

无锡泰连芯科技有限公司

TLX55X 型
高压大电流运算放大器

2025 年 12 月

高压大电流运算放大器

1 特点

- 宽供电范围：**±3V 至 ±30V**
- 高输出电流：**200mA** 连续输出
- 低噪声：**22 nV/√Hz**
- 全面保护：
 - 热关断
 - 输出电流限制
- 热关机指示器
- 宽输出摆幅：电源轨输出 **2V**
- 快速回转速率：
 - **3M** 版本：**15V/μs**
 - **12M** 版本：**24V/μs**
- 宽带：
 - 版本 **1**: **3MHz**
 - 版本 **2**: **12MHz**
- 扩展温度范围：**-55°C 至 125°C**
- 微封装尺寸：**SOP8**

2 应用

- 电话
- 测试设备
- 音频放大器
- 换能器激发
- 伺服驱动器

3D 描述

TLX55X器件是低成本运算放大器，具有高电压 (60V) 和高电流 (200mA) 能力。

TLX55X 具有单位增益稳定性，并具有高转换速率 (15V/μs) 和宽带宽 (3MHz)。TLX55X针对 5 倍或更高增益进行了优化，并提供更高的速度，转换速率为 24V/μs，带宽为 12MHz。这两款器件均适用于电话、音频、伺服和测试应用。

这些经激光微调的单片集成电路在提供高输出摆幅的同时，还具有出色的低电平精度。即使放大器摆幅达到其规定的极限值，也能保持高性能。

TLX55X器件内部具有过温保护和过流保护功能。过热关断指示标志会在发生过热关断时输出电流信号，提醒用户。

TLX55X器件采用 SOP8 封装。其工作温度范围为 -55°C 至 125°C，适用于扩展的工业温度范围。

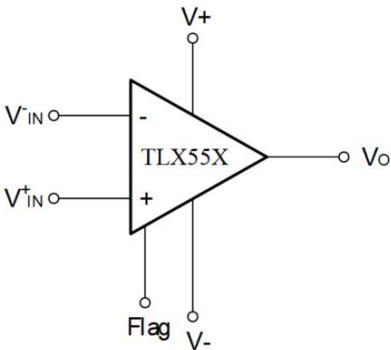
质量等级：军温级&企军标

设备信息⁽¹⁾

零件编号	封装	封装尺寸 (标准)
TLX551	SOP8	4.90mm × 3.90mm
TLX552	SOP8	4.90mm × 3.90mm

(1) 有关所有可用套餐，请参阅数据表末尾的订购附录。

简化功能图



目录

1 特点	2
2 应用	2
3D 描述	2
4 修订历史	4
5 封装/订购信息 ⁽¹⁾	5
6 引脚配置及功能	6
7.技术规格	7
7.1 绝对最大额定值	7
7.2 E SD 评级	7
7.3 推荐操作条件	7
7.4 电气特性	8
8.详细描述	10
8.1 概述	10
8.2 功能框图	10
8.3 功能描述	10
8.4 设备功能模式	11
9 应用与实施	11
9.1 应用信息	12
9.2 典型应用	12
10 电源供应建议	15
10.1 电源	16
11 布局	17
11.1 布局指南	17
11.2 布局示例	17
11.3 安全操作区	17
12 封装微信尺寸	18
13 磁带和卷盘信息	19

4 修订历史

注意：先前版本的页码可能与当前版本的页码不同。

版本	更改日期	更改项目
A.0	2025/12/04	初步版本已完成

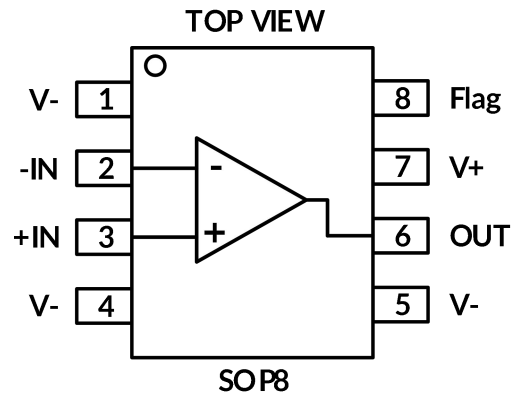
5 封装/订购信息⁽¹⁾

订购型号	温度等级	封装类型	MSL	质量等级
JTLX551XK	-55 °C ~+125 °C	SOP8	MSL1/3	企军标
JTLX552XK	-55 °C ~+125 °C	SOP8	MSL1/3	企军标
JTLX551XK(W)	-55 °C ~+125 °C	SOP8	MSL1/3	军温级
JTLX552XK(W)	-55 °C ~+125 °C	SOP8	MSL1/3	军温级
TLX551XK	-40 °C ~+125 °C	SOP8	MSL1/3	工业级
TLX552XK	-40 °C ~+125 °C	SOP8	MSL1/3	工业级

笔记:

- (1) 此信息为指定设备的最新可用数据。数据如有更改，恕不另行通知，本文档亦可能进行修订。如需查看基于浏览器的数据表版本，请参阅右侧导航栏。
- (2) 设备上可能还有其他标记，例如批次追溯代码信息（数据代码和供应商代码）、徽标或环境类别。
- (3) TLXIC 使用符合 JEDEC 工业标准 J-STD-20F 的通用预处理设置，在我们装配工厂对 MSL 等级进行分类。如果您的最终应用对预处理设置要求非常严格，或者您有特殊要求，请与 TLXIC 保持一致。

6 引脚配置及功能



引脚描述

代码	引脚	I/O ⁽¹⁾	描述
	SOP8		
V-	1,4,5	-	负（最低）电源
-IN	2	I	负（反相）输入
+IN	3	I	正（非反相）输入
OUT	6	O	输出
V+	7	-	正极（最高）电源
Flag	8	O	热关机指示器

(1) I = 输入，O = 输出。

7. 技术规格

7.1 绝对最大额定值

在正常工作自由空气温度范围内（除非另有说明）⁽¹⁾

			最小值	最大值	单位
电压	供给, $V_S = (V+) \text{ 至 } (V-)$			60	V
	输入电压范围, V_{IN}		$(V-) - 0.5$	$(V+) + 0.5$	
	输出		参见安全操作区曲线 (SOA 曲线)		
θ_{JA}	封装热阻抗 ⁽²⁾	SOP8		110	°C/W
温度	操作范围, T_A		-55	125	°C
	结温, T_J ⁽³⁾			150	
	存储温度, T_{stg}		-65	150	

(1) 超出“绝对最大额定值”所列应力范围的应力可能会对设备造成永久性损坏。这些仅为应力额定值，并不意味着设备在这些或任何其他超出“推荐工作条件”所示条件的情况下都能正常工作。长时间暴露于“绝对最大额定值”条件下可能会影响设备的可靠性。

(2) 封装热阻抗按照 JESD-51 计算。

(3) 最大功耗是 $T_{J(MAX)}$ 、 $R_{\theta JA}$ 和 T_A 的函数。在任何环境温度下，最大允许功耗为 $P_D = (T_{J(MAX)} - T_A) / R_{\theta JA}$ 。所有数值均适用于直接焊接在 PCB 上的封装。

7.2 ESD 评级

以下静电放电信息仅适用于在静电放电防护区域内处理静电放电敏感器件。

			数值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体模型 (HBM)	± 2000	V
		带电设备模型 (CDM)	± 1000	



静电放电敏感性警告

静电放电损伤的程度不一，从轻微的性能下降到器件完全失效都有可能。精密集成电路可能更容易受到损伤，因为即使是很小的参数变化也可能导致器件无法达到其公布的规格。

7.3 推荐操作条件

在正常工作的自由空气温度范围内（除非另有说明）。

		最小值	最大值	单位
V _S , 电源电压	单 电源	6	60	V
	双 电源	±3	±30	
指定温度		-55	125	°C

7.4 电气特性

当 $T_J = 25^\circ\text{C}$ (1), $V_S = \pm 30\text{V}$, $R_L = 3\text{k}\Omega$ 接地, $V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$, Full ⁽⁷⁾ = -55°C to 125°C , 除非另有说明。

范围			状况	T _A	TLX55X			单位
					MIN ⁽²⁾	TYP ⁽³⁾	MAX ⁽²⁾	
抵消 电压								
V _{OS}	输入失调电压		V _{CM} = 0V, I _O = 0mA	25°C		±1	±3	mV
				Full			±5	
dV _{OS} /dT	输入失调电压与温度的关系			Full		±2		μV/°C
PSRR	输入失调电压与电源		V _S = ±3V to ±30V, V _{CM} = 0V	25°C		5	10	μV/V
输入偏置电流								
I _B	输入偏置电流 ^{(4) (5)}			25°C		±20	±100	pA
I _{OS}	输入失调电流 ⁽⁴⁾			25°C		±3	±100	pA
噪音								
e _n	输入电压噪声密度 ⁽⁴⁾		f = 1kHz	25°C		22		nV/√Hz
i _n	电流噪音密度		f = 1kHz	25°C		140		fA/√Hz
输入 电压 范围								
V _{CM}	共模电压范围			25°C	(V-)		(V+)-2	V
CMRR	共模抑制比		-30V < V _{CM} < +28V	25°C	92	102		dB
输入 阻抗								
	微分			25°C		10 ¹³ 2		Ω pF
	共模			25°C		10 ¹³ 6		Ω pF
开环 获得								
A _{OL}	开环电压增益		R _L = 3kΩ, -28V < V _O < +28V	25°C	110	126		dB
				Full	100			dB
			R _L = 300Ω, -27V < V _O < +27V	25°C		120		dB
VER1 频率响应								
GBW	增益带宽积			25°C		3		MHz
SR	转换速率 ⁽⁶⁾		G=1	25°C		±15		V/μs
t _s	建立时间	0.1%	G=1, C _L =100pF,10-V Step	25°C		1.3		μs
		0.01 %	G=1, C _L =100pF,10-V Step	25°C		2		
t _{OR}	过载恢复时间		V _{IN} × Gain = V _S	25°C		1		μs
VER2 频率响应								
GBW	增益带宽积			25°C		12		MHz
SR	转换速率 ⁽⁶⁾		G=1	25°C		±24		V/μs
t _s	建立时间	0.1%	G=1, C _L =100pF,10-V Step	25°C		2.2		μs
		0.01 %	G=1, C _L =100pF,10-V Step	25°C		3		
t _{OR}	过载恢复时间		V _{IN} × Gain = V _S	25°C		1		μs

电气特性（持续）

当 $T_J = 25^\circ\text{C}$ (1), $V_S = \pm 30\text{V}$, $R_L = 3\text{k}\Omega$ 接地, $V_{\text{OUT}}=0\text{V}$, Full ⁽⁷⁾ = -55°C to 125°C , 除非另有说明。

范围		状况	T _A	TLX55X			单位
				MIN ⁽²⁾	TYP ⁽³⁾	MAX ⁽²⁾	
输出							
V _{OUT}	电压 输出	I _O = -200 mA	25°C	(V-)+2.5	(V-)+1.6		V
		I _O = +200 mA	Full		(V+)-2.5	(V+)-3.5	
		I _O = 10mA	25°C	(V-)+2		(V+)-2	
			Full	(V-)+2.5		(V+)-2.7	
I _O	最大限度连续电流 输出: DC	具体封装类型取决于封装— —请参阅功耗部分	25°C	±200			mA
I _{SC}	短路电流		25°C		±380		mA
关闭标志							
	热关断状态输出	正常操作, 采购	25°C		0.05	1	μA
		热关断, 来源	25°C	80	120	160	
		正常电压范围	25°C	V-		(V+)-1.5	V
	结温	关闭			160		°C
		关闭重置			140		
电源							
V _S	指定电压		25°C		±30		V
	工作电压范围		25°C	±3		±30	V
I _Q	静态电流	I _O =0mA	25°C		2.5		mA
温度 范围							
T _J	指定范围			-40		125	°C
	工作范围			-55		125	

笔记:

(1) 所有测试均在 25°C 环境温度下进行高速测试。除非另有说明, 有效结温为 25°C 。

(2) 极限值是在 25°C 下对 100% 生产产品进行测试所得。工作温度范围内的极限值通过统计质量控制 (SQC) 方法的相关性分析来保证。

(3) 典型值代表表征时确定的最可能参数标准值。实际典型值可能随时间变化, 并且还取决于应用和配置。

(4) 此参数通过设计和/或表征来保证, 在生产过程中不进行测试。

(5) 正电流对应于流入器件的电流。

(6) 指定的数值为正负转换速率中较慢的数值。

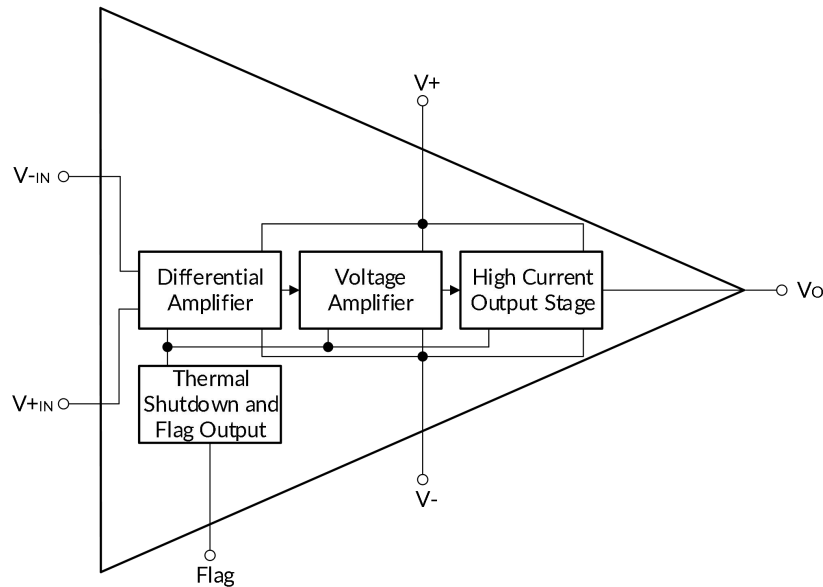
(7) 仅通过表征确定。

8. 详细描述

8.1 概述

TLX55 X 系列器件是低成本、激光微调的运算放大器，具有出色的低电平精度和高输出摆幅。即使在各种应用中，这些放大器摆幅达到规定的器件极限，也能保持优异的器件性能。TLX551 具有单位增益稳定性，而 TLX552 则针对 5 倍或更高增益进行了优化。

8.2 功能框图



8.3 功能描述

8.3.1 热关断

内部过热关断电路会在芯片温度达到约 160°C 时关闭输出，并在芯片冷却至 140°C 时复位。可通过监测标志引脚来判断是否发生关断。正常工作期间，标志引脚的电流小于 50nA 。关断期间，标志引脚的电流为 $120\mu\text{A}$ （典型值）。

8.3.2 电流限制

TLX55 X 器件内置限流电路，可将输出电流限制在约 380mA 。如图所示，限流值会随结温升高而变化。该特性与热保护电路相结合，可有效防止多种过载情况，包括对地短路。

8.3.3 输入保护

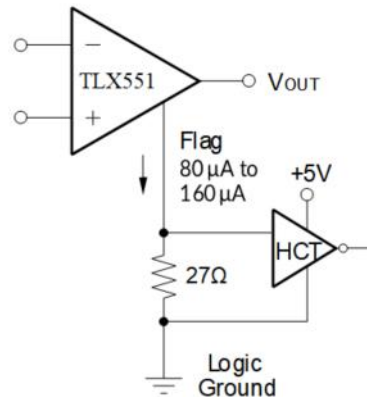
TLX55 X 具有内部钳位二极管，可在输入电压超出电源轨时保护输入端。但是，输入电流必须限制在 5mA 以内。在某些情况下，可能需要串联一个外部电阻。许多输入信号本身就具有限流特性；因此，可能不需要限流电阻。请注意，较大的串联电阻与输入电容结合使用可能会影响稳定性。

8.3.4 热保护

TLX55 X 具有过热关断电路，可保护放大器免受过载损坏。当结温达到约 160°C 时，过热保护电路会禁用输出，使器件冷却。当结温冷却至约 140°C 时，输出电路会自动重新启用。

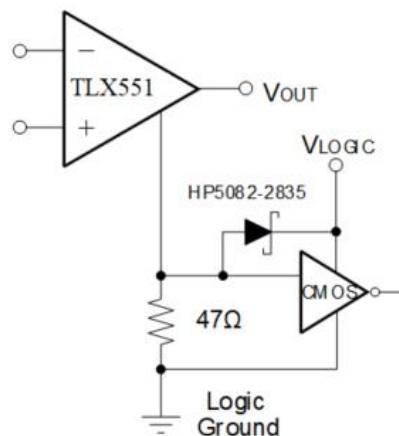
过热关断功能并非旨在替代适当的散热措施。过热关断电路的启动表明功率耗散过大或散热不足。放大器持续处于过热关断状态会降低其可靠性。

可以通过监测热关断指示（标志）引脚来判断是否发生关断。正常工作时，标志引脚的电流输出通常为 50nA 。关断期间，标志引脚的电流输出会增加到 $120\mu\text{A}$ （典型值）。该电流输出便于与外部逻辑电路连接。图 1 和图 2 展示了实现此功能的两个示例。



HCT 逻辑具有相对良好的逻辑电平控制。选择合适的电阻值可以确保在整个标志输出电流范围内保持正确的逻辑高电平。

图 1.与 HCT 逻辑接口



通过选择合适的电阻值，即可与几乎任何 CMOS 逻辑门连接，该电阻值能够确保逻辑高电平电压，同时保持最小的标志电流 ($80\mu\text{A}$)。二极管钳位至逻辑电源电压可防止 CMOS 器件因过驱动而损坏。

图 2.与 CMOS 逻辑接口

8.4 设备功能模式

TLX551 和 TLX552 只有一个工作模式。当电源电压高于 8V 且结温低于 160°C 时，器件才能正常工作。

9 应用与实施

以下应用章节中的信息并非 TLXIC 组件规范的一部分，TLXIC 不保证其准确性或完整性。TLXIC 的客户有责任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 应用信息

图 3 显示了 TLX551 作为基本同相放大器的连接方式。TLX551 几乎可以用于任何运算放大器配置。TLX552 设计用于增益为 5 或更高的配置。电源端子必须在电源引脚附近并联 $0.1\mu\text{F}$ 或更大容量的电容。务必确保电容的额定值与所使用的电源电压相匹配。TLX55X 可以提供高达 200mA 的输出电流，并具有出色的性能。

9.2 典型应用

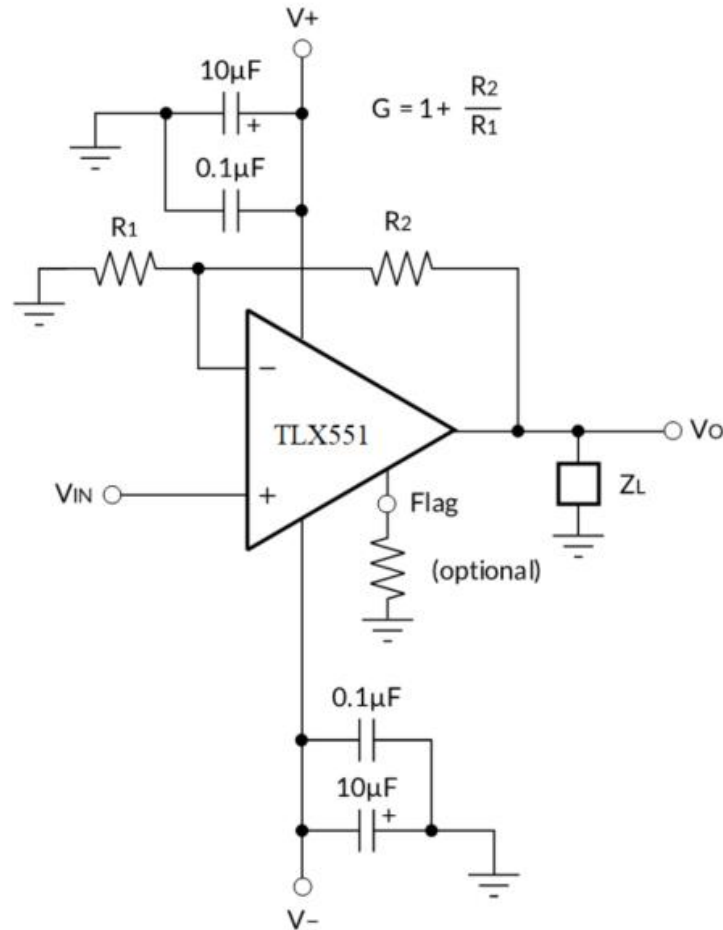


图 3.基本电路连接

9.2.1 设计要求

- 可在 $\pm 15\text{V}$ 至 $\pm 30\text{V}$ 的电源电压下工作
- 驱动高达 1A 的无源和无功负载
- 驱动大容量负载
- 工作温度最高可达 125°C

9.2.2 详细设计程序

9.2.2.1 容性负载

TLX55 X 的动态特性针对常见的增益、负载和工作条件进行了优化。低闭环增益和容性负载的组合会降低相位裕度，并可能导致增益峰值或振荡。图 4 显示了一个在 10nF 容性负载下保持相位裕度的电路。图 9 显示了图 4 所示电路的小信号阶跃响应。更多信息请参阅 SBOA015。

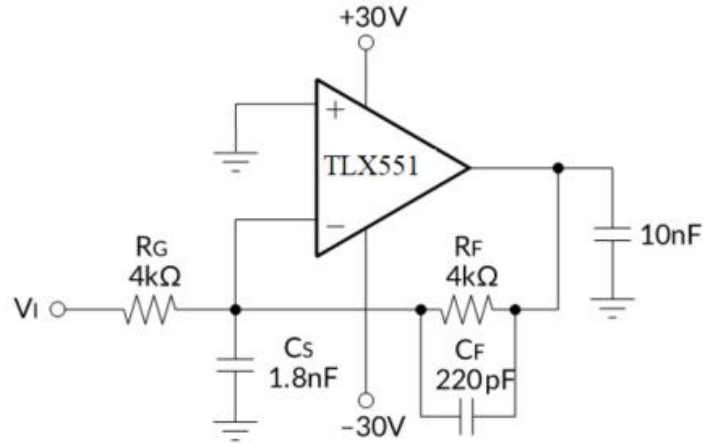
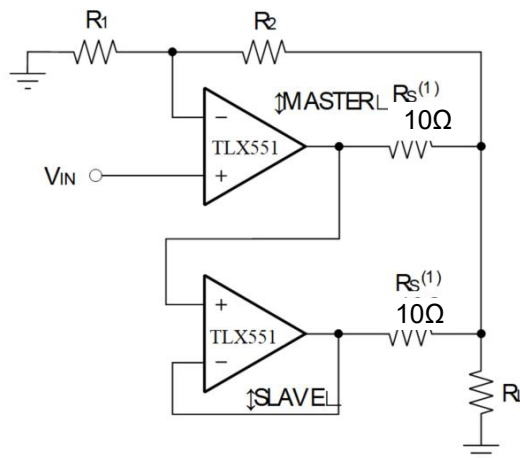


图 4.驱动大容性负载

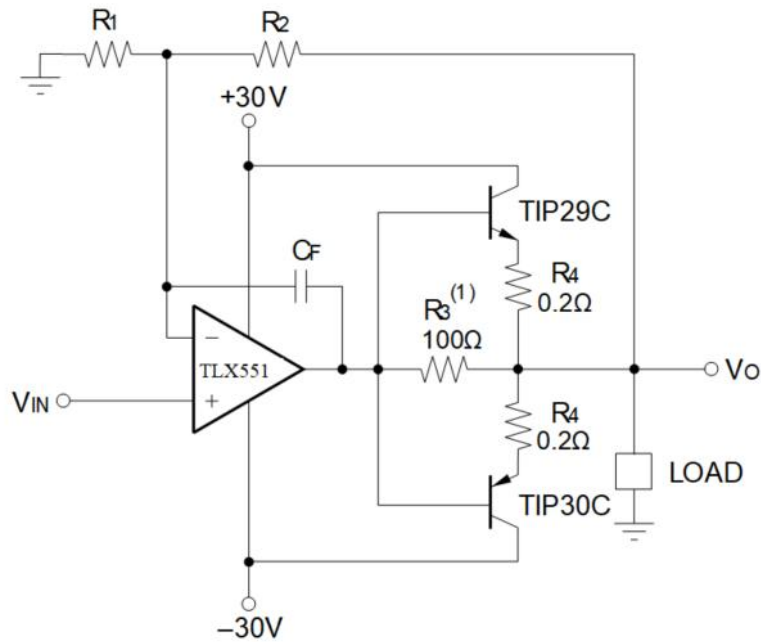
9.2.2.2 增加输出电流

在某些应用中，如果 200mA 的输出电流不足以驱动所需的负载，可以通过并联两个或多个 TLX551 或 TLX552 来增加输出电流，如图 5 所示。放大器 A1 是主放大器，可以配置成一个基本的运算放大器电路。放大器 A2 是从放大器，配置成一个单位增益缓冲器。或者，也可以使用外部输出晶体管来提升输出电流。图 6 所示的电路能够提供高达 1A 的输出电流。此外，还可以考虑使用 TLX547、TLX548 和 TLX549 系列功率运算放大器，以获得更高的输出电流驱动能力，并具备可编程电流限制和输出禁用功能。



NOTE (1) R_S resistors minimize the circulating current that can flow between the two devices due to V_{OS} errors.

图 5.并联放大器提高输出电流能力



NOTE: (1) R_3 provides current limit and allows the amplifier to drive the load when the output is between 0.7V and -0.7V.

图 6.外部输出晶体管将输出电流提升至 1A

9.2.2.3 在低增益下使用 TLX552

TLX552 系列专为信号增益为 5 或更高的应用而设计，但通过在反相配置中使用外部补偿技术，也可以在较低增益下利用其高转换速率。该技术可在低频段保持 TLX552 架构的低噪声特性。根据应用情况，高频噪声可能会略有增加。该技术可优化环路增益，从而获得良好的稳定性，同时提供易于控制的二阶低通频率响应。

7 所示电路的噪声增益（同相信号增益），低频噪声增益 (NG_1) 由电阻比决定，而高频噪声增益 (NG_2) 由电容比决定。电容值决定了过渡频率和低频噪声增益。如果将噪声增益（由 $NG_2 = 1 + C_S / C_F$ 决定）设置为大于运算放大器推荐的最小稳定增益的值，并且将噪声增益极点（由 $1 / R_F C_F$ 决定）放置正确，则可以得到控制良好的二阶低通频率响应。

C_S 和 C_F 的值，只需求解两个参数和三个方程。首先，高频噪声增益 (NG_2) 的目标值必须大于 TLX552 的最小稳定增益。在图 7 所示的电路中， NG_2 的目标值为 10。其次，信号增益如图 7 所示，-1 将低频噪声增益设置为 $NG_1 = 1 + R_F / R_G$ （本例中为 2）。利用这两个增益，已知 TLX552 的增益带宽积 (GBP) 为 12 MHz，并以最大程度平坦的二阶低通巴特沃斯频率响应 ($Q = 0.707$) 为目标，即可找到补偿的关键频率。

7 所示的数值， f_{-3dB} 约为 956kHz。该频率低于仅用 GBP 除以 NG_1 所预测的频率。补偿网络将带宽控制在一个较低的值，同时在输出端提供完整的转换速率，并且由于在低于 $NG_1 \times Z_o$ 的频率下环路增益的增加，实现了卓越的失真性能。图 7 中所示的电容值是在 $NG_1 = 2$ 和 $NG_2 = 10$ 的情况下计算的，未进行寄生效应调整。

通过在实际负载条件下检查小信号阶跃响应来优化实际电路参数。图 8 显示了 TLX552 ($G = -1$) 电路在 500pF 负载下的小信号阶跃响应。该电路表现良好，没有振荡倾向。如果移除 C_S 和 C_F ，电路将变得不稳定。

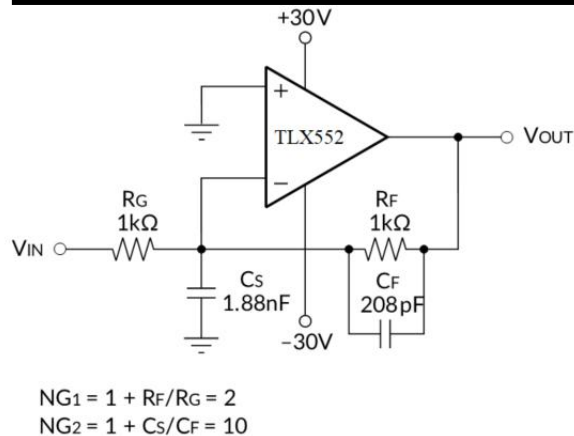
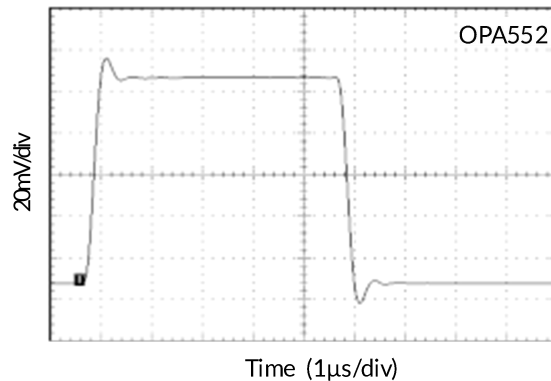
图 7. TLX552 在 $G = 1$ 时的补偿

图 8.图 7 的小信号阶跃响应

9.2.2.4 偏移电压误差计算

TLX551 和 TLX552 的失调电压 (V_{OS}) 是在 $\pm 30V$ 电源供电且共模电压位于两个电源电压中心 ($V_S/2 = 0V$) 的情况下设定的。此外，还提供了电源抑制比和共模抑制比的规格，以使用户能够轻松计算给定应用条件下最坏情况下的预期失调电压。

电源抑制比 (PSRR) 的单位为 $\mu V/V$ 。对于 TLX55 X，最差情况下的 PSRR 为 $30\mu V/V$ ，这意味着总电源电压每变化 1 伏，偏移电压最多可能变化 $30\mu V/V$ 。共模抑制比 (CMRR) 的单位为 dB，可以使用公式 1 将其转换为 $\mu V/V$ ：

$$CMRR \text{ in}(V/V) = 10^{[(CMRR \text{ in dB})/-20]} \quad (1)$$

对于 TLX55 X，在 $\pm 30mV$ 电源电压下，整个共模范围内最差的共模抑制比 (CMRR) 为 96dB，约合 $15.8\mu V/V$ 。这意味着共模电压每变化 1V，失调电压最多可偏移 $15.8\mu V$ 。这些数值可用于计算不同应用条件下失调电压与指定值之间的偏差。例如，一个常见的应用场景是将放大器配置为 -48V 单电源供电，共模电压为 -6V。这种配置意味着电源电压存在 12V 的变化：失调电压规格为 $\pm 30V$ 或 60V，而实际应用中的电压为 48V。此外，这种配置还会导致共模电压存在 18V 的变化：这些电源的规格为 $V_S/2 = -24V$ ，但实际应用中的共模电压为 -6V。本例中最坏情况下的预期偏移量的计算由公式 2 和公式 3 计算得出。

$$V_{OSwc} = 5mV + (12V \times 30\mu V/V) + (18V \times 15.8\mu V/V) = \pm 5.64mV \quad (2)$$

(3)

9.2.3 应用曲线

图 9 显示了图 4 所示电路的小信号阶跃响应。有关更多信息，请参阅 AB-028。

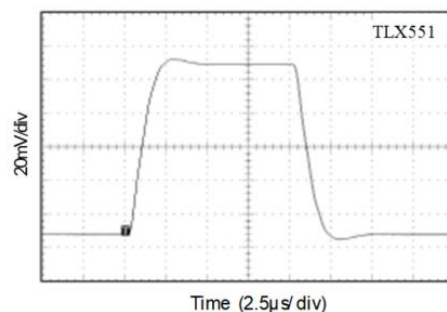


图 9.驱动大容量性负载的小信号阶跃响应

10 电源供应建议

10.1 电源

TLX55 X 可在 $\pm 3\text{ V}$ 至 $\pm 30\text{ V}$ 的电源电压下工作，总电压最高可达 60 V ，并保持优异的性能。在整个工作电压范围内，其大部分特性保持不变。随工作电压变化显著的参数请参见“典型特性”部分。

对于不需要对称输出电压摆幅的应用，电源电压无需相等。TLX55 X 的电源电压差可低至 6 V ，也可高达 60 V 。例如，正电源电压可以设置为 50 V ，负电源电压可以设置为 -10 V ，反之亦然。

SOP8 封装外形图显示了三个负电源 (V^-) 引脚。这些引脚内部连接，以提高散热性能。

注意：引脚 4 必须用作负电源的主电流载体。建议不要将引脚 1 和 5 直接连接到 V^- 。而应将引脚 1 和 5 连接到导热垫。请勿将印刷电路板 (PCB) 的布局设计为使用引脚 1 和 5 作为负电源的直通引脚。这种配置会导致性能下降。

11 布局

11.1 布局指南

电路板的接地层面积必须尽可能大。电源和输出走线的尺寸必须能够承受所需的电流。输入和输出端子应尽可能保持分离。

11.2 布局示例

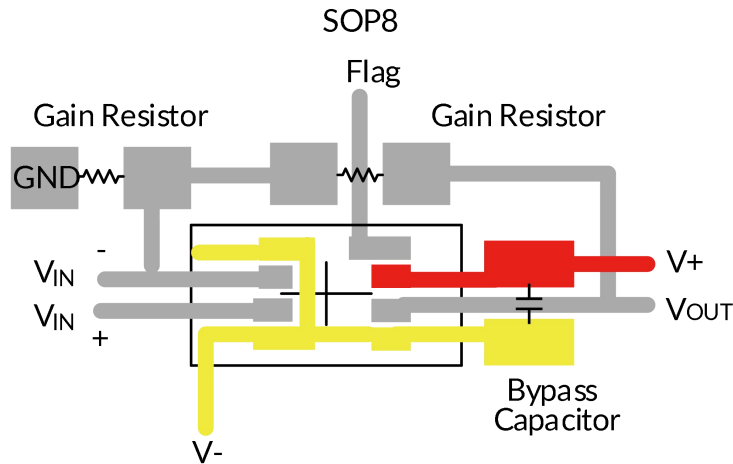


图 10. 布局示例 (TLX551)

11.3 安全操作区

安全操作区 (SOA) 曲线图 11 显示了允许的电压和电流范围。图中曲线代表的是焊接在电路板上且没有散热器的器件。安全输出电流随着输出晶体管两端电压 ($V_s - V_o$) 的增加而减小。

输出短路对安全工作区 (SOA) 的要求非常高。接地短路会将全部电源电压 ($V+$ 或 $V-$) 施加到导通的晶体管上，产生典型的 380mA 输出电流。使用 $\pm 30V$ 电源时，这种配置会产生 11.4W 的内部功耗。该功耗远远超过最大额定值，因此不建议使用。

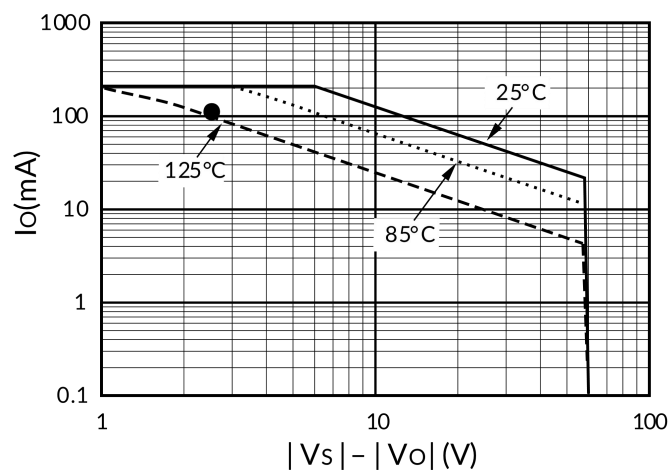
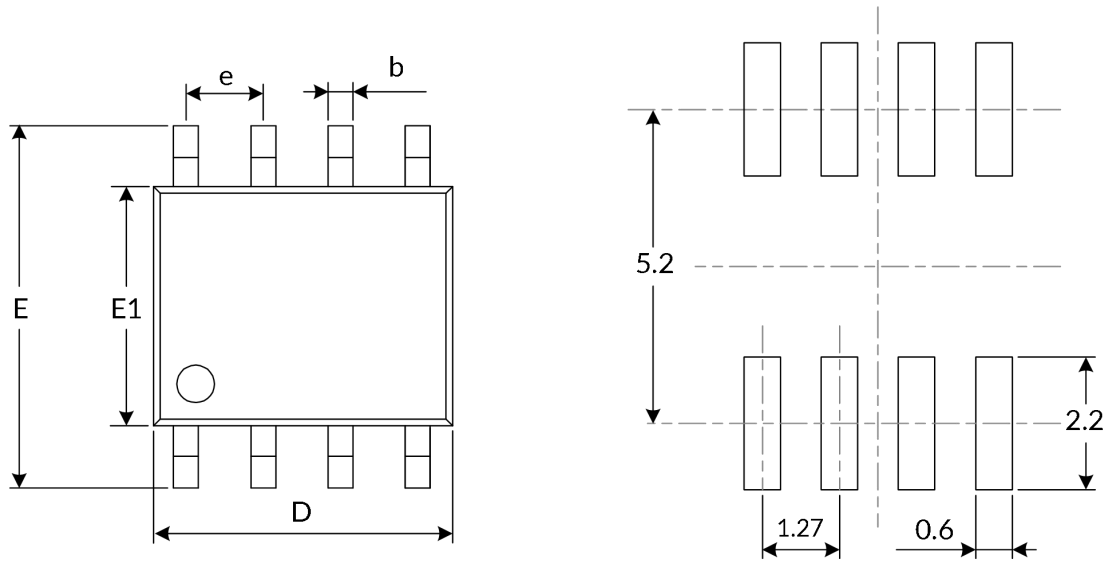
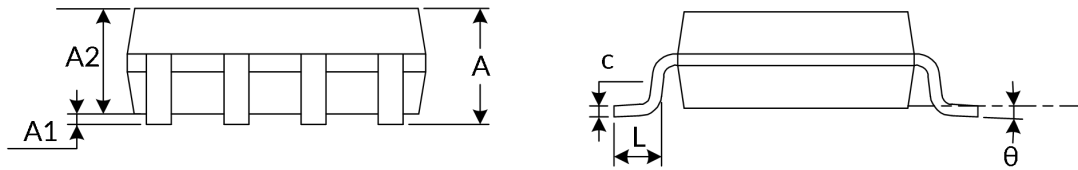


图 11. SOP8 安全操作区

12 封装微信尺寸

SOP8 ⁽³⁾

RECOMMENDED LAND PATTERN (Unit: mm)

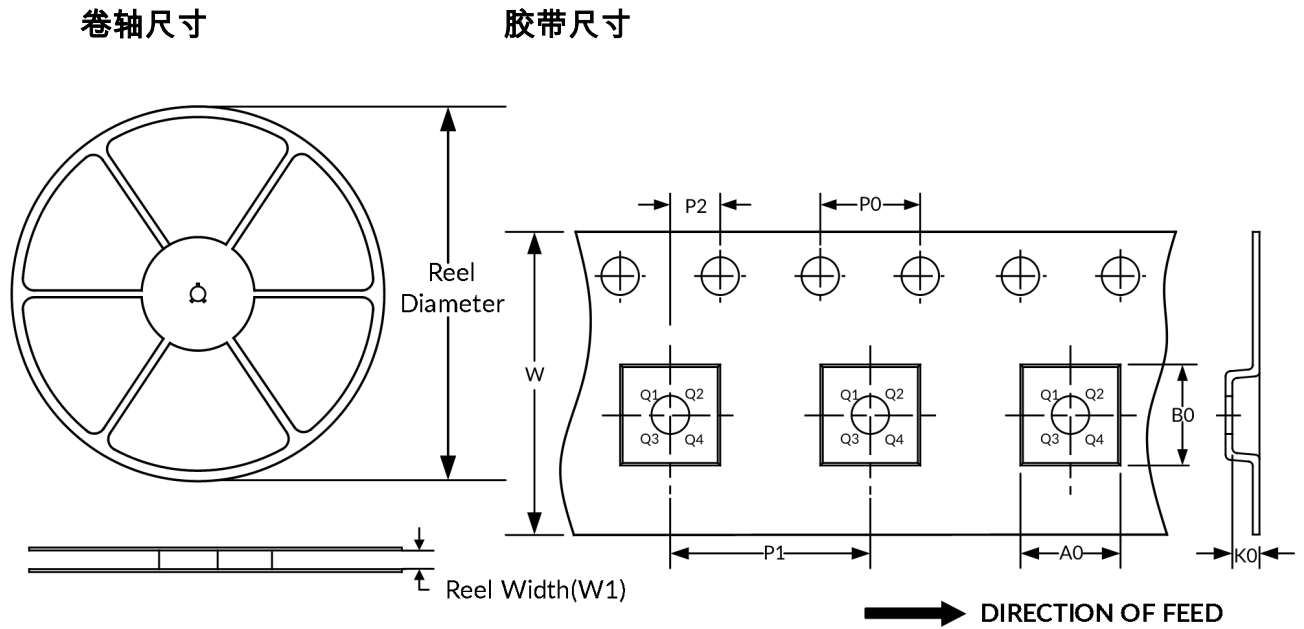


代码	尺寸单位: 毫米		尺寸单位: 英寸	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A ⁽¹⁾	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.007	0.010
D ⁽¹⁾	4.800	5.000	0.189	0.197
e	1.270(BSC) ⁽²⁾		0.050(BSC) ⁽²⁾	
E	5.800	6.200	0.228	0.244
E1 ⁽¹⁾	3.800	4.000	0.150	0.157
L	0.400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

笔记:

1. 每边最大凸起部分 (0.15mm) 的塑料或金属凸起部分不包含在内。
2. BSC (中心基本间距), “基本”间距为标称值。
3. 本图纸如有更改, 恕不另行通知。

13 磁带和卷盘信息



注：图片仅供参考，请以实物为准。

磁带和卷盘的关键参数列表

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
SOP8	13"	12.4	6.40	5.40	2.10	4.0	8.0	2.0	12.0	Q1

笔记：

1. 所有尺寸均为标称尺寸。
2. 每边最大凸起部分（0.15mm）不包括在内。