

采用 SOT-23 封装的高电压、高压侧电流检测放大器

特点

- **电源范围：**
5V 至 100V，105V 绝对最大值 (LTC6101HV)
4V 至 60V，70V 绝对最大值 (LTC6101)
- **低失调电压：**300 μ V 最大值
- **快速响应：**1 μ s 响应时间 (从 0V 至 2.5V 的时间，在 5V 输出上)
- **可采用两个电阻器来进行增益配置**
- 低输入偏置电流：170nA 最大值
- PSRR：118dB 最小值
- 输出电流：1mA 最大值
- 低电源电流：250 μ A， $V_S = 14$ V
- 工作温度范围：-40 $^{\circ}$ C 至 125 $^{\circ}$ C
- 扁平 (高度仅 1mm) SOT-23 (ThinSOT™) 封装

应用

- 分流测量
- 电池监视
- 远端采样
- 电源管理

LT、LT-、LTC 和 LTM 是凌力尔特公司的注册商标。
ThinSOT 是凌力尔特公司的商标。
所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

描述

LTC®6101/LTC6101HV 是通用型、高电压、高压侧电流检测放大器。超卓的器件特性提供了设计灵活性；最大失调电压为 300 μ A，电流消耗仅 375 μ A (60V 电压条件下的典型值)。LTC6101 采用 4V 至 60V 的电源运作，而 LTC6101HV 则采用 5V 至 100V 电源。

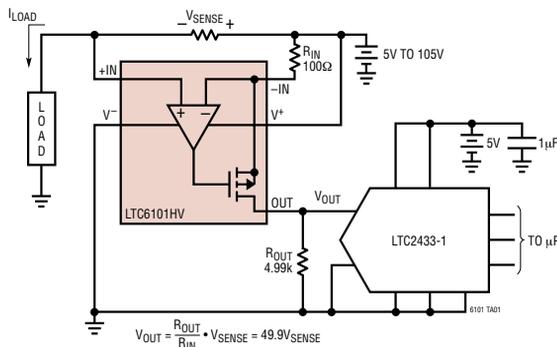
LTC6101 通过一个外部检测电阻器 (分流电阻器) 两端的电压来监视电流。内部电路将输入电压转换为输出电流，因而使得能够在高共模电压的小检测信号转换至一个相对于地的信号。低 DC 失调允许采用一个小分流电阻器和大增益设置电阻器。因此，分路中的功耗可减少。

宽工作电源范围和高准确度使得 LTC6101 成为从汽车到工业以及电源管理应用的理想选择。500mV 的最大输入检测电压允许对各种电流进行监视。快速响应令 LTC6101 成为负载电流警告和关断保护控制的绝佳选择。凭借非常低的电源电流，LTC6101 堪称对功耗敏感的应用的合适之选。

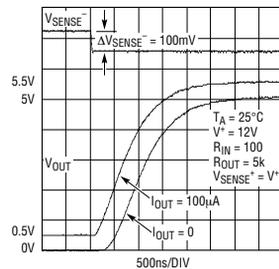
LTC6101 采用 5 引脚 SOT-23 和 8 引脚 MSOP 封装。

典型应用

至 LTC2433 ADC 的 16 位分辨率单向输出



阶跃响应



LTC6101/LTC6101HV

绝对最大额定值 (注1)

总电源电压 (V^+ 至 V^-)

LTC6101 70V

LTC6101HV 105V

最小输入电压 ($-IN$ 引脚) ($V^+ - 4V$)

最大输出电压 (OUT 引脚) 9V

输入电流 $\pm 10mA$

输出短路持续时间 (至 V^-) 未限制

工作温度范围 (注2)

LTC6101C/LTC6101HVC $-40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$

LTC6101I/LTC6101HVI $-40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$

LTC6101H/LTC6101HVH $-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$

规定温度范围 (注2)

LTC6101C/LTC6101HVC $-0^{\circ}C$ 至 $70^{\circ}C$

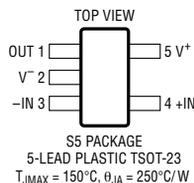
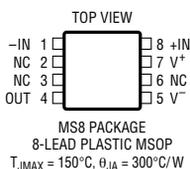
LTC6101I/LTC6101HVI $-40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$

LTC6101H/LTC6101HVH $-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$

贮存温度范围 $-65^{\circ}C$ 至 $150^{\circ}C$

引脚温度 (焊接时间 10 秒) $300^{\circ}C$

封装/订购信息



产品型号	MS8 器件标记 *	产品型号	S5 器件标记 *
LTC6101ACMS8	LTBSB	LTC6101ACS5	LTBND
LTC6101AIMS8	LTBSB	LTC6101AIS5	LTBND
LTC6101AHMS8	LTBSB	LTC6101AHS5	LTBND
LTC6101HVACMS8	LTBSX	LTC6101BCS5	LTBND
LTC6101HVAIMS8	LTBSX	LTC6101CCS5	LTBND
LTC6101HVAHMS8	LTBSX	LTC6101BIS5	LTBND
		LTC6101CIS5	LTBND
		LTC6101BHS5	LTBND
		LTC6101CHS5	LTBND
		LTC6101HVBCS5	LTBSZ
		LTC6101HVCCS5	LTBSZ
		LTC6101HVBIS5	LTBSZ
		LTC6101HVCIS5	LTBSZ
		LTC6101HVBHS5	LTBSZ
		LTC6101HVCHS5	LTBSZ

订购选项 卷装: 加 #TR
 无铅: 加 #PBF 无铅卷装: 加 #TRPBF
 无铅器件标记: <http://www.linear.com/leadfree/>

对于规定工作温度范围更宽的器件, 请咨询凌力尔特公司。

* 温度等级和参数等级标识请见集装箱上的标签。

电特性 (LTC6101) 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围, 否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $R_{IN} = 100\ \Omega$, $R_{OUT} = 10\text{k}\Omega$, $V_{SENSE^+} = V^+$ (详见图1), $4\text{V} \leq V_S \leq 60\text{V}$, 除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位		
V_S	电源电压范围		●	4	60	V		
V_{OS}	输入失调电压	$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101A	●		± 85	± 300	μV	
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101AC, LTC6101AI	●			± 450	μV	
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101AH	●				± 535	μV
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101B	●		± 150	± 450	± 810	μV
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101C	●		± 400	± 1500	μV	
					± 2500	μV		
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	输入失调电压漂移	$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, LTC6101A	●		± 1	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$		
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, LTC6101B	●		± 3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$		
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, LTC6101C	●		± 10	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$		
I_B	输入偏置电流	$R_{IN} = 1\text{M}\Omega$	●		100	170	nA	
						245	nA	
I_{OS}	输入失调电流	$R_{IN} = 1\text{M}\Omega$	●		± 2	± 15	nA	
$V_{SENSE(MAX)}$	输入检测电压全标度	V_{OS} 在规格范围之内, $R_{IN} = 1\text{k}\Omega$ (注3)	●	500			mV	
PSRR	电源抑制比	$V_S = 6\text{V}$ 至 60V , $V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100	●	118	140		dB	
				115			dB	
		$V_S = 4\text{V}$ 至 60V , $V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100	●	110	133		dB	
			●	105			dB	
V_{OUT}	最大输出电压	$12\text{V} \leq V_S \leq 60\text{V}$, $V_{SENSE} = 88\text{mV}$	●	8			V	
		$V_S = 6\text{V}$, $V_{SENSE} = 330\text{mV}$, $R_{IN} = 1\text{k}\Omega$, $R_{OUT} = 10\text{k}\Omega$	●	3			V	
		$V_S = 4\text{V}$, $V_{SENSE} = 550\text{mV}$, $R_{IN} = 1\text{k}\Omega$, $R_{OUT} = 2\text{k}\Omega$	●	1			V	
$V_{OUT(0)}$	最小输出电压	$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101A	●		0	30	mV	
		$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101AC, LTC6101AI	●			45	mV	
		$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101AH	●			53.5	mV	
		$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101B	●		0	45	mV	
						81	mV	
		$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101C	●		0	150	mV	
					250	mV		
I_{OUT}	最大输出电流	$6\text{V} \leq V_S \leq 60\text{V}$, $R_{OUT} = 2\text{k}\Omega$, $V_{SENSE} = 110\text{mV}$, 增益 = 20	●	1			mA	
		$V_S = 4\text{V}$, $V_{SENSE} = 550\text{mV}$, 增益 = 2, $R_{OUT} = 2\text{k}\Omega$	●	0.5			mA	
t_r	输入阶跃响应 (至 2.5V, 在一个 5V 输出)	$\Delta V_{SENSE} = 100\text{mV}$ 瞬变, $6\text{V} \leq V_S \leq 60\text{V}$, 增益 = 50			1		μs	
		$V_S = 4\text{V}$			1.5		μs	
BW	信号带宽	$I_{OUT} = 200\mu\text{A}$, $R_{IN} = 100\Omega$, $R_{OUT} = 5\text{k}\Omega$			140		kHz	
		$I_{OUT} = 1\text{mA}$, $R_{IN} = 100\Omega$, $R_{OUT} = 5\text{k}\Omega$			200		kHz	
I_S	电源电流	$V_S = 4\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $R_{IN} = 1\text{M}\Omega$	●		220	450	μA	
						475	μA	
		$V_S = 6\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $R_{IN} = 1\text{M}\Omega$	●		240	475	μA	
						525	μA	
		$V_S = 12\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $R_{IN} = 1\text{M}\Omega$	●		250	500	μA	
			●		590	μA		
		$V_S = 60\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $R_{IN} = 1\text{M}\Omega$ LTC6101AI, LTC6101AC, LTC6101BI, LTC6101BC, LTC6101CI, LTC6101CC	●		375	640	μA	
		LTC6101AH, LTC6101BH, LTC6101CH	●			690	μA	
			●			720	μA	

LTC6101/LTC6101HV

电特性 (LTC6101HV) 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围, 否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $R_{IN} = 100\ \Omega$, $R_{OUT} = 10\text{k}\ \Omega$, $V_{SENSE+} = V^+$ (详见图 1), $5\text{V} \leq V_S \leq 100\text{V}$, 除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
V_S	电源电压范围		● 5		100	V	
V_{OS}	输入失调电压	$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101HVA	●		± 85	± 300	μV
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101HVAC, LTC6101HVAI	●			± 450	μV
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101HVAH	●			± 535	μV
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101HVB	●		± 150	± 450	μV
			●		± 810	μV	
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100, LTC6101HVC	●		± 400	± 1500	μV
			●		± 2500	μV	
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	输入失调电压漂移	$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, LTC6101HVA	●		± 1	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, LTC6101HVB	●		± 3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
		$V_{SENSE} = 5\text{mV}$, LTC6101HVC	●		± 10	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
I_B	输入偏置电流	$R_{IN} = 1\text{M}\ \Omega$	●	100	170	nA	
			●		245	nA	
I_{OS}	输入失调电流	$R_{IN} = 1\text{M}\ \Omega$	●	± 2	± 15	nA	
$V_{SENSE(MAX)}$	输入检测电压全标度	V_{OS} 在规格范围之内, $R_{IN} = 1\text{k}\ \Omega$ (注 3)	●	500		mV	
PSRR	电源抑制比	$V_S = 6\text{V}$ 至 100V , $V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100	●	118	140	dB	
		$V_S = 5\text{V}$ 至 100V , $V_{SENSE} = 5\text{mV}$, 增益 = 100	●	115		dB	
			●	110	133	dB	
			●	105		dB	
V_{OUT}	最大输出电压	$12\text{V} \leq V_S \leq 100\text{V}$, $V_{SENSE} = 88\text{mV}$	●	8		V	
		5V , $V_{SENSE} = 330\text{mV}$, $R_{IN} = 1\text{k}\ \Omega$, $R_{OUT} = 10\text{k}\ \Omega$	●	3		V	
$V_{OUT(0)}$	最小输出电压	$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101HVA	●		0	30	mV
		$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101HVAC, LTC6101HVAI	●			45	mV
		$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101HVAH	●			53.5	mV
		$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101HVB	●		0	45	mV
			●			81	mV
		$V_{SENSE} = 0\text{V}$, 增益 = 100, LTC6101HVC	●		0	150	mV
			●		250	mV	
I_{OUT}	最大输出电流	$5\text{V} \leq V_S \leq 100\text{V}$, $R_{OUT} = 2\text{k}\ \Omega$, $V_{SENSE} = 110\text{mV}$, 增益 = 20	●	1		mA	
t_r	输入阶跃响应 (至 2.5V, 在一个 5V 输出上)	$\Delta V_{SENSE} = 100\text{mV}$ 瞬变, $6\text{V} \leq V_S \leq 100\text{V}$, 增益 = 50			1	μs	
		$V_S = 5\text{V}$			1.5	μs	
BW	信号带宽	$I_{OUT} = 200\ \mu\text{A}$, $R_{IN} = 100\ \Omega$, $R_{OUT} = 5\text{k}\ \Omega$			140	kHz	
		$I_{OUT} = 1\text{mA}$, $R_{IN} = 100\ \Omega$, $R_{OUT} = 5\text{k}\ \Omega$			200	kHz	
I_S	电源电流	$V_S = 5\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $R_{IN} = 1\text{M}\ \Omega$	●		200	450	μA
			●			475	μA
		$V_S = 6\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $R_{IN} = 1\text{M}\ \Omega$	●		220	475	μA
			●			525	μA
		$V_S = 12\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $R_{IN} = 1\text{M}\ \Omega$	●		230	500	μA
			●			590	μA
		$V_S = 60\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $R_{IN} = 1\text{M}\ \Omega$	●		350	640	μA
		LTC6101HVI, LTC6101HVC	●			690	μA
		LTC6101HVH	●			720	μA
		$V_S = 100\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $R_{IN} = 1\text{M}\ \Omega$	●		350	640	μA
		LTC6101HVAI, LTC6101HVAC, LTC6101HVB	●				
		LTC6101HVBC, LTC6101HVCI, LTC6101HVCC	●			690	μA
		LTC6101HVAH, LTC6101HVBH, LTC6101HVCH	●			720	μA

电特性

注 1： 高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

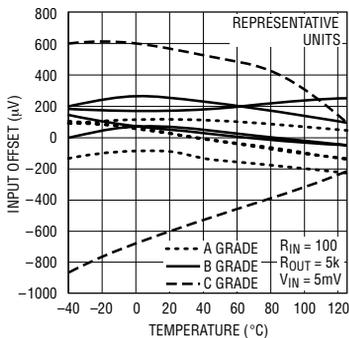
注 2： LTC6101C/LTC6101HVC 保证在 0°C 至 70°C 的范围内满足规定性能要求。LTC6101C/LTC6101HVC 按照 -40°C 至 85°C 的规定性能要求来设计和进行特性分析，并预计满足规定的

性能标准，但在这些温度条件下未进行测试或品质保证 (QA) 采样。LTC6101H/LTC6101HVI 保证在 -40°C 至 85°C 的温度范围内满足规定性能要求。LTC6101H/LTC6101HVH 保证在 -40°C 至 125°C 的温度范围满足规定性能的要求。

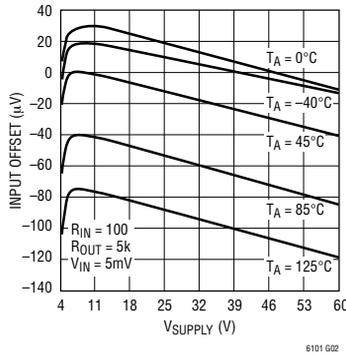
注 3： 当 $6V \leq V_S \leq 100V$ 时， $R_{OUT} = 10k$ ；当 $V_S = 4V$ 时， $R_{OUT} = 2k$ 。

典型性能特征

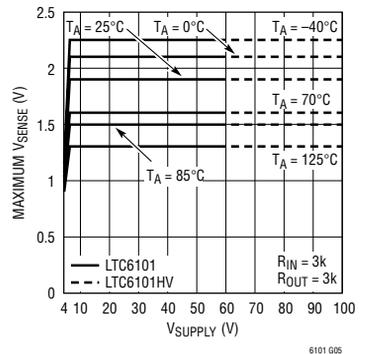
输入 V_{OS} 与温度的关系曲线



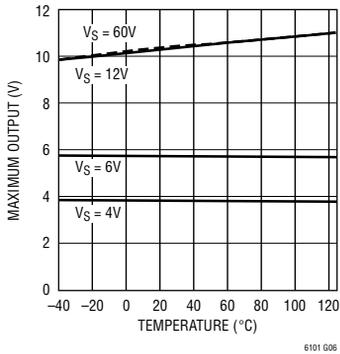
输入 V_{OS} 与电源电压的关系曲线



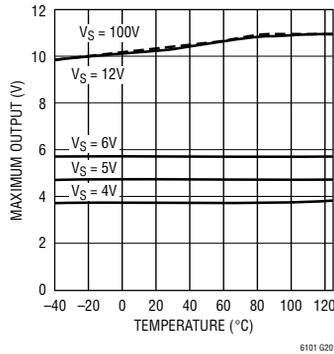
输入检测范围



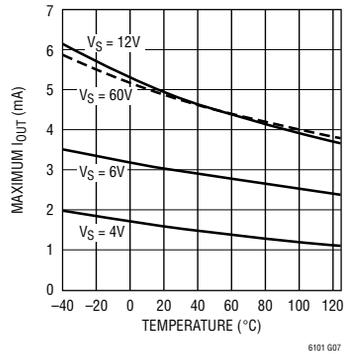
LTC6101 : V_{OUT} 最大值与温度的关系曲线



LTC6101HV : V_{OUT} 最大值与温度的关系曲线

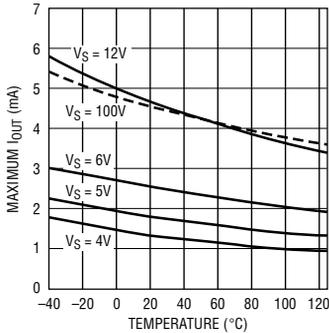


LTC6101 : I_{OUT} 最大值与温度的关系曲线



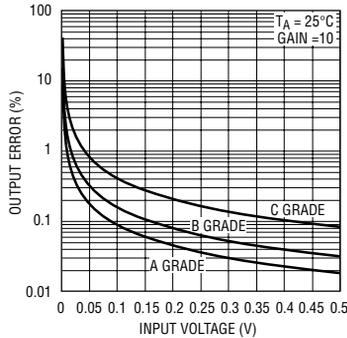
典型性能特征

LTC6101HV : I_{OUT} 最大值与温度的关系曲线



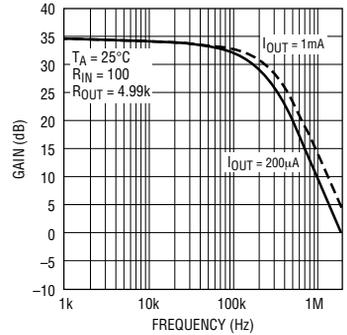
6101 G21

因输入失调所引起的输出误差与输入电压的关系曲线



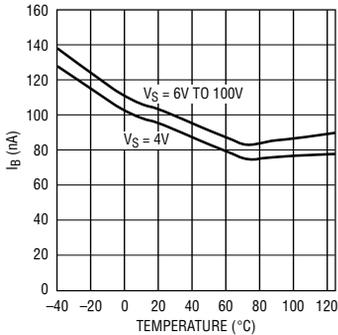
6101 G08

增益与频率的关系曲线



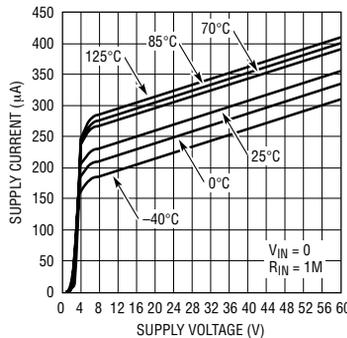
6101 G09

输入偏置电流与温度的关系曲线



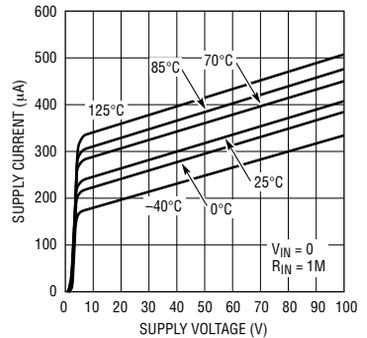
6101 G10

LTC6101 : 电源电流与电源电压的关系曲线



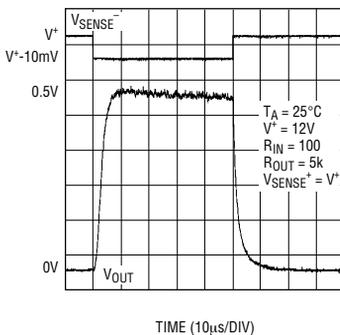
6101 G11

LTC6101HV : 电源电流与电源电压的关系曲线



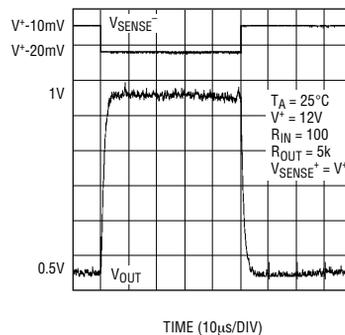
6101 G22

阶跃响应 (0mV 至 10mV)



6101 G12

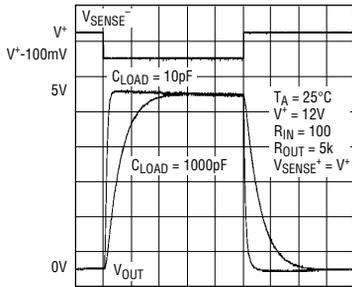
阶跃响应 (10mV 至 20mV)



6101 G13

典型性能特征

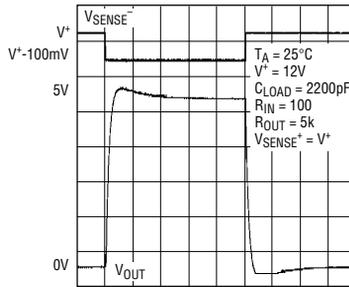
阶跃响应 100mV



TIME (10 μ s/DIV)

6101 G14

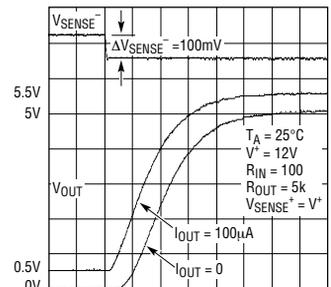
阶跃响应 100mV



TIME (100 μ s/DIV)

6101 G15

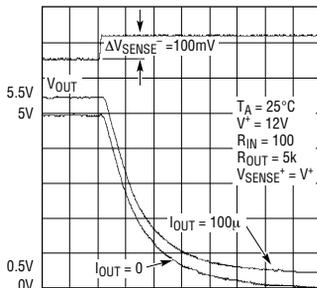
阶跃响应上升沿



TIME (500ns/DIV)

6101 G16

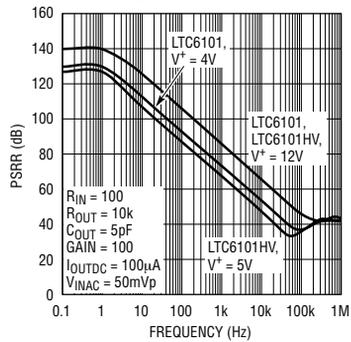
阶跃响应下降沿



TIME (500ns/DIV)

6101 G17

PSRR 与频率的关系曲线



6101 G19

LTC6101/LTC6101HV

应用信息

OUT：电流输出。OUT 将向一个外部电阻器提供与检测电压成比例的电流。

V⁻：负电源 (或用于单电源操作的地)。

IN⁻：内部检测放大器将把 IN⁻ 驱动至与 IN⁺ 相同的电位。连接在 V⁺ 和 IN⁻ 之间的一个电阻器 (R_{IN}) 用于设定输出电流 I_{OUT} = V_{SENSE}/R_{IN}。V_{SENSE} 是产生于外部 R_{SENSE} 两端的电压 (图 1)。

IN⁺：必须直接或通过一个电阻器连接至检测电阻器与系统负载相连的一端。

V⁺：正电源引脚。电源电流通过该引脚来吸收。可以通过对该电路进行配置来使 LTC6101 电源电流与系统负载电流一起被或不被监视。如果只需监视系统负载电流，则应将 V⁺ 连接至检测电阻器更正的一端。如需监视总电流 (包括 LTC6101 电流)，则应将 V⁺ 连接至检测电阻器更负的一端。

方框图

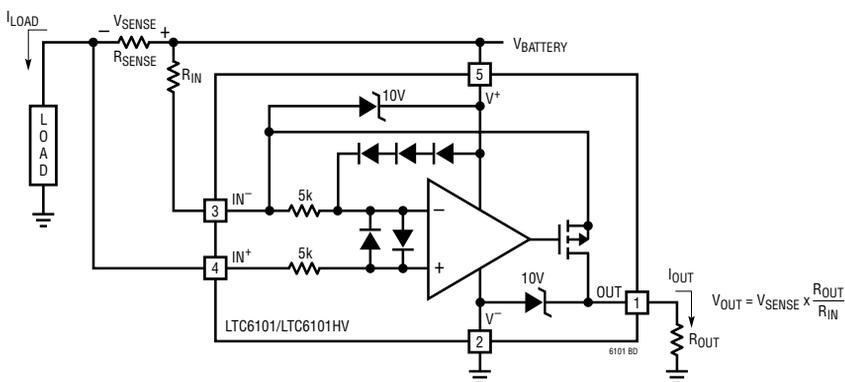


图 1：LTC6101/LTC6101HV 方框图和典型连接

应用信息

LTC6101 高压侧电流检测放大器 (图 1) 可通过一个用户选择的检测电阻器来提供电流的准确监视。利用一个用户选定的增益来对检测电压进行放大，并通过电平移位使其从正电源移动至一个以地为基准的输出。输出信号是模拟模式的，可以直接使用或利用一个输出滤波器进行处理。

工作原理

一个内部检测放大器环路用于强制 IN⁻ 具有与 IN⁺ 相同的电位。在 IN⁻ 和 V⁺ 之间连接一个外部电

阻器 R_{IN} 可强制在 R_{IN} 的两端产生一个与 R_{SENSE} 两端检测电压相同的电位。对应的电流 V_{SENSE}/R_{IN} 将流过 R_{IN}。检测放大器的高阻抗输入将不会传导该输入电流，因此它将通过一个内部 MOSFET 流至输出引脚。

可通过在 OUT 与 V⁻ 之间增设一个电阻器来把输出电流变换为一个电压。于是，输出电压 V_O = V⁻ + I_{OUT} • R_{OUT}。

应用信息

可用增益配置

增益	R _{IN}	R _{OUT}	V _{SENSE} (V _{OUT} = 5V 时)	I _{OUT} (V _{OUT} = 5V 时)
20	499	10k	250mV	500 μ A
50	200	10k	100mV	500 μ A
100	100	10k	50mV	500 μ A

外部电流检测电阻器的选择

外部电流检测电阻器 R_{SENSE} 对电流检测系统的功能有著显著的影响，必须谨慎选择。

首先，应考虑电阻器中的功率损耗。系统负载电流将在 R_{SENSE} 中产生热量和压降。因此，检测电阻器应尽可能地小，同时仍然能够提供测量所需的输入动态范围。请注意，输入动态范围是最大输入信号与最小准确再生信号之差，并主要受限于 LTC6101 内部放大器的输入 DC 失调。此外，R_{SENSE} 必须足够小，这样 V_{SENSE} 就不会超过 LTC6101 所规定的最大输入电压，即使在峰值负载条件下也不例外。例如，一项应用有可能要求 100mV 的最大检测电压。如果预期该应用将在峰值负载条件下吸收 2A 的电流，则 R_{SENSE} 不应大于 50m Ω 。

一旦确定了最大 R_{SENSE} 阻值，则最小检测电阻器阻值将由所需的分辨率或动态范围来设定。该检测放大器所能准确表示的最小信号受输入失调的限制。例如 LTC6101B 具有一个 150 μ V 的典型输入失调，如果最小电流为 20mA，则一个 7.5m Ω 的检测电阻器将把 V_{SENSE} 设定为 150 μ V。这与输入失调的数值相同。对于给定的负载电流，阻值较大的电阻器将通过增加检测电压而使源自失调的误差得以减少。

选择一个 50m Ω R_{SENSE} 将实现动态范围的最大化，并提供一个检测电阻器两端电压在峰值负载 (2A) 条件下为 100mV 的系统，此时，输入失调所引发的误差与负载电流仅 3mA 时相差无几。

峰值功耗为 200mW。如果采用了一个 5m Ω 检测电阻器，则实际电流误差为 30mA，而峰值检测电

压在 2A 条件下将降至 10mV，从而仅消耗 20mW 的功率。

LTC6101 的低失调以及对应的大动态范围使其拥有了优于其他同类解决方案的灵活性。对于一个被限制于 150mV (最大值) 的检测电压，150 μ V 的典型失调提供了 60dB 的动态范围，而且，如果最大允许额定输入为 500mV，则动态范围可达 70dB 以上。

检测电阻器的连接

除了最低功耗应用之外均应采用 IN⁻ 和 IN⁺ 输入至检测电阻器的开尔文 (Kelvin) 连接。用于传输高电流的焊接引线和 PC 板互连线因其电阻较大而会引发显著的测量误差。一盎司铜板上的一根 10mm \times 10mm 印制线的电阻约为 0.5m Ω 。即使流经该小互连线的电流只有区区 2A 也会引发 1mV 的误差。这将在一个 100mV 信号中导致 1% 的误差。相同互连线中的一个 10A 负载电流将在同一个 100mV 信号中产生一个 5% 的误差。通过把检测印制线与高电流通路隔离开来，可使该误差减小若干个数量级。采用一个具有集成开尔文检测终端的检测电阻器将获得最佳的结果。图 2 示出了推荐的连接方法。

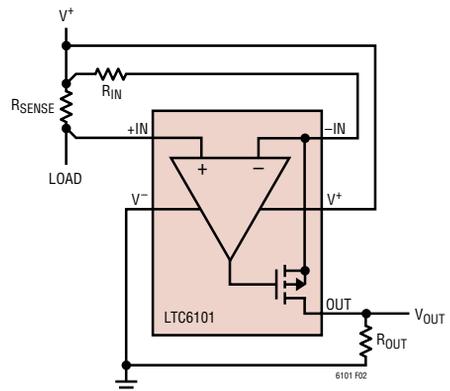


图 2：开尔文输入连接即在大负载电流条件下也能够保持准确度

应用信息

外部输入电阻器 R_{IN} 的选择

外部输入电阻器 R_{IN} 负责控制电流检测电路的跨导。由于 $I_{OUT} = V_{SENSE}/R_{IN}$ ，因此跨导 $g_m = 1/R_{IN}$ 。例如：如果 $R_{IN} = 100$ ，则 $I_{OUT} = V_{SENSE}/100$ ，或当 $V_{SENSE} = 100\text{mV}$ 时， $I_{OUT} = 1\text{mA}$ 。

应选择合适的 R_{IN} 以提供所需的分辨率并限制输出电流。在低电源电压条件下， I_{OUT} 有可能高达 1mA 。通过设定合适的 R_{IN} 以使最大预期检测电压产生 $I_{OUT} = 1\text{mA}$ ，则可获得最大输出动态范围。输出动态范围受限于最大允许输出电流和最大允许输出电压以及最小实际输出信号。如果所需的动态范围较小，则可相应地增大 R_{IN} ，从而降低最大输出电流和功耗。如果必须在一个具有非常宽动态范围的系统中准确地分辨低检测电流，则可以采用一个比最大电流规格所允许的阻值更小的 R_{IN} ，前提是以另一种方式来限制最大电流，比如采用一个跨接在 R_{SENSE} 两端的肖特基二极管（见图 3a）。这将由于对结果的限制而造成高电流测量准确度下降，但提高了低电流测量分辨率。

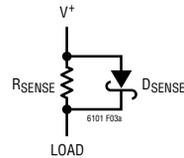


图 3a：分流二极管限制了最大输入电压，以在不发生过量程测量的情况下实现更优越的低输入分辨率

在可以对偶然发生的大突发电流不加理会的场合中，这种方法会有所帮助。它也可在一个多量程配置中使用，在该配置中，给高电流电路增加了一个低电流电路（见图 3b）。请注意，采用了一个比较器（LTC1540）来选择量程，而晶体管 M1 则用于限制 $R_{SENSE LO}$ 两端的电压。

在设计 R_{IN} （尤其是小 R_{IN} 阻值）的电路板布局时应谨慎从事。所有印制线和互连线阻抗都将使有效 R_{IN} 阻值增加，从而导致增益误差。此外，内部器件电阻也将使 R_{IN} 的阻值增加 0.2Ω 左右。

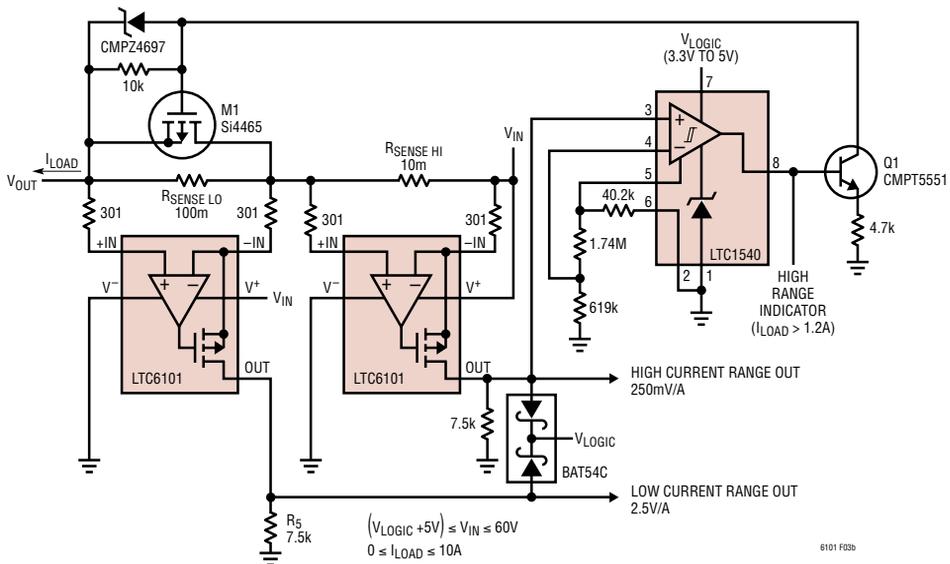


图 3b：两个 LTC6101 提供了高 - 低电流量程设定

应用信息

外部输出电阻器 R_{OUT} 的选择

输出电阻器 R_{OUT} 决定了输出电流转换至电压的方式。 V_{OUT} 就是 $I_{OUT} \cdot R_{OUT}$ 。

在选择输出电阻器的过程中，首先必须考虑最大输出电压。如果由输出驱动电路未对输出电压加以限制，则 R_{OUT} 的选择必须使最大输出电压不超过 LTC6101 的最大额定输出电压。如果其后的电路是一个缓冲器或具有限制输入范围的 ADC，则 R_{OUT} 的选择必须使 $I_{OUT(MAX)} \cdot R_{OUT}$ 小于该电路的最大容许输入范围。

此外，输出阻抗由 R_{OUT} 来决定。如果被驱动的电路具有足够高的输入阻抗，则几乎所有的有效输出阻抗将都是可以接受的。然而，如果被驱动电路具有较低的输入阻抗，或吸收电流尖峰（就像一个 ADC 有可能做的那样），则或许需要选用一个较低的 R_{OUT} 阻值，以保持输出的准确度。例如，如果被驱动电路的输入阻抗为 100 乘以 R_{OUT} ，则 V_{OUT} 的准确度将下降 1%，这是因为：

$$\begin{aligned} V_{OUT} &= I_{OUT} \cdot \frac{R_{OUT} \cdot R_{IN(DRIVEN)}}{R_{OUT} + R_{IN(DRIVEN)}} \\ &= I_{OUT} \cdot R_{OUT} \cdot \frac{100}{101} = 0.99 \cdot I_{OUT} \cdot R_{OUT} \end{aligned}$$

误差源

电流检测系统采用一个放大器和电阻器来提供增益并对结果进行电平移位。这样，输出便与放大器的特性（例如增益和输入失调）以及电阻器匹配有关。

理想的电路输出为：

$$V_{OUT} = V_{SENSE} \cdot \frac{R_{OUT}}{R_{IN}} ; V_{SENSE} = R_{SENSE} \cdot I_{SENSE}$$

在这种场合，仅有的误差是由电阻器失配所引起的，它只在增益中产生一个误差。然而，放大器的失调电压、偏置电流和有限增益还将造成了额外的误差：

由放大器 DC 失调电压 V_{OS} 引起的输出误差 E_{OUT}

$$E_{OUT(VOS)} = V_{OS} \cdot (R_{OUT}/R_{IN})$$

放大器的 DC 失调电压被直接加至检测电压值 V_{SENSE} 。这是系统的主导误差，而且它限制了可用动态范围。详见“外部电流检测电阻器的选择”段落。

由偏置电流 $I_{B(+)}$ 和 $I_{B(-)}$ 引起的输出误差 E_{OUT}

偏置电流 $I_{B(+)}$ 流入内部运算放大器的正输入端。 $I_{B(-)}$ 则流入负输入端。

$$E_{OUT(IBIAS)} = R_{OUT} \cdot (I_{B(+)} \cdot (R_{SENSE}/R_{IN}) - I_{B(-)})$$

由于 $I_{B(+)} \approx I_{B(-)} = I_{BIAS}$ ，因此，如果 $R_{SENSE} \ll R_{IN}$ ，则：

$$E_{OUT(IBIAS)} \approx -R_{OUT} \cdot R_{BIAS}$$

例如，如果 I_{BIAS} 为 100nA 且 R_{OUT} 为 1k Ω ，则输出误差为 0.1mV。

请注意，在 $R_{SENSE} \approx R_{IN}$ 的应用中， $I_{B(+)}$ 在 R_{SENSE} 中引起一个电压失调，它抵消了由 $I_{B(-)}$ 和 $E_{OUT(IBIAS)} \approx 0$ 所引发的误差。在 $R_{SENSE} < R_{IN}$ 的应用中，如果外部电阻器 $R_{IN(+)} = (R_{IN} - R_{SENSE})$ 按照下方图 4 所示进行连接，则偏置电流误差同样可以得到减少。在这两种条件下：

$$E_{OUT(IBIAS)} = \pm R_{OUT} \cdot I_{OS} ; I_{OS} = I_{B(+)} - I_{B(-)}$$

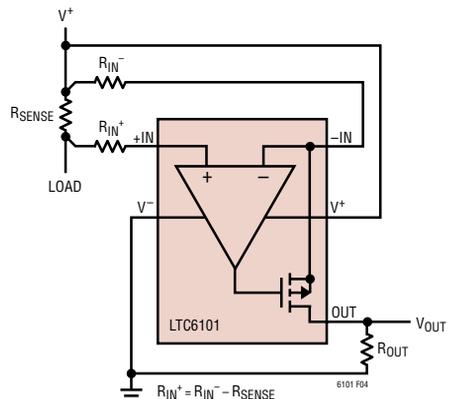


图 4：第二输入 R 最大限度地减少了因输入偏置电流所引起的误差

应用信息

如果 LTC6101 放大器的失调电流 I_{OS} 为 2nA，则上述的 100 μ V 误差将降至 2 μ V。按上文所述增设 R_{IN}^+ 将实现该电路动态范围的最大化。对于不敏感的设计，则无需 R_{IN}^+ 。

实例：

假设一个 I_{SENSE} 范围 = (1A 至 1mA) 和 (V_{OUT}/I_{SENSE}) = 3V/1A

则由 LTC6101 的“电特性”参数表可得出：
 $R_{SENSE} \approx V_{SENSE}(\text{最大值})/I_{SENSE}(\text{最大值}) = 500\text{mV}/1\text{A} = 500\text{m}\Omega$

增益 = $R_{OUT}/R_{IN} = V_{OUT}(\text{最大值})/V_{SENSE}(\text{最大值}) = 3\text{V}/500\text{mV} = 6$

如果最大输出电流 I_{OUT} 被限制于 1mA，则 R_{OUT} 等于 $3\text{V}/1\text{mA} \approx 3.01\text{k}\Omega$ (精度为 1% 的阻值) 且 $R_{IN} = 3\text{k}\Omega/6 \approx 499\Omega$ (精度为 1% 的阻值)。

由 DC 失调所引起的输出误差为 $\pm 900\mu\text{V}$ (典型值)，而由失调电流 I_{OS} 所引发的误差为 $3\text{k}\Omega \times 2\text{nA} = \pm 6\mu\text{V}$ (典型值)，前提是 $R_{IN}^+ = R_{IN}^-$ 。

于是，最大输出误差有可能达到 $\pm 906\mu\text{V}$ 或输出全标度的 0.03% (-70dB)。考虑到 60dB 的系统输入动态范围 ($I_{SENSE} = 1\text{mA}$ 至 1A)，LTC6101 的 70dB 性能使得该应用具备了可行性。

由 LTC6101 放大器的有限 DC 开环增益 A_{OL} 所引起的输出误差 E_{OUT}

该误差是无关紧要的，因为 LTC6101 的 A_{OL} 非常大。

由功耗所造成的输出电流限制

LTC6101 能够向输出引脚输送高达 1mA 的连续电流。该电流流过 R_{IN} 并通过 $IN(-)$ 引脚进入电流检测放大器。因输出信号的缘故而在 LTC6101 中产生的功耗为：

$$P_{OUT} = (V_{-IN} - V_{OUT}) \cdot I_{OUT}$$

由于 $V_{-IN} \approx V^+$ ，因此 $P_{OUT} \approx (V^+ - V_{OUT}) \cdot I_{OUT}$

还存在由静态电源电流所引起的功耗：

$$P_Q = I_{DD} \cdot V^+$$

总功率损耗为输出损耗与静态损耗之和：

$$P_{TOTAL} = P_{OUT} + P_Q$$

在最大电源和最大输出电流条件下，总功耗会超过 100mW。这将使 LTC6101 片产生显著的升温。为了防止 LTC6101 受损，应计算每种应用中的最大预期功率损耗。可以将该数值与本数据表第 2 页上的“封装”部分所罗列的 θ_{JA} 值相乘，以得出最大预期芯片温度。一定不得允许该温度超过 150 $^{\circ}\text{C}$ ，否则器件的性能有可能劣化。

作为一个实例，如果 LTC6101 在电源电压 = 55V \pm 5V、输出电流 = 1mA、温度 = 80 $^{\circ}\text{C}$ 的条件下运行，则：

$$P_{Q(\text{MAX})} = I_{DD(\text{MAX})} \cdot V^+_{(\text{MAX})} = 41.4\text{mW}$$

$$P_{OUT(\text{MAX})} = I_{OUT} \cdot V^+_{(\text{MAX})} = 60\text{mW}$$

$$T_{RISE} = \theta_{JA} \cdot P_{TOTAL(\text{MAX})}$$

$$T_{MAX} = T_{AMBIENT} + T_{RISE}$$

$$T_{MAX} \text{ 必须} < 150^{\circ}\text{C}$$

$P_{TOTAL(\text{MAX})} \approx 96\text{mW}$ ，而且，最大片温度将为 104 $^{\circ}\text{C}$

如果该电路必须在 125 $^{\circ}\text{C}$ 的温度条件下运行，则最大芯片温度将升至 150 $^{\circ}\text{C}$ 。(请注意，电源电流与温度成比例，于是 P_Q 也与温度成比例。请参阅“典型性能特征”部分。)在该条件下，应减小最大输出电流以避免器件受损。要注意 MSOP 封装具有比 S5 较大的 θ_{JA} ，因此当 LTC6101A/LTC6101HVA 在高温和高输出电流工作时要特别小心。

LTC6101HV 可在高连 105V 时使用。在指定的电流水平，这附加的电压要求更大功耗。这会高环境温度下进一步限制所容许的输出电流。

注意到这样一点很重要，就是 LTC6101 是专为在需要的场合向输出提供至少 1mA 的电流而设计

典型应用

的，并且可根据具体条件提供更大的电流。必须谨慎地通过选择正确的检测电阻器来限制最大输出电流，如果存在输入故障条件，需外部箝位。

输出滤波

输出电压 V_{OUT} 就是 $I_{OUT} \cdot Z_{OUT}$ 。这使得滤波处理简单明了。可以采用任何能生成所需 Z_{OUT} 的电路，以获得期望的滤波器响应。例如，一个与 R_{OUT} 并联的电容器将产生一个低通响应。这将降低来自输出端的干扰噪声，而且还可以用作一个电荷储存器，以便在驱动一个开关电路（比如一个多路复用器或 ADC）的同时保持输出的稳定。这个与输出电阻器并联的输出电容器将在输出响应中生成一个极点，该极点位于：

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{OUT} \cdot C_{OUT}}$$

适用公式

输入电压： $V_{SENSE} = I_{SENSE} \cdot R_{SENSE}$

$$\text{电压增益：} \frac{V_{OUT}}{V_{SENSE}} = \frac{V_{OUT}}{R_{IN}}$$

$$\text{电流增益：} \frac{I_{OUT}}{I_{SENSE}} = \frac{R_{SENSE}}{R_{IN}}$$

$$\text{跨导：} \frac{I_{OUT}}{V_{SENSE}} = \frac{1}{R_{IN}}$$

$$\text{跨阻抗：} \frac{V_{OUT}}{I_{SENSE}} = R_{SENSE} \cdot \frac{R_{OUT}}{R_{IN}}$$

输入共模范围

LTC6101 的输入能够在正电源电压以下 1.5V 至正电源电压以上 0.5V 之间正常运作。这不仅提供了一个宽 V_{SENSE} 范围，而且还允许把输入基准与正电

源分离开来(图 5)。请注意， V_{BATT} 与 V^+ 之差一定不得大于“电特性”参数表所列出的共模范围。如果最大 V_{SENSE} 小于 500mV，则 LTC6101 可以监视自身的电源电流，以及负载的电源电流(图 6)。

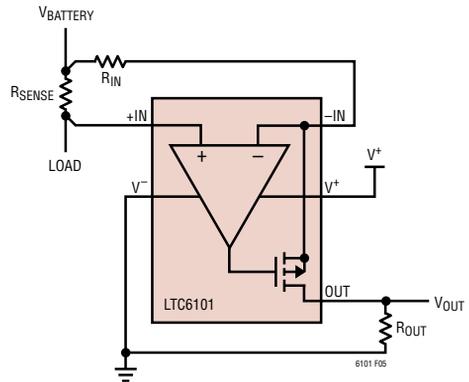


图 5：由负载电源 (V_{BATT}) 向 V^+ 单独供电

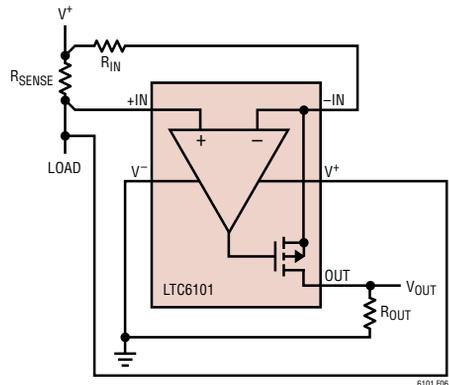


图 6：利用负载来监视 LTC6101 电源电流

典型应用

反向电源保护

由于预计到在操作过程中会发生电源接反故障，因此采用反向极性电源对某些应用进行了测试。LTC6101 未对外部电源极性反向提供内部保护。为了防止在这种条件下有可能发生的受损，应增设一个与 V^- 串联的肖特基二极管 (图 7)。这将限制流过 LTC6101 的反向电流。请注意，由于该二极管有效地减小了 V_D 输送至器件的电源电压，因此将限制 LTC6101 的低电压性能。

此外，在反向电源条件下，如果 LTC6101 的输出被连线至一个效果上相当于短路至高电压 (例如，通过一个 ESD 保护箝位电路) 的器件，则 LTC6101 的输出应通过一个电阻器或肖特基二极管来连接 (图 8)。

响应时间

LTC6101 是专为实现对输入的快速响应而设计的，旨在提供电路保护或信号传输。外部电路将通

过延迟和转换速率这两种方式来对响应时间产生影响。

如果输出电流非常低且发生了一个输入瞬变，则在输出电压开始变化之前的延迟有可能增加。这可以通过增大最小输出电流 (采取的方法是增大 R_{SENSE} 或减小 R_{IN}) 来改善。输出电流增加所产生的影响示于本数据表“典型性能特征”部分中的阶跃响应曲线。请注意，这些曲线是相对于初始输出电流进行标注的。

转换速率也受外部电路的影响。在该场合，如果输入变化得非常快，则内部放大器将对内部输出 FET 的栅极进行转换 (图 1)，旨在维持内部环路。这导致电流流过 R_{IN} 和内部 FET。该电流转换速率将由放大器和 FET 特性以及输入电阻器 R_{IN} 来决定。采用一个较小的 R_{IN} 将使输出电流能够更快地增加，从而减少在输出端上的响应时间。这也将起到增加最大输出电流的作用。由于 $V_{OUT} = I_{OUT} \cdot R_{OUT}$ ，因此，采用一个较大的 R_{OUT} 将减少响应时间。减小 R_{IN} 和增大 R_{OUT} 都将具有增加电路的电压增益的作用。

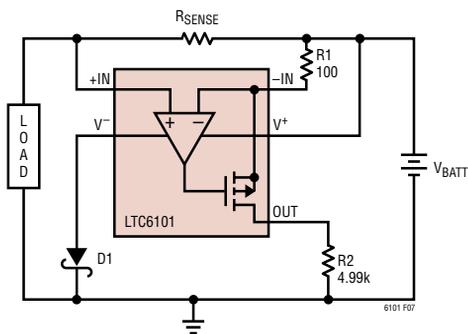


图 7：肖特基二极管可在电源反向期间防止器件遭受损坏

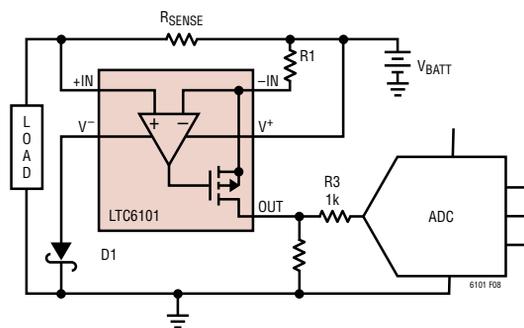
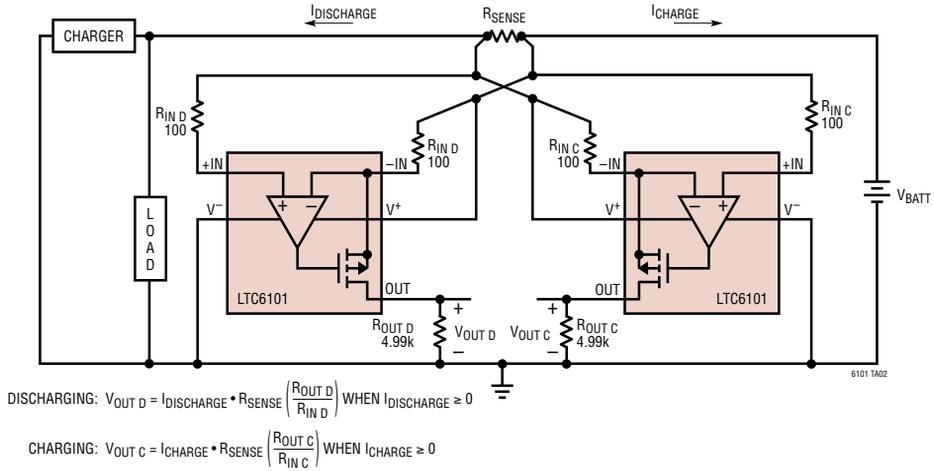


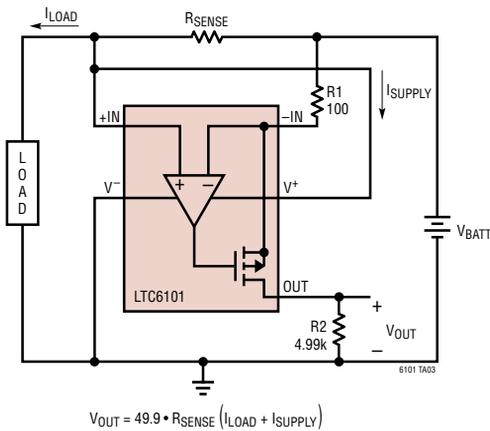
图 8：附加电阻器 R3 可在电源反向期间对输出提供保护

典型应用

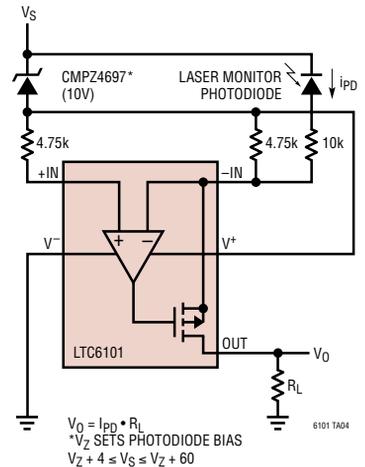
具有分离充电/放电输出的双向电流检测电路



LTC6101 监视其自身的电源电流

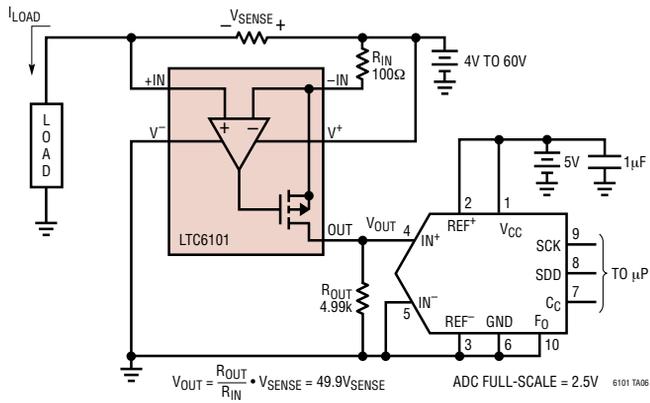


高压侧输入跨阻放大器

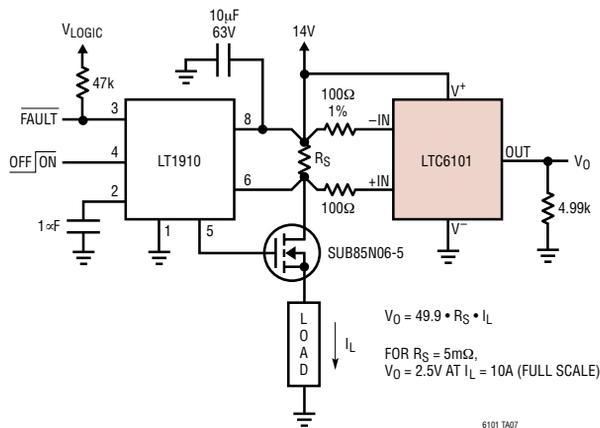


典型应用

至 LTC2433 ADC 的 16 位分辨率单向输出

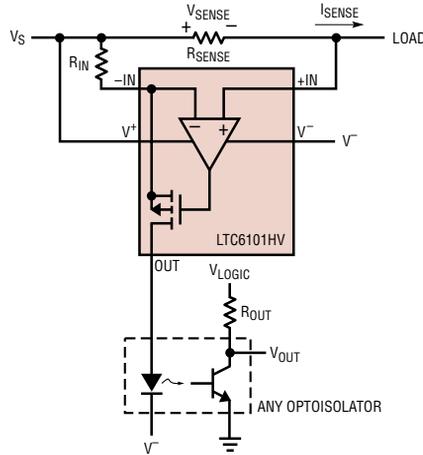


具电流监视器的智能型高压侧开关



典型应用

具隔离式输出并可承受 105V 电压的 48V 电源流监视器



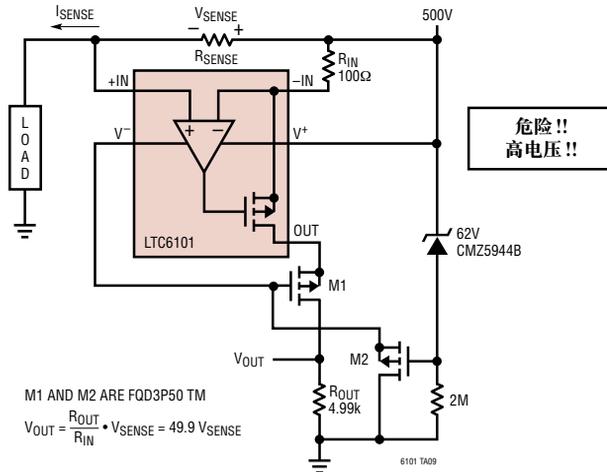
$N =$ OPTOISOLATOR CURRENT GAIN

$$V_{OUT} = V_{LOGIC} - I_{SENSE} \cdot \frac{R_{SENSE}}{R_{IN}} \cdot N \cdot R_{OUT}$$

6101 TA08

简单的 500V 电流检测器

DANGER! Lethal Potentials Present — Use Caution



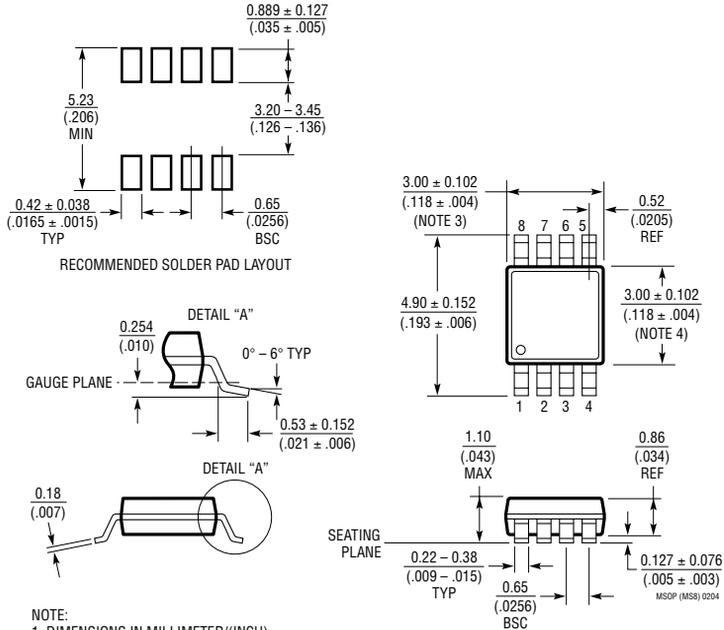
M1 AND M2 ARE FOD3P50 TM

$$V_{OUT} = \frac{R_{OUT}}{R_{IN}} \cdot V_{SENSE} = 49.9 V_{SENSE}$$

6101 TA09

典型应用

MS8 封装 8 引脚塑料 MSOP (参考 LTC DWG # 05-08-1660)

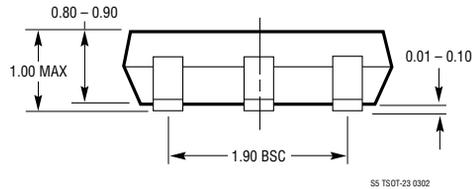
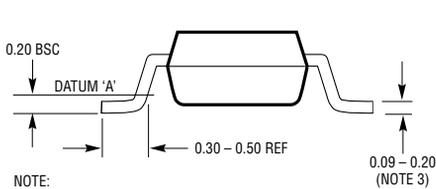
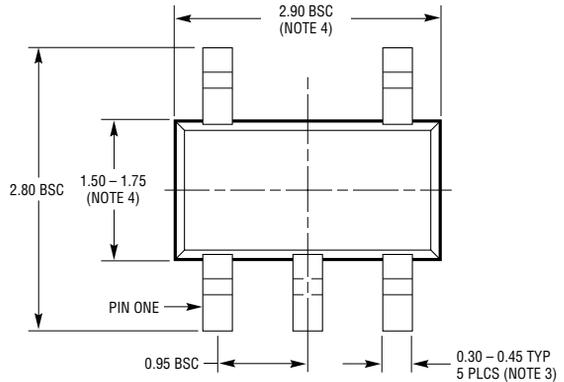
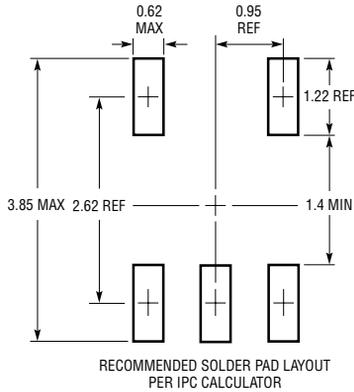


NOTE:

1. DIMENSIONS IN MILLIMETER/(INCH)
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS.
MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS.
INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
5. LEAD COPLANARITY (BOTTOM OF LEADS AFTER FORMING) SHALL BE 0.102mm (.004") MAX

封装描述

S5 封装
5 引脚塑料 TSOT-23
(参考 LTC DWG # 05-08-1635)

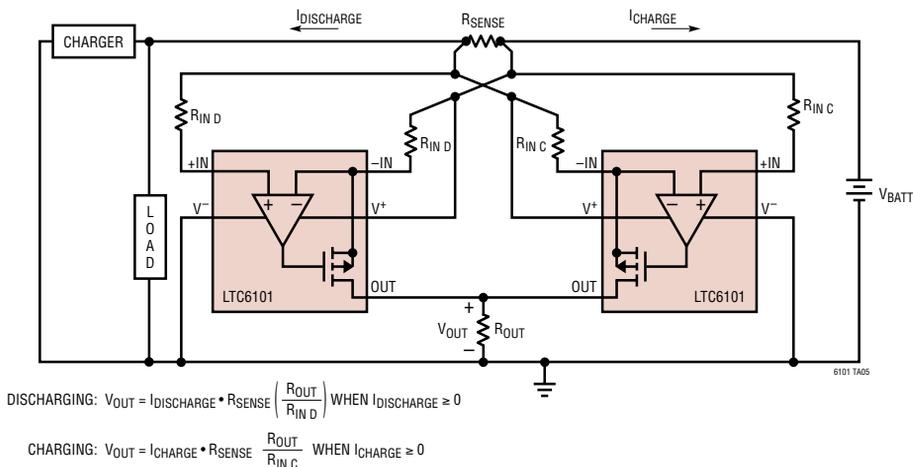


- NOTE:
1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 2. DRAWING NOT TO SCALE
 3. DIMENSIONS ARE INCLUSIVE OF PLATING
 4. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF MOLD FLASH AND METAL BURR
 5. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.254mm
 6. JEDEC PACKAGE REFERENCE IS MO-193

SS TSOT-23 0302

典型应用

具有组合式充电/放电输出的双向电流检测电路



相关器件

器件型号	描述	备注
LT1636	轨至轨输入/输出, 微功率运算放大器	V_{CM} 扩展至 V_{EE} 以上 44V, 55 μ A 电源电流, 停机功能
LT1637/LT1638/ LT1639	单/双/四通道, 轨至轨, 微功率运算放大器	V_{CM} 扩展至 V_{EE} 以上 44V, 0.4V/ μ s 转换速率, >1MHz 带宽, 每个放大器的电源电流 < 250 μ A
LT1787/LT1787HV	精准, 双向, 高压侧电流检测放大器	2.7V 至 60V 工作电压, 75 μ V 失调电压, 60 μ A 吸收电流
LTC1921	双通道 -48V 电源和熔断器监视器	\pm 200V 瞬变保护, 驱动用于状态指示的三个光绝缘体
LT1990	高电压, 增益可选差分放大器	\pm 250V 共模电压, 微功率, 引脚可选增益 = 1、10
LT1991	精准, 增益可选差分放大器	2.7V 至 \pm 18V, 微功率, 引脚可选增益 = -13 至 14
LTC2050/LTC2051/ LTC2052	单/双/四通道零漂移运算放大器	3 μ V 失调电压, 30nV/ $^{\circ}$ C 漂移, 输入扩展低至 V_{-}
LTC4150	库仑计量器/电池电量测量芯片	指示电荷的数量和极性
LT6100	增益可选的高压侧电流检测放大器	4.1V 至 48V 运作, 引脚可选增益: 10、12.5、20、25、40、50V/V