

特点

- 增益带宽积: 4GHz
- 低输入偏置电流:
 - $\pm 3\text{fA}$ (典型值, 室温)
 - 4pA (最大值, 125°C)
- 电流噪声 (100kHz): $7\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
- 电压噪声 (1MHz): $4.0\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- 超低 C_{IN} 0.45pF
- 轨到轨输出
- $A_v \geq 10$
- 压摆率: $+1500\text{V}/\mu\text{s}$, $-1000\text{V}/\mu\text{s}$
- 电源电压范围: 3.1V 至 5.25V
- 静态电流: 16.5mA
- 工作温度范围: -40°C 至 125°C
- 单通道采用 8 引脚 SO-8、6 引脚 TSOT-23 封装
- 双通道采用 8 引脚 MS8、3mm \times 3mm 10 引脚 DFN 10 封装

说明

- 跨阻放大器
- ADC 驱动器
- 光电倍增管后置放大器
- 低 I_{BIAS} 电路

应用

LTC[®]6268-10/LTC6269-10 是单 / 双通道 4GHz FET 输入运算放大器, 具有极低的输入偏置电流和低输入电容。其折合到输入端的电流噪声和电压噪声也很低, 因此它是高速跨阻放大器和高阻抗传感器放大器的理想选择。该放大器在 10 倍增益的条件下不需要补偿可保持稳定。

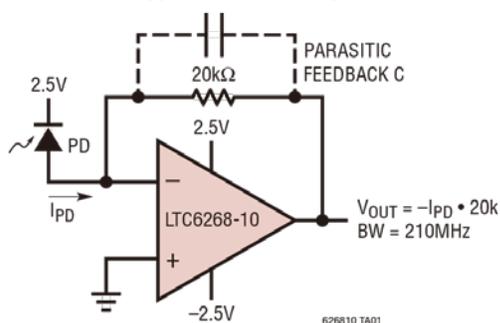
它采用 3.1V 至 5.25V 电源供电, 每个放大器消耗 16.5mA 电流。不使用放大器时, 可使用关断特性来降低功耗。

LTC6268-10 单通道运算放大器采用 8 引脚 SOIC 和 6 引脚 SOT-23 封装。SOIC 封装包括两个未连接的引脚, 这些引脚可用于创建输入引脚保护环来防范电路板漏电流影响。LTC6269-10 双通道运算放大器采用带裸露焊盘的 8 引脚 MSOP 封装和 3mm \times 3mm 10 引脚 DFN 封装。两款器件的额定温度范围为 -40°C 至 85°C 和 -40°C 至 125°C 。

、LT、LTC、LTM、Linear Technology 和 Linear 徽标是 Linear Technology Corporation 的注册商标。所有其他商标均属各自所有人所有。

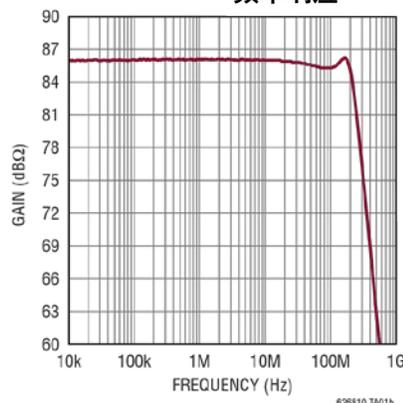
典型应用

20k Ω 增益 210MHz 跨阻放大器



PD = OSI OPTOELECTRONICS, FCI-125G-006

20k Ω TIA 频率响应



LTC6268-10/LTC6269-10

绝对最大额定值

(注释 1)

电源电压 V^+ 至 V^- 5.5V
 输入电压 $V^- - 0.2V$ 至 $V^+ + 0.2V$
 输入电流 (+IN、-IN) (注释 2) $\pm 1mA$
 输入电流 (SHDN) $\pm 1mA$
 输出电流 (I_{OUT}) (注释 8、9) 135mA
 输出短路持续时间 (注释 3) 受散热限制
 工作温度范围

LTC6268-10I/LTC6269-10I $-40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$

LTC6268-10H/LTC6269-10H $-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$

额定温度范围 (注释 4)

LTC6268-10I/LTC6269-10I $-40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$

LTC6268-10H/LTC6269-10H $-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$

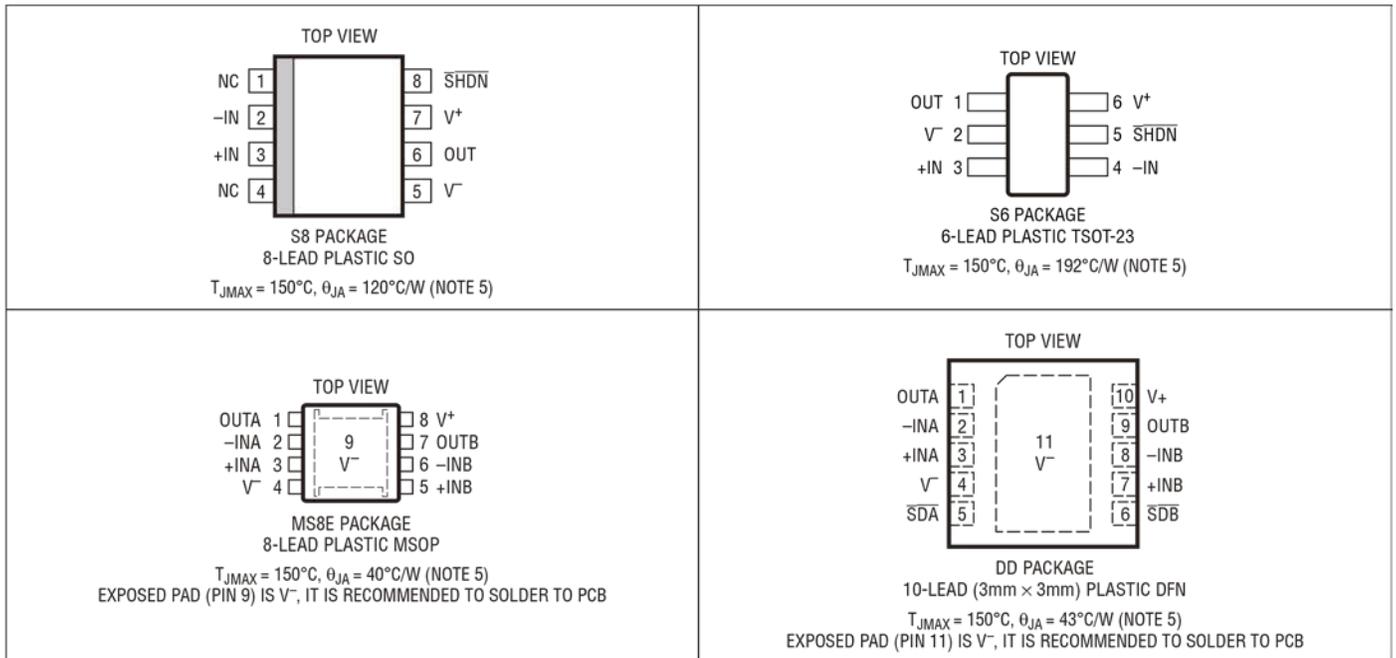
最高结温 $150^{\circ}C$

存储温度范围 $-65^{\circ}C$ 至 $150^{\circ}C$

引脚温度 S8、S6 和 MS8E

(焊接, 10 秒) $300^{\circ}C$

引脚配置



订购信息

无铅表面处理	卷带和卷盘	器件标识*	封装说明	额定温度范围
LTC6268IS6-10#TRMPBF	LTC6268IS6-10#TRPBF	LTGQT	6 引脚塑料 TSOT-23	-40°C 至 85°C
LTC6268HS6-10#TRMPBF	LTC6268HS6-10#TRPBF	LTGQT	6 引脚塑料 TSOT-23	-40°C 至 125°C
LTC6268IS8-10#PBF	LTC6268IS8-10#TRPBF	626810	8 引脚塑料 SOIC	-40°C 至 85°C
LTC6268HS8-10#PBF	LTC6268HS8-10#TRPBF	626810	8 引脚塑料 SOIC	-40°C 至 125°C
LTC6269IMS8E-10#PBF	LTC6269IMS8E-10#TRPBF	LTGRM	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 85°C
LTC6269HMS8E-10#PBF	LTC6269HMS8E-10#TRPBF	LTGRM	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6269IDD-10#PBF	LTC6269IDD-10#TRPBF	LGRK	10 引脚塑料 DD	-40°C 至 85°C
LTC6269HDD-10#PBF	LTC6269HDD-10#TRPBF	LGRK	10 引脚塑料 DD	-40°C 至 125°C

有关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。

有关无铅器件标识的更多信息，请访问：<http://www.analog.com/cn/leadfree/>

有关卷带和卷盘规格的更多信息，请访问：<http://www.analog.com/tapeandreel/>

5.0V 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是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{\text{SUPPLY}} = 5.0\text{V}$

($V^+ = 5\text{V}$ ， $V^- = 0\text{V}$ ， $V_{\text{CM}} =$ 中间电源电压)， $R_L = 1\text{k}\Omega$ ， V_{SHDN} 未连接。

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	$V_{\text{CM}} = 2.75\text{V}$	-0.7	0.2	0.7	mV
			● -3		3	mV
		$V_{\text{CM}} = 4.0\text{V}$	-1.0	0.2	1.0	mV
			● -4.5		4.5	mV
$\text{TC } V_{\text{OS}}$	输入失调电压漂移	$V_{\text{CM}} = 2.75\text{V}$		4		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_{B}	输入偏置电流 (注释 6、8)	$V_{\text{CM}} = 2.75\text{V}$	-20	± 3	20	fA
		LTC6268I-10/LTC6269I-10	● -900		900	fA
		LTC6268H-10/LTC6269H-10	● -4		4	pA
		$V_{\text{CM}} = 4.0\text{V}$	-20	± 3	20	fA
		LTC6268I-10/LTC6269I-10	● -900		900	fA
		LTC6268H-10/LTC6269H-10	● -4		4	pA
I_{OS}	输入失调电流 (注释 6、8)	$V_{\text{CM}} = 2.75\text{V}$	-40	± 6	40	fA
		LTC6268I-10/LTC6269I-10	● -450		450	fA
		LTC6268H-10/LTC6269H-10	● -2		2	pA
e_{n}	输入电压噪声密度， $V_{\text{CM}} = 2.75\text{V}$	$f = 1\text{MHz}$		4.0		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
	输入电压噪声密度， $V_{\text{CM}} = 4.0\text{V}$	$f = 1\text{MHz}$		4.0		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
	折合到输入端噪声电压	$f = 0.1\text{Hz}$ 至 10Hz		12.6		$\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
i_{n}	输入电流噪声密度， $V_{\text{CM}} = 2.75\text{V}$	$f = 100\text{kHz}$		7		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
	输入电流噪声密度， $V_{\text{CM}} = 4.0\text{V}$	$f = 100\text{kHz}$		7		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
R_{IN}	输入电阻	差分		>1000		$\text{G}\Omega$
		共模		>1000		$\text{G}\Omega$
C_{IN}	输入电容	差分 (DC 至 200MHz)		0.1		pF
		共模 (DC 至 100MHz)		0.45		pF
CMRR	共模抑制比	$V_{\text{CM}} = 0.5\text{V}$ 至 3.2V (PNP 侧)		72	85	dB
			●	68		dB
		$V_{\text{CM}} = -0.1\text{V}$ 至 4.5V		64	82	dB
			●	52		dB
IVR	输入电压范围	通过 CMRR 保证	● -0.1		4.5	V

LTC6268-10/LTC6269-10

5.0V 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是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{\text{SUPPLY}} = 5.0\text{V}$
 ($V^+ = 5\text{V}$ ， $V^- = 0\text{V}$ ， $V_{\text{CM}} =$ 中间电源电压)， $R_L = 1\text{k}\Omega$ ， V_{SHDN} 未连接。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
PSRR	电源抑制比	$V_{\text{CM}} = 1.0\text{V}$ ， V_{SUPPLY} 从 3.1V 至 5.25V	78	95		dB	
			75			dB	
A_V	开环电压增益	$V_{\text{OUT}} = 0.5\text{V}$ 至 4.5V	$R_{\text{LOAD}} = 10\text{k}$	3.1		5.25	
				125	250		V/mV
				40			V/mV
				10	21		V/mV
V_{OL}	输出摆幅低 (输入过驱 30mV)， 从 V^- 测量	$I_{\text{SINK}} = 10\text{mA}$		80	140	mV	
					200	mV	
V_{OH}	输出摆幅高 (输入过驱 30mV)， 从 V^+ 测量	$I_{\text{SOURCE}} = 10\text{mA}$		70	140	mV	
					200	mV	
I_{SC}	输出短路电流 (注释 9)	$I_{\text{SINK}} = 25\text{mA}$		130	200	mV	
					260	mV	
I_5	每个放大器的电源电流	$I_{\text{SOURCE}} = 25\text{mA}$		160	270	mV	
					370	mV	
I_5	关断模式下的电源电流 (每放大器)		60	90		mA	
			40			mA	
I_{SHDN}	关断引脚电流	$V_{\text{SHDN}} = 0.75\text{V}$ $V_{\text{SHDN}} = 1.50\text{V}$	15	16.5	18	mA	
			9		25	mA	
V_{IL}	SHDN 输入低电压	禁用		0.39	0.85	mA	
					1.5	mA	
V_{IH}	SHDN 输入高电压	使能如果 SHDN 未连接，则放大器 使能	-12	2	12	μA	
			-12	2	12	μA	
V_{IL}	SHDN 输入低电压	禁用			0.75	V	
V_{IH}	SHDN 输入高电压	使能如果 SHDN 未连接，则放大器 使能	1.5			V	
t_{ON}	开启时间，从 SHDN 切换到输出 达到目标值 90% 的延迟	SHDN 从 0V 切换到 2V		360		ns	
t_{OFF}	关断时间，从 SHDN 切换到输出 高阻态的延迟	SHDN 从 2V 切换到 0V		183		ns	
GBW	增益带宽积 (注释 8)	$f = 10\text{MHz}$	3500	4000		MHz	
SR+	压摆率+	$A_V = 11$ ($R_F = 1000$ ， $R_G = 100$) $V_{\text{OUT}} = 0.5\text{V}$ 至 4.5V ，测量 20% 至 80%， $R_{\text{LOAD}} = 500\Omega$	1100	1500		V/ μs	
			600			V/ μs	
SR-	压摆率-	$A_V = 11$ ($R_F = 1000$ ， $R_G = 100$) $V_{\text{OUT}} = 4.5\text{V}$ 至 0.5V ，测量 80% 至 20%，	900			V/ μs	
			500	1000		V/ μs	
FPBW	全功率带宽 (注释 7)	$4V_{\text{P-P}}$		73		MHz	
HD	谐波失真 (HD2/HD3)	$A_V = 10$ ，10MHz。2V _{P-P} ， $V_{\text{CM}} = 2.25\text{V}$ ， $R_L = 1\text{k}$ ， $R_F = 450\Omega$ ， $R_G = 50\Omega$		-91/-96		dB	
I_{LEAK}	关断模式下的输出漏电流	$V_{\text{SHDN}} = 0\text{V}$ ， $V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$ $V_{\text{SHDN}} = 0\text{V}$ ， $V_{\text{OUT}} = 5\text{V}$			400	nA	
					400	nA	

3.3V 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是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{\text{SUPPLY}} = 3.3\text{V}$ ($V^+ = 3.3\text{V}$ ， $V^- = 0\text{V}$ ， $V_{\text{CM}} =$ 中间电源电压)， $R_L = 1\text{k}\Omega$ ， V_{SHDN} 未连接。

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	$V_{\text{CM}} = 1.0\text{V}$	-0.7	0.2	0.7	mV
			-3		3	mV
		$V_{\text{CM}} = 2.3\text{V}$	-1.0	0.2	1.0	mV
			-4.5		4.5	mV
$\text{TC } V_{\text{OS}}$	输入失调电压漂移	$V_{\text{CM}} = 1.0\text{V}$		4		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_{B}	输入偏置电流 (注释 6、8)	$V_{\text{CM}} = 1.0\text{V}$	-20	± 3	20	fA
		LTC6268I-10/LTC6269I-10	-900		900	fA
		LTC6268H-10/LTC6269H-10	-4		4	pA
			-20	± 3	20	fA
		$V_{\text{CM}} = 2.3\text{V}$	-900		900	fA
		LTC6268I-10/LTC6269I-10	-4		4	pA
		LTC6268H-10/LTC6269H-10				
I_{OS}	输入失调电流 (注释 6、8)	$V_{\text{CM}} = 1.0\text{V}$	-40	± 6	40	fA
		LTC6268I-10/LTC6269I-10	-450		450	fA
		LTC6268H-10/LTC6269H-10	-2		2	pA
e_{n}	输入电压噪声密度， $V_{\text{CM}} = 1.0\text{V}$	$f = 1\text{MHz}$		4.0		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
	输入电压噪声密度， $V_{\text{CM}} = 2.3\text{V}$	$f = 1\text{MHz}$		4.0		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
	折合到输入端噪声电压	$f = 0.1\text{Hz}$ 至 10Hz		13.5		$\mu\text{V}_{\text{p-p}}$
i_{n}	输入电流噪声密度， $V_{\text{CM}} = 1.0\text{V}$	$f = 100\text{kHz}$		7		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
	输入电流噪声密度， $V_{\text{CM}} = 2.3\text{V}$	$f = 100\text{kHz}$		7		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
R_{IN}	输入电阻	差分		>1000		$\text{G}\Omega$
		共模		>1000		$\text{G}\Omega$
C_{IN}	输入电容	差分 (DC 至 200MHz)		0.1		pF
		共模 (DC 至 100MHz)		0.45		pF
CMRR	共模抑制比	$V_{\text{CM}} = 0.5\text{V}$ 至 1.2V (PNP 侧)	63	90		dB
			60			dB
		$V_{\text{CM}} = -0.1\text{V}$ 至 2.8V (满量程)	60	77		dB
			50			dB
IVR	输入电压范围	通过 CMRR 保证	-0.1		2.8	V
A_{V}	开环电压增益	$V_{\text{OUT}} = 0.5\text{V}$ 至 2.8V	$R_{\text{LOAD}} = 10\text{k}$	80	200	V/mV
				40		V/mV
		$R_{\text{LOAD}} = 100$		10	18	V/mV
				2		V/mV
V_{OL}	输出摆幅低 (输入过驱 30mV)。从 V^- 测量	$I_{\text{SINK}} = 10\text{mA}$		80	140	mV
					200	mV
		$I_{\text{SINK}} = 25\text{mA}$		140	200	mV
					260	mV
V_{OH}	输出摆幅高 (输入过驱 30mV)。从 V^+ 测量	$I_{\text{SOURCE}} = 10\text{mA}$		80	140	mV
					200	mV
		$I_{\text{SOURCE}} = 25\text{mA}$		170	270	mV
					370	mV
I_{SC}	输出短路电流 (注释 9)		50	80		mA
			35			mA
I_{S}	每个放大器的电源电流		14.5	16	17.5	mA
			9		25	mA

LTC6268-10/LTC6269-10

3.3V 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是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{\text{SUPPLY}} = 3.3\text{V}$ ($V^+ = 3.3\text{V}$ ， $V^- = 0\text{V}$ ， $V_{\text{CM}} =$ 中间电源电压)， $R_L = 1\text{k}\Omega$ ， V_{SHDN} 未连接。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
	关断模式下的电源电流 (每放大器)			0.23	0.6	mA
I_{SHDN}	关断引脚电流	$V_{\text{SHDN}} = 0.75\text{V}$ $V_{\text{SHDN}} = 1.5\text{V}$	-12 -12	2 2	12 12	μA μA
V_{IL}	SHDN 输入低电压	禁用			0.75	V
V_{IH}	SHDN 输入高电压	使能。如果 SHDN 未连接， 则放大器使能	1.5			V
t_{ON}	开启时间，从 SHDN 切换至输出 达到目标值 90% 的延迟	SHDN 从 0V 切换到 2V		750		ns
t_{OFF}	关断时间，从 SHDN 切换到输出 高阻态的延迟	SHDN 从 2V 切换到 0V		201		ns
GBW	增益带宽积 (注释 8)	$f = 10\text{MHz}$	3500	4000		MHz
SR+	压摆率+	$A_V = 11$ ($R_F = 1000$ ， $R_G = 100$)， $V_{\text{OUT}} = 1\text{V}$ 至 2.3V ，测量 20% 至 80%， $R_{\text{LOAD}} = 500\Omega$	800 600	1500		$\text{V}/\mu\text{s}$ $\text{V}/\mu\text{s}$
SR-	压摆率-	$A_V = 11$ ($R_F = 1000$ ， $R_G = 100$) $V_{\text{OUT}} = 1\text{V}$ 至 2.3V ，测量 80% 至 20%， $R_{\text{LOAD}} = 500\Omega$	600 400	1000		$\text{V}/\mu\text{s}$ $\text{V}/\mu\text{s}$
FPBW	全功率带宽 (注释 7)	$2.3\text{V}_{\text{P-P}}$		105		MHz
HD	谐波失真 (HD2/HD3)	$A = 10$ ， 10MHz ， $2\text{V}_{\text{P-P}}$ ， $V_{\text{CM}} = 1.65\text{V}$ ， $R_L = 1\text{k}$ ， $R_F = 450\Omega$ ， $R_G = 50\Omega$		-67/-78		dB

注释 1: 应力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: 输入受连接到各电源的两个串联 ESD 保护二极管保护。应将输入电流限制在 1mA 以下。输入电压不应超出电源 200mV 以上。

注释 3: 当输出无限期短路时，为使结温始终低于绝对最大额定值，可能需要使用散热器。

注释 4: LTC6268-10I/LTC6269-10I 在 -40°C 至 85°C 的温度范围内保证达到额定性能。LTC6268-10H/LTC6269-10H 在 -40°C 至 125°C 的温度范围内保证达到额定性能。

注释 5: 热阻随连接到封装的 PC 板金属量而变化。额定值针对连接到引脚的短走线。

注释 6: 输入偏置电流是流入正负输入引脚的电流的平均值。典型测量结果是针对 S8 封装。

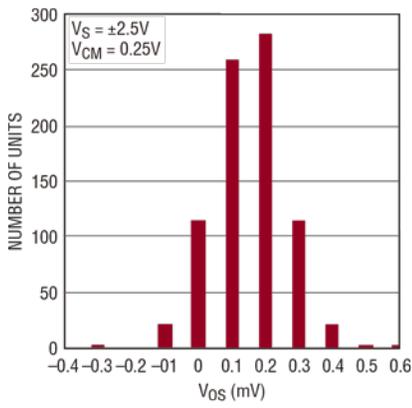
注释 7: 全功率带宽由失真性能确定，增益配置为 -10， $\text{HD2/HD3} < -40\text{dB}$ (1%) 作为有效输出的标准。

注释 8: 此参数由设计和/或表征指定，未经生产测试。

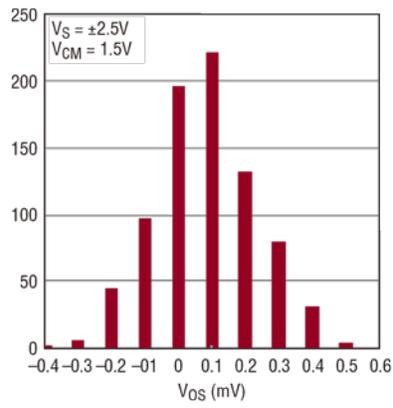
注释 9: LTC6268-10/LTC6269-10 能够产生 135mA 以上的峰值输出电流。IC 内的电流密度限制要求输出在器件工作寿命期间提供的连续电流 (拉电流或灌电流) 以 135mA (绝对最大值) 为限。

典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

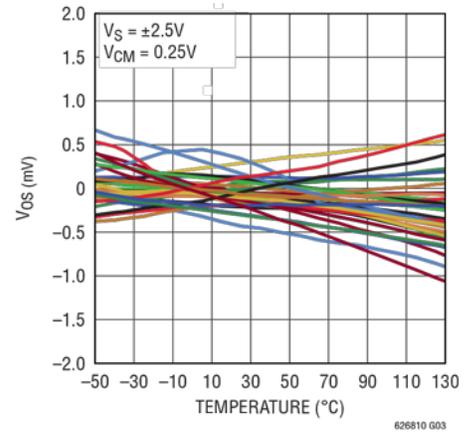
输入失调电压分布



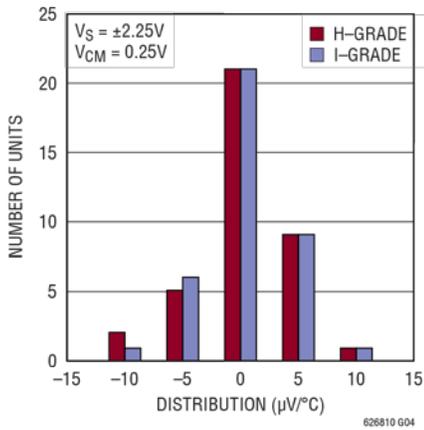
输入失调电压分布



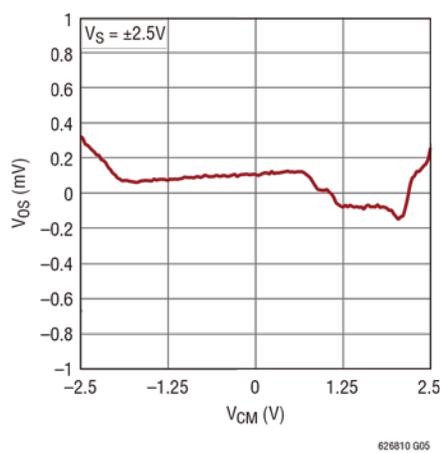
输入失调电压与温度的关系



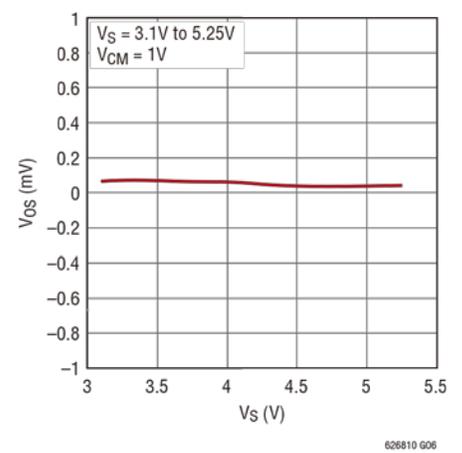
输入失调漂移分布



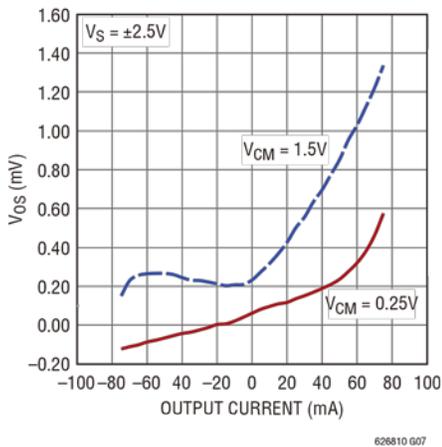
输入失调电压与共模电压的关系



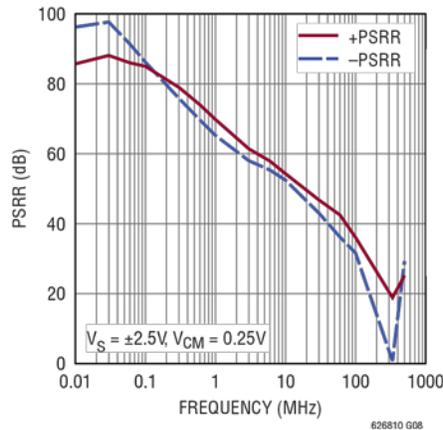
输入失调电压与电源电压的关系



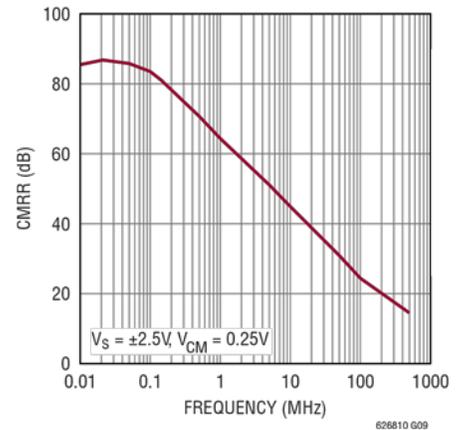
输入失调电压与输出电流的关系



PSRR 与频率的关系

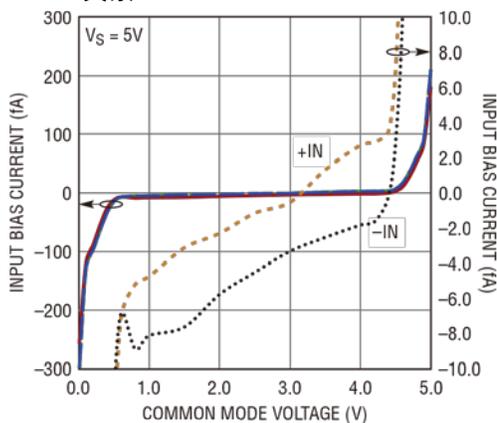


CMRR 与频率的关系

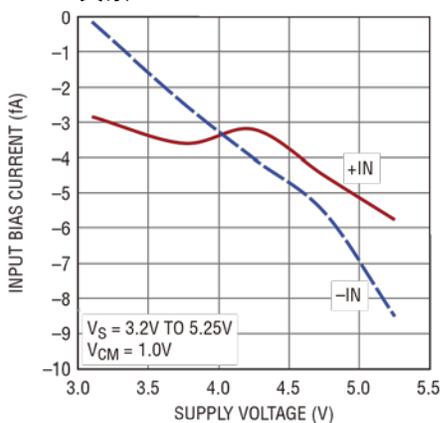


典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

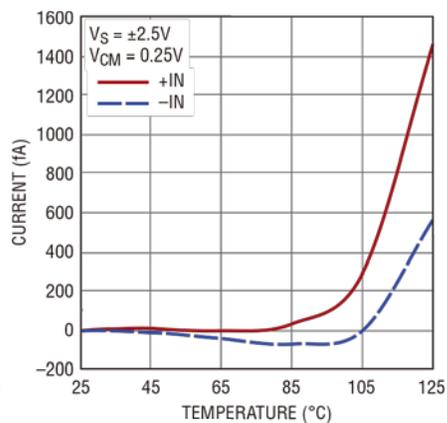
输入偏置电流与共模电压的关系



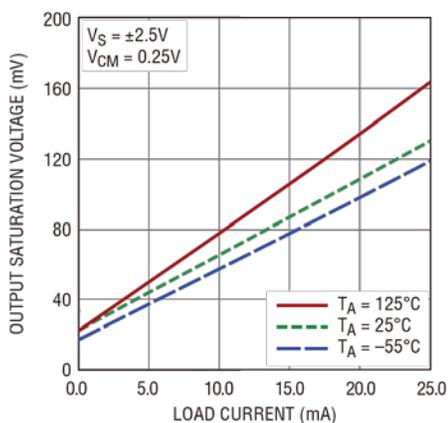
输入偏置电流与电源电压的关系



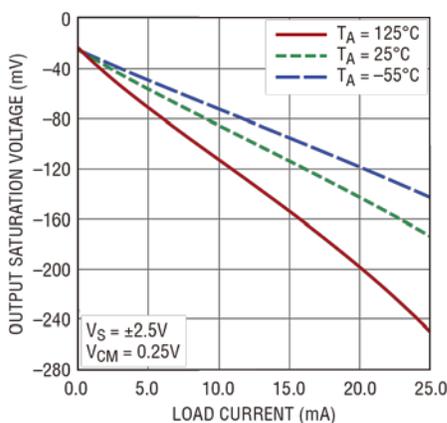
输入偏置电流与温度的关系



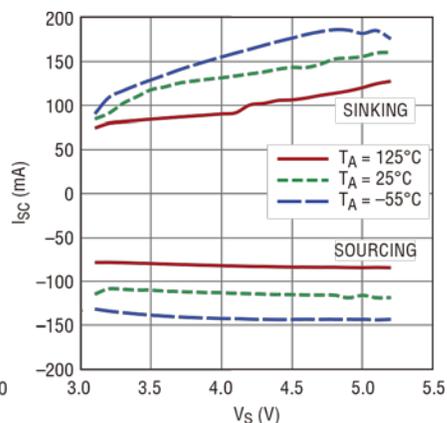
输出饱和电压与负载电流的关系 (输出低电平)



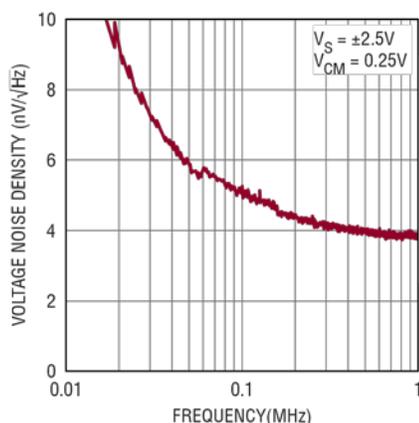
输出饱和电压与负载电流的关系 (输出高电平)



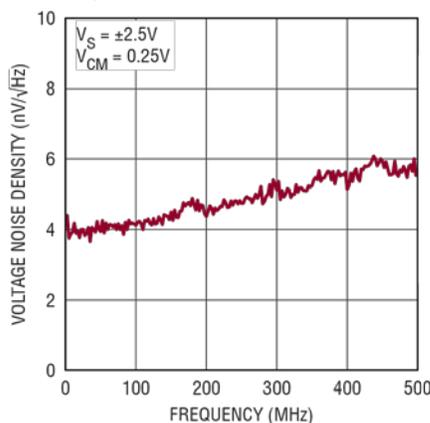
输出短路电流与电源电压的关系



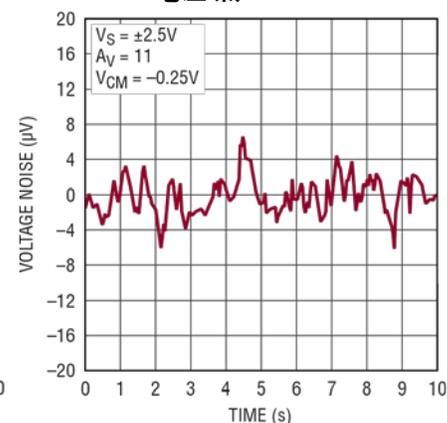
折合到输入端电压噪声密度



折合到输入端的宽带电压噪声

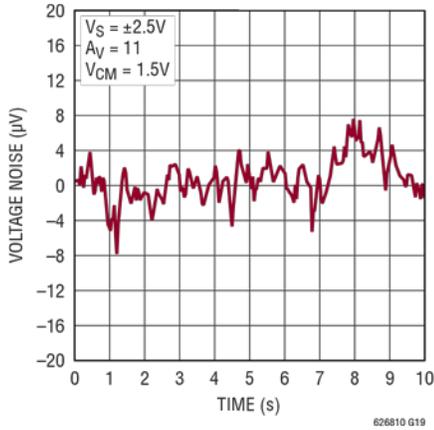


折合到输入端的 0.1Hz 至 10Hz 电压噪声

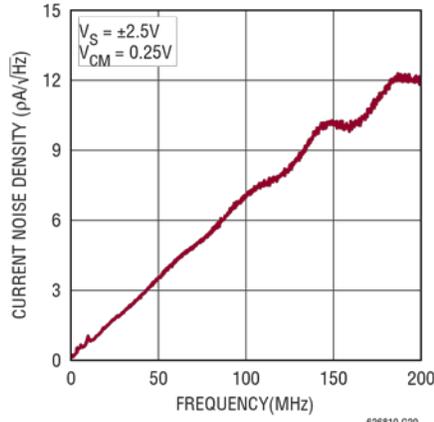


典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

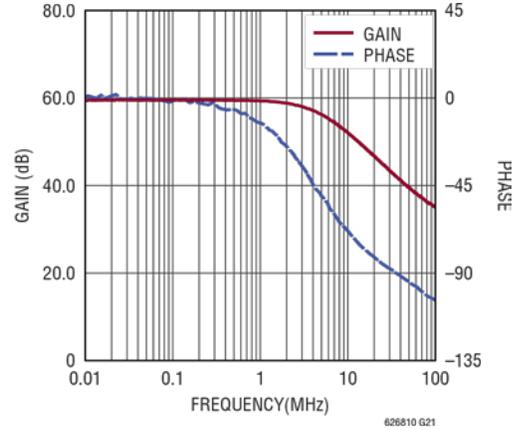
折合到输入端的 0.1Hz 至 10Hz 电压噪声



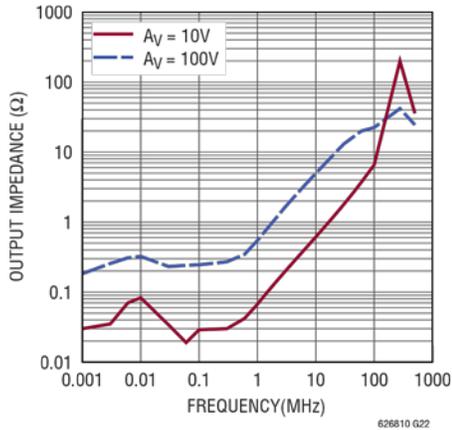
折合到输入端的电流噪声



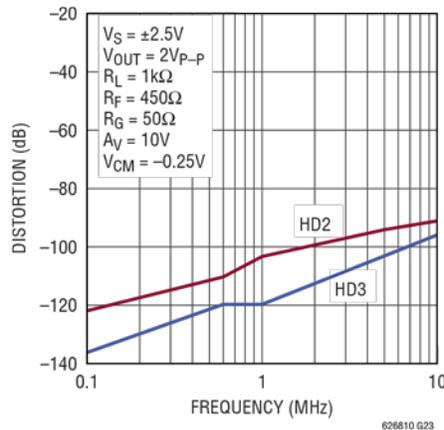
增益/相位与频率的关系



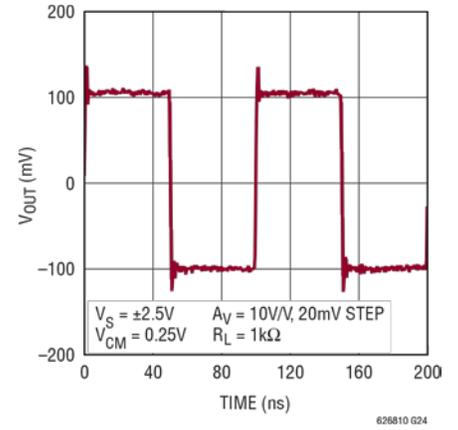
输出阻抗与频率的关系



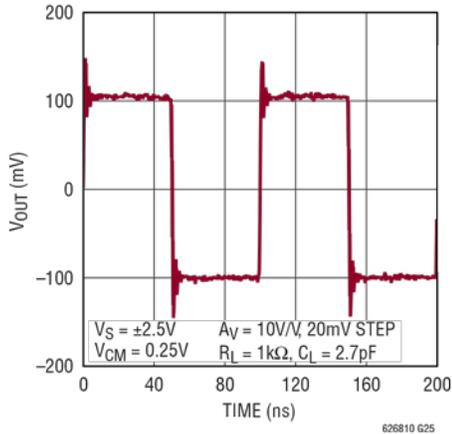
谐波失真与频率的关系



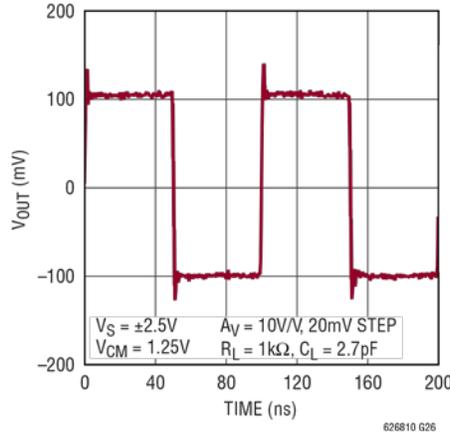
小信号阶跃响应



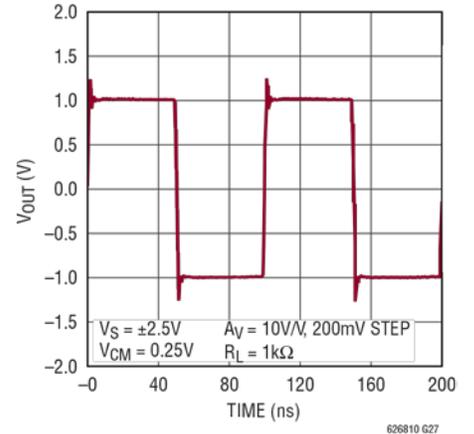
小信号阶跃响应



小信号阶跃响应

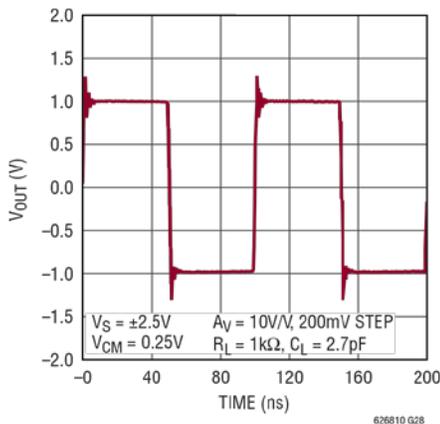


大信号阶跃响应

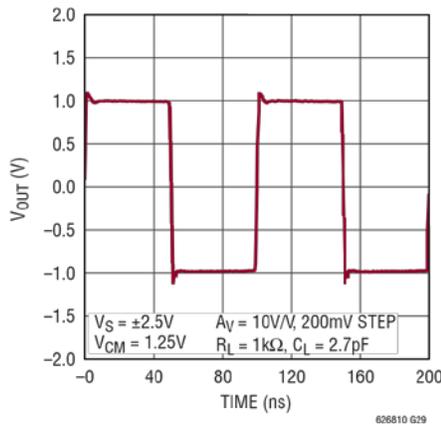


典型性能参数 除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

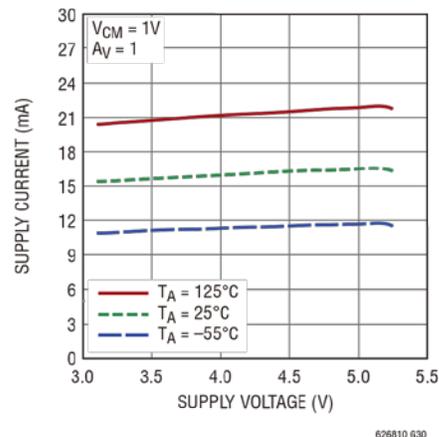
大信号阶跃响应



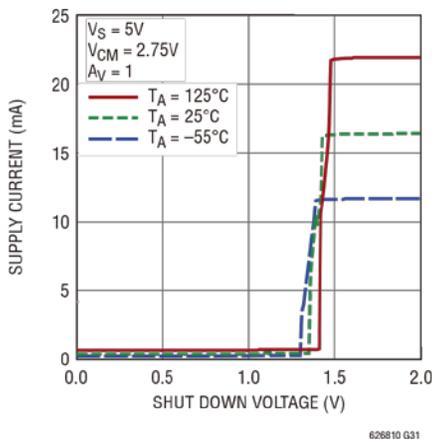
大信号阶跃响应



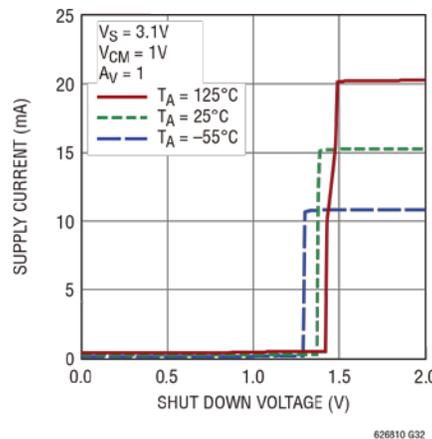
电源电流与电源电压的关系



电源电流与关断电压的关系



电源电流与关断电压的关系



引脚功能

-IN: 放大器的反相输入。此引脚的电压范围为 V^- 至 $V^+ - 0.5\text{V}$ 。

+IN: 同相输入。此引脚的电压范围为 V^- 至 $V^+ - 0.5\text{V}$ 。

V^+ : 正电源。总电源 ($V^+ - V^-$) 电压介于 3.1V 到 5.25V 之间。只要 V^+ 和 V^- 之间的总电压介于 3.1V 和 5.25V 之间, 就可以使用分离电源。 V^+ 至地之间应使用一个应尽可能靠近该引脚的 $0.1\mu\text{F}$ 旁路电容。

V^- : 负电源。一般接地, 也可以连接到地以外的电压, 只要 V^+ 和 V^- 之间的电压差介于 3.1V

到 5.25V 之间。如果未接地, 应使用一个尽可能靠近该引脚的 $0.1\mu\text{F}$ 电容将其旁路至地。

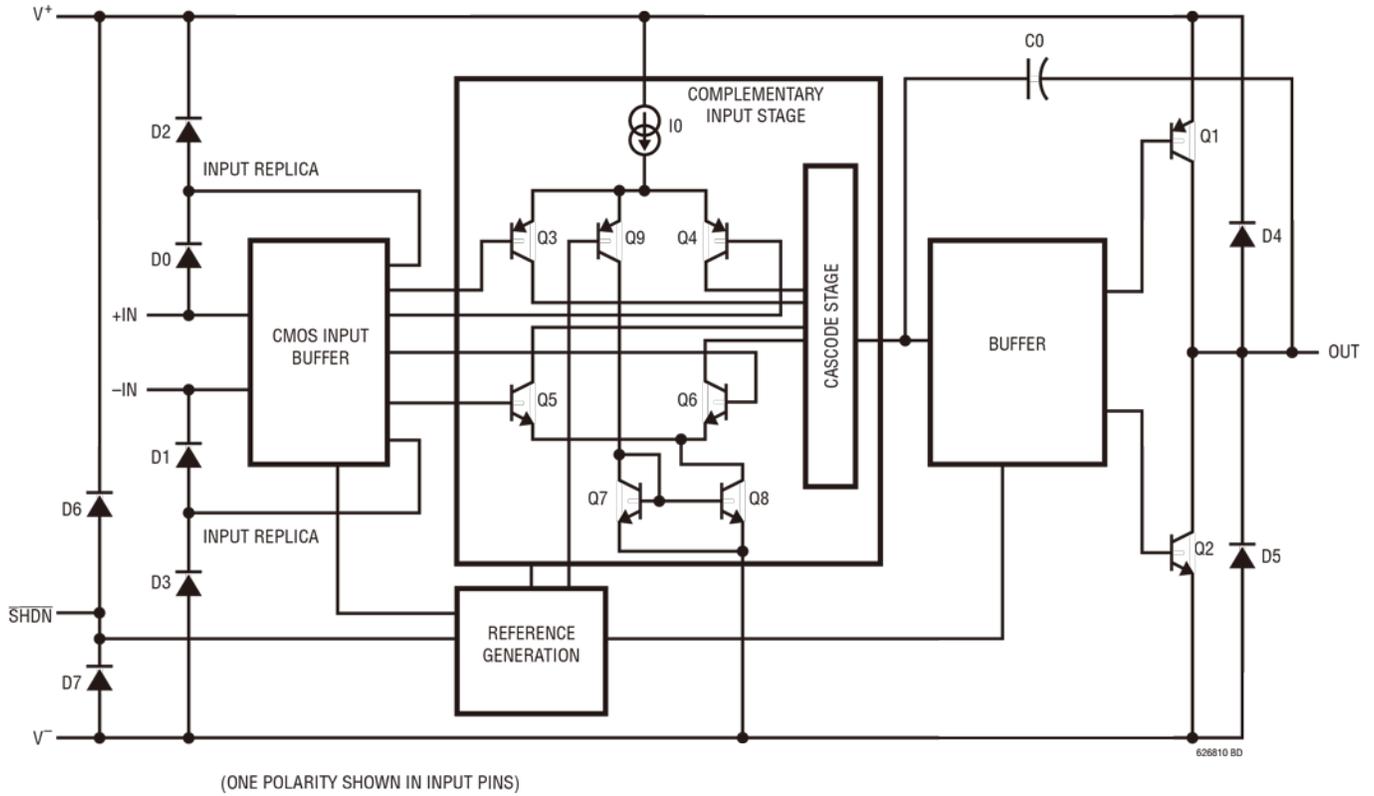
SHDN、SDA、SDB: 低电平有效运算放大器关断引脚, 阈值为负电源 V^- 以上 0.75V。如果未连接, 则放大器处于使能状态。

OUT: 放大器输出。

NC: 未连接。可用来在输入端周围创建一个保护环, 以防范电路板漏电流影响。详见“应用信息”部分。

简化示意图

LTC6268-10 原理示意图



操作

LTC6268-10/LTC6269-10 的额定输入信号范围是从负电源电压到正电源电压以下 0.5V，而输出可以在轨到轨之间摆动。上面的示意图是放大器的原理示意图。

输入引脚驱动一个 CMOS 缓冲级电路。CMOS 缓冲级产生一个与输入电压相同的电压以使保护二极管自举。缓冲级继而驱动一个由两个差分放大器组成的互补输入级电路，这两个放大器在

输入共模电压的不同范围内分别有效。主差分放大器在负电源电压到正电源电压以下约 1.55V 的输入共模电压范围内处于工作状态，而第二个放大器在其余共模电压输入范围内（直到正电源轨以下 0.5V）有效。缓冲和输出偏置级电路利用特殊补偿技术来确保运算放大器的稳定性。输出晶体管 Q1/Q2 的共发射极拓扑结构使得输出能够在轨到轨之间摆动。

应用信息

噪声

为了在广泛的应用中将 LTC6268-10 的噪声降至最低，折合到输入端的电压噪声 (e_N)、折合到输入端的电流噪声 (i_N) 和输入电容 C_{IN} 已经得到了充分考虑。

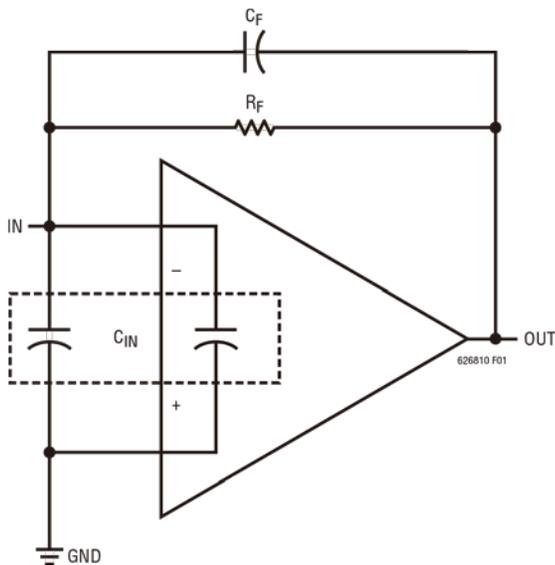


图 1. TIA 简化示意图

对于跨阻放大器（TIA）应用（例如图 1 所示），所有这三个运算放大器参数加上反馈电阻 R_F 的值，都会以不同方式贡献噪声，而外部元件和走线会增加 C_{IN} 。独立理解每个参数的影响很重要。折合到输入端的电压噪声 (e_N) 由闪烁噪声（或 $1/f$ 噪声，在较低频率时占主导地位）和热噪声（在较高频率时占主导地位）组成。对于 LTC6268-10， $1/f$ 转折频率（或 $1/f$ 与热噪声的过渡频率）为 40kHz。 i_N 和 R_F 对折合到输入端噪声电流（负输入端）的贡献相对简单，而 e_N 贡献会被噪声增益放大。因为没有增益电阻，所以使用反馈电阻 (R_F) 和 C_{IN} 的阻抗来计算噪声增益： $1 + 2\pi R_F \cdot C_{IN} \cdot \text{Freq}$ ，由此可以看到噪声增益随频率提高而增加。所有噪声都会受到闭环带宽的限制。等效输入电流噪声如图 2 和图 3 所示，其中 e_N 代表折合到输入端电压噪声 (e_N) 的贡献， i_N 代表折合到输入端电流噪声 (i_N) 的贡献， R_F 代表反馈电阻 (R_F) 的贡献。每张图上还显示了 TIA 增益 (R_F) 和输入电容 (C_{IN})。比较图 2 和图 3， i_N 在较高频率时占主导地位。在较低频率时， R_F 贡献占主导地位。平均宽带 e_N 为 $4.0\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ （参见典型性能参数），如果 R_F 小于 860Ω ，则在较低频率时， R_F 贡献将更不重要，如下式所示：

$$\frac{e_N/R_F}{\sqrt{4kT/R_F}} \geq 1$$

应用信息

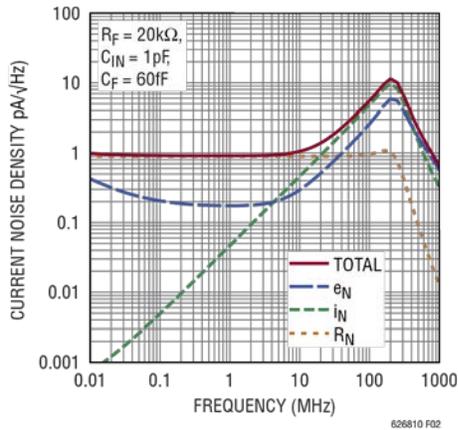


图 2

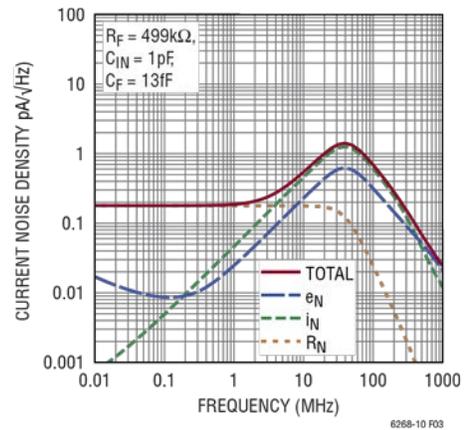


图 3

优化 TIA 应用的带宽

如果不加限制,反相输入节点的电容可能造成放大器不稳定。当运算放大器的反馈为阻性 (R_F) 时, $R_F||C_{IN}$ 会产生一个极点。该极点可能造成过大相移和振荡。参考图 1, 输出端的响应为:

$$\frac{R_F}{1 + \frac{2\zeta s}{\omega} + \frac{s^2}{\omega^2}}$$

其中 R_F 为 TIA 的直流增益, ω 为闭环固有频率, 可表示为:

$$\omega = \sqrt{\frac{2\pi GBW}{R_F(C_{IN} + C_F)}}$$

因此, TIA 的最大可实现带宽为:

$$f_{TIA} \text{ (Hz)} = \sqrt{\frac{GBW}{2\pi R_F(C_{IN})}}$$

ζ 为环路的阻尼因子, 可表示为:

$$\zeta = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{1}{2\pi GBW \cdot R_F(C_{IN} + C_F)}} + R_F \left(C_F + \frac{C_{IN} + C_F}{1 + A_0} \right) \cdot \sqrt{\frac{2\pi GBW}{R_F(C_{IN} + C_F)}} \right)$$

其中 C_{IN} 为运算放大器反相输入节点的总电容, GBW 为运算放大器的增益带宽, A_0 为运算放大器的直流开环增益。

小电容 C_F 与 R_F 并联, 可以引入足够的阻尼来稳定环路。假设 $C_{IN} \gg C_F$, 则 C_F 需要满足以下条件:

$$C_F > \sqrt{\frac{C_{IN}}{\pi \cdot GBW \cdot R_F}}$$

LTC6268-10 是 10 倍增益稳定型去补偿运算放大器, 因此要求 $C_{IN}/C_F \geq 10$ 。表 1 列出了 R_F 为 20k 和 402k 且 C_{IN} 为 1pF 和 5pF 的情况下 C_F 的最小值和最大值。

表 1. 最小值/最大值 C_F

R_F	$C_{IN} = 1\text{pF}$	$C_{IN} = 5\text{pF}$
20kΩ	60fF/100fF	140fF/500fF
402kΩ	13fF/100fF	31fF/500fF

应用信息

通过更高增益 TIA 实现更高带宽

为了从 TIA 电路获得最佳效果，良好的布局布线至关重要。下面两个示例显示了 LTC6268-10 采用 402k TIA 的截然不同的结果。(参见图 4。)第一个示例是在基本电路布局中使用 0805 电阻。在简单布局中，没有花费很多精力来减小反馈电容，实现的上升时间约为 87ns (图 5)，这意味着带宽为 4MHz (带宽 = $0.35/t_r$)。在这种情况下，TIA 的带宽不是受 LTC6268-10 的 GBW 限制，而是受导致减小了 TIA 电路中反馈阻抗 (TIA 自身增益) 的反馈电容的限制。这基本上是一种电阻带宽限制。在高频时，402k Ω 的阻抗会因为其自身的寄生电容而降低。根据 4MHz 带宽和 402k 低频增益，我们可以估计总反馈电容 $C = 1/(2\pi \cdot 4\text{MHz} \cdot 402\text{k}\Omega) = 0.1\text{pF}$ 。这个寄生电容已经相当低，但可以进一步降低。

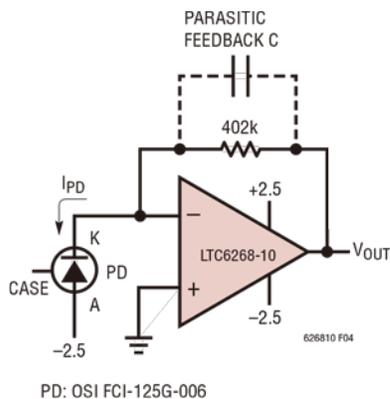


图 4. LTC6268-10 和 402k Ω TIA 中的低电容光电二极管

利用一些额外的布局技术来减小反馈电容，可以增加带宽。请注意，我们的做法是在反馈电阻为 402k 时增加有效“带宽”。减小反馈电容的一种非常有效的方法是屏蔽增加寄生电容的 E 场路径。对于这个特定例子，该方法是在电阻焊盘之间放置一条接地走线。这样的接地走线可屏蔽输出端，使其不会到达电阻的求和节点端，从而有效地将电场分流至地。走线会使运放输出端的负载电容略微增加。图解说明参见图 6。

图 7 显示，仅仅在反馈电阻周围使用降低电容的方法，就能使带宽大幅增加。带宽和上升时间从 4MHz (87ns) 变为 34MHz (10.3ns)，提高 8 倍。LTC6268-10 所用的接地走线比 LTC6268 所用的要宽得多 (参阅 LTC6268 数据手册)，并延伸到整个电阻电介质下方。假设所有带宽限制都是由反馈电容引起的 (这不够公平)，我们可以计算出 C_f 的上限 = $1/(2\pi \cdot 402\text{k}\Omega \cdot 34\text{MHz}) = 11.6\text{fF}$ 。

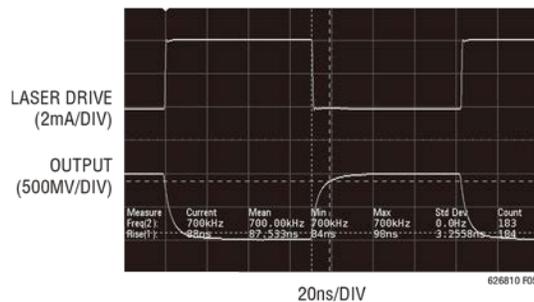


图 5. 402k Ω TIA 的时域响应，没有付出额外的努力来降低反馈电容。上升时间为 87ns，带宽为 4MHz

应用信息

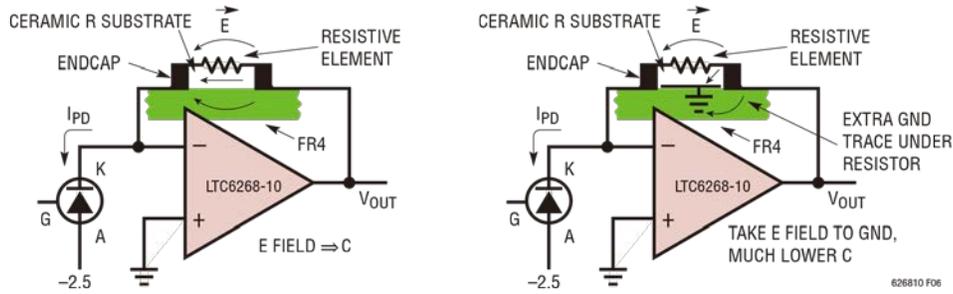


图 6. 左侧是标准布局，右侧是场分流布局。仅仅在反馈电阻下方添加一条接地走线，便可将电场从反馈侧分流，并将其注入接地。请注意，FR4 和陶瓷的介电常数典型值 4，因此大部分电容位于固体中，而不是空气引起的。反馈电容 C 从左侧的 100fF 降低至右侧的 11.6fF

维持超低输入偏置电流

进入高阻抗信号节点的漏电流很容易降低 fA 信号的测量精度。高温应用尤其容易受到此类问题的影响。在潮湿环境中，可能需要表面涂层来提供防潮层。

低输入偏置电流电路需要考虑多个因素。在 fA 级别，泄漏可能来自一些意想不到的地方，例如：PCB 上的相邻信号（同一层和内部层），装配过程或环境中电路板上的任何形式的污染，信号路径上的其他元件，甚至器件封装所使用的塑料。在系统设计中采取措施可以减轻这些因素的影响，获得出色的性能。

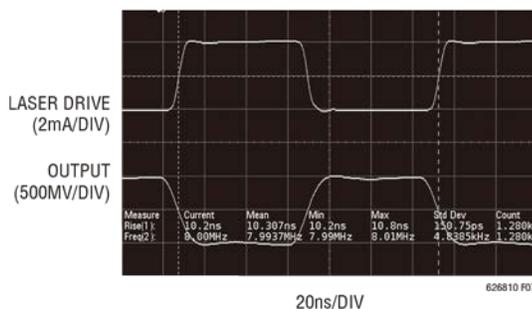


图 7. 402kΩ TIA 中的 LTC6268-10，通过额外的布局工作减小反馈电容，实现了 10.3ns 的总系统上升时间或 34MHz 的总系统带宽

应考虑器件封装的选择，尽管每个器件内部是相同的芯片，但引脚间距和相邻信号会影响输入偏置电流。LTC6268-10/LTC6269-10 采用 SOIC、MSOP、DFN 和 SOT-23 封装。其中，SOIC 设计是低输入偏置电流应用的最佳选择。它具有最大的引线间距，因而封装塑料的阻抗更大，并且引脚排列使得两个输入引脚在封装的另一端与其他信号隔离开来。该封装上的鸥翼引线还有助于更好地清洁 PCB，减少污染引起的泄漏。其他封装在尺寸和引脚数上有优势，但为此降低了输入隔离。DFN 之类的无引线封装尺寸最小，但引脚间距也最小，可能会将污染物留在封装下方。

构建 PCB 所使用的材料有时会影响设计的漏电流特性。在特殊情况下，可以使用特氟隆之类的特异材料来改善漏电流性能，但如果在常规 FR4 PCB 的设计中采用一些基本规则，一般没有必要使用此类特殊材料。重要的是让电路板上的高阻抗信号路径尽可能短。具有高阻抗的节点很容易被系统中的杂散信号干扰，使连接高阻抗节点的走线尽可能短会降低这种影响。在某些情况下，可能有必要在电路的这一部分上使用金属屏蔽。但是，金属屏蔽会增加电容。避免漏电路径的另一种技术是在 PCB 上开槽。高阻抗电路还容易受到静电和电磁效应的影响。一个人在电路旁走过时，其携带的静电荷会引起 100 飞安级别的干扰。金属屏蔽也可以减轻这种影响。

应用信息

高阻抗输入节点的布局非常重要。其他信号应远离该信号路径布线，并且其下方不应有内部电源层。拉开距离是防御信号耦合最好的方法，这包括垂直方向的距离和表面上的距离。在空间受限的情况下，在高阻抗输入节点周围的电路板上开槽可提供额外的隔离，并减少污染的影响。在电气噪声嘈杂的环境中，在这些节点周围使用等势低阻抗保护环是有效的（参见图 8）。向高阻抗输入节点添加其他元件（例如滤波器）可能会增加泄漏。陶瓷电容的漏电流比该器件的偏置电流大几个数量级。任何滤波都需要在信号链的第一级之后进行。

驱动容性负载

输出节点的布局也十分重要，因为 LTC6268-10/LTC6269-10 具有非常高的增益带宽积，因而对容性负载极为敏感。当容性负载大于 5pF 时，会观测到明显的振铃。

低输入失调电压

LTC6268-10 在整个温度范围内的最大失调电压为 $\pm 2.5\text{mV}$ （PNP 区）。低失调电压对精密应用至关重要。根据输入共模电压的不同，有 2 种不同的输入级会使用。为了提高 LTC6268-10 的灵活性，对两个工作区域的失调电压都进行了调整。

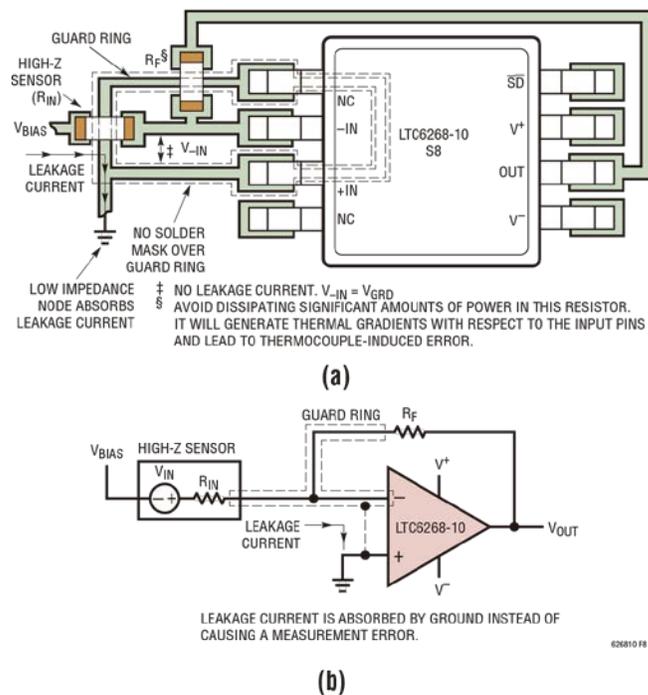


图 8. 带漏电保护环的反相放大器（或跨阻）的布局示例

轨到轨输出

LTC6268-10 的轨到轨输出级具有出色的输出驱动能力。在整个温度范围内，它能够提供超过 $\pm 40\text{mA}$ 的输出驱动电流。此外，当驱动 $\pm 10\text{mA}$ 时，输出可达到任一电源轨的 200mV 之内。必须注意将 IC 的结温保持在 150°C 以下。

输入保护

为防止输入级内部器件损坏，运算放大器的两个输入之差不应超过 2.0V。为帮助保护输入级，如果输入之差大于 2.0V 且输入电流开始流动，内部电路会自动启动。无论何种情况下，都应确保这些电流小于 1mA。此外，如果仅驱动一个输入，则内部电路会防止瞬态情况下发生任何击穿情况。最差情况的差分输入电压通常发生在单位增益配置下驱动正输入且输出意外短接至地时。

应用信息

ESD

在原理示意图中可以看到 ESD 保护器件。+IN 和 -IN 引脚使用一种复杂的 ESD 保护方法，总共有 4 个反偏二极管，每个电源轨链接 2 个串联二极管。为了保持极低的输入偏置电流，这些串联二极管链中每一个的中心节点都由输入电压的缓冲级电路的副本驱动。这使得直接连到输入引脚的两个二极管保持低反向偏置，从而将这些 ESD 二极管泄漏到输入引脚的电流降至最低。

其余引脚为传统 ESD 保护，使用反偏 ESD 二极管并连接到每个电源轨。应注意确保这些引脚上的电压不超过电源电压 100mV 以上，否则这些二极管将开始传导大量电流。

关断

LTC6268-10S6、LTC6268-10S8 和 LTC6268-10DD 的 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚可以关断放大器，使每个放大器的电源电流小于 1.2mA。为使放大器关断， $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚电压需要在 V^- 的 0.75V 范围内。关断期间，输出处于高输出电阻状态，因此 LTC6268-10 适合多路复用器应用。内部电路保持在低电流活动状态，以便能快速恢复。浮空时， $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚内部上拉至正电源，放大器使能。

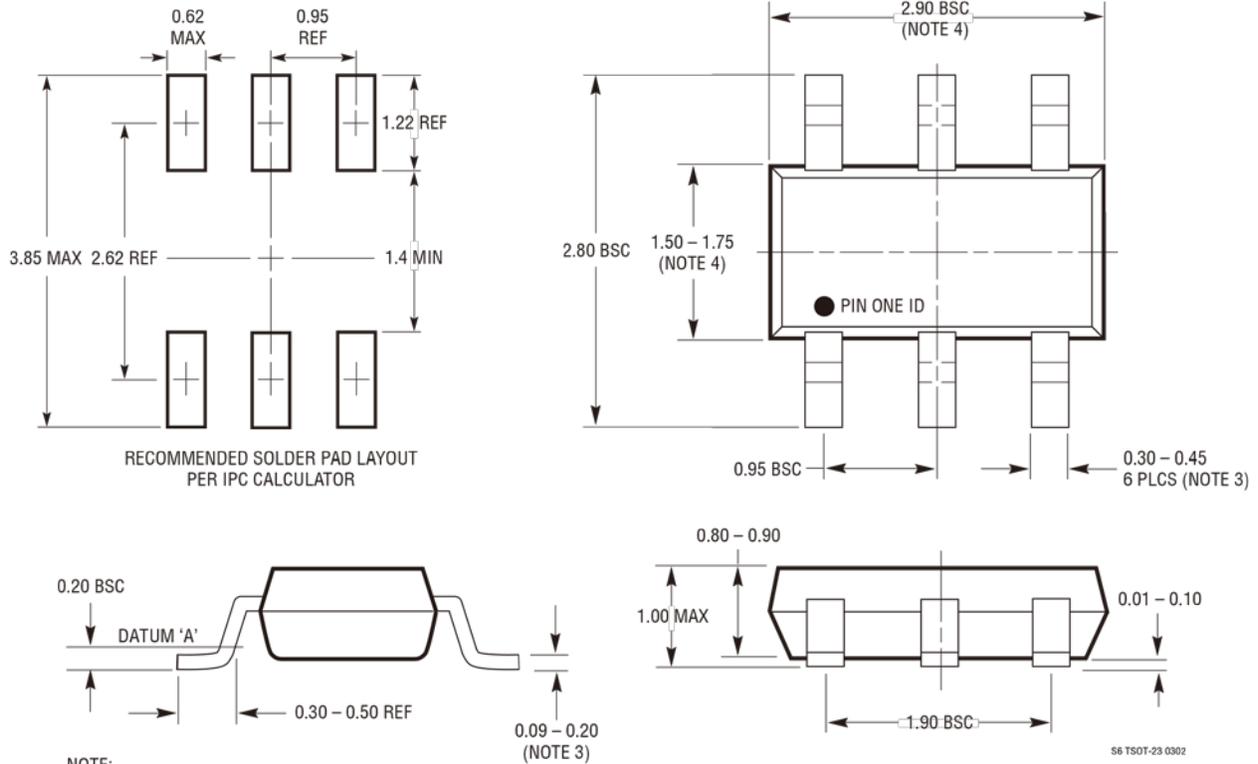
封装说明

有关最新封装图纸，请访问：<http://www.analog.com/cn/designtools/packaging/>。

S6 封装

6 引脚塑料 TSOT-23

(参考 LTC DWG # 05-08-1636)



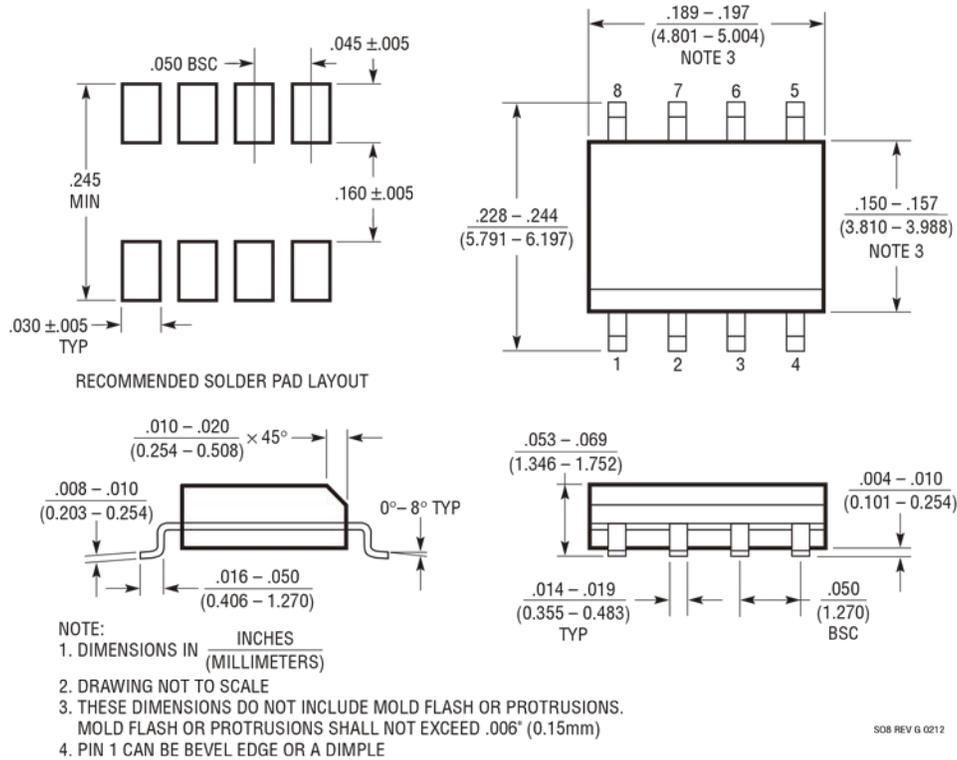
封装说明

有关最新封装图纸，请访问：<http://www.analog.com/cn/designtools/packaging/>。

S8 封装

8 引脚塑料小型 (窄体, 150 英寸)

(参考 LTC DWG # 05-08-1610 Rev G)



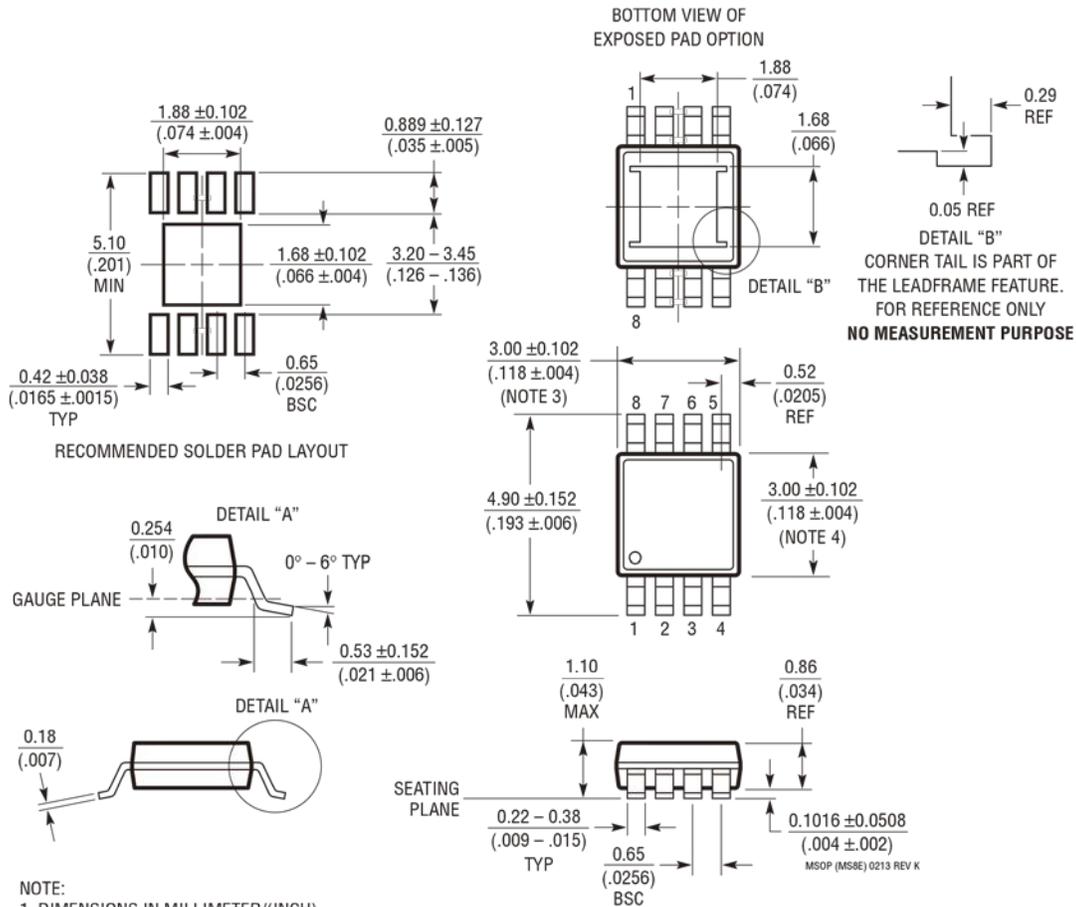
封装说明

有关最新封装图纸，请访问：<http://www.analog.com/cn/designtools/packaging/>。

MS8E 封装

8 引脚塑料 MSOP，裸露芯片焊盘

(参考 LTC DWG # 05-08-1662 Rev K)



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.

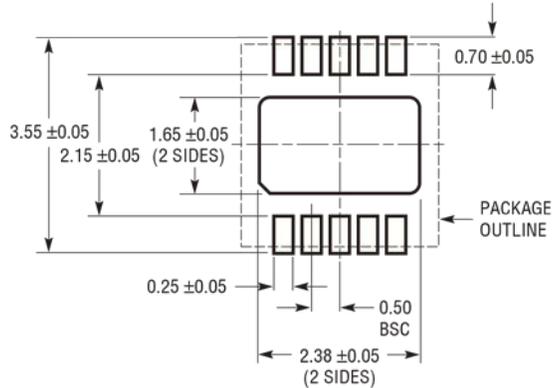
封装说明

有关最新封装图纸，请访问：<http://www.analog.com/cn/designtools/packaging/>。

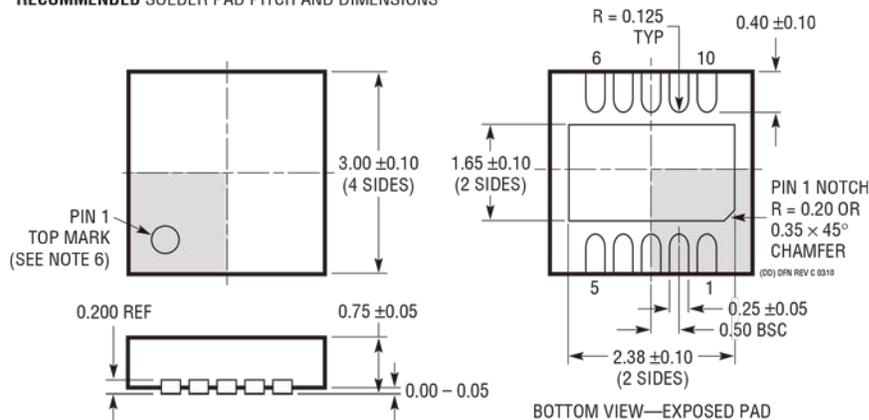
DD 封装

10 引脚塑料 DFN (3mm × 3mm)

(参考 LTC DWG # 05-08-1699 Rev C)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS

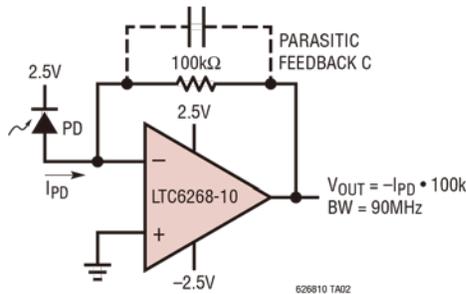


NOTE:

1. DRAWING TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE M0-229 VARIATION OF (WEED-2). CHECK THE LTC WEBSITE DATA SHEET FOR CURRENT STATUS OF VARIATION ASSIGNMENT
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

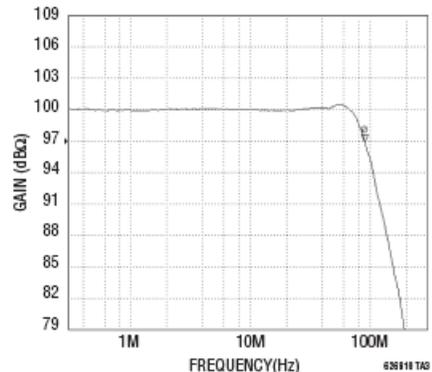
典型应用

100kΩ 增益 90MHz 跨阻放大器



PD = OSI OPTOELECTRONICS, FCI-125G-006
OUTPUT NOISE = 20mVp-p MEASURED ON A 100MHz BW

100kΩ TIA 频率响应



相关器件

产品型号	说明	备注
运算放大器		
LTC6268/LTC6269	500MHz 超低偏置电流 FET 输入运算放大器	单位增益稳定, 超低输入偏置电流 (3fA), 500MHz GBW
LTC6244	双通道 50MHz、低噪声、轨到轨、CMOS 运算放大器	单位增益稳定, 1pA 输入偏置电流, 最大 100μV 失调
LTC6240/LTC6241/LTC6242	18MHz、低噪声、轨到轨输出、CMOS 运算放大器	18MHz GBW, 0.2pA 输入电流, 最大 125μV 失调
LTC6252/LTC6253/LTC6254	720MHz、3.5mA 高效率轨到轨输入/输出运算放大器	720MHz GBW, 单位增益稳定, 低噪声
LTC6246/LTC6247/LTC6248	180MHz、1mA 高效率轨到轨输入/输出运算放大器	180MHz GBW, 单位增益稳定, 低噪声
LT1818	400MHz、2500V/μs、9mA 单通道运算放大器	单位增益稳定, 6nV/√Hz 单位增益稳定
LT6236	215MHz、轨到轨输出、1.1nV/√Hz、3.5mA 运算放大器系列	350μV 最大失调电压, 3V 至 12.6V 电源
LT6411	650MHz 差分 ADC 驱动器/双通道可选放大器	SR 3300V/μs, 6ns 0.1% 建立时间
SAR ADC		
LTC2376-18/LTC2377-18/LTC2378-18/LTC2379-18	18 位、250ksps 至 1.6Msps、低功耗 SAR ADC, 102dB SNR	18mW (1.6Msps), 3.4μW (250sps), -126dB THD

