX8524** 系列运算放大器的工作电源电压范围为 **+2.3V 至 +5.5V ( $\pm 1.15V$  至  $\pm 2.75V$ )**。高于 **7V** (绝对最大值) 的电源电压可能会对放大器造成永久性损坏。随电源电压或温度变化的参数已列于本数据手册的“典型特性”部分。

## 9 应用与实施

以下应用部分中的信息不属于 **TLXIC** 组件规范的一部分，**TLXIC** 不保证其准确性或完整性。**TLXIC** 的客户应自行负责确定组件是否适合其用途。客户应验证并测试其设计实现，以确认系统功能。

### 9.1 应用说明

**TLX852X** 是一款单位增益稳定、精密运算放大器，具有极低的失调电压漂移；这些器件也不存在输出相位反转问题。对于电源噪声大或阻抗高的应用，需要在靠近器件电源引脚的地方放置去耦电容。大多数情况下，**0.1μF** 电容即可满足要求。

### 典型应用

#### 9.2 双向电流感应

这款单电源、低侧、双向电流检测解决方案可检测 **-1 A 至 1 A** 的负载电流。单端输出范围为 **110 mV 至 3.19 V**。本设计采用 **TLX852X**，因为它具有低失调电压和轨到轨输入/输出功能。其中一个放大器配置为差分放大器，另一个提供基准电压。

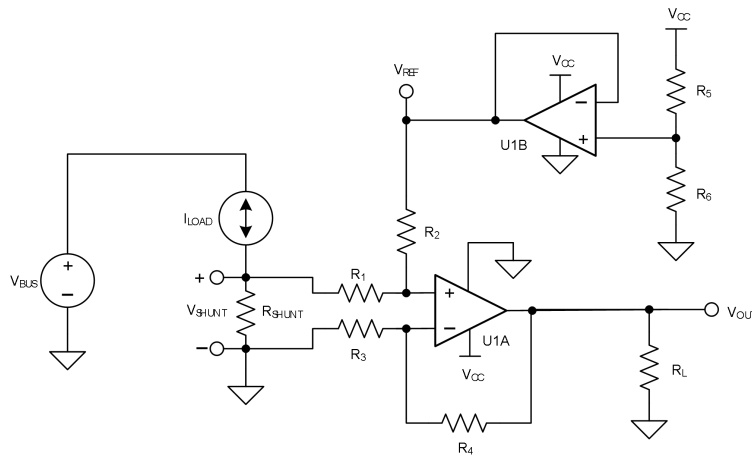


图 19. 双向电流感应原理图

#### 9.3 设计要求

此解决方案具有以下要求：

- 电源电压：3.3 V
- 输入：-1 A 至 1 A
- 输出：1.65 V ± 1.54 V（110 mV 至 3.19 V）

#### 9.4 详细设计程序

负载电流  $I_{LOAD}$  流过分流电阻 ( $R_{SHUNT}$ )，产生分流电压  $V_{SHUNT}$ 。分流电压随后由差分放大器放大，该放大器由 **U1A** 和  $R_1$  至  $R_4$  组成。差分放大器的增益由  $R_4$  与  $R_3$  的比率设置。为了最大限度地减少误差，设置  $R_2 = R_4$  且  $R_1 = R_3$ 。基准电压  $V_{REF}$  由使用 **U1B** 缓冲电阻分压器提供。传递函数由公式 1 给出。

$$V_{OUT} = V_{SHUNT} \times \text{Gain}_{\text{Diff\_Amp}} + V_{REF}$$

在哪里

$$V_{SHUNT} = I_{LOAD} \times R_{SHUNT}$$

$$\text{Gain}_{\text{Diff\_Amp}} = \frac{R_4}{R_3}$$

$$V_{REF} = V_{CC} \times \left[ \frac{R_6}{R_5 + R_6} \right]$$

(1)

此设计中有两种类型的误差：失调和增益。增益误差由分流电阻的容差以及  $R_4$  与  $R_3$  的比率（类似地， $R_2$  与  $R_1$  的比率）引起。失调误差由分压器 ( $R_5$  和  $R_6$ ) 以及  $R_4/R_3$  与  $R_2/R_1$  的比率匹配程度引起。后者值会影响差分放大器的 **CMRR**，最终转化为失调误差。由于这是一个低侧测量，因此  $V_{SHUNT}$  的值是系统负载的地电位。因此，为

$V_{SHUNT}$  设定一个最大值非常重要。在此设计中， $V_{SHUNT}$  的最大值设置为 **100 mV**。公式 2 计算分流电阻的最大值，假设最大分流电压为 **100 mV**，最大负载电流为 **1 A**。

$$R_{SHUNT(Max)} = \frac{V_{SHUNT(Max)}}{I_{LOAD(Max)}} = \frac{100 \text{ mV}}{1 \text{ A}} = 100 \text{ m}\Omega \quad (2)$$

$R_{SHUNT}$  的容差与成本成正比。本设计选择了容差为 **0.5%** 的分流电阻。如果需要更高精度，请选择容差为 **0.1%** 或更高精度的电阻。

负载电流是双向的；因此，分流电压范围为 **-100 mV** 至 **100 mV**。该电压在到达运算放大器 **U1A** 之前由 **R<sub>1</sub>** 和 **R<sub>2</sub>** 分压。注意确保 **U1A** 同相节点处的电压在器件的共模范围内。因此，使用共模范围低于负电源电压的运算放大器（例如 **TLX852X**）非常重要。最后，为了最大限度地减少失调误差，请注意 **TLX852X** 的典型失调电压为 **±2 μV**（最大值为 **±10 μV**）。假设对称负载电流为 **-1 A** 至 **1 A**，则分压器电阻（**R<sub>5</sub>** 和 **R<sub>6</sub>**）必须相等。为了与分流电阻保持一致，选择了 **0.5%** 的容差。为了最大限度地降低功耗，使用了 **10 kΩ** 电阻。要设置差分放大器的增益，必须考虑 **TLX852X** 的共模范围和输出摆幅。公式 3 和公式 4 分别给出了 **TLX852X** 在 **3.3 V** 电源下的典型共模范围和最大输出摆幅。

$$-100 \text{ mV} < V_{CM} < 3.4 \text{ V} \quad (3)$$

$$100 \text{ mV} < V_{OUT} < 3.2 \text{ V} \quad (4)$$

现在可以按照公式 5 所示计算差分放大器的增益。

$$\text{Gain}_{\text{Diff\_Amp}} = \frac{V_{OUT\_Max} - V_{OUT\_Min}}{R_{SHUNT} \times (I_{MAX} - I_{MIN})} = \frac{3.2 \text{ V} - 100 \text{ mV}}{100 \text{ m}\Omega \times [1 \text{ A} - (-1 \text{ A})]} = 15.5 \frac{\text{V}}{\text{V}} \quad (5)$$

**R<sub>1</sub>** 和 **R<sub>3</sub>** 的电阻值为 **1 kΩ**。**R<sub>2</sub>** 和 **R<sub>4</sub>** 的电阻值为 **15.4 kΩ**，因为该值最接近标准值。因此，差分放大器的理想增益为 **15.4 V/V**。

电路的增益误差主要取决于 **R<sub>1</sub>** 至 **R<sub>4</sub>**。鉴于这种相关性，我们选择了 **0.1%** 电阻。这种配置降低了设计需要两点校准的可能性。如果需要，只需进行简单的单点校准即可消除 **0.5%** 电阻引入的失调误差。

## 9.5 应用曲线

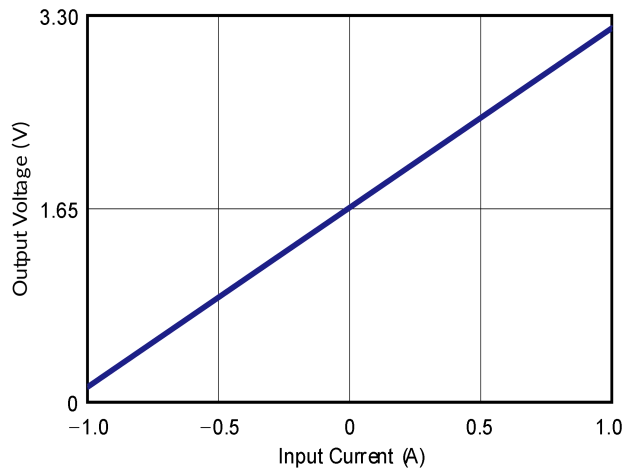


图 20. 双向电流检测电路性能：输出电压与输入电流



## 10 布局

### 10.1 布局指南

始终建议遵循良好的布局实践。保持走线短。尽可能使用 **PCB** 接地层，并将表贴元件尽可能靠近器件引脚放置。在电源引脚附近放置一个 **0.1 $\mu$ F** 电容。

这些指导原则应应用于整个模拟电路，以提高性能并提供诸如降低 **EMI** 敏感性等好处。

### 10.2 布局示例

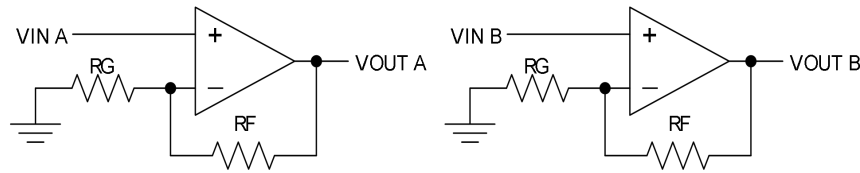


图 21. 示意图

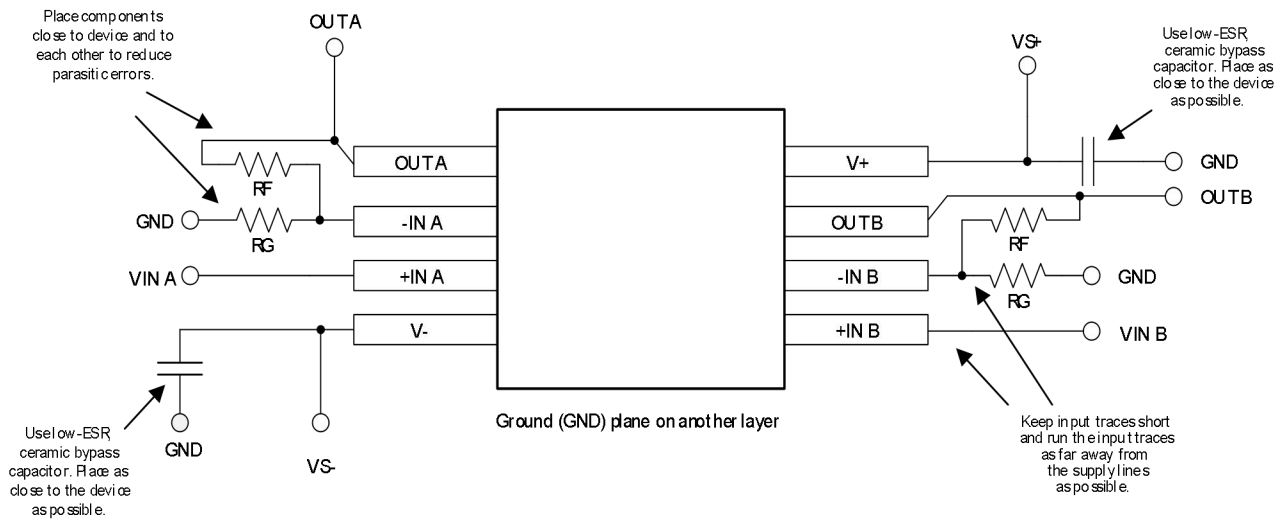
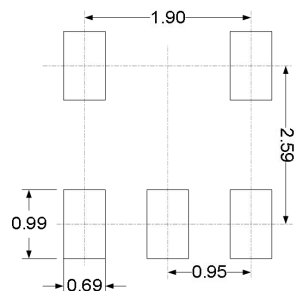
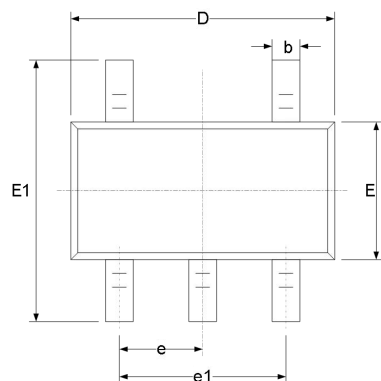


图 22. 布局示例

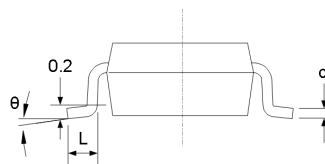
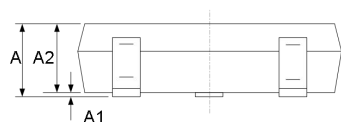
注意：布局建议仅适用于双运算放大器，对于单运算放大器和四运算放大器也应采取类似的预防措施。

# 11 封装外形尺寸

## SOT23-5<sup>(3)</sup>



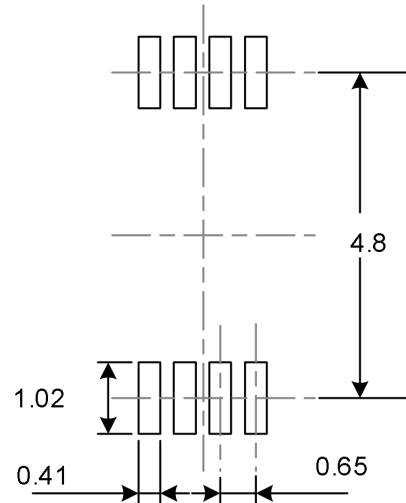
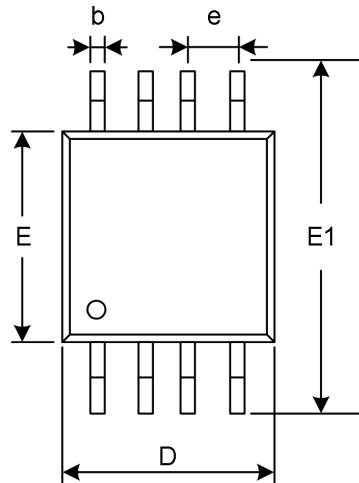
RECOMMENDED LAND PATTERN (Unit: mm)



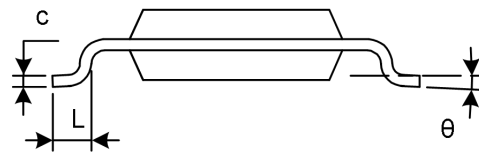
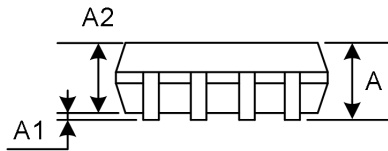
代码	尺寸 (毫米)		尺寸 (英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
<b>A<sup>(1)</sup></b>	<b>1.050</b>	<b>1.250</b>	<b>0.041</b>	<b>0.049</b>
<b>A1</b>	<b>0.000</b>	<b>0.100</b>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>
<b>A2</b>	<b>1.050</b>	<b>1.150</b>	<b>0.041</b>	<b>0.045</b>
<b>b</b>	<b>0.300</b>	<b>0.500</b>	<b>0.012</b>	<b>0.020</b>
<b>c</b>	<b>0.100</b>	<b>0.200</b>	<b>0.004</b>	<b>0.008</b>
<b>D<sup>(1)</sup></b>	<b>2.820</b>	<b>3.020</b>	<b>0.111</b>	<b>0.119</b>
<b>E<sup>(1)</sup></b>	<b>1.500</b>	<b>1.700</b>	<b>0.059</b>	<b>0.067</b>
<b>E1</b>	<b>2.650</b>	<b>2.950</b>	<b>0.104</b>	<b>0.116</b>
<b>e</b>	<b>0.950(BSC)<sup>(2)</sup></b>		<b>0.037(BSC)<sup>(2)</sup></b>	
<b>e1</b>	<b>1.800</b>	<b>2.000</b>	<b>0.071</b>	<b>0.079</b>
<b>L</b>	<b>0.300</b>	<b>0.600</b>	<b>0.012</b>	<b>0.024</b>
<b><math>\theta</math></b>	<b>0°</b>	<b>8°</b>	<b>0°</b>	<b>8°</b>

笔记:

1. 不包括每侧最大 0.15 毫米的塑料或金属突出物。
2. BSC (中心间基本间距), “基本”间距是名义上的。
3. 本图纸如有更改, 恕不另行通知。

SOP8<sup>(3)</sup>

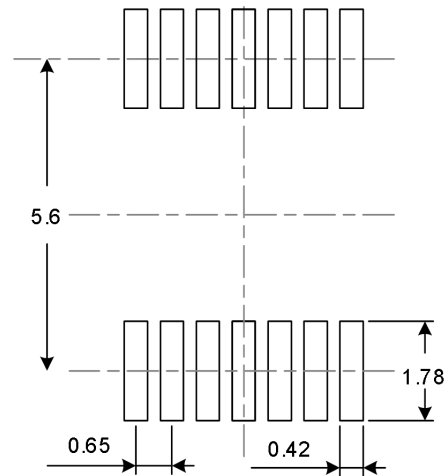
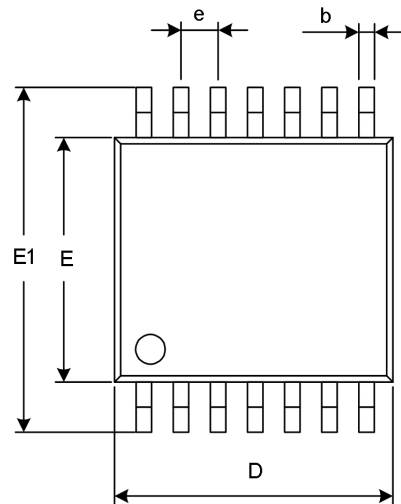
RECOMMENDED LAND PATTERN (Unit: mm)



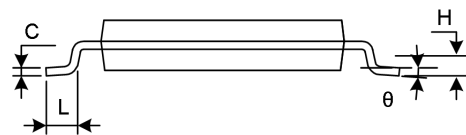
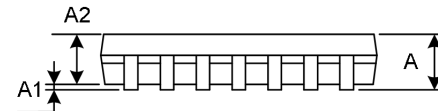
代码	尺寸 (毫米)		尺寸 (英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
<b>A<sup>(1)</sup></b>	<b>0.820</b>	<b>1.100</b>	<b>0.032</b>	<b>0.043</b>
<b>A1</b>	<b>0.020</b>	<b>0.150</b>	<b>0.001</b>	<b>0.006</b>
<b>A2</b>	<b>0.750</b>	<b>0.950</b>	<b>0.030</b>	<b>0.037</b>
<b>b</b>	<b>0.250</b>	<b>0.380</b>	<b>0.010</b>	<b>0.015</b>
<b>c</b>	<b>0.090</b>	<b>0.230</b>	<b>0.004</b>	<b>0.009</b>
<b>D<sup>(1)</sup></b>	<b>2.900</b>	<b>3.100</b>	<b>0.114</b>	<b>0.122</b>
<b>e</b>	<b>0.650(BSC)<sup>(2)</sup></b>		<b>0.026(BSC)<sup>(2)</sup></b>	
<b>E<sup>(1)</sup></b>	<b>2.900</b>	<b>3.100</b>	<b>0.114</b>	<b>0.122</b>
<b>E1</b>	<b>4.750</b>	<b>5.050</b>	<b>0.187</b>	<b>0.199</b>
<b>L</b>	<b>0.400</b>	<b>0.800</b>	<b>0.016</b>	<b>0.031</b>
<b>θ</b>	<b>0°</b>	<b>6°</b>	<b>0°</b>	<b>6°</b>

笔记:

1. 不包括每侧最大 **0.15** 毫米的塑料或金属突出物。
2. **BSC** (中心间基本间距), “基本”间距是名义上的。
3. 本图纸如有更改, 恕不另行通知。

TSSOP14 <sup>(3)</sup>

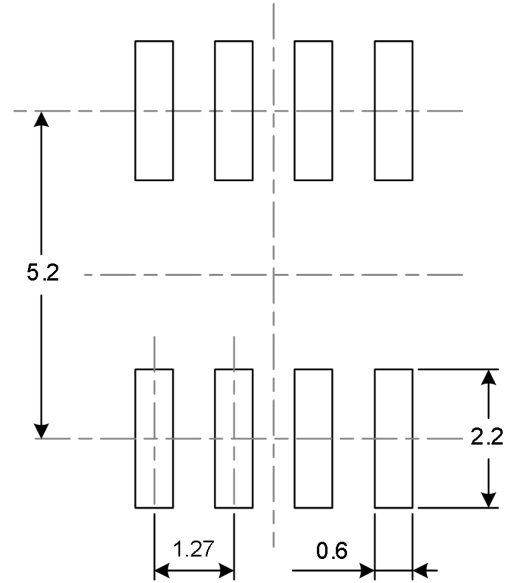
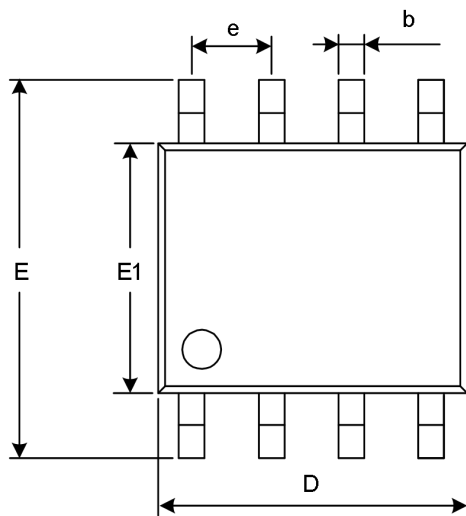
RECOMMENDED LAND PATTERN (Unit: mm)



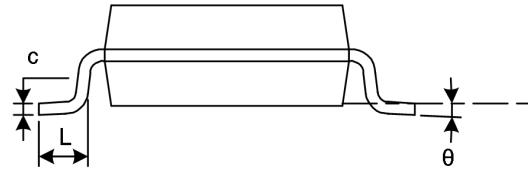
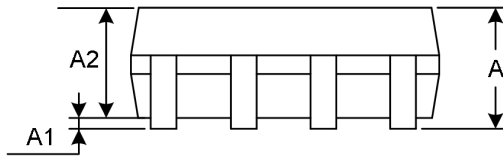
代码	尺寸 (毫米)		尺寸 (英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
<b>A <sup>(1)</sup></b>		<b>1.200</b>		<b>0.047</b>
<b>A1</b>	<b>0.050</b>	<b>0.150</b>	<b>0.002</b>	<b>0.006</b>
<b>A2</b>	<b>0.800</b>	<b>1.050</b>	<b>0.031</b>	<b>0.041</b>
<b>b</b>	<b>0.190</b>	<b>0.300</b>	<b>0.007</b>	<b>0.012</b>
<b>c</b>	<b>0.090</b>	<b>0.200</b>	<b>0.004</b>	<b>0.008</b>
<b>D <sup>(1)</sup></b>	<b>4.860</b>	<b>5.100</b>	<b>0.191</b>	<b>0.201</b>
<b>E <sup>(1)</sup></b>	<b>4.300</b>	<b>4.500</b>	<b>0.169</b>	<b>0.177</b>
<b>E1</b>	<b>6.250</b>	<b>6.550</b>	<b>0.246</b>	<b>0.258</b>
<b>e</b>	<b>0.650(BSC) <sup>(2)</sup></b>		<b>0.026(BSC) <sup>(2)</sup></b>	
<b>L</b>	<b>0.500</b>	<b>0.700</b>	<b>0.020</b>	<b>0.028</b>
<b>H</b>	<b>0.25(TYP)</b>		<b>0.01(TYP)</b>	
<b><math>\theta</math></b>	<b>1°</b>	<b>7°</b>	<b>1°</b>	<b>7°</b>

笔记:

1. 不包括每侧最大 **0.15** 毫米的塑料或金属突出物。
2. **BSC** (中心间基本间距), “基本”间距是名义上的。
3. 本图纸如有更改, 恕不另行通知。

SOP8<sup>(3)</sup>

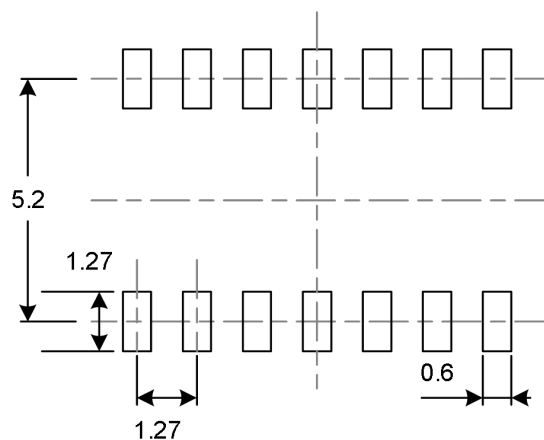
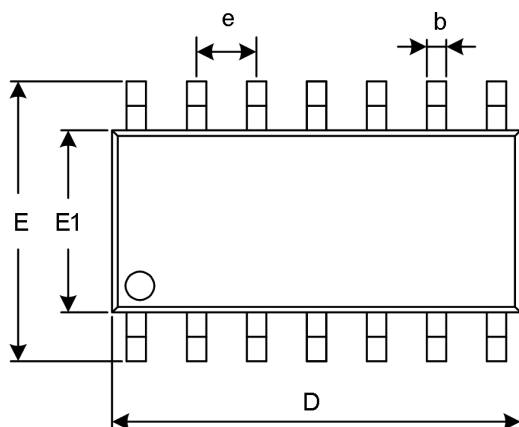
RECOMMENDED LAND PATTERN (Unit: mm)



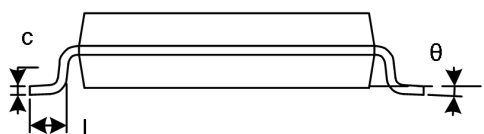
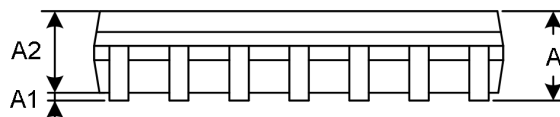
代码	尺寸 (毫米)		尺寸 (英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A <sup>(1)</sup>	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.007	0.010
D <sup>(1)</sup>	4.800	5.000	0.189	0.197
e	1.270(BSC) <sup>(2)</sup>		0.050(BSC) <sup>(2)</sup>	
E	5.800	6.200	0.228	0.244
E1 <sup>(1)</sup>	3.800	4.000	0.150	0.157
L	0.400	1.270	0.016	0.050
$\theta$	0°	8°	0°	8°

笔记:

1. 不包括每侧最大 0.15 毫米的塑料或金属突出物。
2. BSC (中心间基本间距), “基本”间距是名义上的。
3. 本图纸如有更改, 恕不另行通知。

SOP14<sup>(3)</sup>

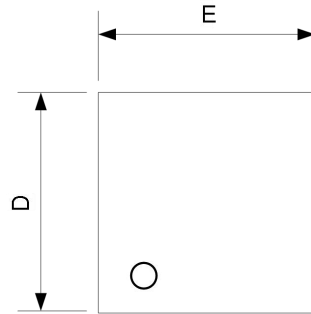
RECOMMENDED LAND PATTERN (Unit: mm)



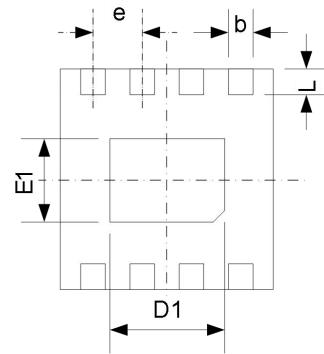
代码	尺寸 (毫米)		尺寸 (英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
<b>A<sup>(1)</sup></b>	<b>1.350</b>	<b>1.750</b>	<b>0.053</b>	<b>0.069</b>
<b>A1</b>	<b>0.100</b>	<b>0.250</b>	<b>0.004</b>	<b>0.010</b>
<b>A2</b>	<b>1.350</b>	<b>1.550</b>	<b>0.053</b>	<b>0.061</b>
<b>b</b>	<b>0.310</b>	<b>0.510</b>	<b>0.012</b>	<b>0.020</b>
<b>c</b>	<b>0.100</b>	<b>0.250</b>	<b>0.004</b>	<b>0.010</b>
<b>D<sup>(1)</sup></b>	<b>8.450</b>	<b>8.850</b>	<b>0.333</b>	<b>0.348</b>
<b>e</b>	<b>1.270(BSC)<sup>(2)</sup></b>		<b>0.050(BSC)<sup>(2)</sup></b>	
<b>E</b>	<b>5.800</b>	<b>6.200</b>	<b>0.228</b>	<b>0.244</b>
<b>E1<sup>(1)</sup></b>	<b>3.800</b>	<b>4.000</b>	<b>0.150</b>	<b>0.157</b>
<b>L</b>	<b>0.400</b>	<b>1.270</b>	<b>0.016</b>	<b>0.050</b>
<b><math>\theta</math></b>	<b>0°</b>	<b>8°</b>	<b>0°</b>	<b>8°</b>

笔记:

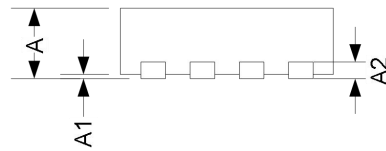
1. 不包括每侧最大 **0.15** 毫米的塑料或金属突出物。
2. **BSC** (中心间基本间距), “基本”间距是名义上的。
3. 本图纸如有更改, 恕不另行通知。

DFN2X2 -8 <sup>(2)</sup>

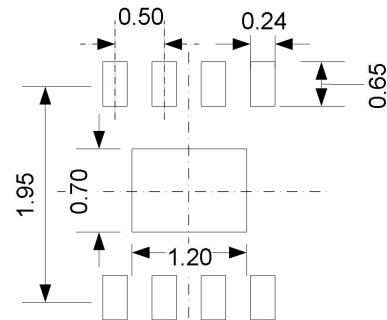
TOP VIEW



BOTTOM VIEW



SIDE VIEW

RECOMMENDED LAND PATTERN  
(Unit: mm)

代码	尺寸 (毫米)		尺寸 (英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
<b>A <sup>(1)</sup></b>	<b>0.700</b>	<b>0.800</b>	<b>0.028</b>	<b>0.031</b>
<b>A1</b>	<b>0.000</b>	<b>0.050</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>
<b>A2</b>	<b>0.203(TYP)</b>		<b>0.008(TYP)</b>	
<b>b</b>	<b>0.180</b>	<b>0.300</b>	<b>0.007</b>	<b>0.012</b>
<b>D <sup>(1)</sup></b>	<b>1.900</b>	<b>2.100</b>	<b>0.075</b>	<b>0.083</b>
<b>D1</b>	<b>1.100</b>	<b>1.300</b>	<b>0.043</b>	<b>0.051</b>
<b>E <sup>(1)</sup></b>	<b>1.900</b>	<b>2.100</b>	<b>0.075</b>	<b>0.083</b>
<b>E1</b>	<b>0.600</b>	<b>0.800</b>	<b>0.024</b>	<b>0.031</b>
<b>e</b>	<b>0.500(TYP)</b>		<b>0.020(TYP)</b>	
<b>L</b>	<b>0.250</b>	<b>0.450</b>	<b>0.010</b>	<b>0.018</b>

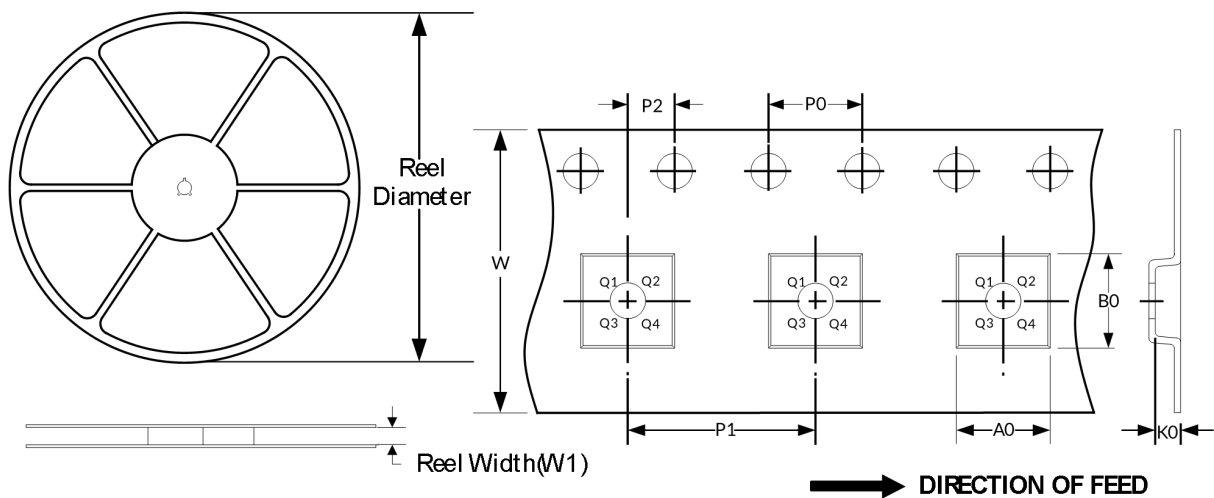
笔记:

- 1.不包括每侧最大 **0.075** 毫米的塑料或金属突出物。
- 2.本图纸如有更改,恕不另行通知。

## 12 卷带信息

卷轴尺寸

磁带尺寸



注：图片仅供参考，请以实物为准。

卷带封装关键参数表

封装类型	卷轴直径	卷轴宽度 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P0 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
SOT23-5	7"	9.5	3.20	3.20	1.40	4.0	4.0	2.0	8.0	Q3
MSOP8	13"	12.4	5.20	3.30	1.50	4.0	8.0	2.0	12.0	Q1
TSSOP14	13"	12.4	6.95	5.60	1.20	4.0	8.0	2.0	12.0	Q1
SOP8	13"	12.4	6.40	5.40	2.10	4.0	8.0	2.0	12.0	Q1
SOP14	13"	16.4	6.60	9.30	2.10	4.0	8.0	2.0	16.0	Q1
DFN2X2-8	7"	9.5	2.30	2.30	1.10	4.0	4.0	2.0	8.0	Q2

笔记:

1. 所有尺寸均为标称尺寸。
2. 不包括每侧最大 0.15 毫米的塑料或金属突出物。