480μA, 6.5MHz, RRIO CMOS 运算放大器

概 述

SL8631 (单路)、SL8632 (双路)和SL8634 (四路)是低噪声、低电压以及微功率的运算放大器。 SL863x 系列具有 6.5MHz 的带宽、4V/μs 的压摆率和每路放大器 480μA 的静态电流（电源电压为 5V）。 SL863x 系列运算放大器可广泛的设计于不同的应用场合。

SL863x 运算放大器旨在为低压和低噪声系统提供最佳性能。其输入共模电压范围包括地，最大输入失调电压为 4.2mV。 SL863x 在重输出负载下可以提供轨到轨输出摆幅。 SL863x 系列适用于+2.1V 至+5.5V 的单电源或双电源。所有型号均指定工作在-40℃至+125℃的扩展工业温度范围内。

SL8631 采用 5 引脚 SC70 和 SOT-23 封装。SL8632 采用 8 引脚 MSOP、DFN2*2、TSSOP 和 SOP 封装。SL8634 采用 14 引脚 TSSOP 和 SOP 封装。

特 点

- 高压摆率：4V/μs
- 增益带宽积：6.5MHz
- 低功耗：每路放大器电源电流为 480μA
- 达到 0.1%的建立时间（2V 阶跃）：1μs
- 低噪声：20nV/√Hz@10kHz
- 高增益：103dB
- 低失调电压：4.2mV（最大值）
- 单位增益稳定
- 轨对轨输入和输出
  - 输入电压范围：-0.1V 至+5.1V（5V 电源电压）
- 工作电源范围：+2.1V 至+5.5V
- 工作温度范围：-40℃至+125℃

应 用

- 光电二极管和传感器接口
- 音频输出
- 有源滤波器
- 驱动 A/D 转换器
- 便携式设备和电池供电设备

引脚分布

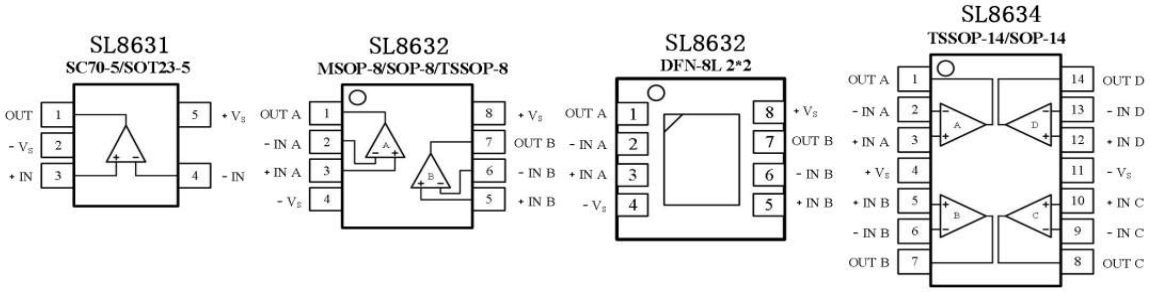


图 1　引脚分布

引脚描述

符号	描述
-IN	负极（反相）输入端。
+IN	正极（同相）输入端。
-INA, -INB -INC, -IND	放大器的反相输入端，电压范围可以从(V_{S-} – 0.1V)到(V_{S+} + 0.1V)。
+INA,+INB +INC, +IND	放大器的同相输入 端，该引脚具有与–IN 相同的电压范围。
$+V_S$	正电源端，电压为 2.1V 至 5.5V。 应在电源引脚之间或电源引脚与地之间使用尽可能靠近器件的 0.1μF 旁路电容。
$-V_S$	负电源端，通常接地。只要 V_{S+}和 V_{S-}之间的电压在 2.1V 至 5.5V 之间，它也可以连接到地以外的电压。如果它没有接地，则在尽可能靠近零件的地方用一个 0.1μF 的电容器将其旁路。
OUTA, OUTB OUTC, OUTD	放大器输出端。
OUT	输出端。

订购信息

型号	封装	包装数量
SL8631XC5	SC70-5	3000 卷盘
SL8631XT5	SOT23-5	3000 卷盘
SL8632XS8	SOP-8	4000 卷盘
SL8632XV8	MSOP-8	3000 卷盘
SL8632XF8	DFN-8	3000 卷盘
SL8632XT8	TSSOP-8	3000 卷盘
SL8634XT14	TSSOP-14	3000 卷盘
SL8634XS14	SOP-14	2500 卷盘

绝对最大额定值（T_A=25℃）

符号	描述	额定值	单位
$V_{S+,}V_{S-}$	电源电压，V_{S+}至 V_{S-}	7.0	V
V_{CM}	共模输入电压	V_{S-} – 0.3 to V_{S+} + 0.3	V
ESD	静电放电电压	HBM ±4000	V
		CDM ±1000	V
T_J	结温	160	°C
T_{STG}	储存温度范围	-65 to +150	°C
T_{JL}	焊接温度范围 (焊接 10 秒)	260	°C

备注:

1. 超出绝对最大额定值所列的应力可能会对设备造成永久性损坏。这些只是应力额定值，并不意味着器件在这些或超出推荐操作条件下指示的任何其他条件下的功能操作。长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。
2. 输入端子被二极管钳位到电源轨。
3. 提供的器件在任何时候都不会超过最高结温(T_J)。

电气参数（T_A=25℃）

(V_S=5.0V，T_A=+25℃，V_{CM}=V_S/2，V_O=V_S/2，R_L=10kΩ连接至 V_S/2，除非另有说明。)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性						
V_{OS}	输入失调电压		-4.2	±0.8	+4.2	mV
	全温		-4.5		+4.5	
$V_{OS}TC$	失调电压漂移			2		μV/°C
I_B	输入偏置电流			1		pA
	全温			800		
I_{OS}	输入失调电流			1		pA
V_{CM}	共模电压范围		V_{S-}–0.1		V_{S+}+0.1	V
CMRR	共模抑制比	V_{CM} = 0.05V 至 3.5V	66	84		dB
	全温			80		
		V_{CM} = V_{S-}–0.1 至 V_{S+}+0.1V	60	76		
A_{VOL}	开环电压增益	R_L = 10kΩ, V_O = 0.05 至 3.5V	90	103		
	全温			90		
		R_L = 600Ω, V_O = 0.15 至 3.5V	77	86		
	全温			80		
R_{IN}	输入电阻			100		GΩ
C_{IN}	输入电容	差模		2.0		pF
		共模		3.5		
V_{OH}	高输出电压摆幅	R_L = 600Ω		V_{S+}–130		mV
		R_L = 10kΩ		V_{S+}–12		
V_{OL}	低输出电压摆幅	R_L = 600Ω		120		mV
		R_L = 10kΩ		7		
Z_{OUT}	闭环输出阻抗	f = 200kHz, G = +1		0.4		Ω
	开环输出阻抗	f = 1MHz, I_O = 0		2.6		
I_{SC}	短路电流	灌电流		40		mA
		拉电流		40		

电气参数（T_A=25℃）

(V_S=5.0V，T_A=+25°C，V_{CM}=V_S/2，V_O=V_S/2，R_L=10kΩ连接至 V_S/2，除非另有说明。)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值.	单位
动态性能						
GBW	增益带宽积			6.5		MHz
Φ_M	相位裕度	C_L = 100pF		60		°
SR	压摆率	G = +1, C_L = 100pF, V_O = 1.5V 至 3.5V		4		V/μs
BW_P	全功率带宽	<1% 失真		300		kHz
t_S	建立时间	0.1%, G = +1（2V 阶跃）		1		μs
		0.01%, G = +1（2V 阶跃）		1.2		
t_{OR}	过载恢复时间	V_{IN} × Gain > V_S		0.5		μs
噪声性能						
V_n	输入电压噪声	f = 0.1 至 10 Hz		12		μV_{P-P}
e_n	输入电压噪声密度	f = 10kHz		20		nV/√Hz
I_n	输入电流噪声密度	f = 10kHz		5		fA/√Hz
电源						
V_S	电源电压		2.1		5.5	V
PSRR	电源抑制比	V_S = 2.7V 至 5.5V, V_{CM} < V_{S+} − 2V	70	84		dB
	全温			80		
I_Q	静态电流 (每路放大器)			480	560	μA
	全温			520	620	
热特性						
T_A	温度范围		-40		+125	°C
θ_{JA}	封装热阻抗	SC70-5		333		°C/W
		SOT23-5		190		
		MSOP-8		216		
		SO-8		125		
		DFN-8L		201		
		TSSOP-8		153		
		TSSOP-14		112		
		SO-14		115		

典型性能特性

(T_A=+25℃，V_{CM}=V_S/2，R_L=10kΩ连接至 V_S/2，除非另有说明。)

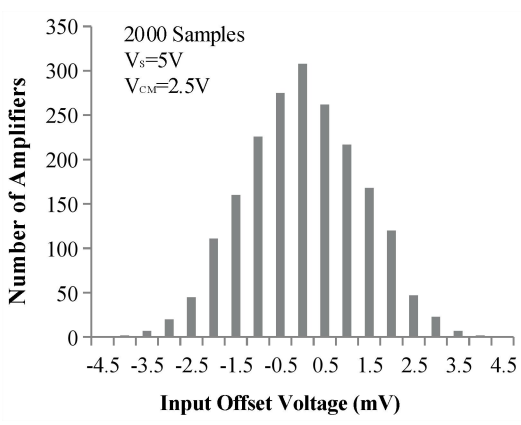


图 2　输入失调电压分布

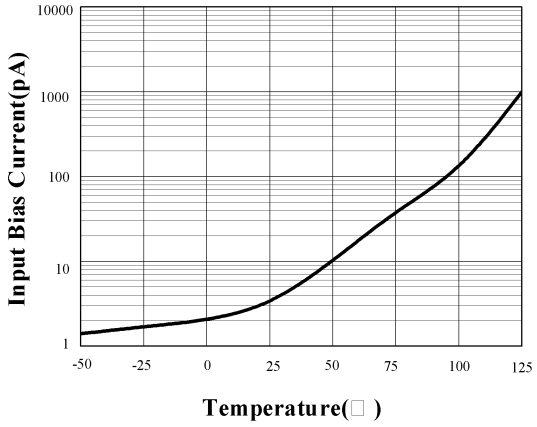


图 3　输入偏置电流与温度关系

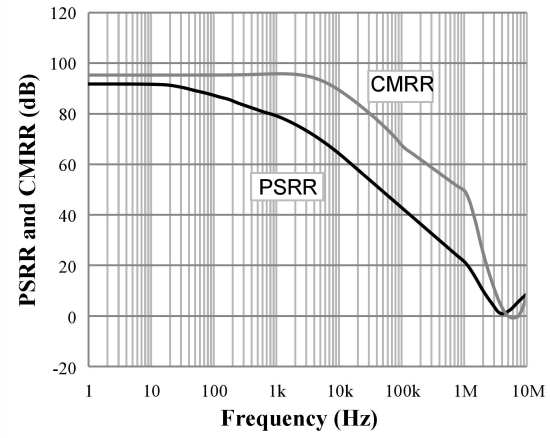


图 4　电源抑制比和共模抑制比与频率关系

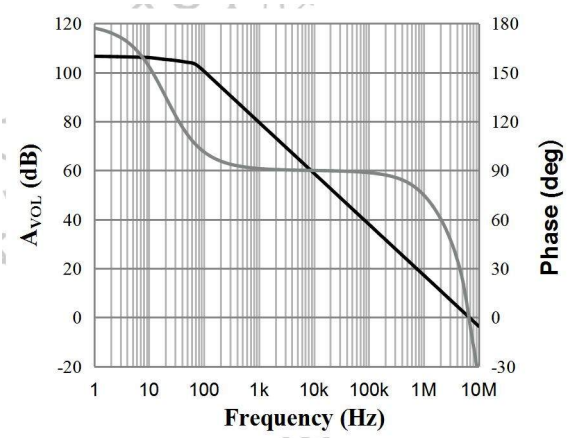


图 5　开环增益和相位裕度与频率关系

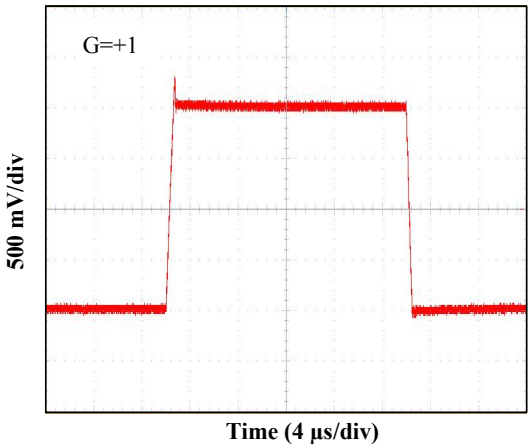


图 6　2.7V 时的大信号阶跃响应

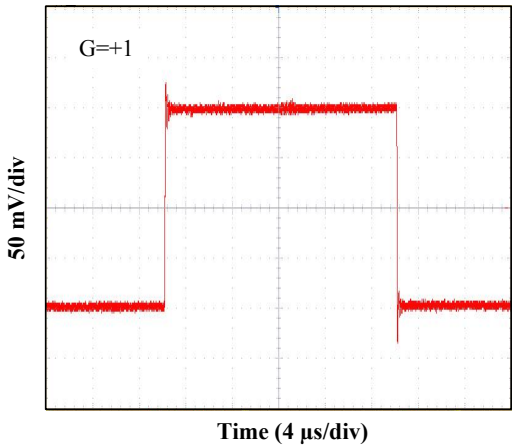


图 7　2.7V 时的小信号阶跃响应

典型性能特性

(T_A=+25℃，V_{CM}=V_S/2，R_L=10kΩ连接至 V_S/2，除非另有说明。)

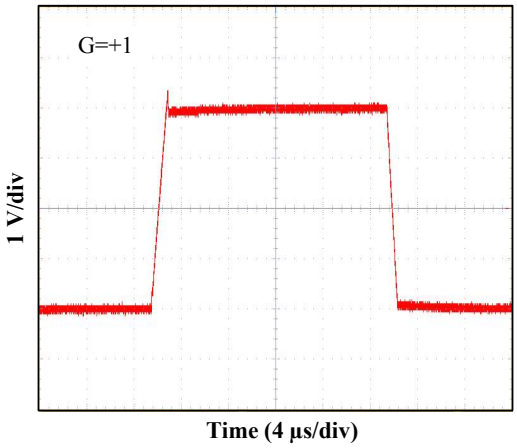


图 8　5V 时的大信号阶跃响应

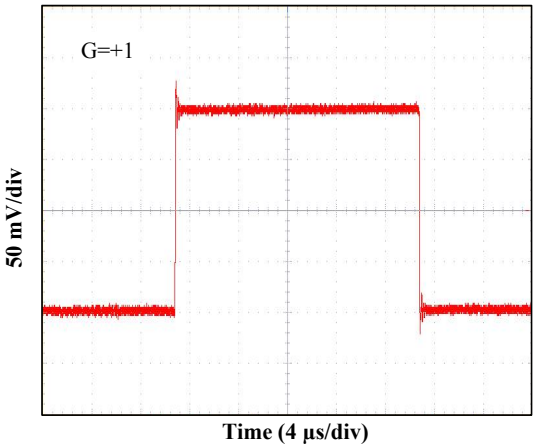


图 9　5V 时的小信号阶跃响应

应用注释

1. 低输入偏置电流

SL863x 是 CMOS 运算放大器系列，具有 pA 范围内的极低输入偏置电流。低输入偏置电流允许放大器用于具有高电阻源的应用中，但必须注意尽量减少 PCB 表面漏电。有关详细信息，请参阅下面的“PCB 表面漏电”部分。

2. PCB 表面漏电

在对输入偏置电流要求偏低的应用中，需要考虑印刷电路板(PCB)表面漏电效应。表面漏电是由电路板上的湿气、灰尘或其他污染物引起的。在低湿度条件下，相邻走线之间的典型电阻为 $10^{12}\Omega$，两者之间 5V 的电压差异会导致 5pA 的电流流过，这大于 SL863x 在+25℃时的输入偏置电流（典型值±1pA）。建议使用多层 PCB 布局，并将运算放大器的–IN 和+IN 信号布线在 PCB 表面下方。

减少表面漏电的有效方法是在敏感引脚（或走线）周围使用保护环。保护环的偏置电压与敏感引脚相同。这种类型的布局示例如图 10 所示，用于反相增益应用。

1. 对于同相增益和单位增益缓冲器：

a) 使用不接触 PCB 表面的导线将同相引脚(+IN)连接到输入。

b) 将保护环连接到反相输入引脚(-IN)。这会将保护环偏置到共模输入电压。

2. 对于反相增益和跨阻增益放大器（将电流转换为电压，例如光电探测器）：

a) 将保护环连接到同相输入引脚(+IN)。这会将保护环偏置到与运算放大器相同的参考电压（例如，$V_S/2$ 或接地）。

b) 使用不接触 PCB 表面的导线将反相引脚(-IN)连接到输入。

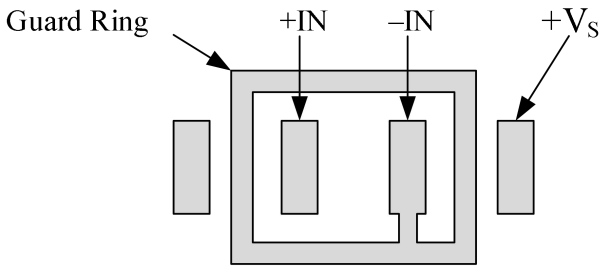


图 10　在敏感引脚周围使用保护环

应用注释

3. “轨对轨”特性

SL863x 系列的输入共模电压范围可以超出电源轨 300mV。这是通过互补输入级实现的——一个 N 型 MOS 输入差分对与一个 P 型 MOS 输入差分对并联。对于正常工作，输入应限制在此范围内。绝对最大输入电压超出电源电压 500mV，对于大于输入共模范围但小于最大输入电压的输入虽然无效，但不会对运放造成任何损坏。与其他一些运算放大器不同，如果输入电流受到限制，输入可能会超出电源而不会相位翻转，如图 11 所示。由于输入共模范围从(V_{S-} − 0.1V)扩展到(V_{S+} + 0.1V)， SL863x运算放大器可以实现“真正接地”检测。

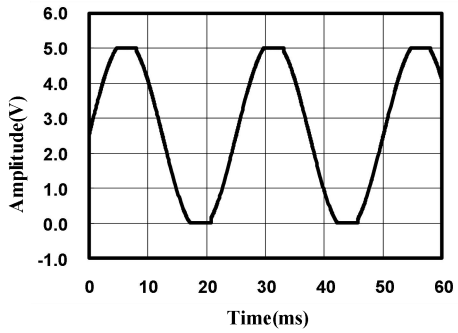


图 11 无相位翻转在输入超过电源电压时

共源晶体管的 AB 类输出级拓扑结构可以实现轨到轨输出。对于轻电阻负载（例如 100kΩ），输出电压通常可以摆动到距电源轨 5mV 以内。在中等电阻负载（例如 10kΩ）的情况下，输出通常可以从电源轨摆动到 15mV 以内，并保持高开环增益。

最大输出电流与总电源电压有关。随着放大器的电源电压增加，输出电流能力也增加。当输出持续短路时，必须注意保持 IC 的结温在 150℃以下。放大器的输出具有连接到每个电源的反向偏置 ESD 二极管。输出不应被强制超过任一电源 0.5V，否则电流将流过这些二极管。

4. 容性负载和稳定性

SL863x 可以直接以单位增益驱动 1nF 而不会产生振荡。单位增益跟随器（缓冲器）是对电容负载最敏感的电路。

直接驱动电容负载会降低放大器的相位裕度，从而导致振铃甚至振荡。需要更大容性驱动能力的应用应在输出和容性负载之间使用隔离电阻，如图 12 中的电路。隔离电阻 R_{ISO} 和负载电容 C_L 形成零点以提高稳定性。R_{ISO} 电阻值越大，V_{OUT} 越稳定。请注意，由于 R_{ISO} 与 R_L 形成分压器，此方法会导致增益精度损失。

应用注释

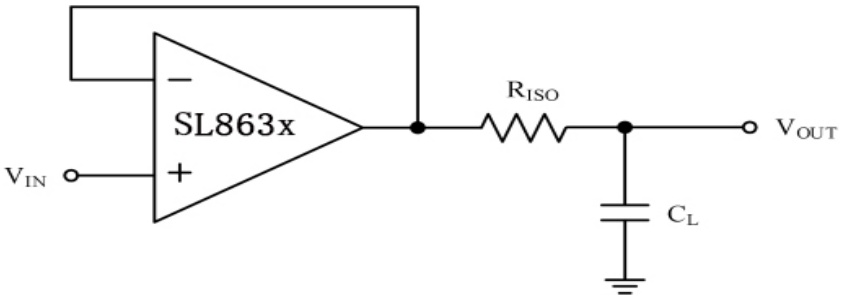


图 12　间接驱动重容性负载

改进电路如图 13 所示。它提供直流精度的同时，也可以保证交流稳定性。R_F 通过将反相信号与输出相连接来提供直流精度。

C_F 和 R_{ISO} 通过将输出信号的高频分量反馈到放大器的反相输入来抵消相位裕度的损失，从而在整个反馈环路中保持相位裕度。

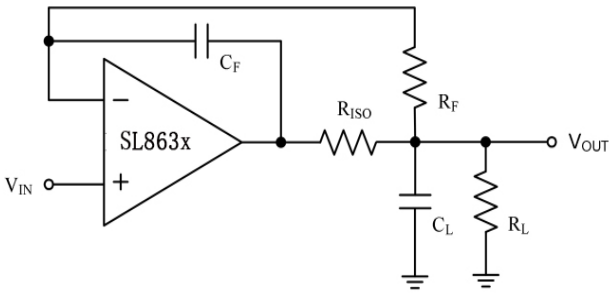


图 13　以直流精度间接驱动重容性负载

对于非单位增益的电路，还有另外两种增加相位裕度的方法：(a)通过增加放大器的增益，或(b)通过将电容器与反馈电阻并联以抵消与反相节点相关的寄生电容。

5. 电源布局和滤波

SL863x 系列采用+2.1V 至+5.5V 单电源或±1.05V 至±2.25V 双电源供电。对于单电源操作，滤波陶瓷电容（0.01μF 至 0.1μF）应放置在靠近 V_S 引脚的位置（在 2mm 以内以获得良好的高频性能）。对于双电源操作，V_{S+}和 V_{S-}电源应通过单独的 0.1μF 陶瓷电容器接至地。100mm 以内的大容量电容器（2.2μF 或更大的钽电容器）可提供大而慢的电流和更好的性能。该大容量电容器可以与其他模拟器件共享。

良好的 PCB 布局技术通过减少运算放大器输入和输出的杂散电容量来优化性能。为了减少杂散电容，通过将外部器件放置在尽可能靠近芯片的位置来最小化走线长度和宽度，并尽可能使用贴片器件。对于运算放大器，强烈建议将器件直接焊接到 PCB 板上，尽量保持高频大电流环路面积小，以减少 EMI（电磁干扰）。

应用注释

6. 接地

在 SL863x 电路设计中，接地层是非常重要的，感应地回线中电流路径的长度会产生不需要的电压噪声，宽的接地面积会降低寄生电感。

7. 输入输出耦合

为了尽量减少电容耦合，输入和输出信号走线不应平行。这有助于减少不需要的正反馈。

典型应用电路图

1. 差分放大器

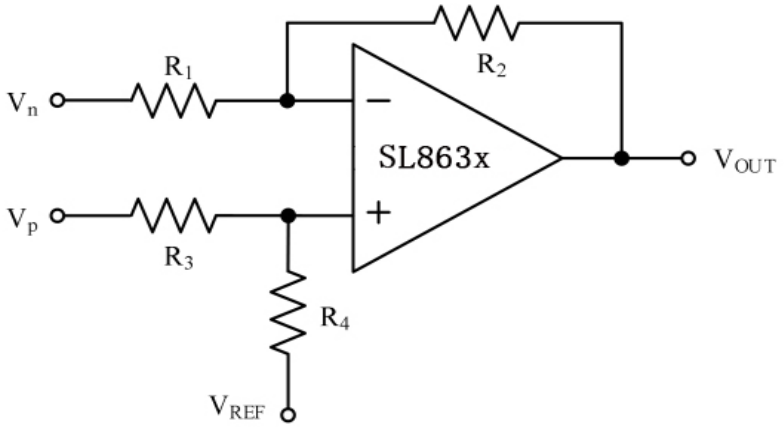
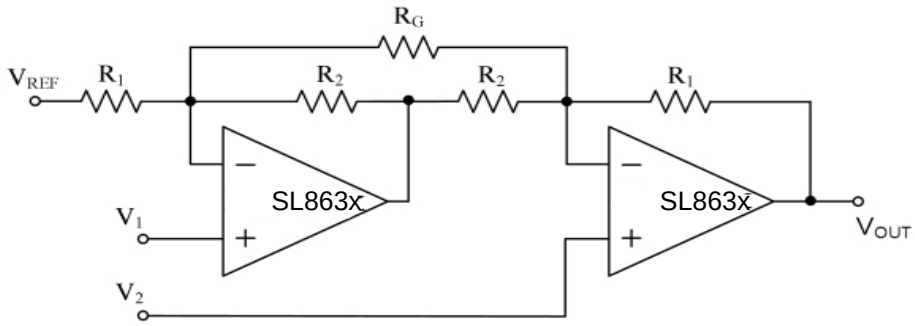


图 14　差分放大器

图 14 所示的电路实现差分功能。如果电阻比率等于 $R_4/R_3 = R_2/R_1$，则：

$$V_{OUT} = (V_p - V_n) \times R_2/R_1 + V_{REF}$$

2. 仪表放大器



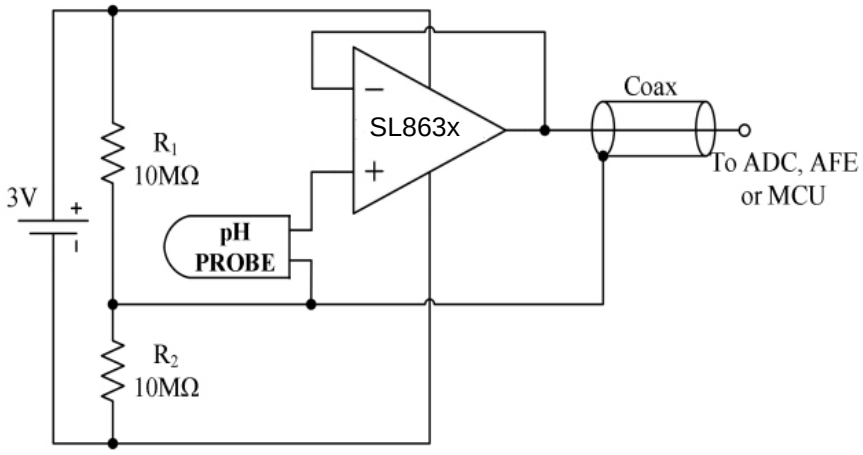
$$V_{OUT} = (V_1 - V_2)(1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{2R_1}{R_G}) + V_{REF}$$

图 15　仪表放大器

SL863x 系列非常适合在电池供电应用中传导传感器信号。图 15 展示了一个使用　SL863x 系列的两个运算放大器组成的仪表放大器。该电路适用于需要以较高增益抑制共模噪声的应用。参考电压(V_{REF})由低阻抗源提供，在单电源电压应用中，V_{REF} 通常为 $V_S/2$。

典型应用电路图

3. 化学传感器



pH 探头中包含的所有组件

图 16　pH 探头

SL863x 系列的输入偏置电流在 pA 范围内。这是缓冲高阻抗化学传感器（如 pH 探针）的理想选择。例如，图 16 中的电路消除了将 pH 探头（通用组合 pH 探头，例如 Corning 476540）连接到 ADC、AFE 和/或 MCU 等计量 IC 所需的膨胀低泄漏电缆。一个　SL863x 运算放大器和一个锂电池安装在探头组件中。传统的低成本同轴电缆可用于将运算放大器的输出信号传输到后续 IC 以读取 pH 值。

4. 基于分流的电流检测放大器

图 17 所示的电流检测放大器输出正弦波信号的压摆率为 $2\pi fV_{PP}$，输出三角波信号的压摆率为 $2fV_{PP}$。在大多数电机控制系统中，PWM 频率在 10kHz 到 20kH 之间，对于 10kHz 的 PWM 频率，一个周期时间为 100μs。在电机的分流监控中，相电流被转换为相电压信号用于 ADC 采样。该采样电压信号必须在进入 ADC 之前建立。如图 8 所示，电流分流监控器电路的总建立时间包括：由于运算放大器的压摆率导致的上升沿延迟时间(t_{SR})，以及测量建立时间(t_{SET})。如果 PWM 的最小占空比定义为 5%，并且 t_{SR} 需要在总时间窗口的 20%处进行相电流监控，则对于 3.3V 电机控制系统（具有 12 位的 3.3V MCU 的 ADC），运算放大器的压摆率应大于：

3.3V/（100μs×5%×20%）=3.3V/μs

同时，运算放大器的带宽应该远大于 PWM 频率（至少要大 10 倍）。

典型应用电路图

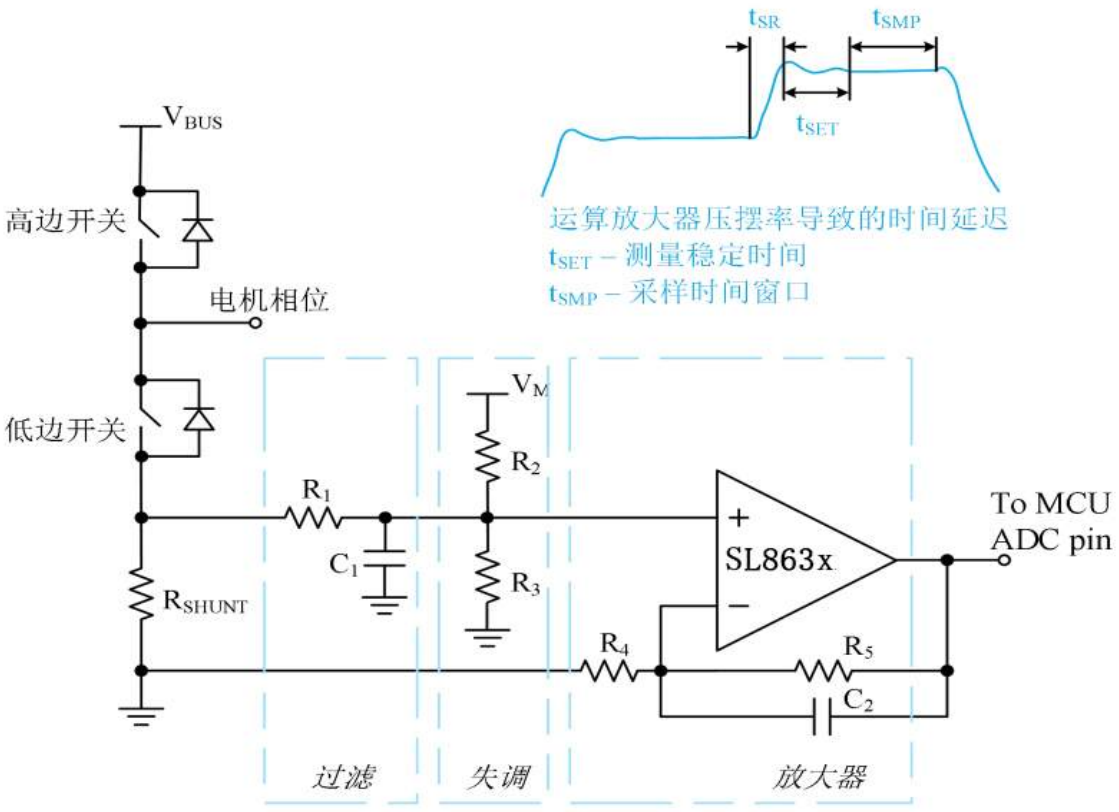
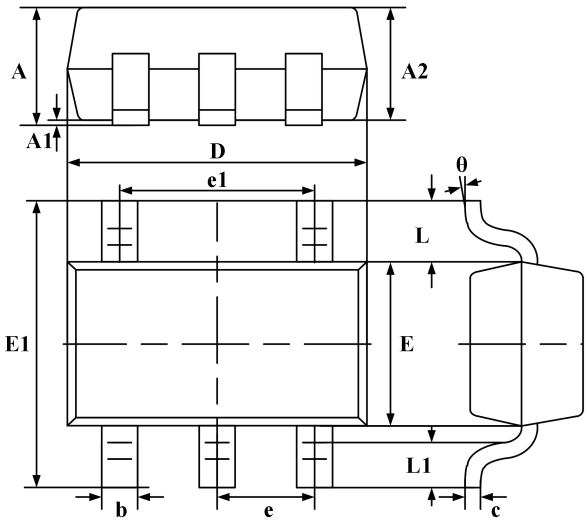


图 17　电流分流监控电路

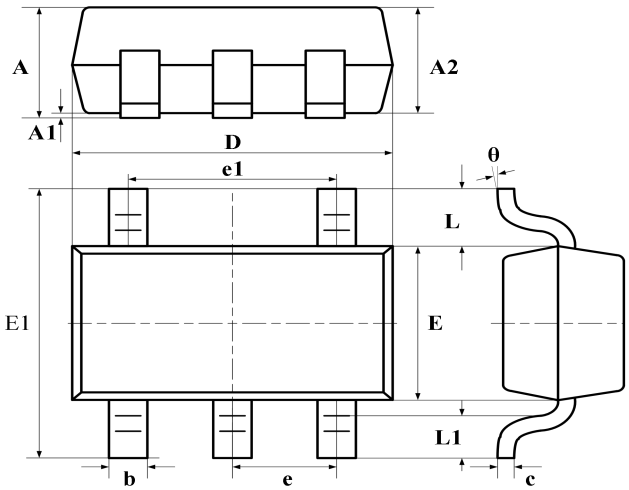
封装信息

SC70-5 (SOT353)



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	0.800	1.100	0.035	0.043
A1	0.000	0.100	0.000	0.004
A2	0.800	0.900	0.035	0.039
b	0.150	0.350	0.006	0.014
c	0.080	0.150	0.003	0.006
D	1.850	2.150	0.079	0.087
E	1.100	1.400	0.045	0.053
E1	1.950	2.200	0.085	0.096
e	0.850 typ.		0.026 typ.	
e1	1.200	1.400	0.047	0.055
L	0.42 ref.		0.021 ref.	
L1	0.260	0.460	0.010	0.018
θ	0°	8°	0°	8°

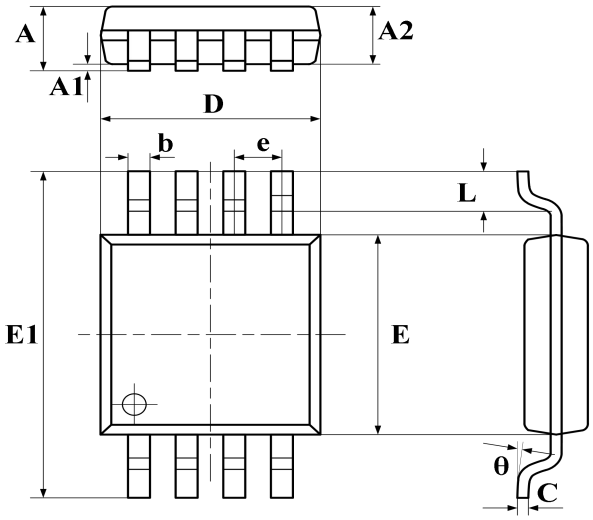
SOT23-5



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.040	1.350	0.042	0.055
A1	0.040	0.150	0.002	0.006
A2	1.000	1.200	0.041	0.049
b	0.380	0.480	0.015	0.020
c	0.110	0.210	0.004	0.009
D	2.720	3.120	0.111	0.127
E	1.400	1.800	0.057	0.073
E1	2.600	3.000	0.106	0.122
e	0.950 typ.		0.037 typ.	
e1	1.900 typ.		0.078 typ.	
L	0.700 ref.		0.028 ref.	
L1	0.300	0.600	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°

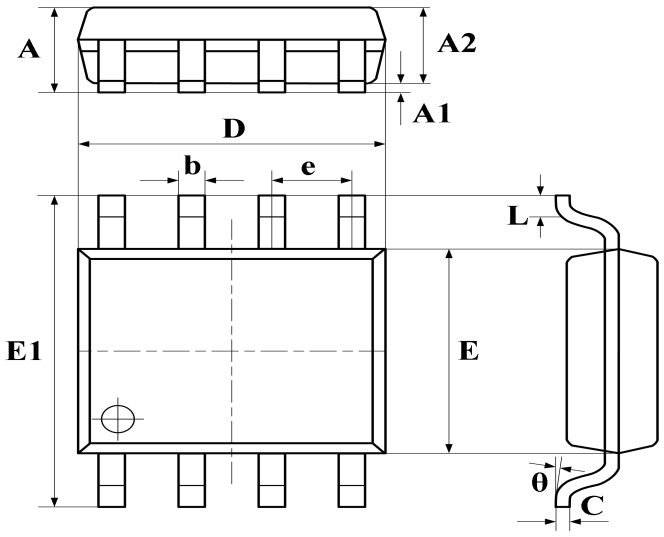
封装信息

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	0.650 typ.		0.026 typ.	
L	0.400	0.700	0.016	0.029
θ	0°	8°	0°	8°

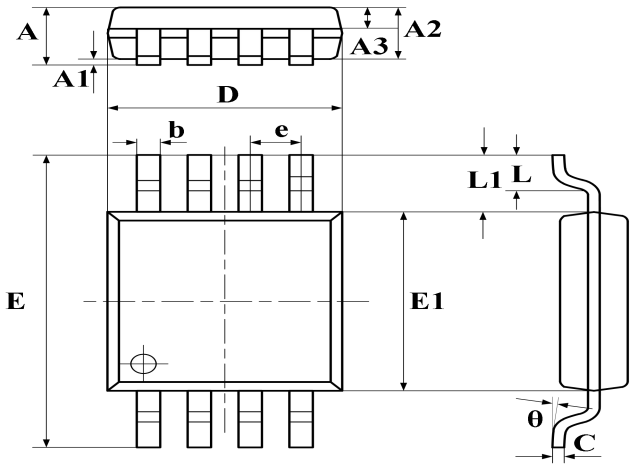
SOP-8



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	0.203 typ.		0.008 typ.	
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	1.270 typ.		0.050 typ.	
L	0.450	0.750	0.018	0.306
θ	0°	8°	0°	8°

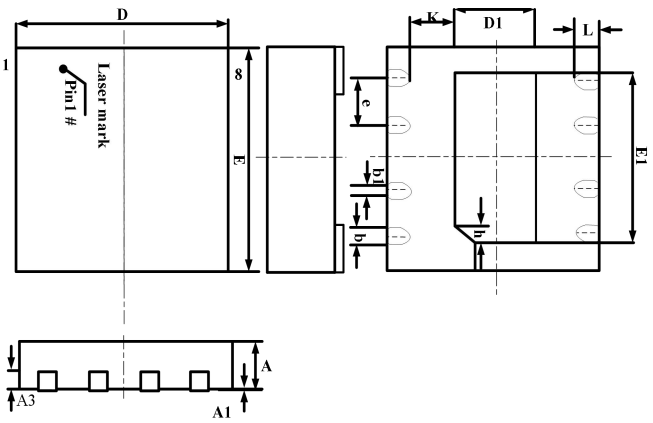
封装信息

TSSOP-8



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches
	Min	Nom	Max
A	-	-	1.200
A1	0.050	-	0.150
A2	0.900	1.000	1.050
A3	0.390	0.440	0.490
b	0.200	-	0.280
C	0.130	-	0.170
D	2.900	3.000	3.100
E	6.200	6.400	6.600
E1	4.300	4.400	4.500
e	0.65BSC		
L	0.450	-	0.750
L1	1.000 ref		
θ	0°	-	8°

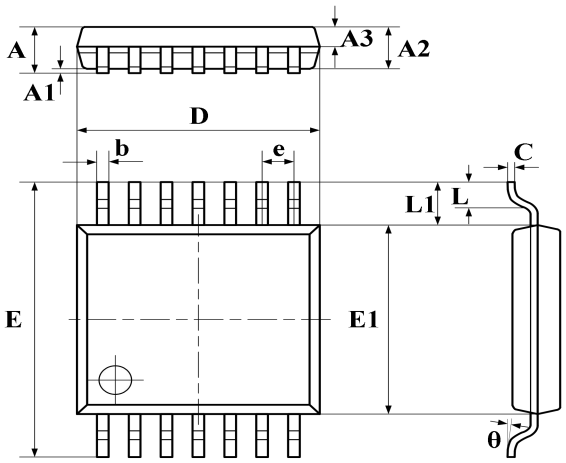
DFN8-L 2*2



Symbol	Dimensions In Millimeters		
	Min	Nom	Max
A	0.700	0.750	0.800
A1	0.000	0.020	0.050
A3	0.203REF		
b	0.200	0.2500	0.300
b1	0.180REF		
D	1.900	2.000	2.100
E	1.900	2.000	2.100
e	0.500BSC		
D1	0.500	0.600	0.700
E1	1.100	1.200	1.300
L	0.300	0.350	0.40
K	0.35REF		
h	0.200REF		

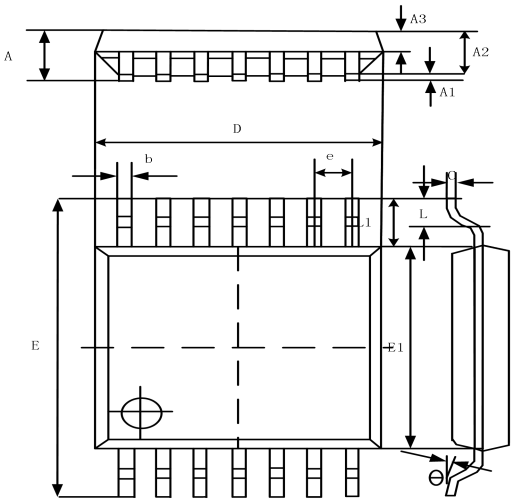
封装信息

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°