

低失调、轨对轨输出、36V 运算放大器

概 述

SL2177F(双路), SL4177F(四路) 是一款低失调运算放大器, 具有较高输入阻抗, 输出摆幅可以达到电源轨的 200mV 内。其输入共模电压的范围包括至负电源轨。并且使用 Trim 技术对失调电压进行校正, 因此具有非常低的失调电压 (典型值 50 μ V)。

芯片支持单电源和双电源供电。单电源供电时, 其电源电压的范围为+3.3V 至 +36V; 双电源供电时, 其电源电压的范围在±1.65V 至±18V。

SL2177F 的封装类型主要有 SOP-8 和 MSOP-8, SL4177F 的封装类型主要有 SOP-14 和 TSSOP-14。并且所有封装类型的工作温度范围为-40°C 至+125°C。

特 点

- 低失调电压: 50 μ V (典型值)
- 零漂移: 0.5 μ V/°C
- 高 DC 精度
 - 开环增益(A_{VOL}): 120dB
 - 电源抑制比 (PSRR) : 110dB
 - 共模抑制比 (CMRR) : 110dB
- 增益带宽积: 2MHz
- 静态电流: 400 μ A (典型值)
- 电源电压范围: ±1.65V 至±18V
- 输出轨对轨
- 输入可至负电源轨

应 用

- 桥式放大器
- 应力计
- 传感器应用
- 温度测量
- 电子秤
- 医疗设备
- 电阻测温器

管脚分布

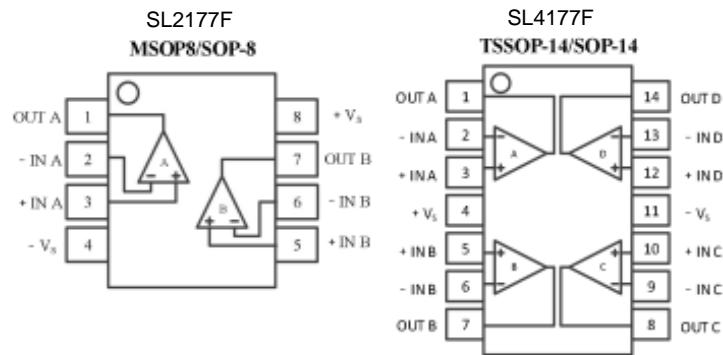


图 1 管脚分布

管脚描述

符号	描述
+INA, +INB +INC, +IND	运算放大器的同相输入端
-INA, -INB -INC, -IND	运算放大器的反相输入端
+VS	正电源端
-VS	负电源端（单电源供电时与地连接）
OUTA, OUTB OUTC, OUTD	运算放大器的输出端

订购信息

型号	封装	包装数量
SL2177FXS8	SOP-8	4000PCS
SL2177FXV8	MSOP-8	3000PCS
SL4177FXS14	SOP-14	2500PCS
SL4177FXT14	TSSOP-14	3000PCS

绝对最大额定值（环境温度 25°C）

符号	参数	额定值	单位
V _S	电源电压	±19, 38 (单电源)	V
V _{CM}	共模电压	V _S -0.3 至 V _S +0.3	V
I _{IN}	输入电流	±10	mA
V _{DM}	差分电压	±0.7	V
T _A	工作温度	-40 至 +125	°C
T _{STG}	贮藏温度	-65 至 +150	°C
T _J	结温	150	°C
ESD	人体模型 (HBM)	2	kV

备注：

- 超出绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。以上罗列的仅为部分关键性的参数，并不意味其他未被列出的参数可以超出正常的使用范围。长时间在绝对最大额定值下工作可能会影响到器件的可靠性；
- 输入端被二极管钳位至电源轨；
- 器件在任何时候都不能超过最大结温。

电气参数 (环境温度 25°C)

($V_S = \pm 18V$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = V_S/2$, $V_o = V_S/2$, $R_L = 10k\Omega$ 连接至 $V_S/2$, 除非另有说明。)

符号	项目	说明	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性						
V_{os}	输入失调电压		-150	± 50	150	μV
$V_{os\ TC}$	失调电压漂移	$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$		0.5		$\mu V/^\circ C$
I_B	输入偏置电压	$V_{CM} = V_S/2$		± 100		pA
I_{os}	输入失调电流			± 100		pA
V_{CM}	共模输入电压范围	$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$	V_{S-}		$(V_{S+}) - 1.5$	V
CMRR	共模抑制比	$V_{S-} < V_{CM} < V_{S+} - 1.5V$		110		dB
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$		100		dB
AVOL	开环电压增益	$V_{S+} + 0.5V < V_o < V_{S+} - 0.5V$		120		dB
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$		110		dB
输出特性						
V_{OH}	高输出电压摆幅	$R_L = 10k\Omega$	$(V_{S+}) - 200$	$(V_{S+}) - 120$		mV
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$	$(V_{S+}) - 280$			mV
V_{OL}	低输出电压摆幅	$R_L = 10k\Omega$		$(V_{S-}) + 110$	$(V_{S-}) + 200$	mV
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$			$(V_{S-}) + 280$	mV
I_{sc}	短路输出电流	拉电流		25		mA
		灌电流		25		mA
电源特性						
PSRR	电源抑制比	$V_S = 4V$ 至 $36V$		110		dB
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$		100		dB
I_Q	静态电流 (单路)			410	550	μA
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$			650	μA
噪声						
V_n	输入电压噪声	$f = 0.1Hz$ 至 $10Hz$		8		μV_{pp}
e_n	输入电压噪声密度	$f = 1kHz$		22		nV/\sqrt{Hz}
动态特性						
GBW	增益带宽积	$G = -10$		2		MHz
SR	压摆率	$G = +1$		1.6		$V/\mu s$

电气参数 (环境温度 25°C)

($V_S = \pm 2.5V$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = V_S/2$, $V_O = V_S/2$, $R_L = 10k\Omega$ 连接至 $V_S/2$, 除非另有说明。)

符号	项目	说明	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性						
V_{OS}	输入失调电压		-150	± 50	150	μV
$V_{OS\ TC}$	失调电压漂移	$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$		0.5		$\mu V/\text{^\circ C}$
I_B	输入偏置电流	$V_{CM} = V_S/2$		± 50		pA
I_{OS}	输入失调电流			± 50		pA
V_{CM}	共模输出电压范围	$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$	V_S-		$(V_{S+})-1.5$	V
CMRR	共模抑制比	$V_S < V_{CM} < V_{S+}-1.5V$		95		dB
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$		90		dB
A_{VOL}	开环电压增益	$V_{S+}+0.5V < V_O < V_{S+}-0.5V$		115		dB
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$		105		dB
输出特性						
V_{OH}	高输出电压摆幅	$R_L = 10k\Omega$	$(V_{S+})-30$	$(V_{S+})-20$		mV
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$	$(V_{S+})-40$			mV
V_{OL}	低输出电压摆幅	$R_L = 10k\Omega$		$(V_S)-20$	$(V_S)-30$	mV
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$			$(V_S)-40$	mV
I_{SC}	短路输出电流	拉电流		25		mA
		灌电流		25		mA
电源特性						
PSRR	电源抑制比	$V_S = 4V$ 至 $36V$		110		dB
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$		100		dB
I_Q	静态电流 (单路)			390	540	μA
		$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$			640	μA
噪声						
V_n	输入电压噪声	$f = 0.1Hz$ 至 $10Hz$		8		μV_{pp}
e_n	输入电压噪声密度	$f = 1kHz$		22		nV/\sqrt{Hz}
动态特性						
GBW	增益带宽积	$G = -10$		2		MHz
SR	压摆率	$G = +1$		1.5		$V/\mu s$

典型性能特性

($V_S = \pm 18V$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = V_S/2$, $V_O = V_S/2$, $R_L = 10k\Omega$ 连接至 $V_S/2$, 除非另有说明。)

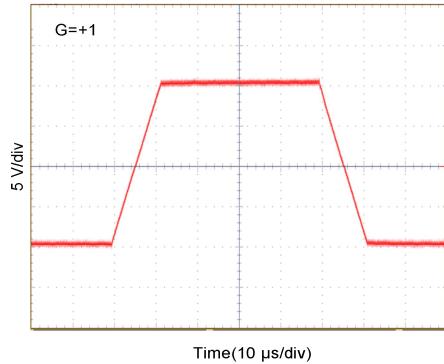


图 2 大信号阶跃响应

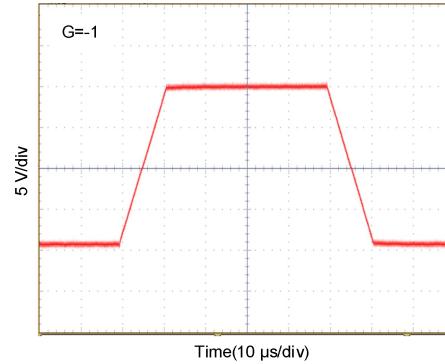


图 3 大信号阶跃响应

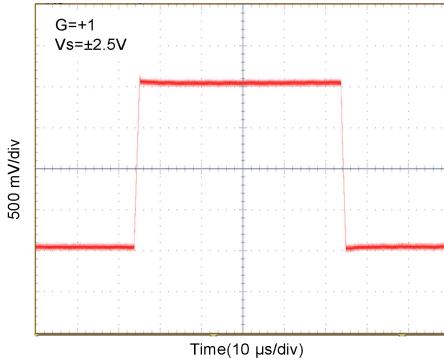


图 4 大信号阶跃响应

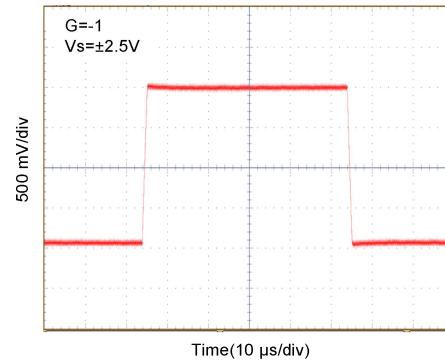


图 5 大信号阶跃响应

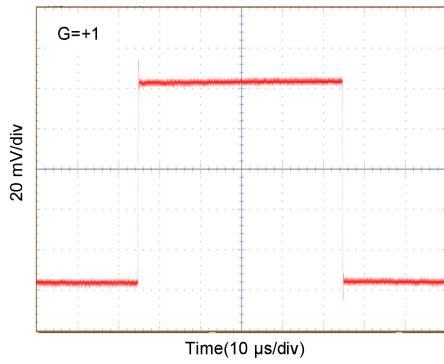


图 6 小信号阶跃响应

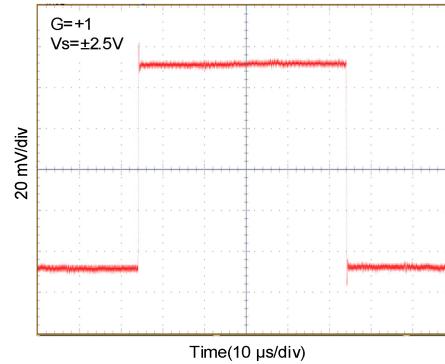
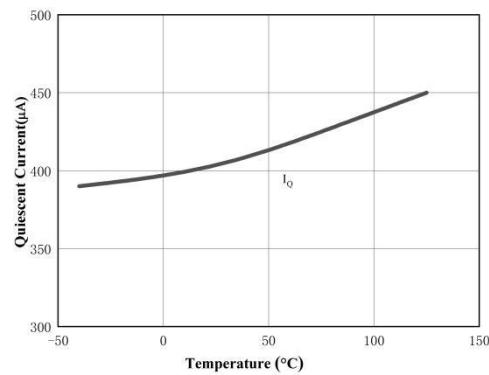
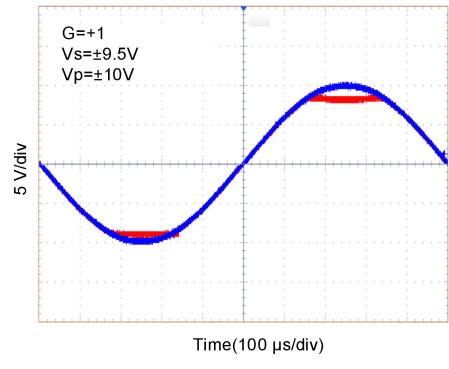
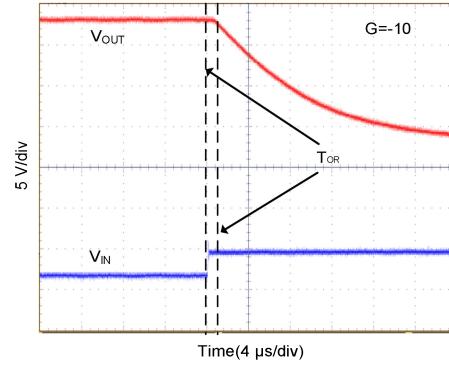
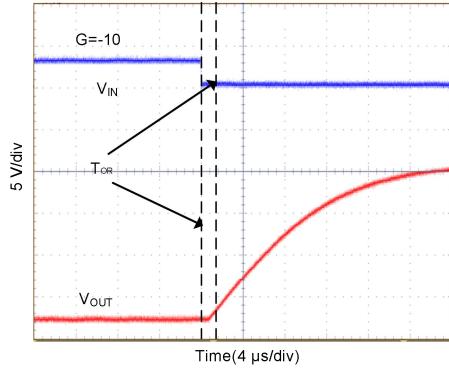


图 7 小信号阶跃响应

典型性能特性

($V_S = \pm 18V$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = V_S/2$, $V_O = V_S/2$, $R_L = 10k\Omega$ 连接至 $V_S/2$, 除非另有说明。)



应用指南

1. 应用信息

SL2177F, SL4177F 系列是一款低失调运算放大器，其出色的性能使该器件成为了很多高精度应用场合下的理想选择。其失调漂移在整个工作温度范围内为 $0.5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。此外，该放大器也具有高 CMRR、PSRR 和开环增益的特性。在高噪声或电源阻抗较高的场合下，运放的电源引脚旁边需要放置去耦电源（如 $0.1\mu\text{F}$ ），并尽可能靠近电源引脚。

2. 工作特性

SL2177F, SL4177F 系列的规定电源电压为 3.3V 至 36V ($\pm 1.65\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$)。规定的工作温度为 -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ 。与电源电压和温度有关的参数可典型性能测试部分。

3. 相位翻转保护

SL2177F, SL4177F 系列具有相位保护功能。一般的运算放大器在输入电压超出其共模输入电压的输入范围时，其输出端的相位会发生翻转。这种情况通常发生在非反相的电路场合中，当输入电压超出规定的共模电压范围时，输出会发生翻转，并且达到电源轨。SL2177F, SL4177F 系列通过限制其输出至电源轨解决了此问题。特性曲线如图 12 所示。

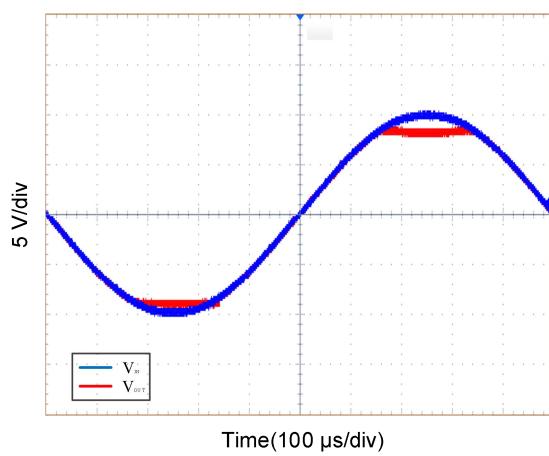


图 12 相位翻转测试图

4. 容性负载及其稳定性

应用指南

SL2177F, SL4177F 系列可以在单位增益的情况下直接驱动 1nF 容性负载，并且不会产生震荡。单位增益跟随器（缓冲器）是对容性负载最敏感的电路，直接驱动容性负载会使运算放大器的相位裕度降低从而导致输出振铃甚至震荡。在需要较大容性负载驱动力的应用场合中，需要在输出端和电容负载端增加一个隔离电阻 R_{ISO} ，如图 13 所示。该隔离电阻 R_{ISO} 和容性负载 C_L 会增加一个零点，从而提高了稳定性。 R_{ISO} 的值越大，其输出越稳定。但这种处理方式会使得增益的精度降低，因为 R_{ISO} 和负载电阻 R_L 形成了分压网络。一种更加稳健的电路如图 14 所示。这种电路不仅稳定性好，而且其 DC 精度高。使用一个 R_F 电阻将反相端和输出相连，可以有效地提高 DC 精度。 C_F 和 R_{ISO} 用来补偿相位裕度的损失。通过一个高通元件，将输出信号反馈到反相输入端，从而保证整体反馈环路的稳定性。

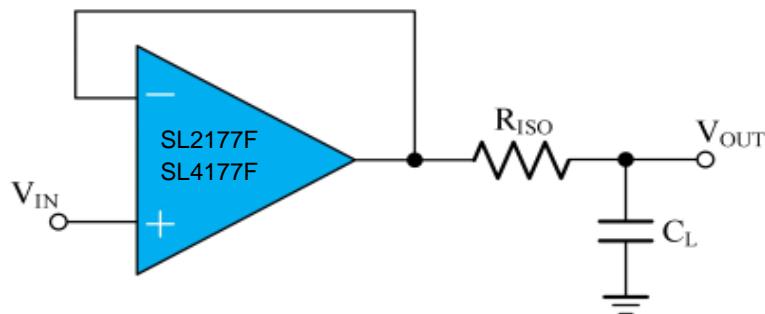


图 13 间接驱动重的容性负载

对于没有缓冲器的电路，有其他两种方式来提高相位裕度：1) 提高运算放大器的增益，或 2) 一个与反馈电阻相并联的电容来补偿反相输入端的寄生电容。

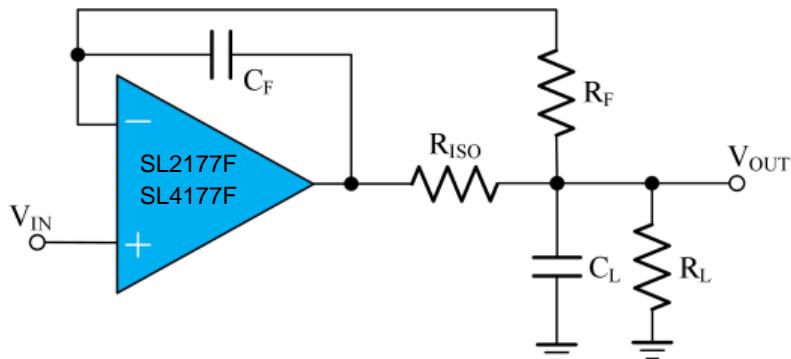


图 14 直接驱动容性负载且具有高的 DC 精度

5. 布局指南

应用指南

为了能够实现设备最佳运行性能，在设计印刷电路板（PCB）时，应遵循以下的布局原则。

- A. 将地划分为数字地和模拟地两个部分，并且应合理规划电流回流至地的路径，避免数字信号的回流引向到模拟信号。若使用多层 PCB 板，设置其中的一层为地，这样不仅有助于散热，而且可以有效地降低 EMI 噪声。
- B. 为了尽可能地降低寄生电容的大小和塞贝克效应，外部的器件（如反馈电阻等）应该尽可能的靠近芯片。
- C. 输入信号的导线应该尽可能的短，并且应该远离电源线或其他数字信号线。
- D. 每个电源引脚和地之间应该连接一个低 ESR、 $0.1\mu F$ 的陶瓷旁路电容，并尽可能的靠近芯片。在单电源的场合中，使用一个电容连接至芯片的电源和地之间。
- E. 关键的布线周围可以考虑加一个低阻、受驱动的保护环。保护环可以显著地减少附近不同电位的漏电流。

6. 低侧电流采样

如图 15 所示，运算放大器构成了低侧电流采样电路。负载电流 (I_{LOAD}) 在电阻 (R_{SHUNT}) 产生压差被 SL2177F，SL4177F 放大。在电源电压不变的情况下，可以通过改变电阻 (R_{SHUNT}) 和闭环放大倍数改变输出电压范围。

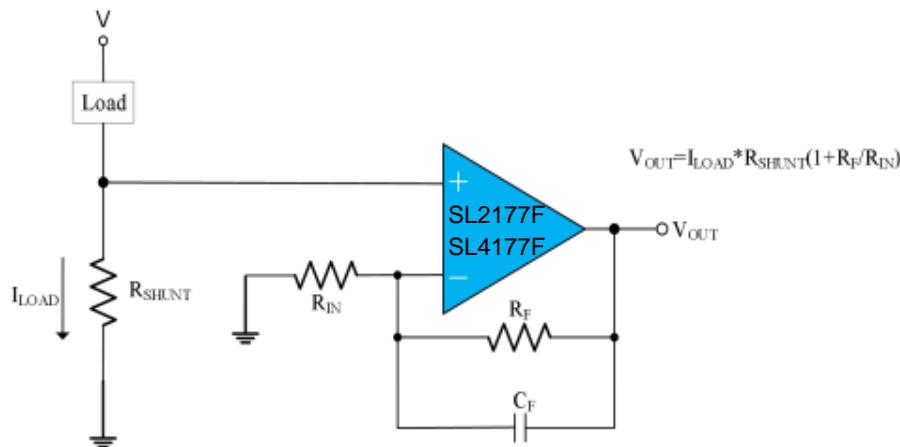


图 15 低侧电流采样电路

7. 高通滤波器

如图 16 所示，SL2177F，SL4177F 系列组成桥式放大器。

应用指南

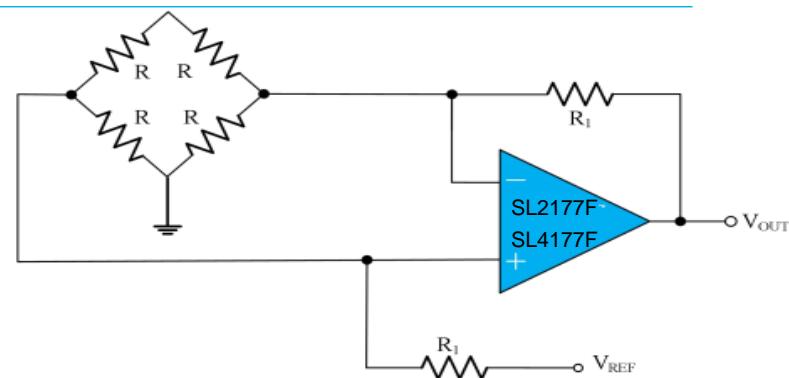


图 16 桥式放大器

8. 可编程电压源

如图 17 所示，SL2177F, SL4177F 系列、DAC、功率放大器组成了一个高精度的可编程电源。利用电容电阻搭建了放大器电路，将 DAC 的输出电压进行放大，放大倍数为 $1+R_4/R_1$ 。在输入电压变化范围很宽的场合，SL2177F, SL4177F 具备高精度和低漂移的特性。

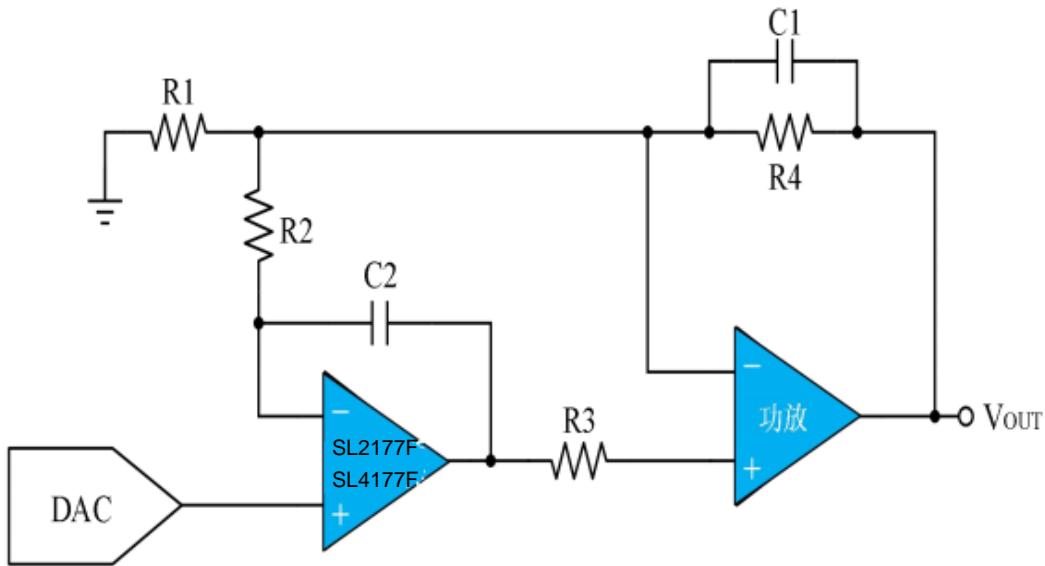
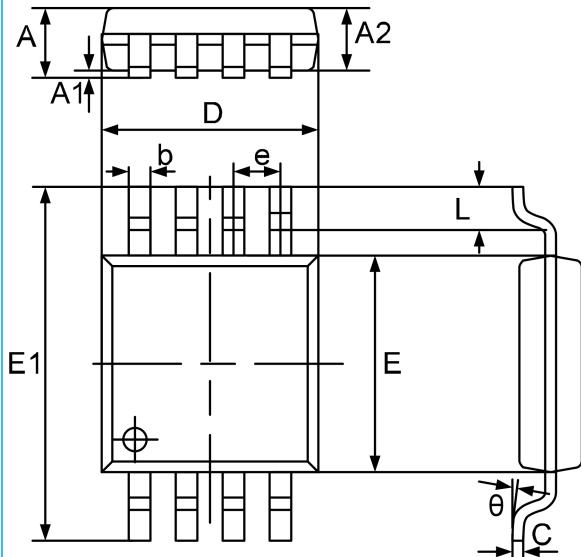


图 17 可编程电压源

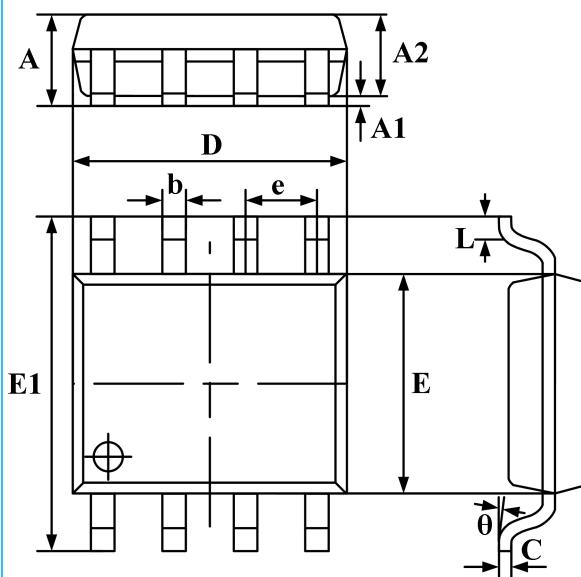
封装信息

MSOP-8



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	0.800	1.100	0.033	0.045
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
A2	0.750	0.950	0.031	0.039
b	0.290	0.380	0.012	0.016
C	0.150	0.200	0.006	0.008
D	2.900	3.100	0.118	0.127
E	2.900	3.100	0.118	0.127
E1	4.700	5.100	0.192	0.208
e	0.650typ.		0.026typ.	
L	0.400	0.700	0.016	0.029
θ	0°	8°	0°	8°

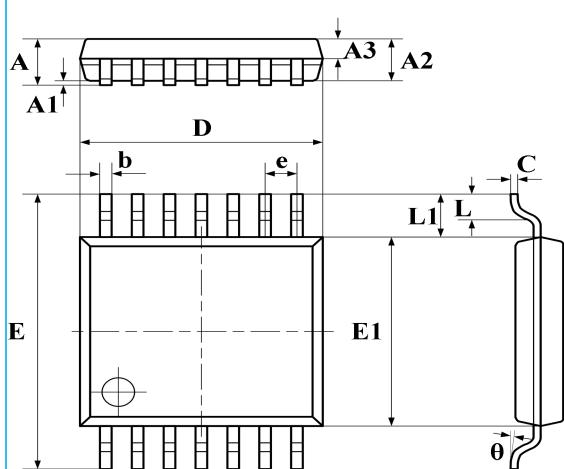
SOP-8



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.370	1.670	0.056	0.068
A1	0.070	0.170	0.003	0.007
A2	1.300	1.500	0.053	0.061
b	0.306	0.506	0.013	0.021
C	0.203typ.		0.008typ.	
D	4.700	5.100	0.192	0.208
E	3.820	4.020	0.156	0.164
E1	5.800	6.200	0.237	0.253
e	1.270typ.		0.050typ.	
L	0.450	0.750	0.018	0.306
θ	0°	8°	0°	8°

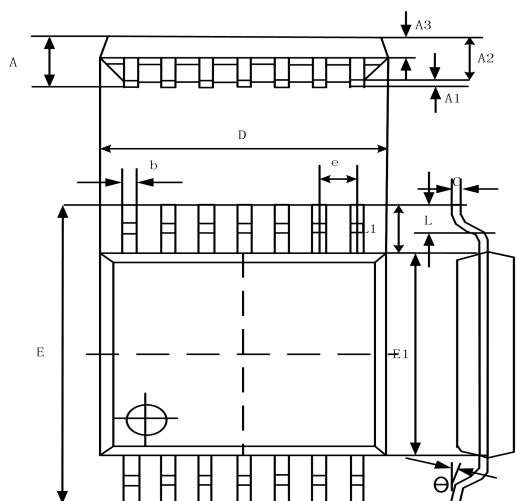
封装信息

TSSOP-14



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	-	1.200	-	0.0472
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
A2	0.900	1.050	0.037	0.043
A3	0.390	0.490	0.016	0.020
b	0.200	0.290	0.008	0.012
C	0.130	0.180	0.005	0.007
D	4.860	5.060	0.198	0.207
E	6.200	6.600	0.253	0.269
E1	4.300	4.500	0.176	0.184
e	0.650 typ.		0.0256 typ.	
L1	1.000 ref.		0.0393 ref.	
L	0.450	0.750	0.018	0.031
θ	0°	8°	0°	8°

SOP-14



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.450	1.850	0.059	0.076
A1	0.100	0.300	0.004	0.012
A2	1.350	1.550	0.055	0.063
A3	0.550	0.750	0.022	0.031
b	0.406typ.		0.017typ.	
C	0.203typ.		0.008typ.	
D	8.630	8.830	0.352	0.360
E	5.840	6.240	0.238	0.255
E1	3.850	4.050	0.157	0.165
e	1.270 typ.		0.050 typ.	
L1	1.040 ref.		0.041 ref.	
L	0.350	0.750	0.014	0.031
θ	2°	8°	2°	8°