

36V、低噪声、零漂移运算放大器

特点

- 电源电压范围：4.75V 至 36V
- 失调电压：5 μ V（最大值）
- 失调电压漂移：0.025 μ V/ $^{\circ}$ C（最大值，-40 $^{\circ}$ C 至 125 $^{\circ}$ C）
- 输入噪声电压
 - 200nV_{P-P}，DC 至 10Hz（典型值）
 - 9nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ，1kHz（典型值）
- 输入共模范围：V⁻ - 0.1V 至 V⁺ - 1.5V
- 轨到轨输出
- 单位增益稳定
- 增益带宽积：2.5MHz（典型值）
- 压摆率：1.6V/ μ s（典型值）
- AVOL：150dB（典型值）
- PSRR：150dB（典型值）
- CMRR：150dB（典型值）
- 关断模式

应用

- 高分辨率数据采集
- 基准电压缓冲
- 测试与测量
- 电子秤
- 热电偶放大器
- 应变计
- 低端电流检测
- 汽车监测和控制

说明

LTC[®]2058 是一款双通道、低噪声、零漂移运算放大器，可在 4.75V 至 36V 的宽电源范围内提供精密直流性能。失调电压和 1/f 噪声得到抑制，使得该放大器可实现 5 μ V（最大值）的失调电压和 200nV_{P-P}（典型值）的 DC 至 10Hz 输入噪声电压。LTC2058 的自校准电路使得失调电压随温度的漂移很低，为 0.025 μ V/ $^{\circ}$ C（最大值），并且随时间的漂移几乎为零。该放大器还具有 150dB 的出色电源抑制比（PSRR）和 150dB（典型值）的共模抑制比（CMRR）。

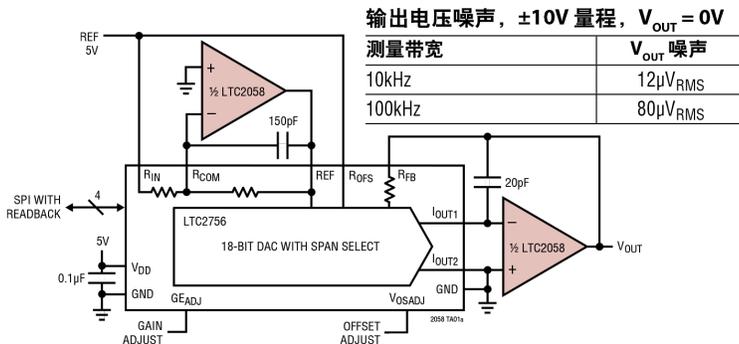
LTC2058 提供轨到轨输出摆幅和包括 V⁻ 轨的输入共模范围。除了低失调和噪声外，该放大器还有 2.5MHz（典型值）增益带宽积和 1.6V/ μ s（典型值）压摆率。

宽电源范围结合低噪声、低失调、出色的 PSRR 和 CMRR，使得 LTC2058 非常适合高动态范围测试、测量和仪器仪表系统

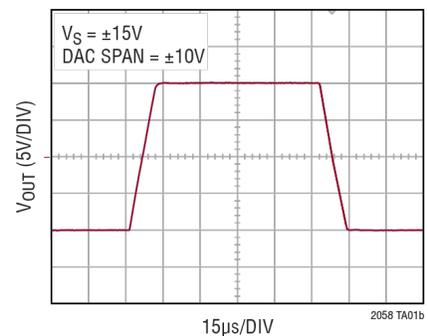
所有注册商标和商标均属各自所有人所有。

典型应用

软件可选范围的 18 位电压输出 DAC



DAC1 转 V 的 20V 阶跃响应



绝对最大额定值

(注释 1)

总电源电压

(V^+ 至 V^-) 40V

输入电压

$-IN$, $+IN$ $V^- - 0.3V$ 至 $V^+ + 0.3V$

\overline{SD} , $SDCOM$ $V^- - 0.3V$ 至 $V^+ + 0.3V$

输入电流

$-IN$, $+IN$ $\pm 10mA$

\overline{SD} , $SDCOM$ $\pm 10mA$

差分输入电压

$+IN$ 至 $-IN$ $\pm 6V$

$\overline{SD} - SDCOM$ $-0.3V$ 至 $5.3V$

输出短路持续时间 未定

工作温度范围 (注释 2)

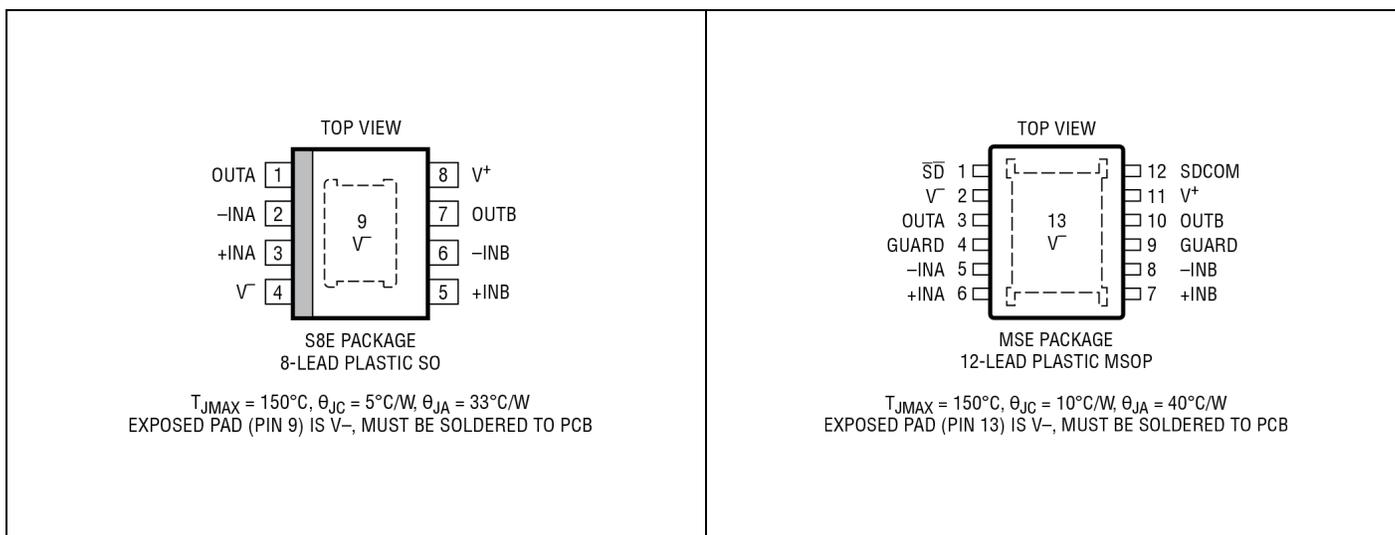
LTC2058I $-40^\circ C$ 至 $85^\circ C$

LTC2058H $-40^\circ C$ 至 $125^\circ C$

存储温度范围 $-65^\circ C$ 至 $150^\circ C$

引脚温度 (焊接, 10 秒) $300^\circ C$

引脚配置



订购信息

管	卷带和卷盘	器件标识*	封装说明	额定温度范围
LTC2058IMSE#PBF	LTC2058IMSE#TRPBF	2058	12 引脚塑料 MSOP	$-40^\circ C$ 至 $85^\circ C$
LTC2058HMSE#PBF	LTC2058HMSE#TRPBF	2058	12 引脚塑料 MSOP	$-40^\circ C$ 至 $125^\circ C$
LTC2058IS8E#PBF	LTC2058IS8E#TRPBF	2058	8 引脚塑料小型	$-40^\circ C$ 至 $85^\circ C$
LTC2058HS8E#PBF	LTC2058HS8E#TRPBF	2058	8 引脚塑料小型	$-40^\circ C$ 至 $125^\circ C$

关于具有更宽额定工作温度范围的器件, 请咨询 LTC 市场部门。*温度等级通过运输容器上的标签识别。以 PBF 结尾的器件符合 ROHS 和 WEEE 标准。

有关卷带和卷盘规格的更多信息, 请访问: [卷带和卷盘规格](#) 某些封装以 500 单元卷盘形式通过指定销售渠道提供, 其带有 #TRMPBF 后缀。

电气特性

• 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度为 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明, $V_S = \pm 2.5\text{V}$;

$V_{\text{CM}} = V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OS}	输入失调电压 (注释 3)			0.5	5	μV
$\frac{\Delta V_{\text{OS}}}{\Delta T}$	平均输入失调电压漂移 (注释 3)	-40°C 至 125°C			0.025	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_{B}	输入偏置电流 (注释 4、5)	-40°C 至 85°C		30	100	pA
		-40°C 至 125°C	•		200	pA
			•		4.5	nA
I_{OS}	输入失调电流 (注释 4、5)	-40°C 至 85°C		60	200	pA
		-40°C 至 125°C	•		200	pA
			•		300	pA
i_{n}	输入噪声电流频谱密度 (注释 8)	1kHz , $C_{\text{EXT}} = 0\text{pF}$		0.5		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
e_{n}	输入噪声电压频谱密度	1kHz		9		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$e_{\text{nP-P}}$	输入噪声电压	DC 至 10Hz		200		$\text{nV}_{\text{P-P}}$
Z_{IN}	差分输入阻抗			$225\text{k} 8$		ΩpF
	共模输入阻抗			$10^{12} 20$		ΩpF
CMRR	共模抑制比 (注释 6)	$V_{\text{CM}} = V^- - 0.1\text{V}$ 至 $V^+ - 1.5\text{V}$		123	150	dB
		-40°C 至 85°C	•	121		dB
		-40°C 至 125°C	•	118		dB
PSRR	电源抑制比 (注释 6)	$V_S = 4.75\text{V}$ 至 36V		140	150	dB
		-40°C 至 125°C	•	140		dB
A_{VOL}	开环电压增益 (注释 6)	$V_{\text{OUT}} = V^- + 0.5\text{V}$ 至 $V^+ - 0.3\text{V}$, $R_{\text{L}} = 1\text{k}\Omega$		124	150	dB
$V_{\text{OL}} - V^-$	输出电压摆幅低	空载		5	15	mV
		-40°C 至 125°C	•		20	mV
		$I_{\text{SINK}} = 1\text{mA}$		55	150	mV
		-40°C 至 125°C	•		200	mV
		$I_{\text{SINK}} = 5\text{mA}$		260	470	mV
		-40°C 至 85°C	•		750	mV
$V^+ - V_{\text{OH}}$	输出电压摆幅高	空载		5.5	16	mV
		-40°C 至 125°C	•		20	mV
		$I_{\text{SOURCE}} = 1\text{mA}$		50	75	mV
		-40°C 至 125°C	•		95	mV
		$I_{\text{SOURCE}} = 5\text{mA}$		235	315	mV
		-40°C 至 85°C	•		365	mV
I_{SC}	短路电流	拉电流/灌电流		20/19	31/30	mA
SR_{RISE}	上升压摆率	$A_v = -1$, $R_{\text{L}} = 10\text{k}\Omega$		1.6		$\text{V}/\mu\text{s}$
SR_{FALL}	下降压摆率	$A_v = -1$, $R_{\text{L}} = 10\text{k}\Omega$		1.7		$\text{V}/\mu\text{s}$
GBW	增益带宽积			2.5		MHz
f_{C}	内部斩波频率			100		kHz
I_{S}	每个放大器的电源电流	空载		0.95	1.15	mA
		-40°C 至 85°C	•		1.4	mA
		-40°C 至 125°C	•		1.55	mA
		关断模式		3		μA
		-40°C 至 85°C	•		4.25	μA
		-40°C 至 125°C	•		5	μA
V_{SDL}	关断阈值 (SD - SDCOM) 低 (注释 7)	-40°C 至 125°C			0.8	V
V_{SDH}	关断阈值 (SD - SDCOM) 高 (注释 7)	-40°C 至 125°C		2		V
	SDCOM 电压范围 (注释 7)	-40°C 至 125°C		V^-	$V^+ - 2\text{V}$	V
I_{SD}^-	SD引脚电流 (注释 7)	-40°C 至 125°C , $V_{\text{SD}}^- - V_{\text{SDCOM}} = 0$		-1	-0.5	μA
I_{SDCOM}	SDCOM 引脚电流 (注释 7)	-40°C 至 125°C , $V_{\text{SD}}^- - V_{\text{SDCOM}} = 0$		0.75	1.5	μA

电气特性

• 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度为 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明, $V_S = \pm 15\text{V}$;

$V_{\text{CM}} = V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OS}	输入失调电压 (注释 3)			0.5	5	μV
$\frac{\Delta V_{\text{OS}}}{\Delta T}$	平均输入失调电压漂移 (注释 3)	-40°C 至 125°C			0.025	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_{B}	输入偏置电流 (注释 4、5)	-40°C 至 85°C		30	100	pA
		-40°C 至 125°C	•		200	pA
		-40°C 至 125°C	•		4.5	nA
I_{OS}	输入失调电流 (注释 4、5)	-40°C 至 85°C		60	200	pA
		-40°C 至 125°C	•		200	pA
		-40°C 至 125°C	•		300	pA
i_{n}	输入噪声电流频谱密度 (注释 8)	1kHz, $C_{\text{EXT}} = 0\text{pF}$		1		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		1kHz, $C_{\text{EXT}} = 22\text{pF}$		0.5		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
e_{n}	输入噪声电压频谱密度	1kHz		9		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$e_{\text{nP-P}}$	输入噪声电压	DC 至 10Hz		200		$\text{nV}_{\text{P-P}}$
Z_{IN}	差分输入阻抗			225k 13		ΩpF
	共模输入阻抗			$10^{12} 6$		ΩpF
CMRR	共模抑制比 (注释 6)	$V_{\text{CM}} = V^- - 0.1\text{V}$ 至 $V^+ - 1.5\text{V}$		138	150	dB
		-40°C 至 85°C	•	137		dB
		-40°C 至 125°C	•	135		dB
PSRR	电源抑制比 (注释 6)	$V_S = 4.75\text{V}$ 至 36V		140	150	dB
		-40°C 至 125°C	•	140		dB
A_{VOL}	开环电压增益 (注释 6)	$V_{\text{OUT}} = V^- + 0.4\text{V}$ 至 $V^+ - 0.25\text{V}$, $R_{\text{L}} = 10\text{k}\Omega$ -40°C 至 125°C		137	150	dB
$V_{\text{OL}} - V^-$	输出电压摆幅低	空载		5	15	mV
		-40°C 至 125°C	•		20	mV
		$I_{\text{SINK}} = 1\text{mA}$		55	150	mV
		-40°C 至 125°C	•		200	mV
		$I_{\text{SINK}} = 5\text{mA}$		270	470	mV
$V^+ - V_{\text{OH}}$	输出电压摆幅高	空载		7	18	mV
		-40°C 至 125°C	•		22	mV
		$I_{\text{SOURCE}} = 1\text{mA}$		50	75	mV
		-40°C 至 125°C	•		90	mV
		$I_{\text{SOURCE}} = 5\text{mA}$		235	315	mV
I_{SC}	短路电流	拉电流/灌电流		20/25	31/36	mA
		-40°C 至 85°C	•			
		-40°C 至 125°C	•			
		关断模式		5		μA
		-40°C 至 85°C	•		7.5	μA
I_{S}	每个放大器的电源电流	-40°C 至 125°C		1	1.2	mA
		-40°C 至 125°C	•		1.45	mA
V_{SDL}	关断阈值 (SD - SDCOM) 低 (注释 7)	-40°C 至 125°C				V
		-40°C 至 85°C	•		9	μA
		-40°C 至 125°C	•		0.8	V

电气特性 • 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度为 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明, $V_S = \pm 15\text{V}$;
 $V_{\text{CM}} = V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{SDH}	关断阈值 (SD-SDCOM) 高 (注释 7)	-40°C 至 125°C	•	2		V
	SDCOM 电压范围 (注释 7)	-40°C 至 125°C	•	V^-	$V^+ - 2\text{V}$	V
I_{SD}^-	SD引脚电流 (注释 7)	-40°C 至 125°C , $V_{\text{SD}}^- - V_{\text{SDCOM}} = 0$	•	-1	-0.5	μA
I_{SDCOM}	SDCOM 引脚电流 (注释 7)	-40°C 至 125°C , $V_{\text{SD}}^- - V_{\text{SDCOM}} = 0$	•	0.75	1.5	μA

注释 1: 注意, 超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。在任何绝对最大额定值条件下长期工作会影响器件的可靠性和使用寿命。

注释 2: LTC2058I 在 -40°C 至 85°C 的温度范围内保证达到额定性能。LTC2058H 在 -40°C 至 125°C 的温度范围内保证达到额定性能。

注释 3: 这些参数通过设计保证。热电偶效应使得在自动测试期间无法测量这些电平。VOS 测量的限值由测试设备能力决定。

注释 4: 这些规格受自动测试系统能力的限制。漏电流和热电偶效应会降低测试精度。如需更严格的保证规格, 请联系 LTC 市场部门。

注释 5: 输入 BIAS 电流使用 $100\text{M}\Omega \parallel 51\text{pF}$ 的等效源阻抗测量。

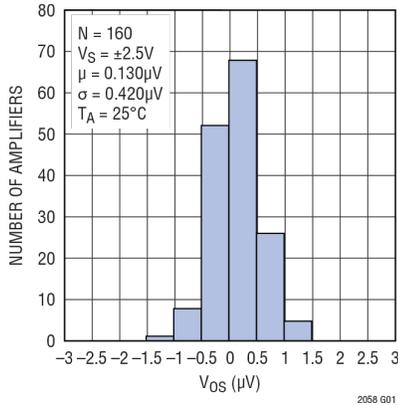
注释 6: 这些参数的最低规格受自动测试系统的能力限制; 对于 V_{OS} 测量, 其精度约为 $10\mu\text{V}$ 。作为参考, $30\text{V}/1\mu\text{V}$ 是 150dB 的电压比。

注释 7: 仅限 MSE 封装。

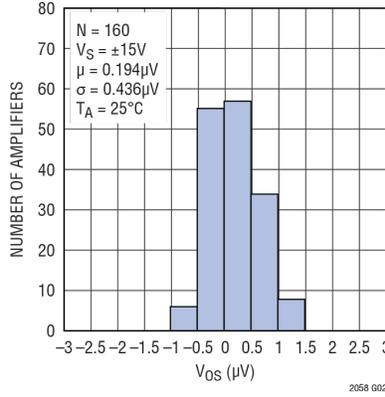
注释 8: 更多信息请参阅“应用信息”部分。

典型性能参数

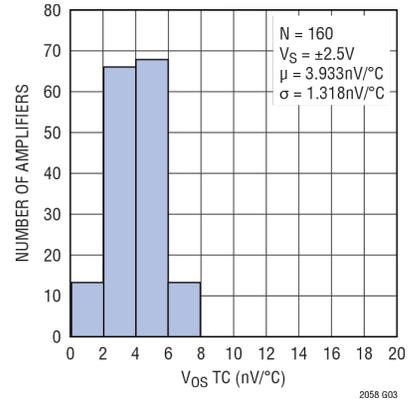
输入失调电压分布



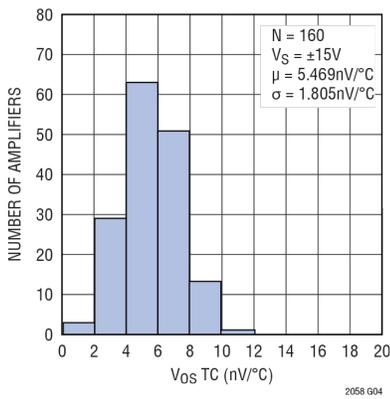
输入失调电压分布



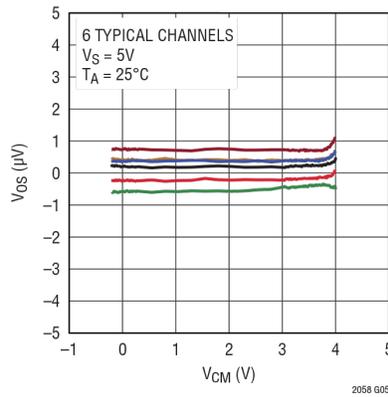
输入失调电压漂移分布



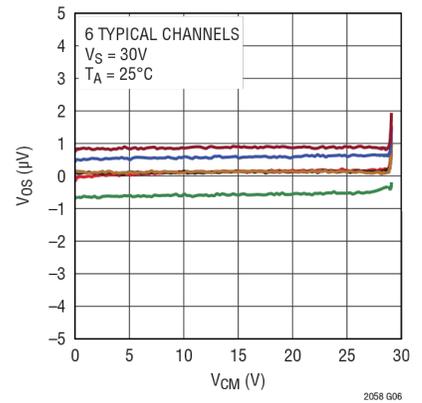
输入失调电压漂移分布



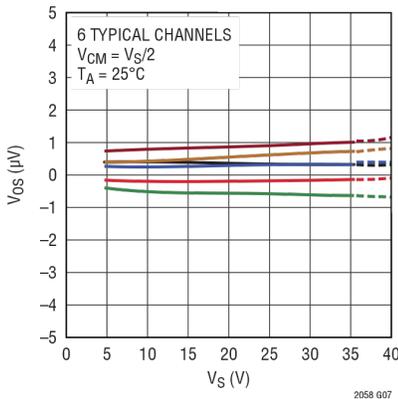
输入失调电压与输入共模电压的关系



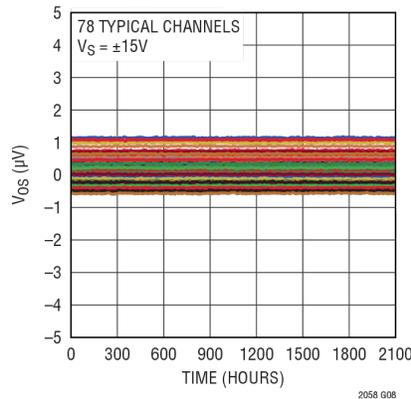
输入失调电压与输入共模电压的关系



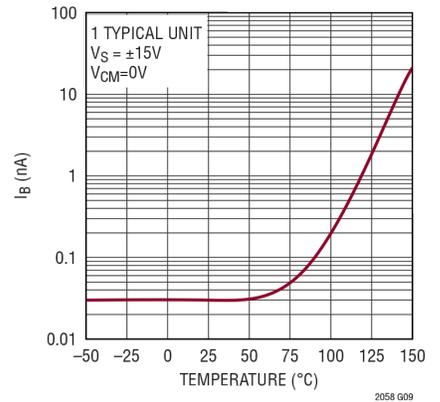
输入失调电压与电源电压的关系



长期输入失调电压漂移

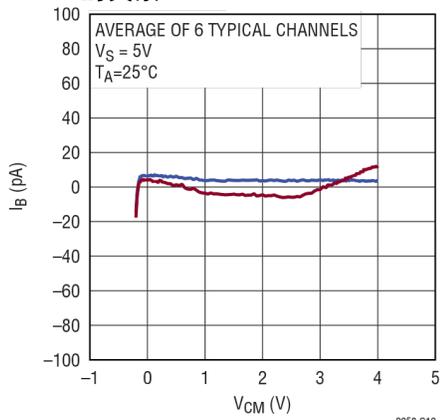


输入偏置电流与温度的关系

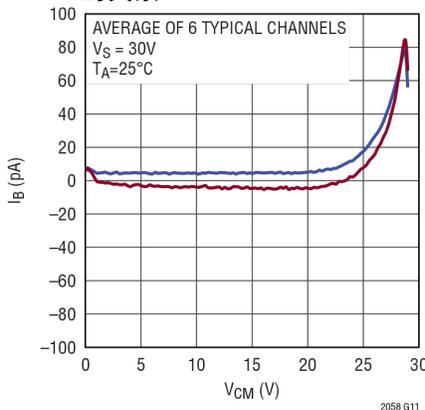


典型性能参数

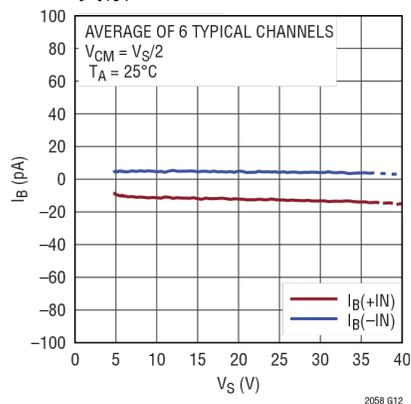
输入偏置电流与输入共模电压的关系



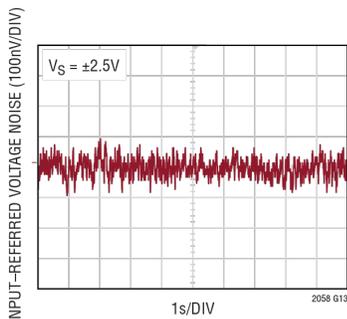
输入偏置电流与输入共模电压的关系



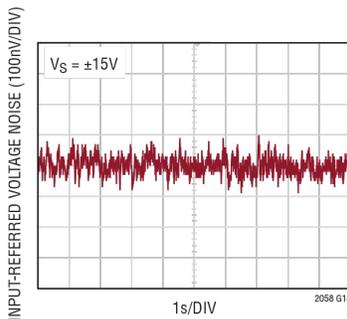
输入偏置电流与电源电压的关系



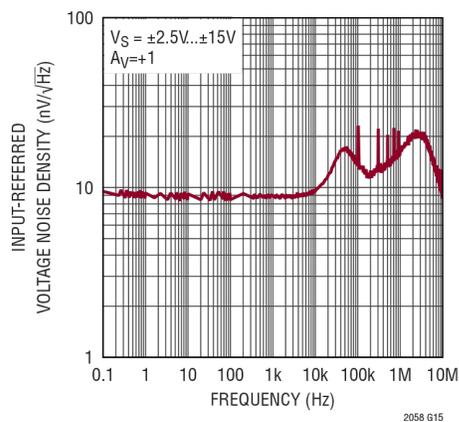
DC 至 10Hz 电压噪声



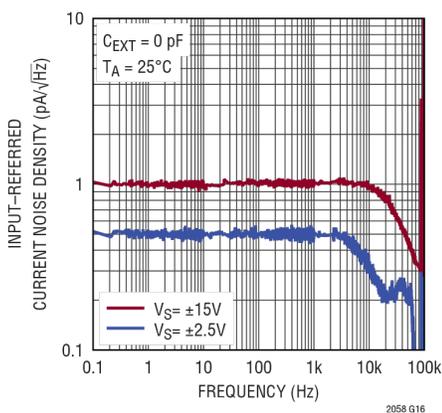
DC 至 10Hz 电压噪声



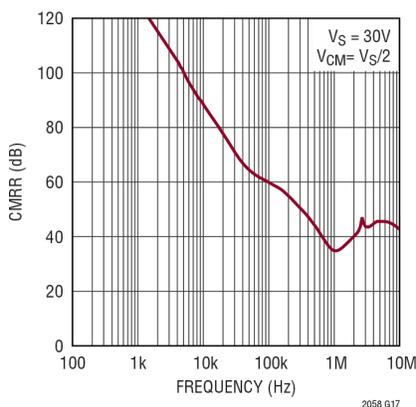
输入电压噪声谱



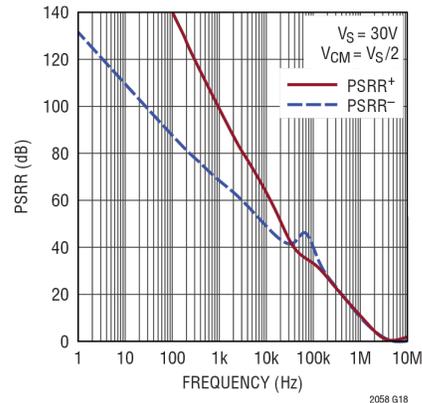
输入电流噪声谱



共模抑制比与频率的关系

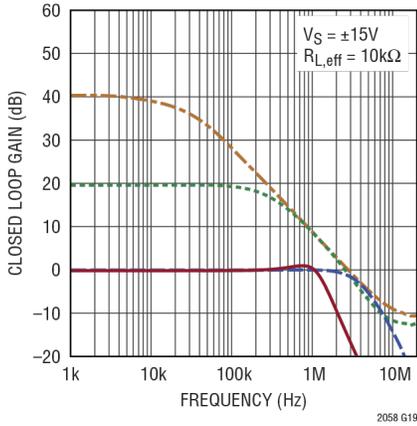


电源抑制比与频率的关系

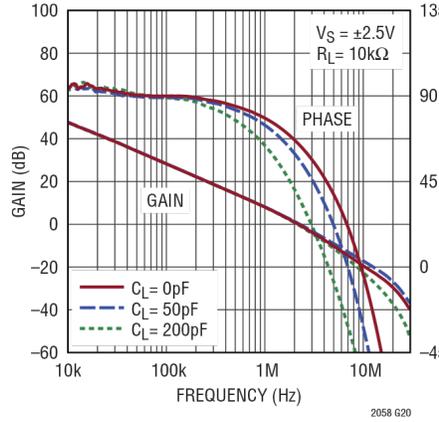


典型性能参数

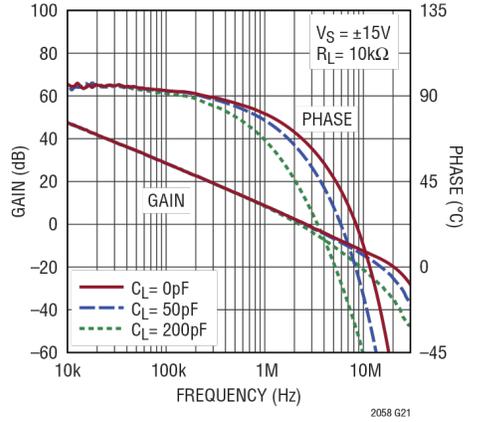
闭环增益与频率的关系



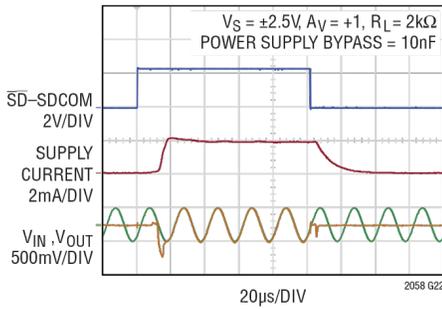
开环增益与频率的关系



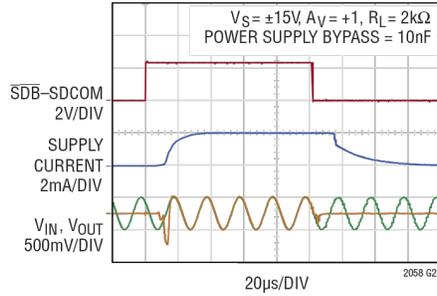
开环增益与频率的关系



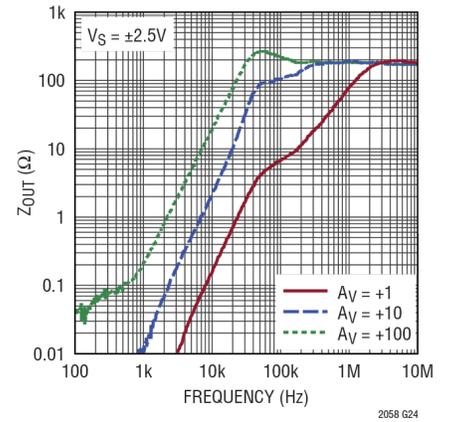
正弦输入的关断瞬变



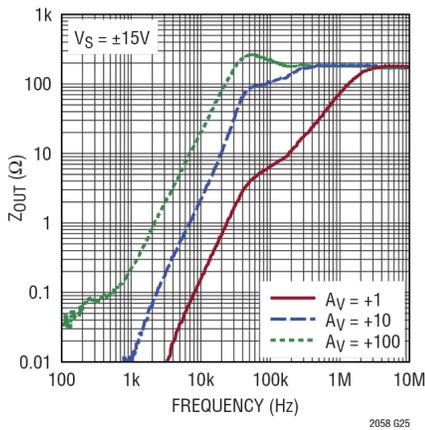
正弦输入的关断瞬变



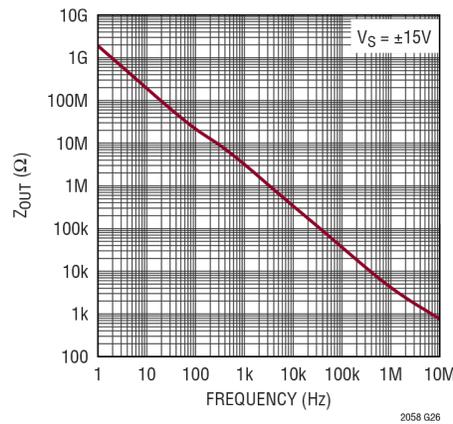
闭环输出阻抗与频率的关系



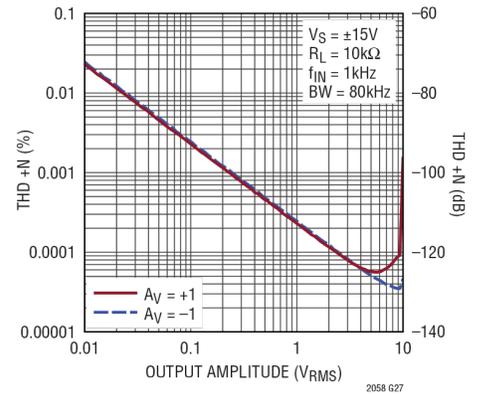
闭环输出阻抗与频率的关系



关断模式下的输出阻抗与频率的关系

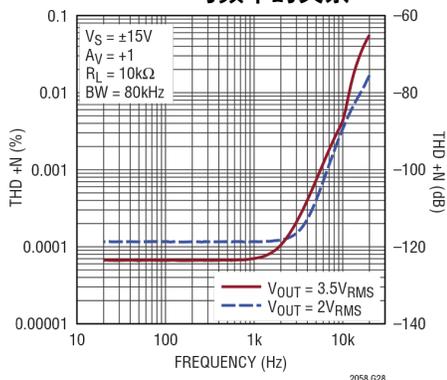


THD+N 与幅度的关系

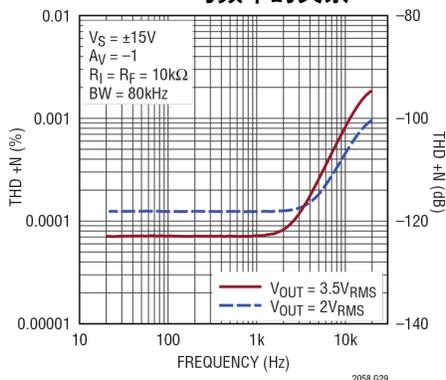


典型性能参数

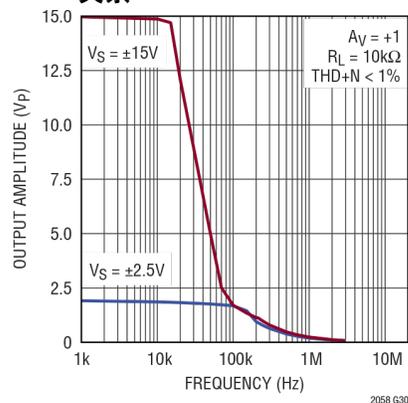
THD+N 与频率的关系



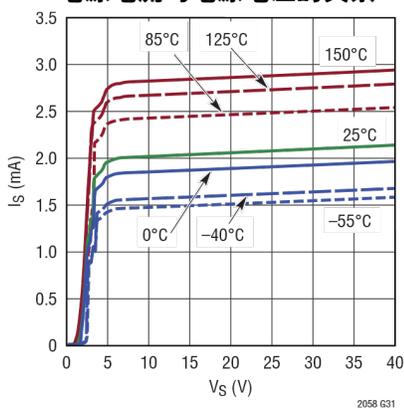
THD+N 与频率的关系



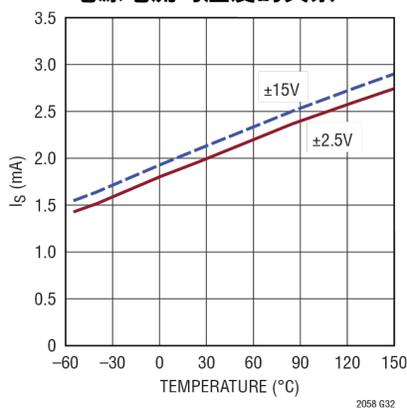
最大无失真输出阻抗与频率的关系



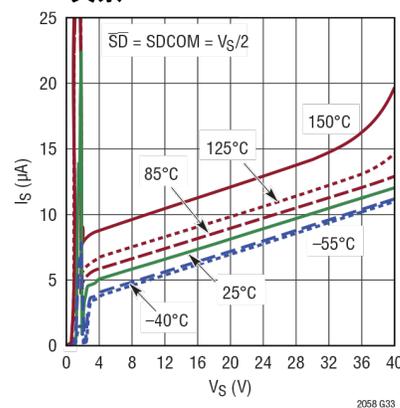
电源电流与电源电压的关系



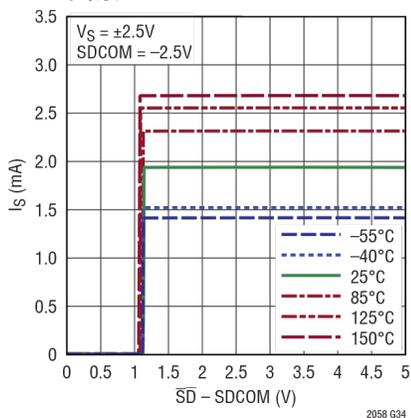
电源电流与温度的关系



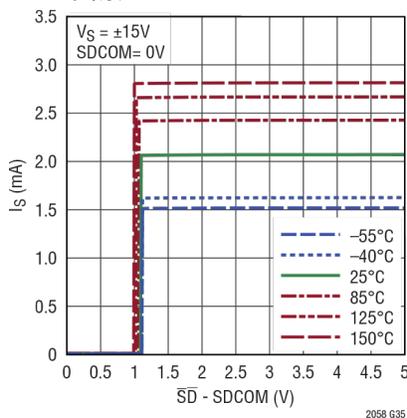
关断电源电流与电源电压的关系



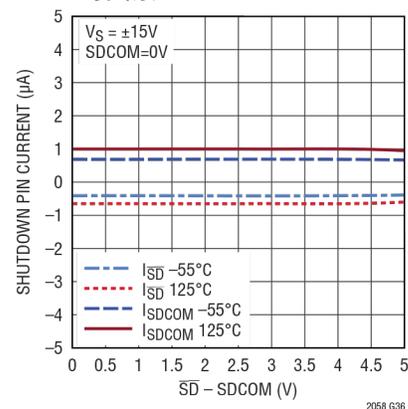
电源电流与关断控制电压的关系



电源电流与关断控制电压的关系

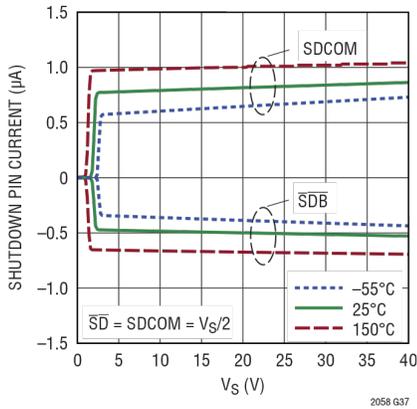


关断引脚电流与关断引脚电压的关系

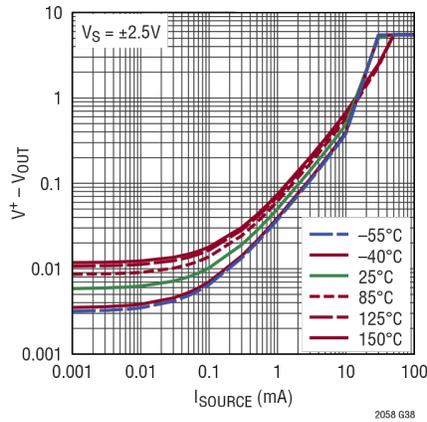


典型性能参数

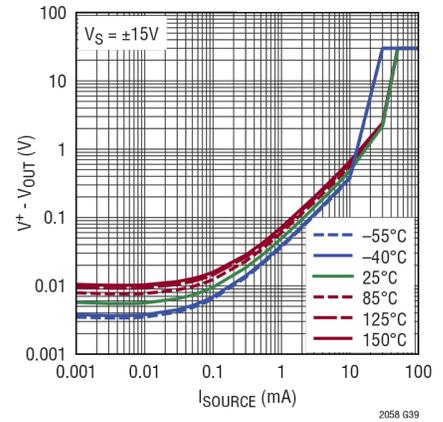
关断引脚电流与电源电压的关系



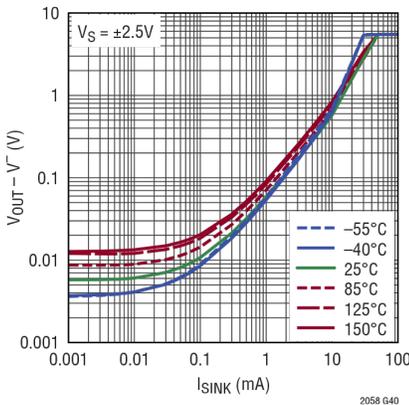
输出电压摆幅高与负载电流的关系



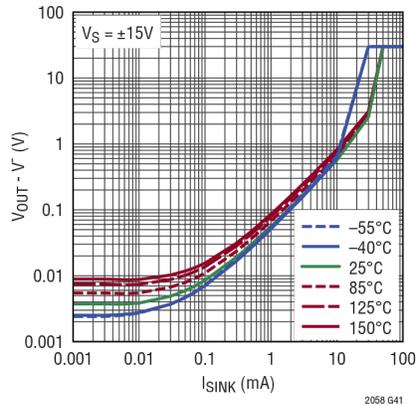
输出电压摆幅高与负载电流的关系



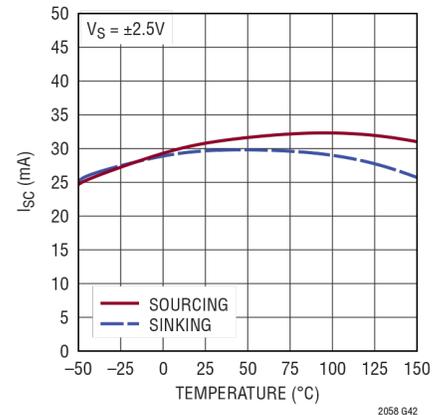
输出电压摆幅低与负载电流的关系



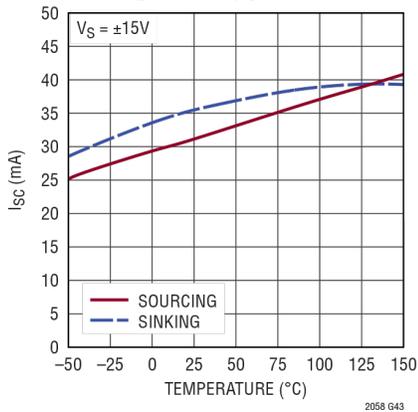
输出电压摆幅低与负载电流的关系



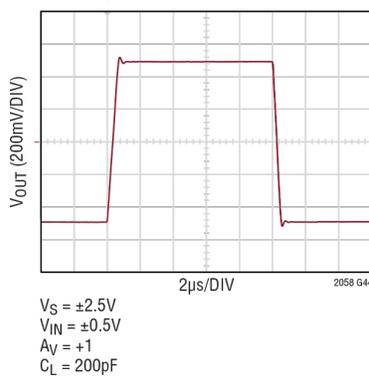
短路电流与温度的关系



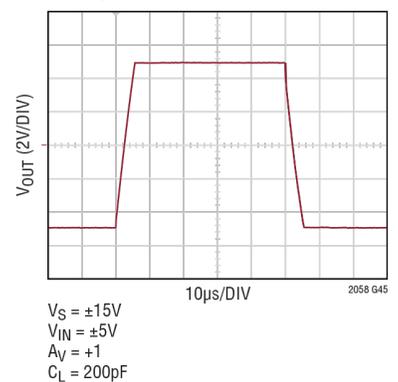
短路电流与温度的关系



大信号响应

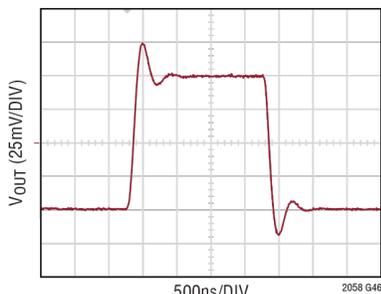


大信号响应



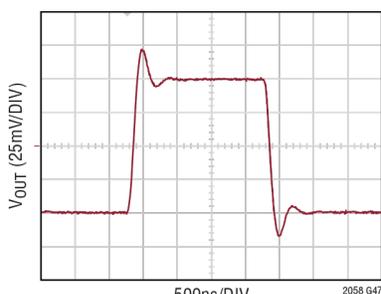
典型性能参数

小信号响应



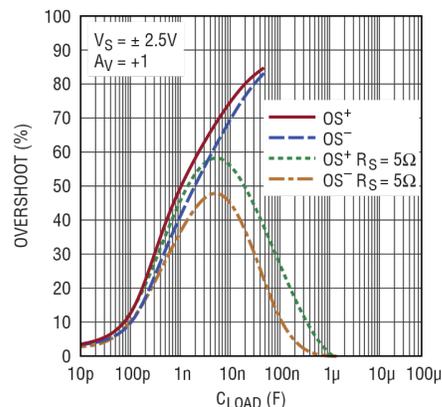
$V_S = \pm 2.5V$
 $V_{IN} = \pm 50mV$
 $A_V = +1$
 $C_L = 200pF$

小信号响应



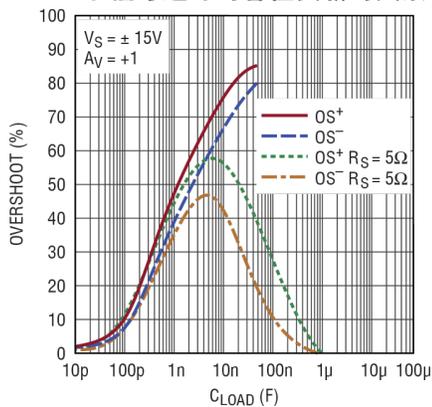
$V_S = \pm 15V$
 $V_{IN} = \pm 50mV$
 $A_V = +1$
 $C_L = 200pF$

小信号过冲与容性负载的关系



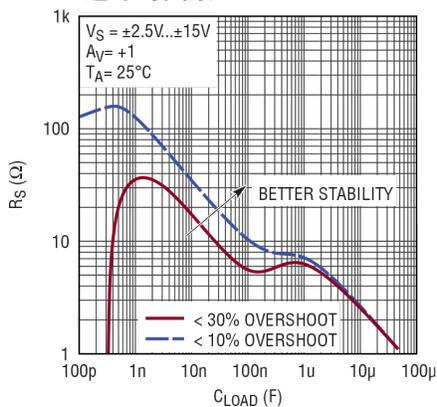
2058 G48

小信号过冲与容性负载的关系



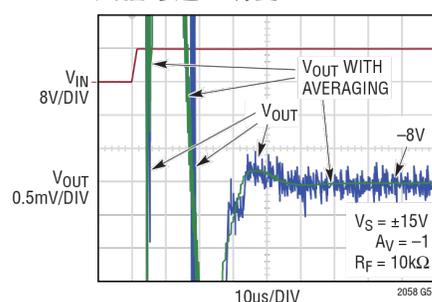
2058 G49

输出串联电阻与 CLOAD 和过冲的关系



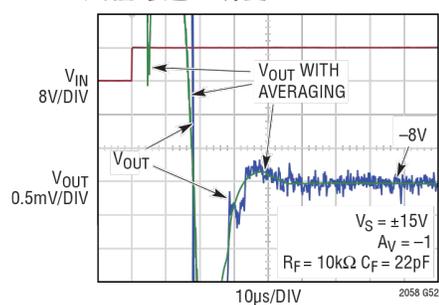
2058 G50

大信号建立瞬变



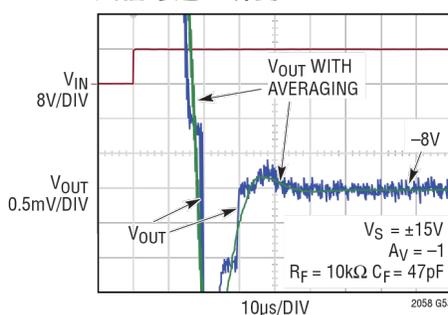
2058 G51

大信号建立瞬变



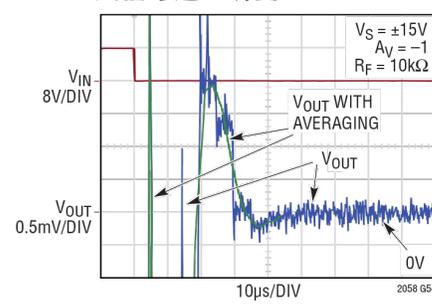
2058 G52

大信号建立瞬变



2058 G53

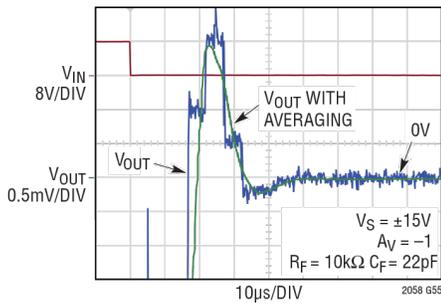
大信号建立瞬变



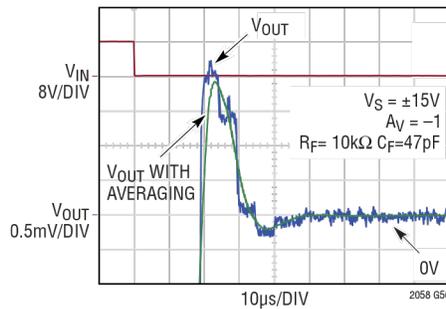
2058 G54

典型性能参数

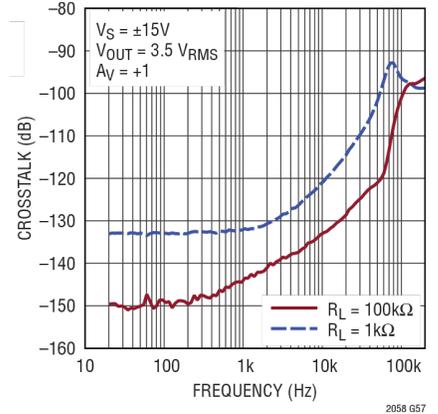
大信号建立瞬变



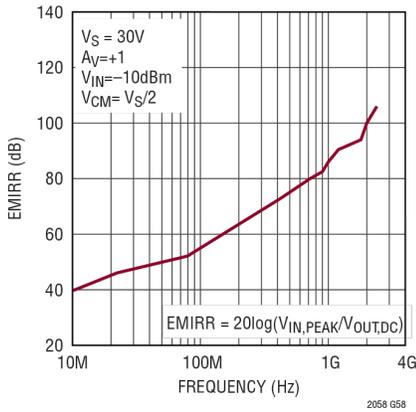
大信号建立瞬变



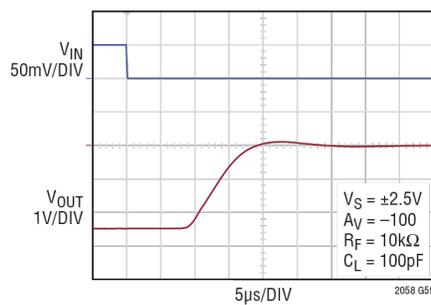
串扰



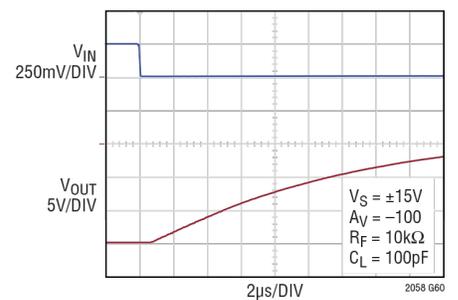
EMIRR IN+ 与频率的关系



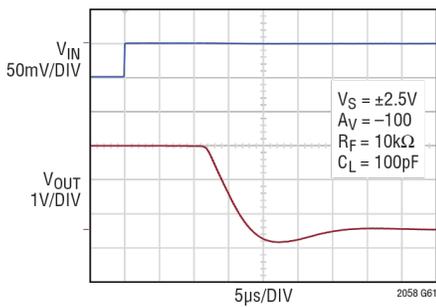
输出过载恢复



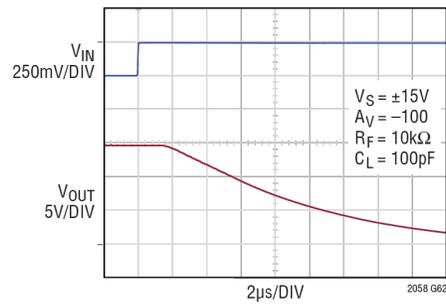
输出过载恢复



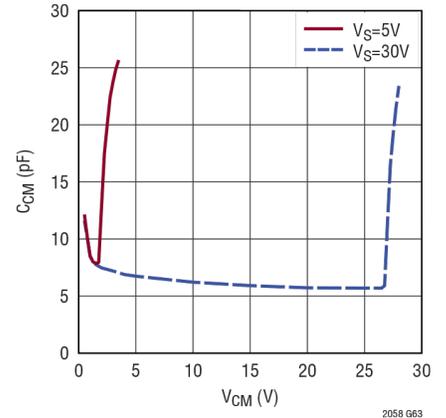
输出过载恢复



输出过载恢复



输入共模电容与输入共模电压的关系



引脚功能

S8E

OUTA (引脚 1) : 放大器 A 输出。

-INA (引脚 2) : 放大器 A 反相输入。

+INA (引脚 3) : 放大器 A 同相输入。

V⁻ (引脚 4) : 负电源。

+INB (引脚 5) : 放大器 B 同相输入。

-INB (引脚 6) : 放大器 B 反相输入。

OUTB (引脚 7) : 放大器 B 输出。

V⁺ (引脚 8) : 正电源。

裸露焊盘 (引脚 9) : 必须连接到 V⁻。

MSE12

$\overline{\text{SD}}$ (引脚 1) : 关断控制引脚。

V⁻ (引脚 2) : 负电源。

OUTA (引脚 3) : 放大器 A 输出。

GUARD (引脚 4) : 保护环。无内部连接。
(参见“应用信息”)

-INA (引脚 5) : 放大器 A 反相输入。

+INA (引脚 6) : 放大器 A 同相输入。

+INB (引脚 7) : 放大器 B 同相输入。

-INB (引脚 8) : 放大器 B 反相输入。

GUARD/NC (引脚 9) : 保护环。无内部连接。
(参见“应用信息”)

OUTB (引脚 10) : 放大器 B 输出。

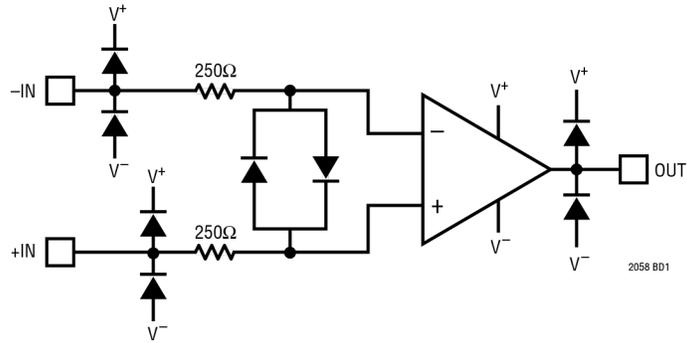
V⁺ (引脚 11) : 正电源。

SDCOM (引脚 12) : $\overline{\text{SD}}$ 的基准电压。

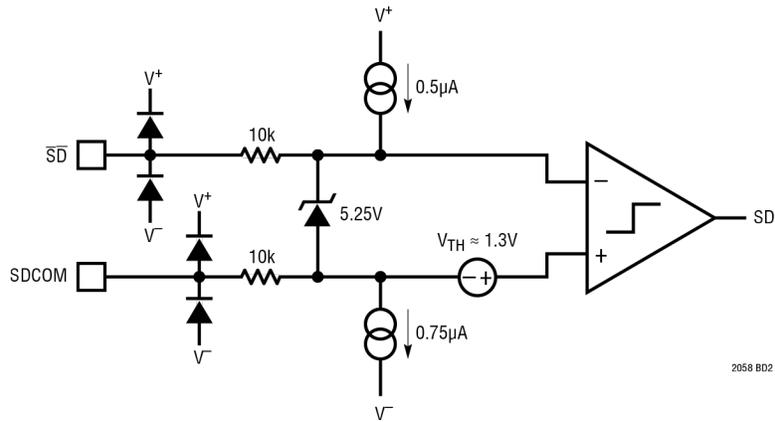
裸露焊盘 (引脚 13) : 必须连接到 V⁻。

框图

放大器（每个通道）



关断电路（仅限 MSE12 封装）



应用信息

输入电压噪声

LTC2058 之类的斩波稳定放大器通过将直流和闪烁噪声外差到更高的频率来实现低失调和 $1/f$ 噪声。在传统斩波稳定放大器中，此过程会产生斩波频率的空闲音及其奇次谐波。

LTC2058 利用电路将这些杂散伪像抑制到远低于失调电压的水平。100kHz 时的典型纹波幅度远小于 $1\mu V_{RMS}$ 。

LTC2058 的电压噪声谱如图 1 所示。如果需要更低的噪声，请考虑“典型应用”部分中的以下电路：并联斩波器以改善噪声。

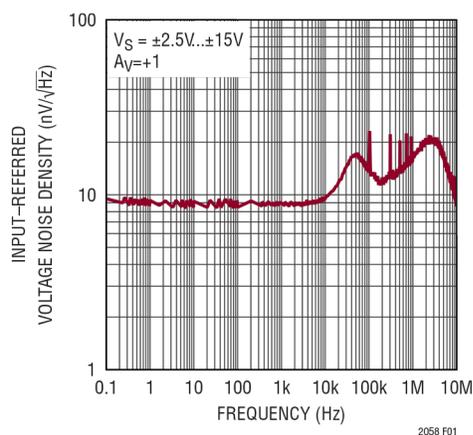


图 1. 输入电压噪声谱

输入电流噪声

对于具有高源阻抗的应用，输入电流噪声可能是总输出噪声的很大一部分。因此，必须考虑噪声电流与放大器输入端电路元件的相互作用。

LTC2058 的电流噪声谱如图 2 所示。特性曲线显示没有 $1/f$ 行为。同所有零漂移放大器一样，在失调调零频率处有显著的电流噪声成分。此现象在“输入偏置电流”部分中讨论。

必须注意，电流噪声不等于 $\sqrt{2qI_B} A/\sqrt{Hz}$ 。此公式适用于双极性晶体管中的基极电流和二极管电流，但对于大多数具有开关输入的斩波器和自稳零放大器，主导电流噪声机制不是散粒噪声。

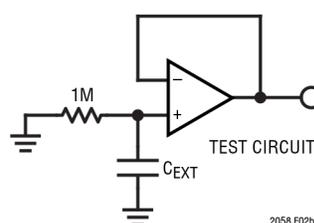
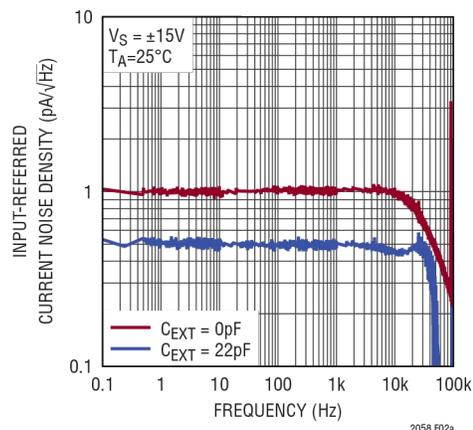


图 2. 输入电流噪声谱

输入偏置电流

LTC2058 的输入偏置电流由两个截然不同的成分组成，即二极管漏电流和电荷注入。漏电流随温度升高而提高，而来自开关输入的电荷注入基本不随温度而变化。这两个电流在全温度范围内的复合结果如图 3 所示。

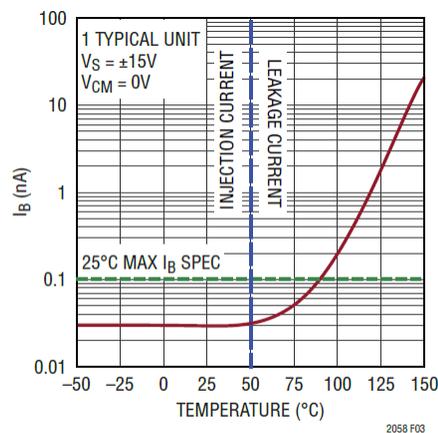


图 3. 输入偏置电流与温度的关系

应用信息

各种输入偏置电流有何效应及如何影响误差，取决于源阻抗的性质。对于电气规格表中给出的输入偏置电流，源阻抗为由分流滤波电容旁路的高值电阻。图 4 显示了作为折合到输入端电流误差的有效直流误差（输出直流电压误差除以增益，再除以源电阻），它是滤波电容的函数。注意，随着电容增加，有效直流误差减小。增加的外部电容 (C_{EXT}) 也会降低输入电流噪声，如图 2 所示。

输入电容的另一个功能是减少电荷注入的影响。基于电荷注入的电流具有一个位于斩波频率及其谐波的频率分量。在时域中，这些频率分量表现为电流脉冲（以与斩波频率相关的规则间隔出现）。当这些小电流脉冲与源阻抗或增益设置电阻相互作用时，所产生的电压尖峰被闭环增益放大。对于较高的源阻抗，这可能导致 100kHz 斩波频率在输出频谱中可见，这种现象称为“时钟馈通”。为防止时钟馈通过大，应尽可能降低增益设置电阻和源阻抗。当需要直流高阻性源阻抗时，源阻抗两端的电容会降低交流阻抗，从而降低输入电压尖峰的幅度。减小时钟注入效应的另一种办法是在运算放大器输出后限制带宽。

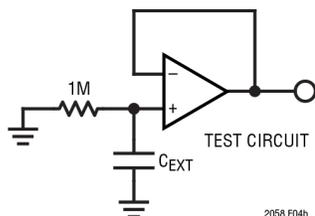
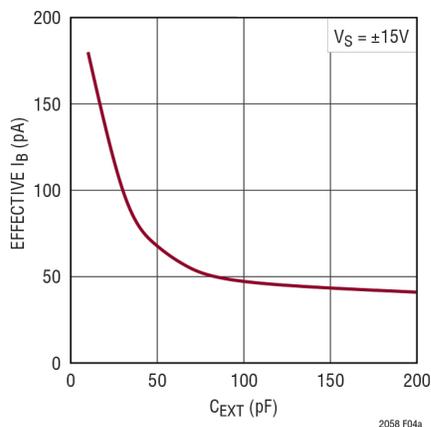


图 4. 输入偏置电流与输入电容的关系

来自两路输入的注入电流幅度相同，但方向相反。因此，在两路输入上放置匹配阻抗不会消除注入电流引起的输入偏置电流对失调电压的影响。

高于 50°C 时，ESD 保护二极管的漏电流开始主导输入偏置电流，并随着温度升高而继续指数式增长。与注入电流不同，两路输入的漏电流方向相同。因此，漏电流引起的输出误差可以通过匹配两路输入所见的源阻抗来减小。请注意，如果采用源阻抗匹配技术来消除漏电流的影响，低于 50°C 时，电荷注入电流会引起 $2I_B \times R$ 的失调电压误差。如果 $I_B = 100\text{pA}$ 且 $R = 10\text{k}$ ，则误差为 $2\mu\text{V}$ 。

热电偶效应

为了在微伏级上实现高精度，必须考虑热电偶效应。任何不同金属的连接都会形成热电结，产生一个很小的温度相关电压。这种现象也称为塞贝克效应，热电动势可能是低漂移电路中的主要误差源。

连接器、开关、继电器触点、插座、电阻和焊料都可能产生相当大的热电动势。不同厂商的铜线结点处甚至都能产生 $200\text{nV}/^\circ\text{C}$ 的热电动势，这是 LTC2058 最大漂移规格的 8 倍。图 5 和图 6 显示了这些电压的可能幅度及其对温度的敏感度。

应用信息

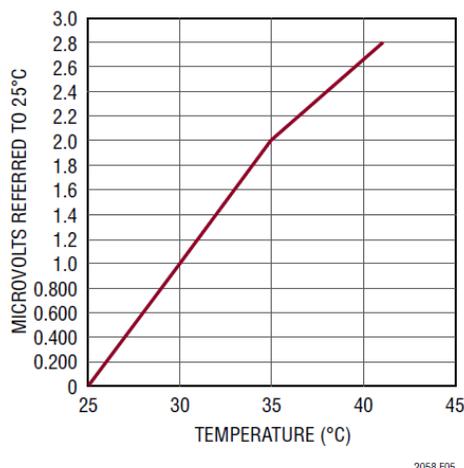


图 5. 不同厂家生产的两条铜线产生的热电动势

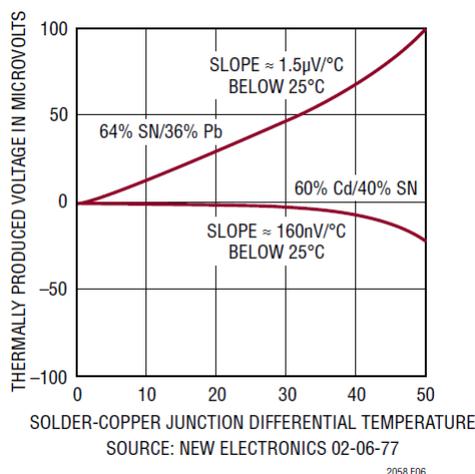


图 6. 焊料-铜热电动势

为使热电偶引起的误差最小，必须注意电路板布局和元件选择。务必尽量减少放大器输入信号路径中的结点数量，并尽可能避免使用连接器、插座、开关和继电器。如果需要此类元件，应选择具有低热电动势特性的元件。此外，就电路板上的热梯度而言，两路输入的结点的数量、类型和布局应该匹配。这样做可能需要故意引入虚拟结点以抵消无法避免的结点的影响。气流也会造成热梯度，并在测量系统中产生很大的噪声。防止气流经过敏感电路非常重要。这样做常常能大大降低热电偶噪声。

图 7 对相关技术做了一个总结。

漏电流效应

进入高阻抗信号节点的漏电流很容易降低亚 nA 信号的测量精度。高压和高温应用特别容易受到此类问题的影响。应使用优质绝缘材料，并清洁绝缘表面以去除助焊剂和其他残留物。在潮湿环境中，可能需要表面涂层来提供防潮层。

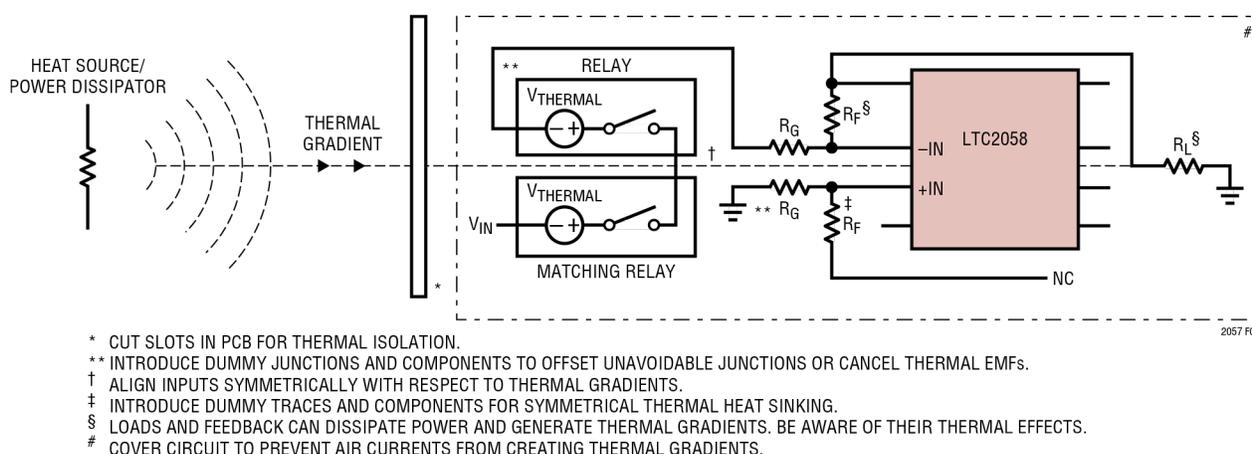


图 7. 使热电偶引起的误差最小的技术

应用信息

用一个工作电位非常接近输入电位的保护环围住输入连接，可以最大限度地减少电路板漏电流。保护环必须连接到低阻抗节点。对于反相配置，保护环应连接到正输入 (+IN) 的电位。

对于同相配置，保护环应连接到负输入 (-IN) 的电位。为使该技术有效，保护环不得被阻焊层覆盖。印刷电路板的两侧可能都需要保护环。有关正确布局的示例，请参见图 8a 和图 8b。

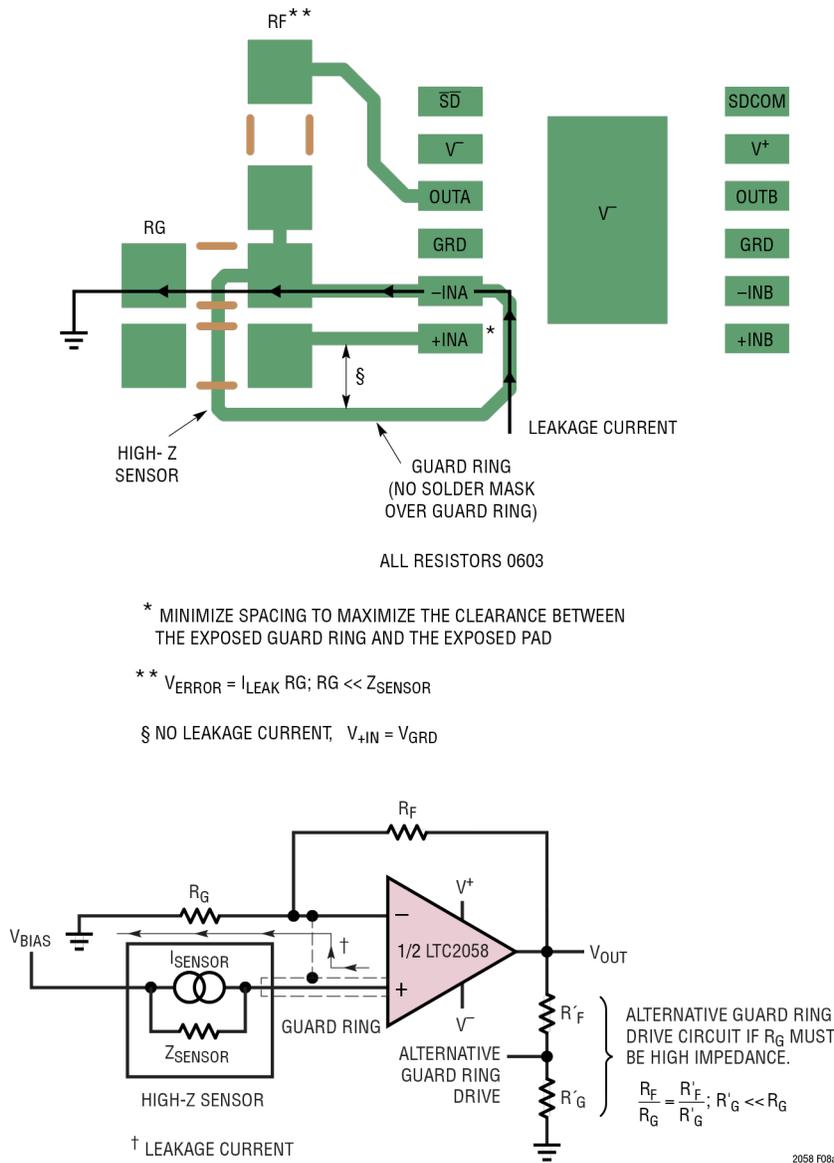


图 8a. 带漏电保护环的同相放大器的布局示例（所示为通道 A）

应用信息

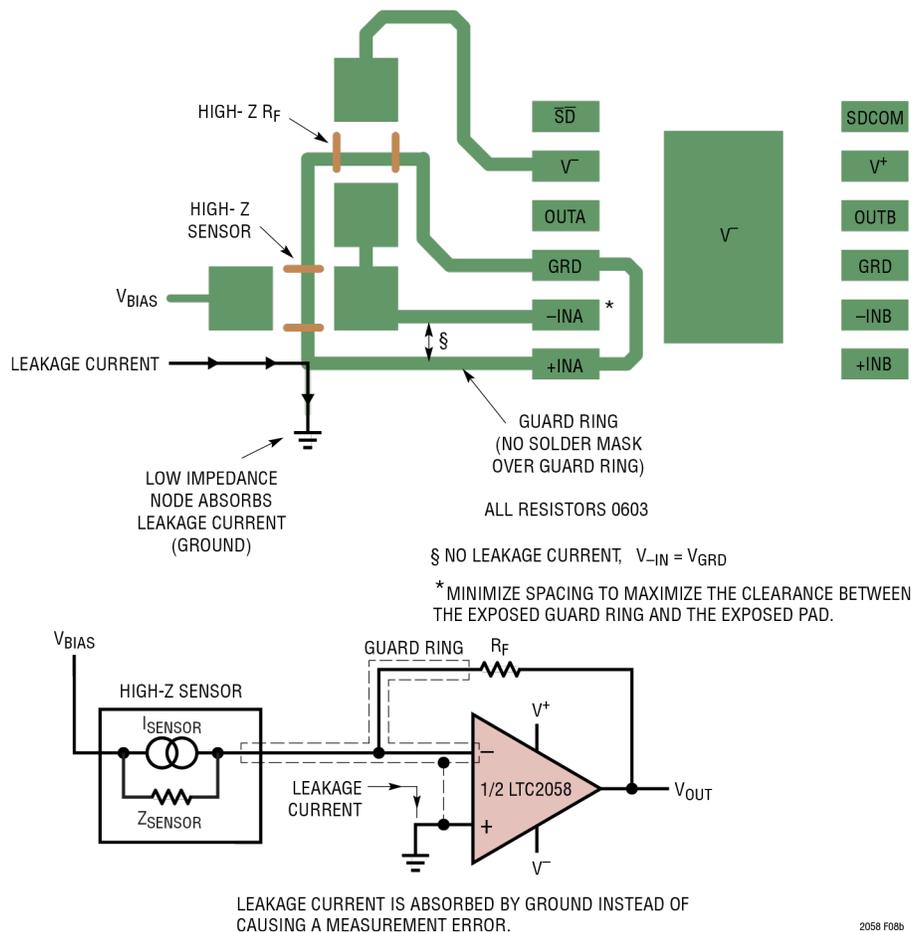


图 8b. 带漏电保护环的反相放大器的布局示例 (所示为通道 A)

应用信息

对于低漏电流应用，LTC2058 提供 MSE12 封装，其特殊的引脚排列对保护环结构的布局有利。与输入端相邻的引脚没有内部连接，允许保护环通过它们布线。

功耗

LTC2058 能够在 36V 总电源下工作，因此应注意放大器的功耗。在高电压下驱动重负载时，可使用封装的 θ_{JA} 来估算相应的芯片温度上升幅度，并采取措施确保所得结温不超过规定的限值。当预期功耗很高时，还应考虑 PCB 金属化和使用散热器。LTC2058 采用散热增强型 S8E 和 MSE12 封装。这些封装具有比标准产品更低的热阻，并有裸露焊盘来帮助散热。裸露的底部焊盘必须焊接到 PCB 上，由于其内部连接到 V^- ，因此需要将裸露焊盘连接到 V^- 。为了更有效地散热，建议裸露焊盘尽可能多地连接 PCB 金属。所有封装的热信息都可以在“引脚配置”部分中找到。

电气应力过载和输入保护

不应超过绝对最大额定值。避免将输入和输出引脚驱动到供电轨之外，尤其是在电源电压接近 40V 时。LTC2058 的输入由 ESD 二极管内部保护（参见“框图”部分）。底部二极管的阳极是衬底，因此将输入驱动到供电轨以下会引起不希望的寄生效应。如果无法防止过压条件，可将一个电阻与受威胁的引脚串联，以将故障电流限制在绝对最大额定值以下，降低器件损坏的可能性。这项技术如图 9 所示。

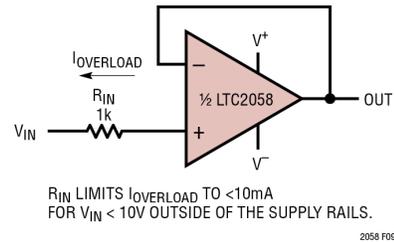


图 9. 使用电阻限制输入电流

限流电阻不应高到会与输入偏置电流相互作用而增加噪声和误差电压的程度。最高 2k 的电阻不会显著影响噪声或精度。使用图 10 和图 11（内部 ESD 二极管的 I-V 特性）帮助确定电阻的适当值。

在恶劣环境中，使用图 12 所示的保护电路可进一步提高可靠性。该电路采用低漏电流二极管 (Nexperia BAV199) 来保护输入端。R2 保护外部二极管，添加 R1 以限制进入内部二极管的电流。在该电路中，R1 可以很小，因为所施加的电压已经被外部保护二极管降低。

在内部 ESD 二极管的漏电流主导输入偏置电流的高温应用中，在反馈路径中添加输入偏置消除电阻可能对电路有益（参见“典型应用”部分：输入偏置电流）。

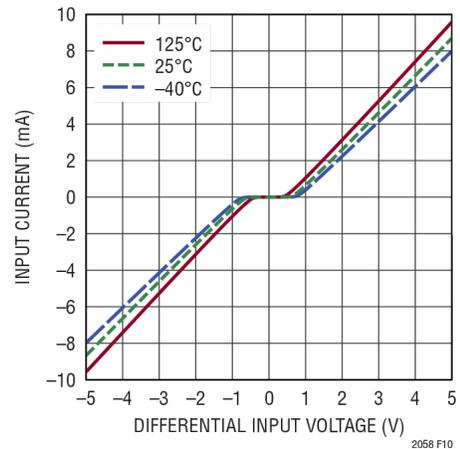


图 10. 差分输入电压与电流的关系

应用信息

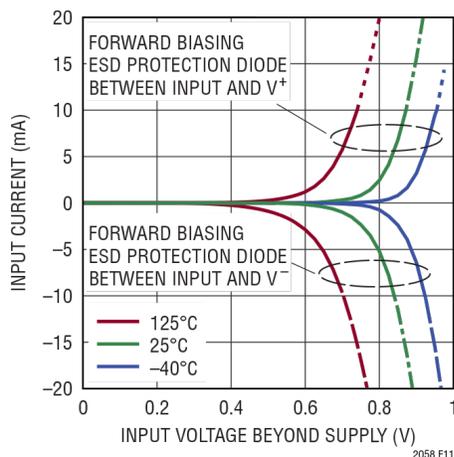


图 11. ESD 保护二极管正偏电压与电流的关系

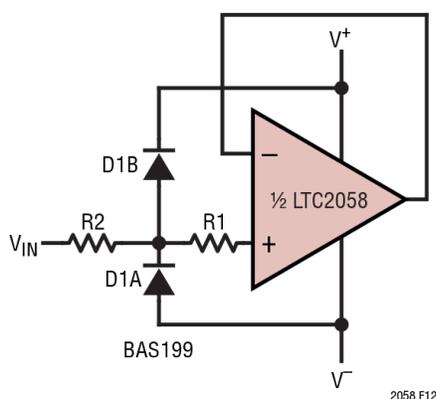


图 12. 使用外部二极管的输入保护电路

关断模式

采用 MSE12 封装的 LTC2058 具有针对低功耗应用的关断模式。在 OFF 状态下，两个放大器均关闭，每个放大器消耗的电源电流小于 $9\mu\text{A}$ 。另外，两路输出对外部电路均呈现高阻抗。

请注意，在 OFF 状态期间，即便放大器输出为高阻抗，通过输入差分箝位和反馈电阻的输入信号仍可能调制输出。（关于差分箝位的位置，请参阅框图）。此外，根据电阻值大小，仍可能从输入源消耗大量电流。

关断控制通过单独的逻辑参考输入 (SDCOM) 和关断引脚 ($\overline{\text{SD}}$) 来完成。该方法允许低压数字控制逻辑独立于放大器的高压电源轨而工作。表 1 和表 2 是控制逻辑和工作范围的总结。

表 1. 关断控制逻辑

关断引脚条件	放大器状态
$\overline{\text{SD}}$ = 浮空, SDCOM = 浮空	ON
$\overline{\text{SD}} - \text{SDCOM} \geq 2\text{V}$	ON
$\overline{\text{SD}} - \text{SDCOM} \leq 0.8\text{V}$	OFF

表 2. 关断引脚的工作电压范围

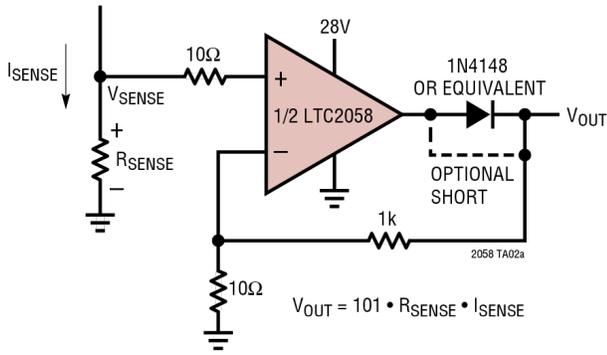
	最小值	最大值
$\overline{\text{SD}} - \text{SDCOM}$	-0.2V	5.2V
SDCOM	V^-	$V^+ - 2\text{V}$
$\overline{\text{SD}}$	V^-	V^+

如果不需要关断功能， $\overline{\text{SD}}$ 和 SDCOM 可以浮空。内部电路会自动将放大器保持在 ON 状态。在高噪声环境中工作时，建议在 $\overline{\text{SD}}$ 和 SDCOM 之间使用一个电容，以防止噪声改变关断状态。

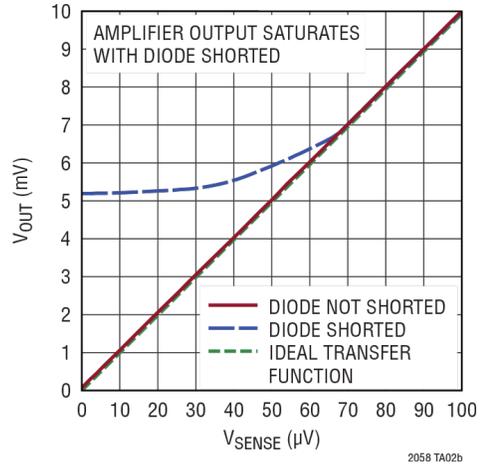
当存在 $\overline{\text{SD}}$ 和 SDCOM 被拉到电源轨以外的风险时，建议将一个电阻与关断引脚串联以限制电流。

典型应用

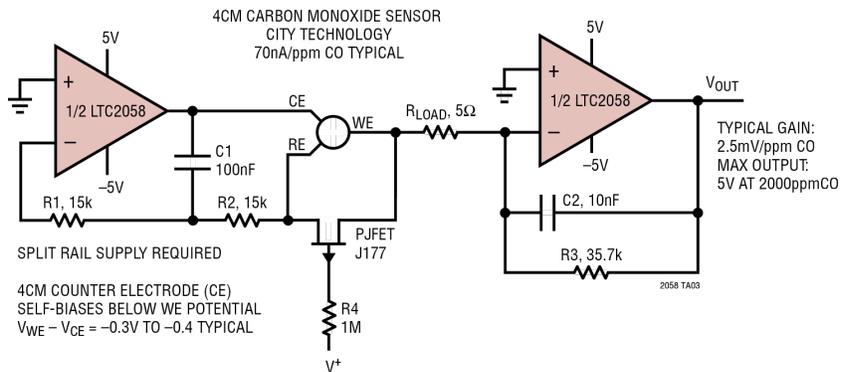
低端电流检测放大器



低端电流检测放大器传递函数

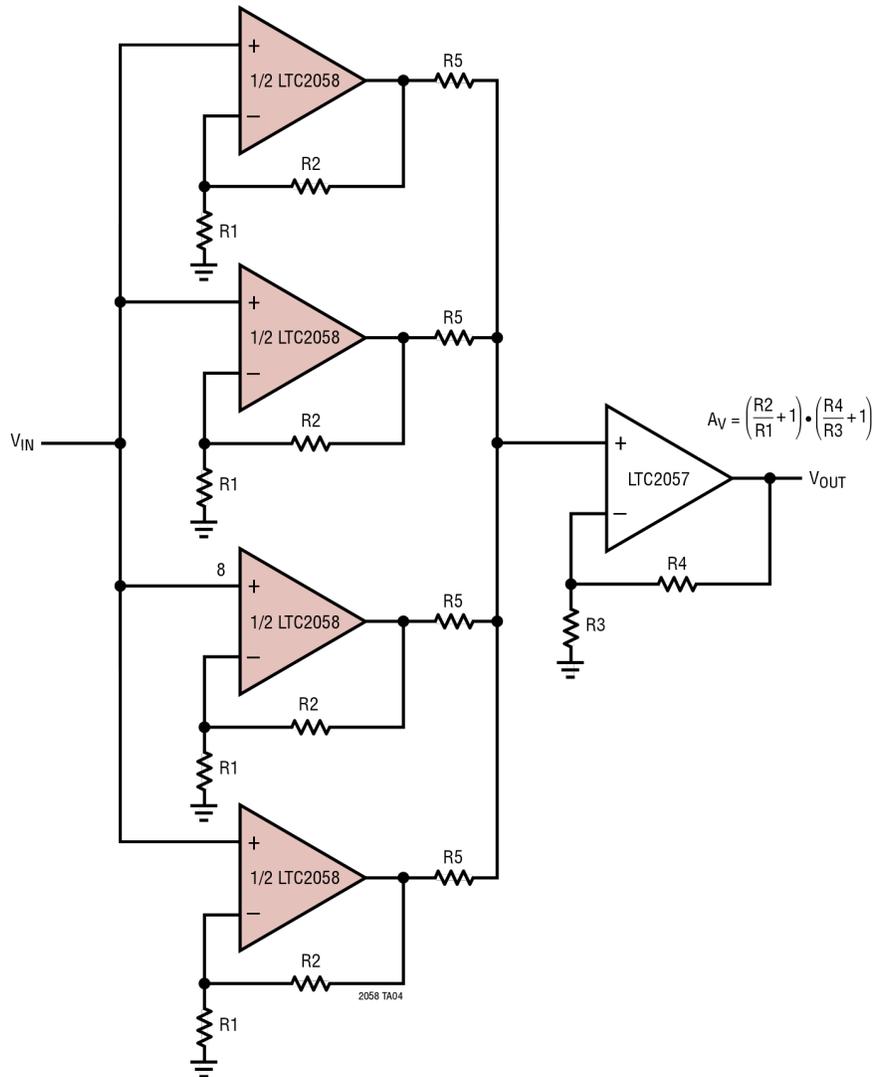


一氧化碳传感器



典型应用

并联斩波器以改善噪声



$$\text{DC TO 10Hz NOISE} = \frac{200\text{nV}_{\text{p-p}}}{\sqrt{N}}, e_n = \frac{9\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}}{\sqrt{N}}, i_n = \sqrt{N} \cdot 1\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}, I_B < N \cdot 100\text{pA (MAX)}$$

WHERE N IS THE NUMBER OF PARALLELED INPUT AMPLIFIERS.

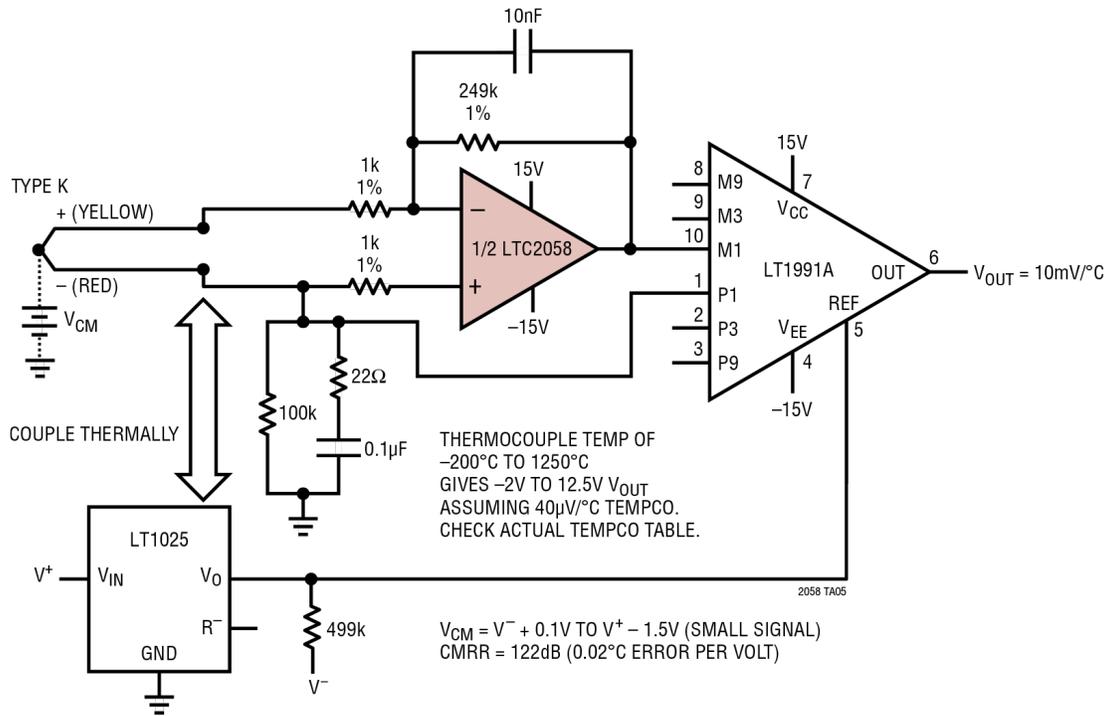
$$\text{FOR } N = 4, \text{ DC TO 10Hz NOISE} = 100\text{nV}_{\text{p-p}}, e_n = 4.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}, i_n = 2\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}, I_B < 100\text{pA (MAX)}.$$

R₅ SHOULD BE A FEW HUNDRED OHMS TO ISOLATE AMPLIFIER OUTPUTS WITHOUT CONTRIBUTING SIGNIFICANTLY TO NOISE OR I_B-INDUCED ERROR.

$$\left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) \gg \sqrt{N} \text{ FOR OUTPUT AMPLIFIER NOISE TO BE INSIGNIFICANT.}$$

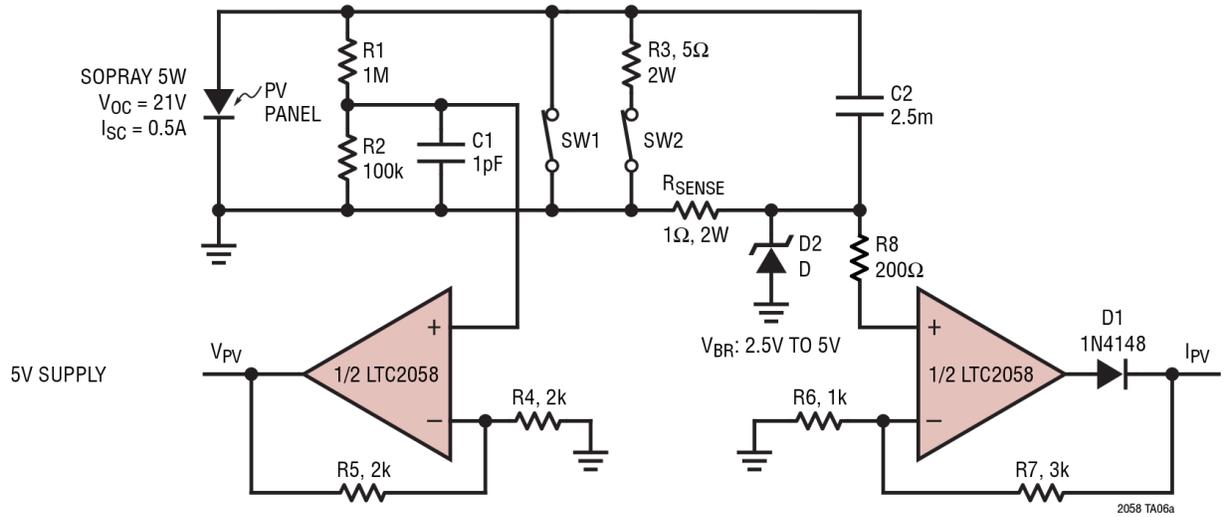
典型应用

差分热电偶放大器

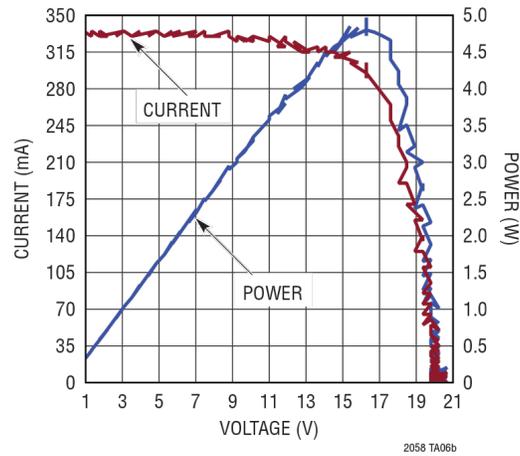


典型应用

光伏模块扫描测量



I-V 和 P-V 曲线

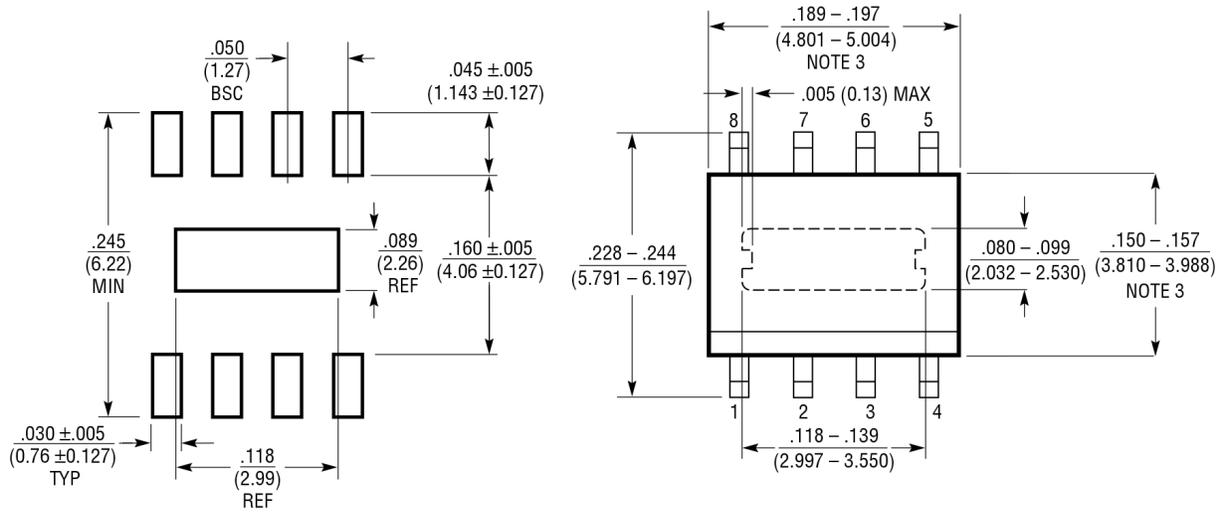


封装说明

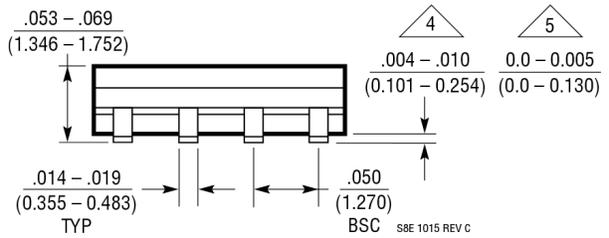
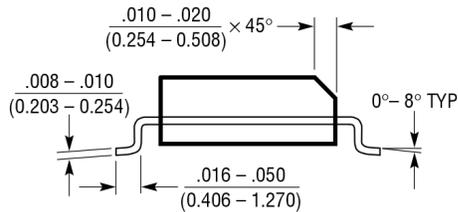
S8E 封装

8 引脚塑料 SOIC (窄体, .150 英寸) 裸露焊盘

(参考 LTC DWG # 05-08-1857 Rev C)



RECOMMENDED SOLDER PAD LAYOUT



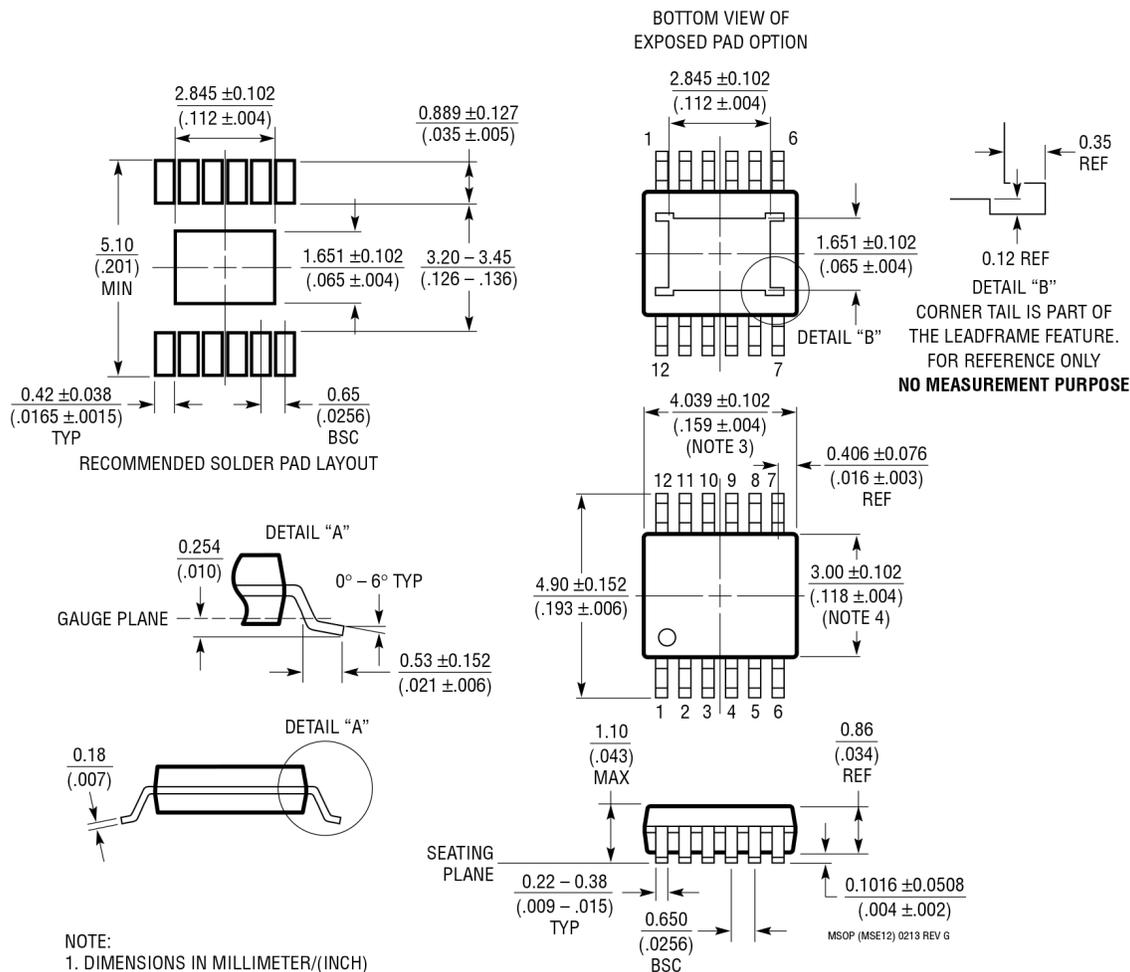
NOTE:

1. DIMENSIONS IN $\frac{\text{INCHES}}{\text{MILLIMETERS}}$
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. THESE DIMENSIONS DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED $.010''$ (0.254mm)

- 4. STANDARD LEAD STANDOFF IS 4mils TO 10mils (DATE CODE BEFORE 542)
- 5. LOWER LEAD STANDOFF IS 0mils TO 5mils (DATE CODE AFTER 542)

封装说明

MSE 封装
12 引脚塑料 MSOP, 裸露芯片焊盘
(参考 LTC DWG # 05-08-1666 Rev G)



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

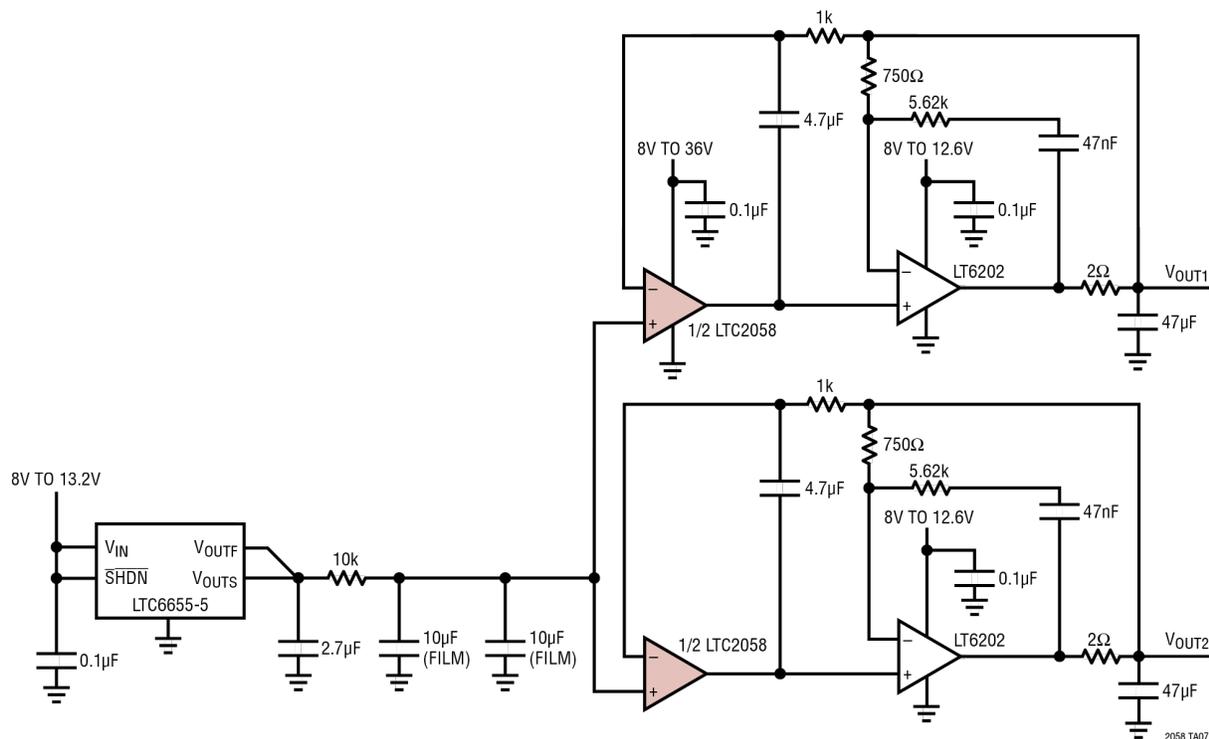
5. LEAD COPLANARITY (BOTTOM OF LEADS AFTER FORMING) SHALL BE 0.102mm (.004") MAX

6. EXPOSED PAD DIMENSION DOES INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH ON E-PAD SHALL

NOT EXCEED 0.254mm (.010") PER SIDE.

典型应用

精密滤波基准电压分配缓冲器



相关器件

产品型号	说明	备注
LTC2057/LTC2057HV	高压、低噪声、零漂移放大器	4µV V_{OS} , 4.75V 至 60V V_S , 1mA I_S , 轨到轨输出
LTC2050HV	零漂移运算放大器	3µV V_{OS} , 2.7V 至 12V V_S , 1.5mA I_S , 轨到轨输出
LTC2051/LTC2052	双通道/四通道零漂移运算放大器	3µV V_{OS} , 2.7V 至 12V V_S , 1.5mA I_S , 轨到轨输出
LTC2053	精密、轨到轨、零漂移、电阻可编程仪表放大器	10µV V_{OS} , 2.7V 至 11V V_S , 1.3mA I_S , 轨到轨输入和输出
LTC2054/LTC2055	低功耗、单通道/双通道零漂移运算放大器	5µV V_{OS} , 2.7V 至 12V V_S , 0.2mA I_S , 轨到轨输入和输出
LTC6652	精密、低漂移、低噪声、缓冲基准电压源	5ppm/°C, 0.05% 初始精度, 2.1ppm _{p-p} 噪声
LT6654	精密、宽电源、高输出驱动、低噪声基准电压源	10ppm/°C, 0.05% 初始精度, 1.6ppm _{p-p} 噪声
LTC6655	0.25Ppm 噪声、低漂移、精密、缓冲基准电压源系列	2ppm/°C, 0.025% 初始精度, 0.25ppm _{p-p} 噪声
LT6016/LT6017	双/四通道、76V Over-The-Top® 输入运算放大器	50µV V_{OS} , 3V 至 50V V_S , 0.335mA I_S , 轨到轨输入和输出
LTC6090	140V 运算放大器	50pA I_B , 1.6mV V_{OS} , 9.5V 至 140V V_S , 4.5mA I_S , 轨到轨输出
LT5400	四通道匹配电阻网络	±0.01%, ±0.2ppm/°C 匹配