

0.88nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 、730MHz、500V/ μs 、低失真、 具有关断功能的轨到轨输出运算放大器

特点

- 超低电压噪声: 0.88nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- 高速度、低失真: HD2/HD3 < -100dBc ($A_v = +1$, 4V_{p-p}, 2MHz, $R_L = 1\text{k}\Omega$)
- 高压摆率: 500V/ μs
- GBW = 890MHz
- -3dB 频率 ($A_v = +1$): 730MHz
- 输入失调电压: 250 μV (最大值, 全温度范围)
- 失调漂移: 0.4 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- 输入共模范围包含负供电轨
- 轨到轨输出摆幅
- 电源电流: 每通道 16mA (典型值)
- 关断电源电流 = 500 μA
- 工作电源电压: 2.8V 至 11.75V
- 大输出电流: 80mA (最小值)
- 超高开环增益: 5.6V/ μV (135dB), $R_L = 1\text{k}\Omega$
- 工作温度范围: -40 $^\circ\text{C}$ 至 125 $^\circ\text{C}$
- 单通道器件提供 8 引脚 SOIC、TSOT-23、DC-6 封装, 双通道器件提供 DD10、MS8 封装

应用

- 光电子: 快速互阻放大器
- 驱动高动态范围模数转换器
- 有源滤波器
- 视频放大器
- 高速差分至单端转换
- 低压高保真度放大

所有注册商标和商标均属各自所有人所有。

说明

LTC[®]6228/LTC6229 分别为单通道/双通道超快速、低噪声轨到轨输出、单位增益稳定运算放大器。增益带宽积为 890MHz, 压摆率为 500V/ μs 。折合到输入端的电压噪声仅为 0.88nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$; 在 4V_{p-p} 时, 即使对于高达 2MHz 的大信号, 其失真性能也优于 -100dB。因此, 这些器件非常适合需要高动态范围和处理高压摆率信号的应用, 例如驱动模数转换器。其他特性包括关断功能以及使能/禁用内部偏置电流抵消功能以优化噪声性能的能力。

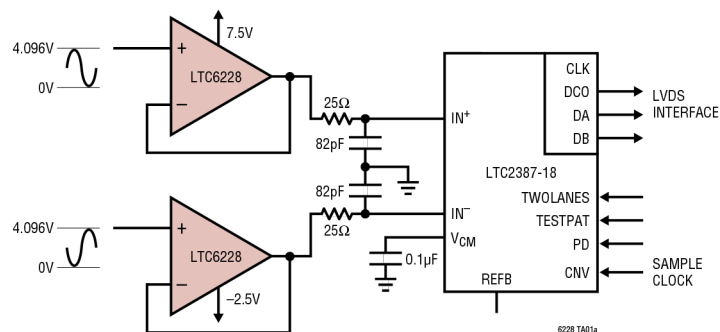
低失调、低失调漂移、高增益和高 CMRR 的结合使 LTC6228 系列成为宽动态范围应用的出色选择。

LTC6228 系列在 2.8V 至 11.75V 的电源电压下能保持优异的性能, 其额定电源电压为 3V、5V 和 10V ($\pm 5\text{V}$)。该等运算放大器的输入范围延伸至负供电轨, 输出范围涵盖整个电源电压范围, 支持宽摆幅信号和单电源供电。

针对空间受限的 PCB 布局, LTC6228 提供 2mm $\times$ 2mm DFN 封装, LTC6229 提供 3mm $\times$ 3mm DFN 封装。这些放大器还提供常规引脚封装。这些放大器可以用作许多高速运算放大器的改进型替代产品, 以改善速度、噪声、失真和动态范围性能。

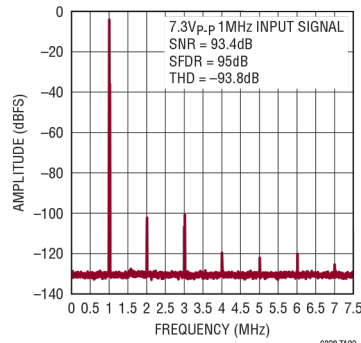
典型应用

基于 LTC6228 的驱动器驱动
LTC2387-18 SAR ADC



系统性能: 2 $\times$ LTC6228 驱动 LTC2387-18
8192 点 FFT, -1dBFS

$f_{\text{SAMPL}} = 15\text{Msps}$, $f_{\text{IN}} = 1\text{MHz}$



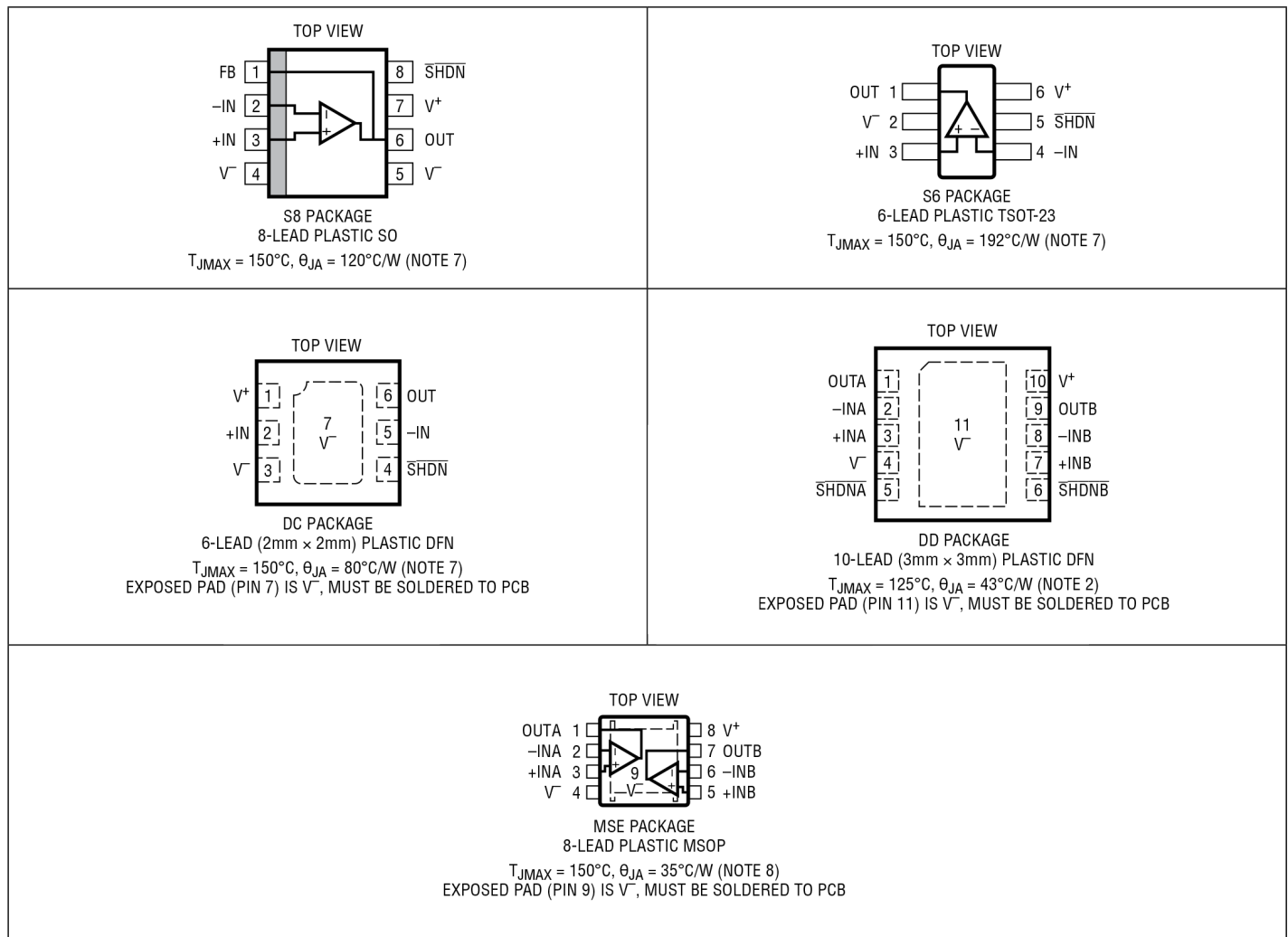
LTC6228/LTC6229

绝对最大额定值 (注释 1)

总电源电压 (V^+ 至 V^-) 12V
 输入电压
 ($-IN$ 、 $+IN$ 、 $\overline{SHDN}$) $V^- - 0.3V$ 至 $V^+ + 0.3V$
 输入电流 ($-IN$ 、 $+IN$ 、 $\overline{SHDN}$) (注释 2) ... $\pm 10mA$
 工作温度范围
 LTC6228I/LTC6229I (注释 4) $-40^\circ C$ 至 $85^\circ C$
 LTC6228H/LTC6229H
 (注释 4) $-40^\circ C$ 至 $125^\circ C$
 额定温度范围
 LTC6228I/LTC6229I (注释 4) $-40^\circ C$ 至 $85^\circ C$
 LTC6228H/LTC6229H
 (注释 4) $-40^\circ C$ 至 $125^\circ C$

输出电流 (OUT、FB) (注释 3) $\pm 100mA$
 输出短路持续时间 受散热限制
 存储温度范围 $-65^\circ C$ 至 $150^\circ C$
 最高结温 $150^\circ C$
 引脚温度 (焊接 10 秒)
 (仅限 MSOP/S8/TSOT) $300^\circ C$

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	温度范围
LTC6228IS6#TRMPBF	LTC6228IS6#TRPBF	LTHGB	6 引脚 TSOT-23	-40°C 至 85°C
LTC6228HS6#TRMPBF	LTC6228HS6#TRPBF	LTHGB	6 引脚 TSOT-23	-40°C 至 125°C
LTC6228IDC#TRMPBF	LTC6228IDC#TRPBF	LHGC	6 引脚 2mm × 2mm DFN	-40°C 至 85°C
LTC6228HDC#TRMPBF	LTC6228HDC#TRPBF	LHGC	6 引脚 2mm × 2mm DFN	-40°C 至 125°C
LTC6228IS8#TRMPBF	LTC6228IS8#TRPBF	6228	8 引脚 SOIC-8	-40°C 至 85°C
LTC6228HS8#TRMPBF	LTC6228HS8#TRPBF	6228	8 引脚 SOIC-8	-40°C 至 125°C
LTC6229IMS8E#PBF	LTC6229IMS8E#TRPBF	LTGHD	8 引脚 MSOP	-40°C 至 85°C
LTC6229HMS8E#PBF	LTC6229HMS8E#TRPBF	LTGHD	8 引脚 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6229IDD#PBF	LTC6229IDD#TRPBF	LHGF	10 引脚 3mm × 3mm DFN	-40°C 至 85°C
LTC6229HDD#PBF	LTC6229HDD#TRPBF	LHGF	10 引脚 3mm × 3mm DFN	-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 ADI 市场部门。

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 ($V_S = \pm 5V$) • 表示规格适用于整个工作温度范围，其他规格的适用温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明， $V_S = \pm 5V$ ， $V_{CM} = 0V$ ， $V_{SHDN} = \text{悬空}$ 。

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		-95	20	95	μV
ΔV_{OS}	输入失调电压匹配 (LTC6229)		-250		250	μV
T_{CVOS}	输入失调电压漂移		-400	18	400	μV
I_B	输入偏置电流 (注释 6)	偏置抵消禁用	0.4			$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
			-40	-16		μA
		偏置抵消使能	-44			μA
			-2.5	0.6	2.5	μA
			-4.1		4.1	μA
ΔI_B	输入偏置电流匹配 (LTC6229)	偏置抵消禁用		0.3	2	μA
			-2		3	μA
		偏置抵消使能	-3	0.3	3	μA
			-4		4	μA
I_{OS}	输入失调电流	偏置抵消禁用	-0.55	0.1	0.55	μA
			-0.8		0.8	μA
		偏置抵消使能	-0.9	0.1	0.9	μA
			-1		1	μA
ΔI_{OS}	输入失调电流匹配 (LTC6229)	偏置抵消禁用		0.15	1	μA
			-1		1.4	μA
		偏置抵消使能	-1.3	0.25	1.3	μA
			-1.6		1.6	μA
e_n	输入噪声电压频谱密度	$f = 1\text{MHz}$		0.88		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
	积分 1/f 噪声	0.1Hz至10Hz		0.94		μV_{P-P}
i_n	输入电流噪声谱密度	$f = 1\text{MHz}$ 偏置抵消禁用		3		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 1\text{MHz}$ 偏置抵消使能		6.3		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
C_{IN}	输入电容	差分模式		3.5		pF
		共模		1.5		pF
R_{IN}	输入电阻	差分模式		2.6		$\text{k}\Omega$
		共模		4		$\text{M}\Omega$

电气特性 ($V_S = \pm 5V$) • 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明, $V_S = \pm 5V$, $V_{CM} = 0V$, $V_{SHDN} = \text{悬空}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
A_{VOL}	大信号电压增益	$R_L = 1k\Omega$ 接半电源 $V_{OUT} = \pm 4V$	120	135		dB
			113			dB
		$R_L = 100\Omega$ 接半电源 $V_{OUT} = \pm 3V$	100	120		dB
			92			dB
CMRR	共模抑制比	$V_{CM} = V^- - 0.1$ 至 $V^+ - 1.2V$	100	110		dB
			94			dB
V_{CMR}	输入共模范围		$V^- - 0.1$		$V^+ - 1.2$	V
PSRR ⁺	正电源抑制比	$V^- = -1V$, $V^+ = 1.8V$ 至 $10.75V$	100	110		dB
			95			dB
PSRR ⁻	负电源抑制比	$V^+ = 1.5V$, $V^- = -1.3V$ 至 $-10.25V$	101	126		dB
			99			dB
	电源电压范围 ($V^+ - V^-$) (注释 5)		2.8		11.75	V
V_{OL}	输出摆幅低 ($V_{OUT} - V^-$)	空载		8	16	mV
					20	mV
		$I_{SINK} = 5mA$		46	70	mV
					85	mV
V_{OH}	输出摆幅高 ($V^+ - V_{OUT}$)	$I_{SINK} = 25mA$		140	220	mV
					280	mV
		空载		27	50	mV
					60	mV
I_{SC}	输出短路电流	$I_{SINK} = 5mA$		90	140	mV
					180	mV
		$I_{SOURCE} = 25mA$		250	340	mV
					450	mV
I_S	每个放大器的电源电流	拉电流		-130	-80	mA
					-65	mA
I_{SD}	每通道的禁用电源电流, 放大器关断	灌电流	80	140		mA
			60			mA
I_S	每个放大器的电源电流	$V_{SHDN} = V^+ - 2.75V$		16	16.9	mA
					19.8	mA
I_{SD}	每通道的禁用电源电流, 放大器关断	$V_{SHDN} = V^+ - 2.75V$		500	610	μA
					770	μA
V_{L_SHDN}	SHDN 引脚输入低电压, 禁用放大器				$V^+ - 2.75$	V
V_{H_SHDN}	SHDN 引脚输入高电压, 使能放大器		$V^+ - 1.6$			V
V_{L_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电压, 禁用偏置抵消				$V^+ - 1$	V
V_{H_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电压, 使能偏置抵消		$V^+ - 0.35$			V
I_{L_SHDN}	SHDN 引脚输入电流, 禁用放大器	$V_{SHDN} = V^+ - 2.75V$	-10	-2.5	10	μA
I_{H_SHDN}	SHDN 引脚输入电流, 使能放大器	$V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$	-10	-0.3	10	μA
I_{L_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电流, 禁用偏置抵消	$V_{SHDN} = V^+ - 1V$	-10	0.265	10	μA
I_{H_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电流, 使能偏置抵消	$V_{SHDN} = V^+ - 0.35V$	-10	1	10	μA
I_{OSD}	关断模式下的输出漏电流	$V_{SHDN} = V^+ - 2.75V$, OUT 短接到 V^+ 或 V^-		100		nA
BW	-3dB 闭环带宽	$A_v = 1$, $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压		730		MHz
GBW	增益带宽积	$f = 5MHz$, $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压	700	890		MHz
			650			MHz
t_{ON}	开启时间	$V_{SHDN} = V^+ - 2.75V$ 至 $V^+ - 1.6V$		900		ns

电气特性 ($V_S = \pm 5V$) • 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明, $V_S = \pm 5V$, $V_{CM} = 0V$, $V_{SHDN} = \text{悬空}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{OFF}	关闭时间	$V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$ 至 $V^+ - 2.75V$		500		ns
$t_{S_{0.1}}$	0.1% 建立时间	$A_V = 1$, 2V 输出阶跃, $R_L = 1k\Omega$		26		ns
		$A_V = 1$, 4V 输出阶跃, $R_L = 1k\Omega$		34		ns
$t_{S_{0.01}}$	0.01% 建立时间	$A_V = 1$, 6V 输出阶跃, $R_L = 1k\Omega$		53		ns
SR	压摆率	$A_V = +4$, 8V 输出阶跃 (注释 8)	320	500		V/ μs
			250			V/ μs
FPBW	全功率带宽	$V_{OUT} = 8V_{P-P}$, $A_V = +2$, THD < -40dBc		12.5		MHz
HD2/HD3	谐波失真, $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压, $A_V = +1$	$f_C = 100\text{kHz}$, $V_O = 4V_{P-P}$		-113/-119		dBc
		$f_C = 100\text{kHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-126/-131		dBc
		$f_C = 1\text{MHz}$, $V_O = 4V_{P-P}$		-107/-114		dBc
		$f_C = 1\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-119/-132		dBc
		$f_C = 5\text{MHz}$, $V_O = 4V_{P-P}$		-83/-96		dBc
		$f_C = 5\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-90/-113		dBc
		$f_C = 10\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-74/-89		dBc
	谐波失真, $R_L = 100\Omega$ 接半电源电压, $A_V = +1$	$f_C = 100\text{kHz}$, $V_O = 4V_{P-P}$		-105/-106		dBc
		$f_C = 100\text{kHz}$, $V_O = 4V_{P-P}$		-118/-124		dBc
		$f_C = 1\text{MHz}$, $V_O = 4V_{P-P}$		-97/-107		dBc
		$f_C = 1\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-100/-114		dBc
		$f_C = 5\text{MHz}$, $V_O = 4V_{P-P}$		-79/-75		dBc
		$f_C = 5\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-83/-82		dBc
		$f_C = 10\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-72/-68		dBc
ΔG	差分增益 (NTSC)	$A_V = 2$, $R_L = 150\Omega$		0.008		%
		$A_V = +1$, $R_L = 1k\Omega$		0.001		%
$\Delta\theta$	差分相位 (NTSC)	$A_V = 2$, $R_L = 150\Omega$		0.004		度
		$A_V = +1$, $R_L = 1k\Omega$		0.09		度

电气特性 ($V_S = 5V$ 、 $0V$) • 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明, $V_S = 5V$ 、 $0V$, $V_{CM} = V_{OUT} = 2.5V$, $V_{SHDN} = \text{悬空}$ 。

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		-105 -290	20	105 290	μV μV
ΔV_{OS}	输入失调电压匹配 (LTC6229)		-140 -400	18	140 400	μV μV
T_{CVOS}	输入失调电压漂移			0.4		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_B	输入偏置电流 (注释 6)	偏置抵消禁用	-40 -44	-16		μA μA
		偏置抵消使能	-3 -4.4	1	3 4.4	μA μA
ΔI_B	输入偏置电流匹配 (LTC6229)	偏置抵消禁用	-2 -3	0.3	2 3	μA μA
		偏置抵消使能	-3 -4	0.3	3 4	μA μA
I_{OS}	输入失调电流	偏置抵消禁用	-0.55 -0.8	0.1	0.55 0.8	μA μA
		偏置抵消使能	-0.9 -	0.15	0.9 1	μA μA
ΔI_{OS}	输入失调电流匹配 (LTC6229)	偏置抵消禁用	-1 -1.4	0.15	1 1.4	μA μA
		偏置抵消使能	-1.3 -1.6	0.25	1.3 1.6	μA μA

LTC6228/LTC6229

电气特性 ($V_S = 5V$ 、 $0V$) • 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度 $T_A = 25^\circ C$ 。除非另有说明, $V_S = 5V$ 、 $0V$, $V_{CM} = V_{OUT} = 2.5V$, $V_{SHDN} = \text{悬空}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
e_n	输入噪声电压频谱密度	$f = 1\text{MHz}$		0.88		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
	积分 $1/f$ 噪声	0.1Hz 至 10Hz		0.94		$\mu\text{V}_{\text{p-p}}$
i_n	输入电流噪声谱密度	$f = 1\text{MHz}$ 偏置抵消禁用		3		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 1\text{MHz}$ 偏置抵消使能		6.3		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
C_{IN}	输入电容	差分模式		3.5		pF
		共模		1.5		pF
R_{IN}	输入电阻	差分模式		2.6		$\text{k}\Omega$
		共模		4		$\text{M}\Omega$
A_{VOL}	大信号电压增益	$R_L = 1\text{k}\Omega$ 接半电源电压, $V_{OUT} = V_{CM} \pm 2$	120	140		dB
			115			dB
		$R_L = 100\Omega$ 接半电源电压, $V_{OUT} = V_{CM} \pm 2$	106	120		dB
			100			dB
CMRR	共模抑制比	$V_{CM} = V^- - 0.1$ 至 $V^+ - 1.2\text{V}$	97	110		dB
			92			dB
V_{CMR}	输入共模范围		$V^- - 0.1$		$V^+ - 1.2$	V
PSRR^+	正电源抑制比	$V^- = -1\text{V}$, $V^+ = 1.8\text{V}$ 至 10.75V	100	110		dB
			95			dB
PSRR^-	负电源抑制比	$V^+ = 1.5\text{V}$, $V^- = -1.3\text{V}$ 至 -10.25V	103	126		dB
			100			dB
	电源电压范围 ($V^+ - V^-$) (注释 5)		2.8		11.75	V
V_{OL}	输出摆幅低 ($V_{OUT} - V^-$)	空载		7	18	mV
					32	mV
		$I_{\text{SINK}} = 5\text{mA}$		40	70	mV
					90	mV
		$I_{\text{SINK}} = 25\text{mA}$		150	220	mV
					300	mV
V_{OH}	输出摆幅高 ($V_{CC} - V^+$)	空载		26	48	mV
					58	mV
		$I_{\text{SINK}} = 5\text{mA}$		93	144	mV
					185	mV
		$I_{\text{SOURCE}} = 25\text{mA}$		255	347	mV
					459	mV
I_{SC}	输出短路电流	拉电流		-110	-65	mA
					-52	mA
		灌电流	70	110		mA
			45			mA
I_S	每个放大器的电源电流			16.5	17.8	mA
					19.6	mA
I_{SD}	每通道的禁用电源电流, 放大器关断	$V_{\text{SHDN}} = V^+ - 2.65\text{V}$		300	380	μA
					430	μA
$V_{\text{L-SHDN}}$	SHDN 引脚输入低电压, 禁用放大器				$V^+ - 2.65$	V
$V_{\text{H-SHDN}}$	SHDN 引脚输入高电压, 使能放大器		$V^+ - 1.6$			V
$V_{\text{L-BIAS}}$	SHDN 引脚输入低电压, 禁用偏置抵消				$V^+ - 1$	V
$V_{\text{H-BIAS}}$	SHDN 引脚输入低电压, 使能偏置抵消		$V^+ - 0.35$			V
$I_{\text{L-SHDN}}$	SHDN 引脚输入电流, 禁用放大器	$V_{\text{SHDN}} = V^+ - 2.65\text{V}$	-10	-2.5	10	μA

电气特性 ($V_S = 5V$ 、 $0V$) • 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明, $V_S = 5V$ 、 $0V$, $V_{CM} = V_{OUT} = 2.5V$, $V_{SHDN} = \text{悬空}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{H_SHDN}	SHDN 引脚输入电流, 使能放大器	$V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$	• -10	-0.3	10	μA
I_{L_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电流, 禁用偏置抵消	$V_{SHDN} = V^+ - 1V$	• -10	0.265	10	μA
I_{H_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电流, 使能偏置抵消	$V_{SHDN} = V^+ - 0.35V$	• -10	1	10	μA
I_{OSD}	关断模式下的输出漏电流	$V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$, OUT 短接到 V^+ 或 V^-		100		nA
BW	-3dB 闭环带宽	$A_V = 1$, $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压		800		MHz
GBW	增益带宽积	$f = 5\text{MHz}$, $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压	• 700 600	865		MHz MHz
t_{ON}	开启时间	$V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$ 至 $V^+ - 1.6V$		900		ns
t_{OFF}	关闭时间	$V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$ 至 $V^+ - 2.65V$		500		ns
$t_{S,0.1}$	0.1% 建立时间	$A_V = 1$, 2V 输出阶跃, $R_L = 1k\Omega$		26		ns
SR	压摆率	$A_V = +4$, 4V 输出阶跃 (注释 8)		350		V/ μs
FPBW	全功率带宽	$V_{OUT} = 4V_{P-P}$, $A_V = +2$, THD < -40dBc		18		MHz
HD2/HD3	谐波失真, $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压	$f_C = 100\text{kHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-106/-130		dBc
		$f_C = 1\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-95/-105		dBc
		$f_C = 5\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-88/-114		dBc
		$f_C = 10\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-78/-90		dBc
	谐波失真, $R_L = 100\Omega$ 接半电源电压	$f_C = 100\text{kHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-112/-115		dBc
		$f_C = 1\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-99/-120		dBc
		$f_C = 5\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-83/-88		dBc
		$f_C = 10\text{MHz}$, $V_O = 2V_{P-P}$		-70/-73		dBc
ΔG	差分增益 (NTSC)	$A_V = 2$, $R_L = 150\Omega$		0.005		%
		$A_V = +1$, $R_L = 1k\Omega$		0.002		%
$\Delta\theta$	差分相位 (NTSC)	$A_V = 2$, $R_L = 150\Omega$		0.007		度
		$A_V = +1$, $R_L = 1k\Omega$		0.018		度

电气特性 ($V_S = 3V$ 、 $0V$) • 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明, $V_S = 3V$ 、 $0V$, $V_{CM} = 1.5V$, $V_{SHDN} = \text{悬空}$ 。

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		• -110 -300	24	110 300	μV μV
ΔV_{OS}	输入失调电压匹配 (LTC6229)		• -140 -400	18	140 400	μV μV
T_{CVOS}	输入失调电压漂移		•	0.4		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_B	输入偏置电流 (注释 6)	偏置抵消禁用	• -38 -44	-16		μA μA
		偏置抵消使能	• -3.5 -4.3	1.5	3.5 4.1	μA μA
ΔI_B	输入偏置电流匹配 (LTC6229)	偏置抵消禁用	• -2 -3	0.3	2 3	μA μA
		偏置抵消使能	• -3 -4	0.3	3 4	μA μA

LTC6228/LTC6229

电气特性 ($V_S = 3V$ 、 $0V$) • 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度 $T_A = 25^\circ C$ 。除非另有说明, $V_S = 3V$ 、 $0V$, $V_{CM} = 1.5V$, $V_{SHDN} =$ 悬空。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{OS}	输入失调电流	偏置抵消禁用	-0.55	0.1	0.55	μA
			-0.8		0.8	μA
		偏置抵消使能	-0.9	0.15	0.9	μA
ΔI_{OS}	输入失调电流匹配 (LTC6229)	偏置抵消禁用	-1	0.15	1	μA
			-1.4		1.4	μA
		偏置抵消使能	-1.3	0.25	1.3	μA
e_n	输入噪声电压频谱密度	$f = 1MHz$		0.88		$nV/\sqrt{Hz}$
	积分 1/f 噪声	0.1Hz至10Hz		0.94		μV_{p-p}
i_n	输入电流噪声谱密度	$f = 1MHz$ 偏置抵消禁用		3		$pA/\sqrt{Hz}$
		$f = 1MHz$ 偏置抵消使能		6.3		$pA/\sqrt{Hz}$
C_{IN}	输入电容	差分模式		3.5		pF
		共模		1.5		pF
R_{IN}	输入电阻	差分模式		2.6		k Ω
		共模		4		M Ω
A_{VOL}	大信号电压增益	$R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压, ($V_{OUT} = V_{CM} \pm 1V$)	118	130		dB
			113			dB
		$R_L = 100\Omega$ 接半电源电压, ($V_{OUT} = V_{CM} \pm 1V$)		120		dB
CMRR	共模抑制比	$V_{CM} = V^-$ 至 $V^+ - 1.2V$	95	110		dB
			91			dB
V_{CMR}	输入共模范围		$V^- - 0.1$		$V^+ - 1.2$	V
PSRR ⁺	正电源抑制比	$V^- = -1V$, $V^+ = 1.8V$ 至 $10.75V$	100	110		dB
			95			dB
PSRR ⁻	负电源抑制比	$V^+ = 1.5V$, $V^- = -1.3V$ 至 $-10.25V$	101	126		dB
			99			dB
	电源电压范围 ($V^+ - V^-$) (注释 5)		2.8		11.75	V
V_{OL}	输出摆幅低 ($V_{OUT} - V_L$)	空载		7	10	mV
					18	mV
		$I_{SINK} = 5mA$		48	74	mV
					100	mV
		$I_{SINK} = 25mA$		165	320	mV
V_{OH}	输出摆幅高 ($V_{CC} - V_H$)	空载		27	49	mV
					59	mV
		$I_{SINK} = 5mA$		106	166	mV
					213	mV
		$I_{SOURCE} = 25mA$		290	520	mV
I_{SC}	输出短路电流	拉电流		-67		mA
		灌电流		84		mA
I_S	每个放大器的电源电流			16.4	17.6	mA
					19	mA
I_{SD}	每通道的禁用电源电流, 放大器关断	$V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$		260	305	μA
					350	μA

电气特性 ($V_S = 3V$ 、 $0V$) • 表示规格适用于整个工作温度范围, 其他规格的适用温度 $T_A = 25^\circ C$ 。除非另有说明, $V_S = 3V$ 、 $0V$, $V_{CM} = 1.5V$, $V_{SHDN} =$ 悬空。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{L_SHDN}	SHDN 引脚输入低电压, 禁用放大器		●	$V^+ - 2.65$		V
V_{H_SHDN}	SHDN 引脚输入高电压, 使能放大器		●	$V^+ - 1.6$		V
V_{L_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电压, 禁用偏置抵消		●	$V^+ - 1$		V
V_{H_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电压, 使能偏置抵消		●	$V^+ - 0.35$		V
I_{L_SHDN}	SHDN 引脚输入电流, 禁用放大器	$V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$	●	-10	-2.5 10	μA
I_{H_SHDN}	SHDN 引脚输入电流, 使能放大器	$V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$	●	-10	-0.3 10	μA
I_{L_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电流, 禁用偏置抵消	$V_{SHDN} = V^+ - 1V$	●	-10	0.265 10	μA
I_{H_IBIAS}	SHDN 引脚输入低电流, 使能偏置抵消	$V_{SHDN} = V^+ - 0.35V$	●	-10	1 10	μA
I_{OSD}	关断模式下的输出漏电流	$V_{SHDN} = V^+ - 2.65V$, OUT 短接到 V_+ 或 V_-		100		nA
BW	-3dB 闭环带宽	$A_V = 1$, $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压		763		MHz
GBW	增益带宽积	$f = 5MHz$, $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压	●	700 560	845	MHz MHz
t_{ON}	开启时间	$V_{SHDN} = V^+ - 2.5V$ 至 $V^+ - 1.6V$		900		ns
t_{OFF}	关闭时间	$V_{SHDN} = V^+ - 1.6V$ 至 $V^+ - 2.5V$		500		ns
$t_{S,0.1}$	0.1% 建立时间	$A_V = 1$, $V_{CM} = 1V$, 1V 输出阶跃, $R_L = 1k\Omega$		31		ns
SR	压摆率	$A_V = +4$, 2V 输出阶跃		200		V/μs
FPBW	全功率带宽	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, $V_{CM} = 1V$, $A_V = -1$, THD < -40dBc		22		MHz
HD2/HD3	谐波失真, $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压, $V_{OUT} = 1_{VP-P}$, $V_{CM} = 1.25V$	$f_C = 100kHz$		-106/-127		dBc
		$f_C = 1MHz$		-110/-128		dBc
		$f_C = 5MHz$		-82/-105		dBc
		$f_C = 10MHz$		-77/-96		dBc
	谐波失真, $R_L = 100\Omega$ 接半电源电压, $V_{OUT} = 1_{VP-P}$, $V_{CM} = 1.25V$	$f_C = 100kHz$		-116/-123		dBc
		$f_C = 1MHz$		-105/-132		dBc
		$f_C = 5MHz$		-89/-98		dBc
		$f_C = 10MHz$		-77/-86		dBc

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: 输入由背靠背二极管保护。如果任何输入或关断引脚的电压超过任一电源电压 300mV, 或者差分输入电压超过 0.7V, 输入电流应以小于 10mA 为限。

注释 3: 当输出电流较高时, 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: LTC6228I/LTC6229I 在 $-40^\circ C$ 至 $85^\circ C$ 的额定温度范围内保证正常工作。LTC6228H/LTC6229H 在 $-40^\circ C$ 至 $125^\circ C$ 的额定温度范围内保证正常工作。

注释 5: 电源电压范围通过电源抑制比测试保证。

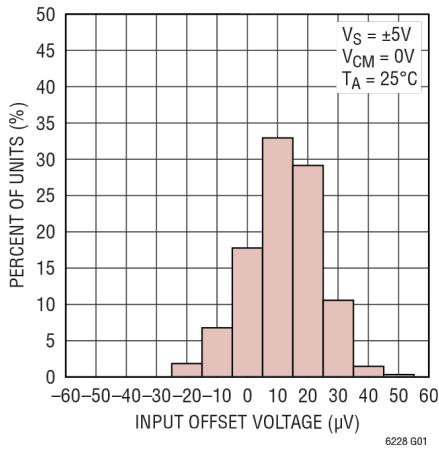
注释 6: 输入偏置电流是流过同相和反相输入引脚的电流的平均值。

注释 7: 热阻随连接到封装的 PC 板金属量而变化。额定值是针对短走线连接到引脚且金属面积最小的情况。

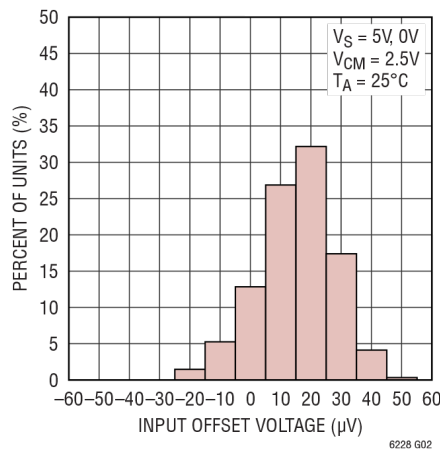
注释 8: 观测中间 2/3 的输出波形。 $R_L = 1k\Omega$ 接半电源电压。

典型性能参数 除非另有说明, $V_S = \pm 5V$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$ 。

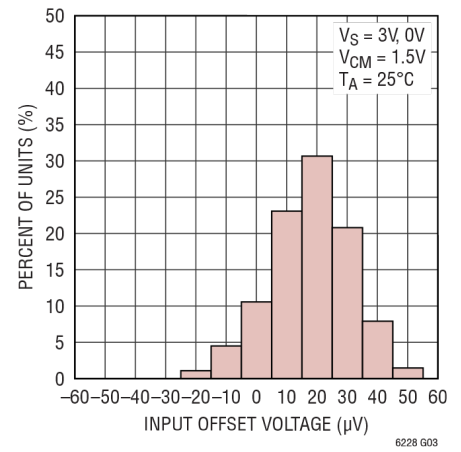
失调分布



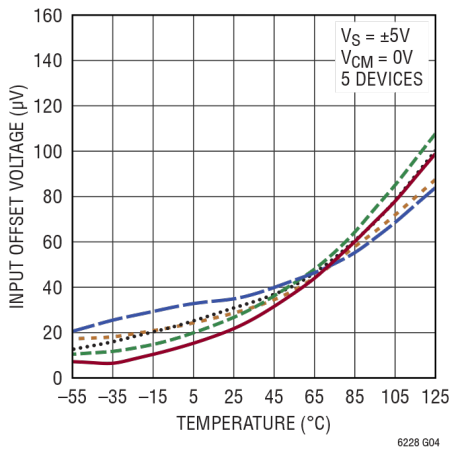
失调分布



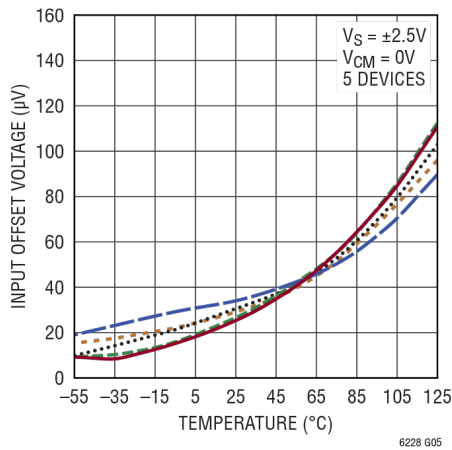
失调分布



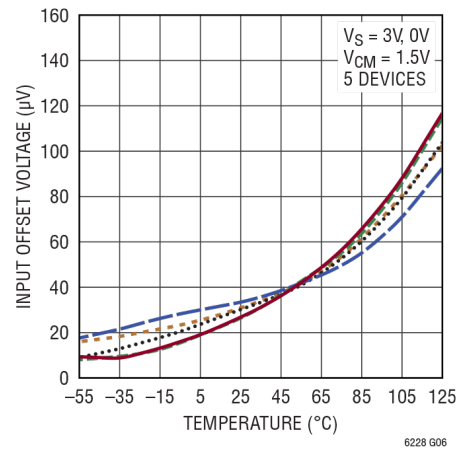
V_{OS} 与温度的关系, 10V 电源



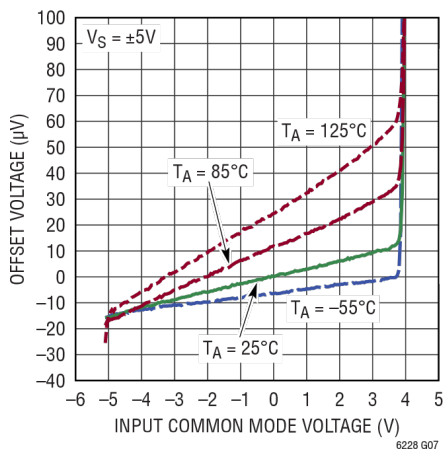
V_{OS} 与温度的关系, 5V 电源



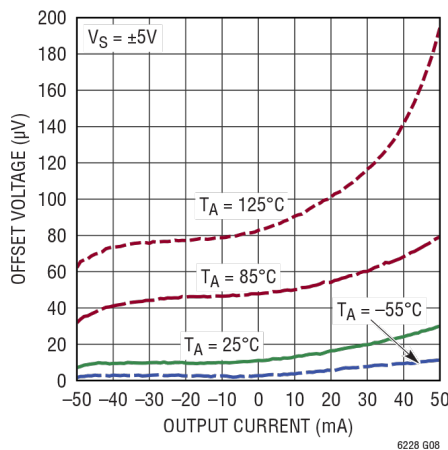
V_{OS} 与温度的关系, 3V 电源



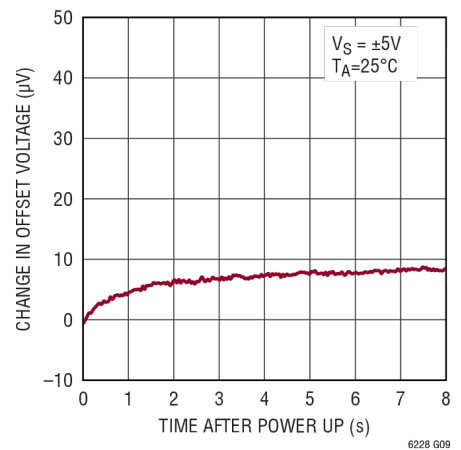
失调电压与输入共模电压的关系



失调电压与输出电流的关系



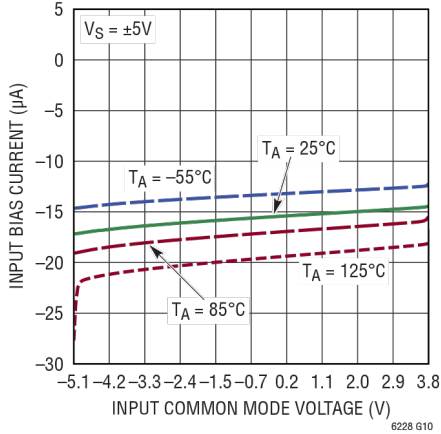
预备漂移与时间的关系



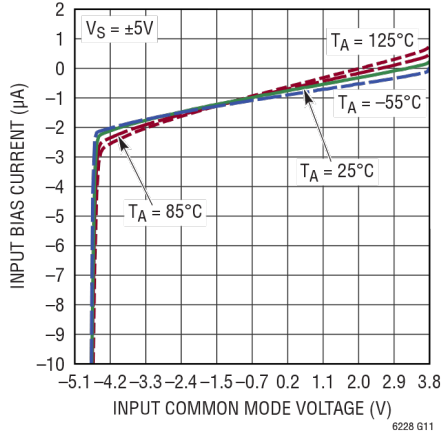
典型性能参数

除非另有说明, $V_S = \pm 5V$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$ 。

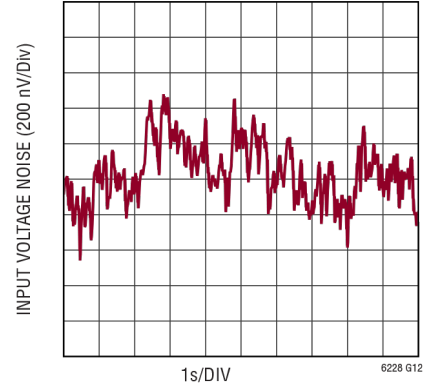
输入偏置电流与输入共模电压的关系, 偏置抵消禁用



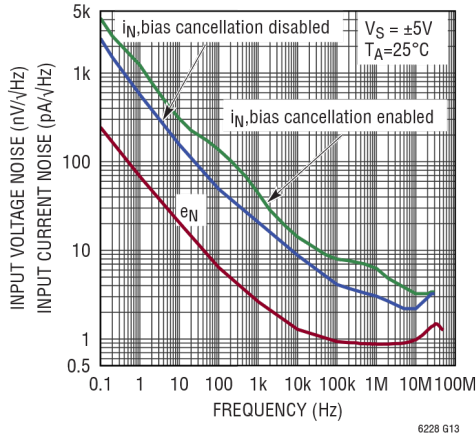
输入偏置电流与输入共模电压的关系, 偏置抵消使能



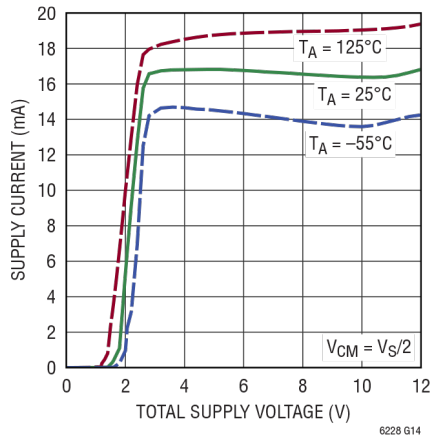
0.1Hz 至 10Hz 电压噪声



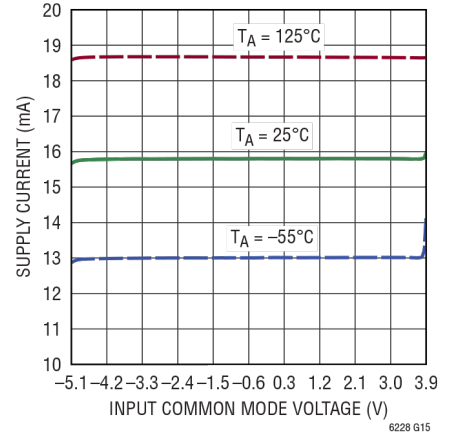
输入电压噪声和电流噪声密度与频率的关系



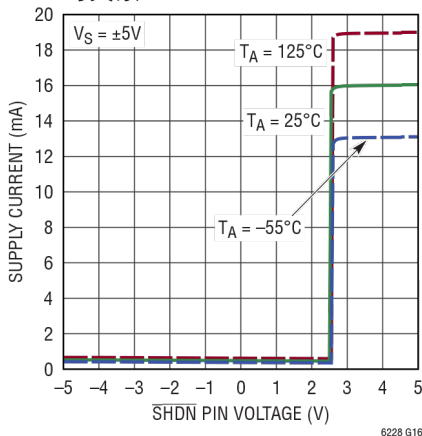
电源电流与电源电压的关系



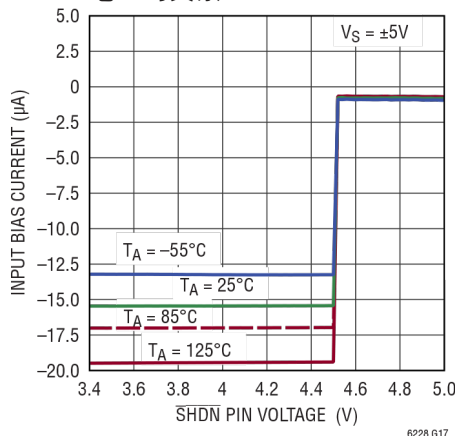
电源电流与输入共模电压的关系



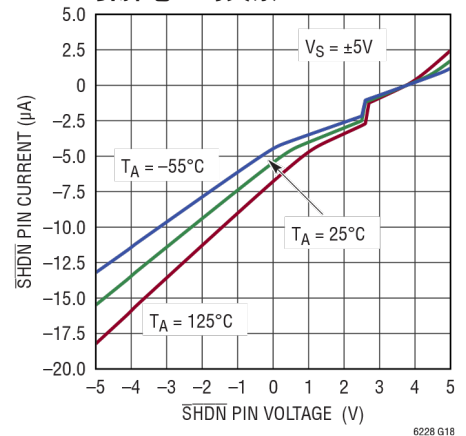
电源电流与 SHDN 引脚电压的关系



输入偏置电流与 SHDN 引脚电压的关系

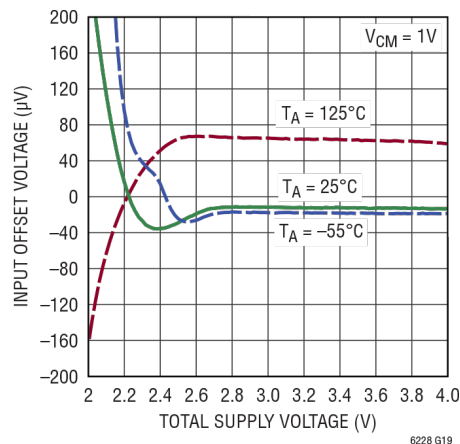


SHDN 引脚电流与 SHDN 引脚电压的关系

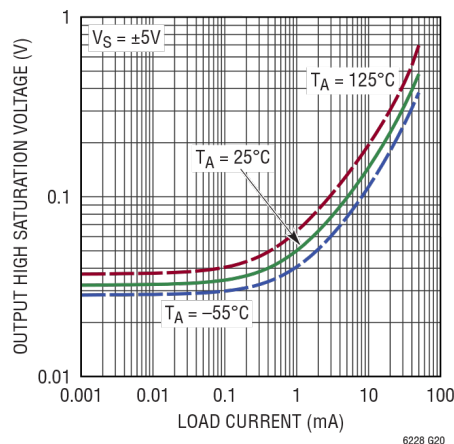


典型性能参数 除非另有说明, $V_S = \pm 5V$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$ 。

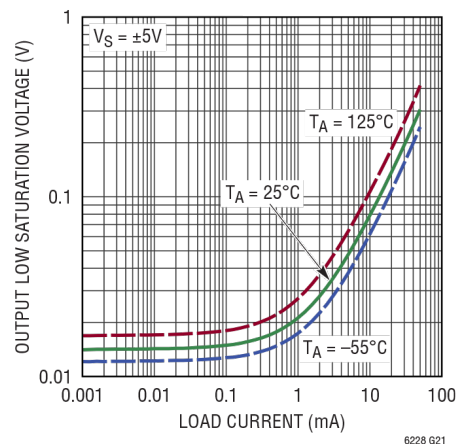
最小电源电压



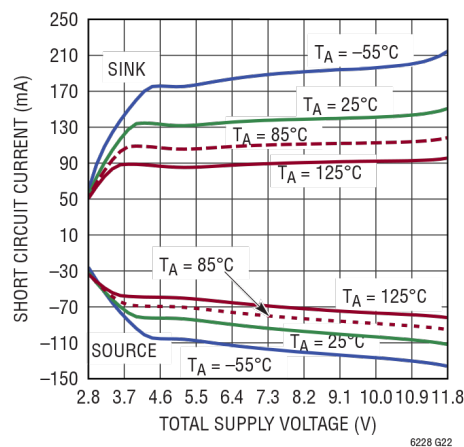
输出饱和电压与负载电流的关系 (输出高电平)



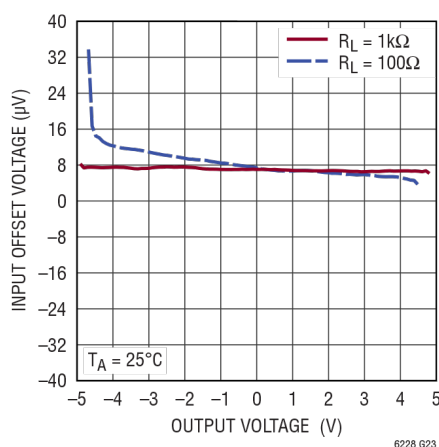
输出饱和电压与负载电流的关系 (输出低电平)



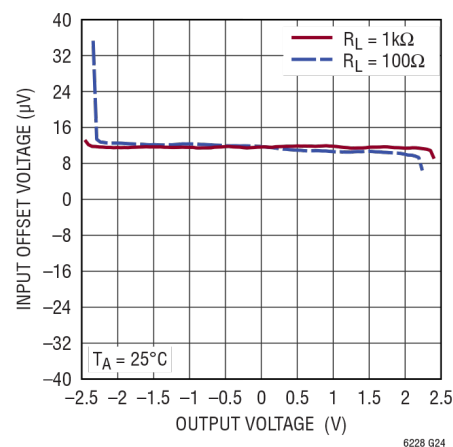
输出短路与电源电压的关系



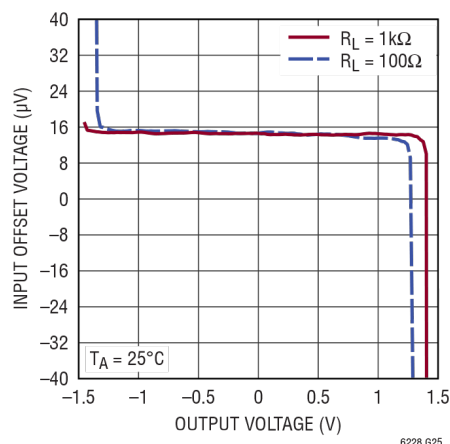
开环增益, $V_S = \pm 5V$



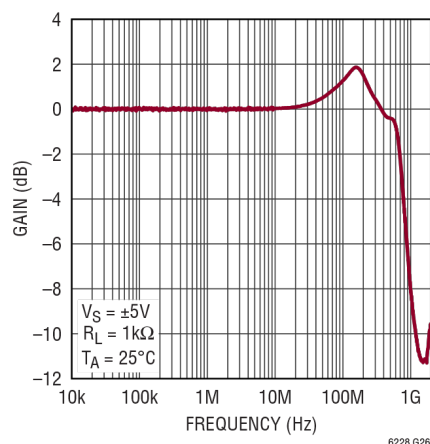
开环增益, $V_S = \pm 2.5V$



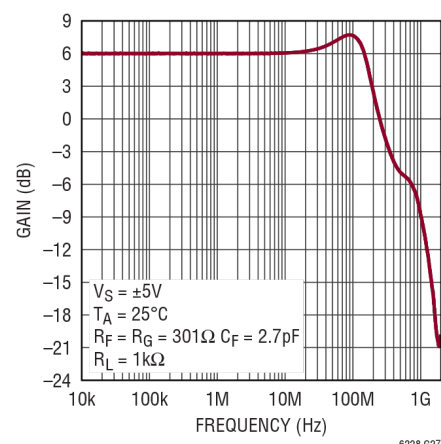
开环增益, $V_S = \pm 1.5V$



增益与频率的关系, $A_v = 1$



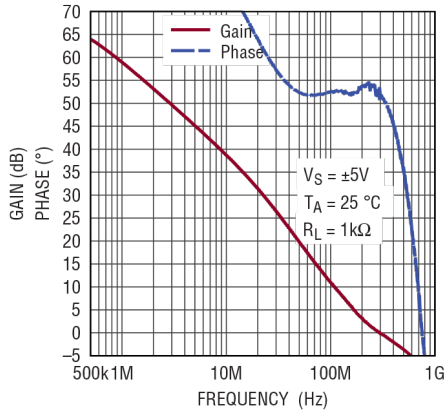
增益与频率的关系, $A_v = 2$



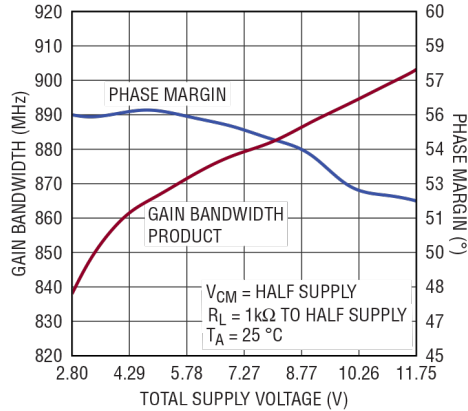
典型性能参数

除非另有说明, $V_S = \pm 5V$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$ 。

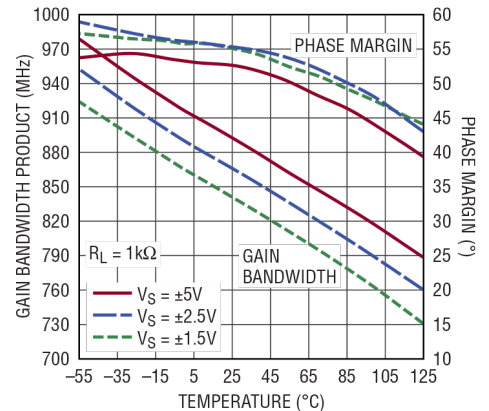
开环增益和相位与频率的关系



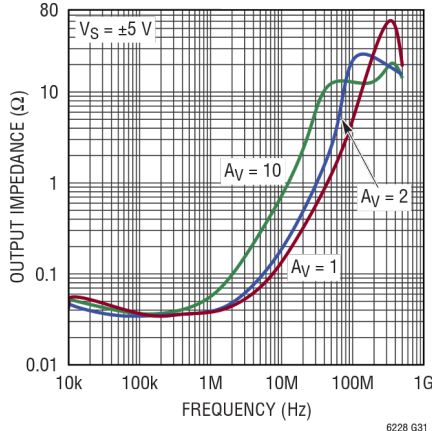
增益带宽和相位裕量与电源电压的关系



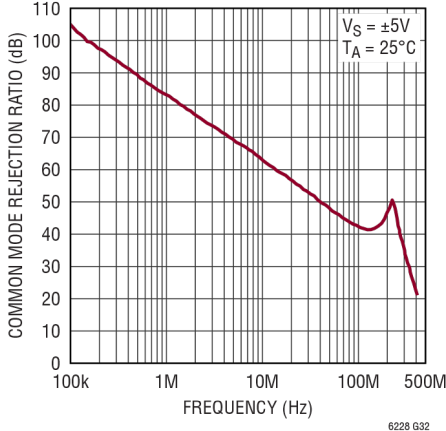
增益带宽和相位裕量与温度的关系



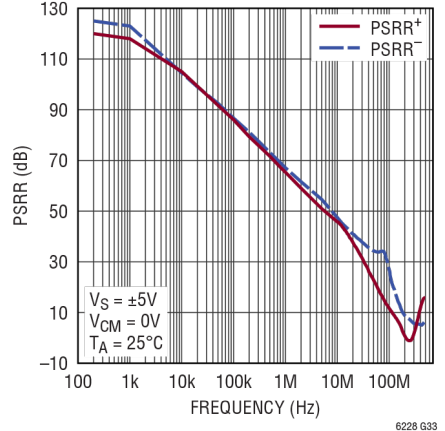
输出阻抗与频率的关系



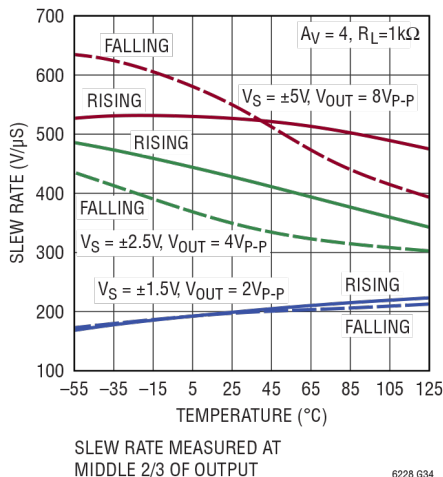
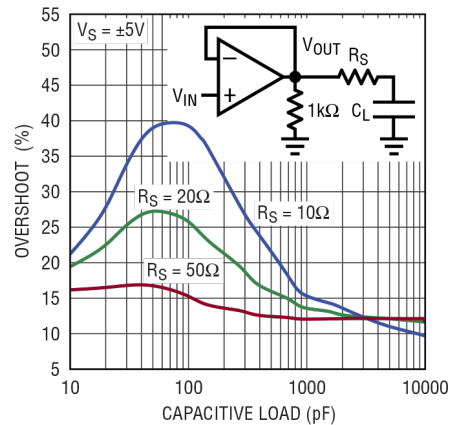
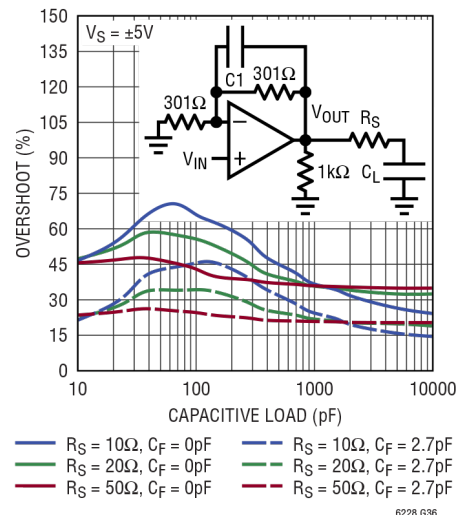
共模抑制比与频率的关系



电源抑制比与频率的关系

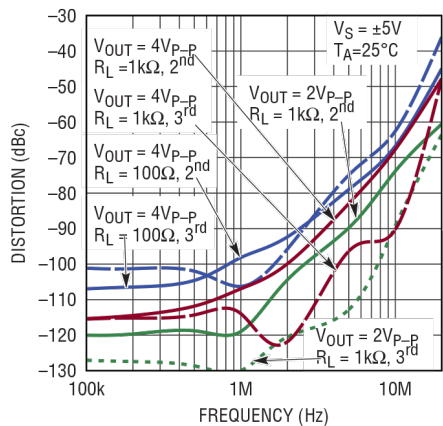


压摆率与温度的关系

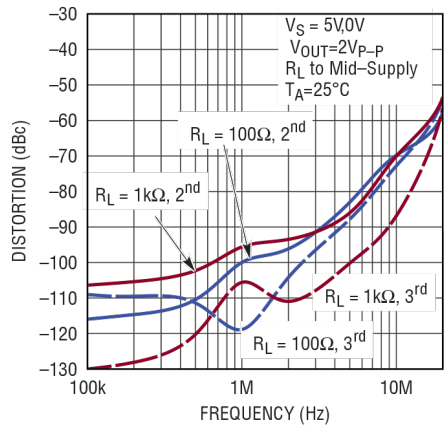
串联输出电阻与容性负载的关系, $A_V = 1$ 串联输出电阻与容性负载的关系, $A_V = 2$ 

典型性能参数 除非另有说明, $V_S = \pm 5V$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$ 。

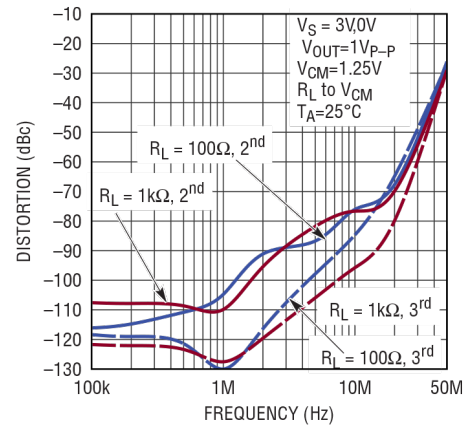
失真与频率的关系,
 $A_V = 1$, $\pm 5V$ 电源



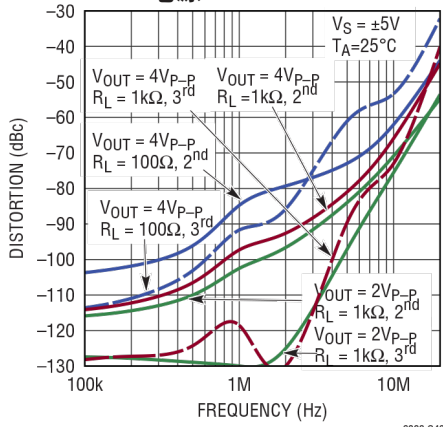
失真与频率的关系,
 $A_V = 1$, 5V电源



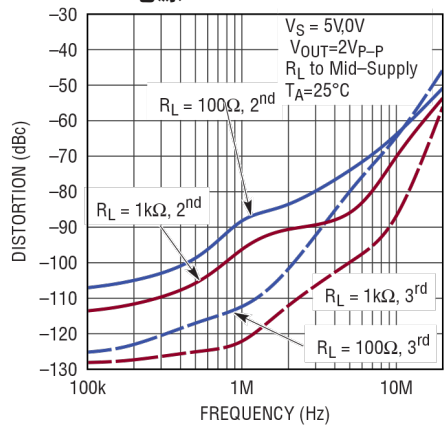
失真与频率的关系,
 $A_V = 1$, 3V电源



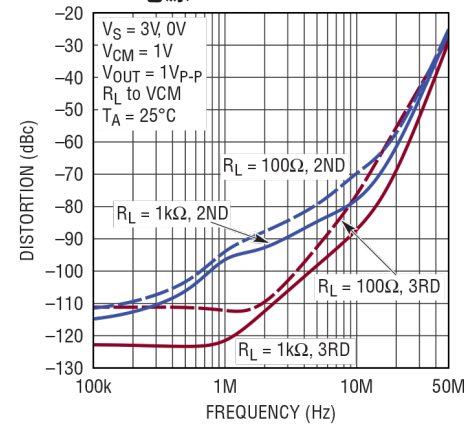
失真与频率的关系, $A_V = 2$,
 $\pm 5V$ 电源



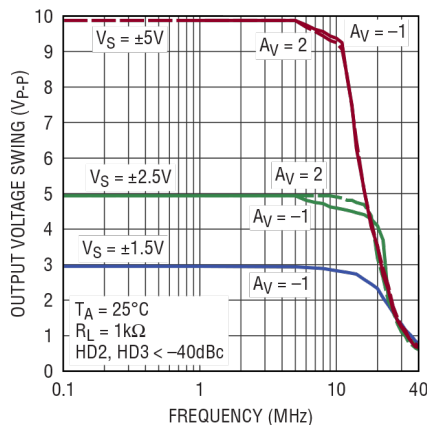
失真与频率的关系, $A_V = 2$,
5V 电源



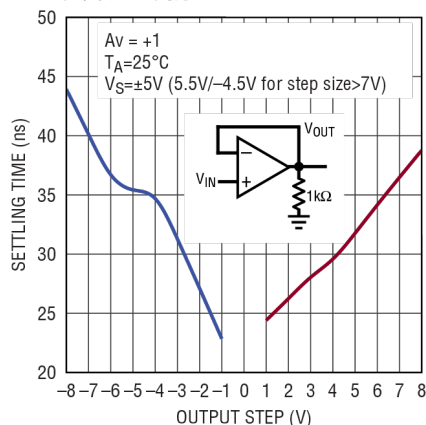
失真与频率的关系, $A_V = 2$,
3V 电源



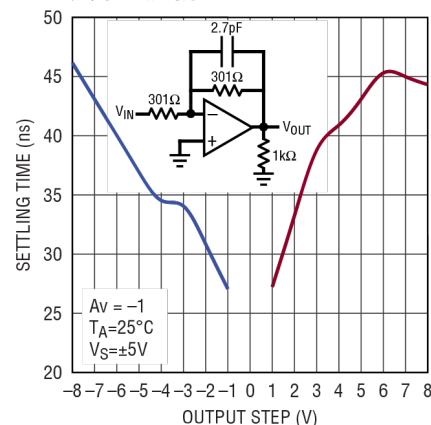
最大无失真输出信号与频率的
关系



0.1% 建立时间与输出阶跃的
关系 (同相)



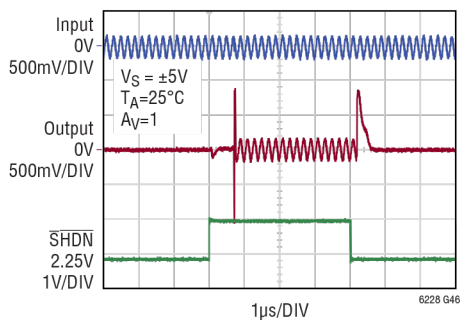
0.1% 建立时间与输出阶跃的
关系 (反相)



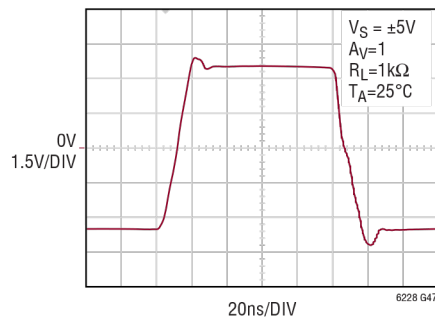
典型性能参数

除非另有说明, $V_S = \pm 5V$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$ 。

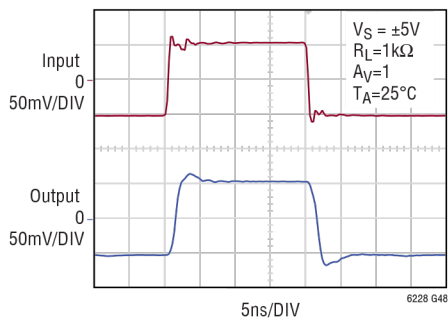
SHDN 引脚响应时间



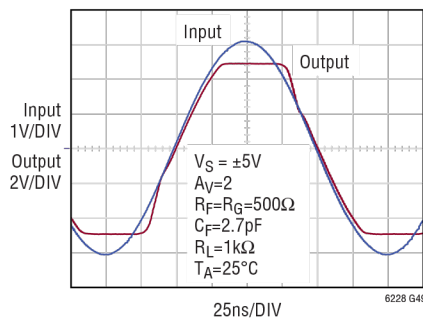
大信号响应



小信号响应



输出过驱恢复



引脚功能

FB (仅限 SOIC-8): 反馈引脚。内部连接到 OUT。

+IN: 放大器的同相输入。有效输入范围是从 V^- 到 $V^+ - 1.2V$

-IN: 放大器的反相输入。有效输入范围是从 V^- 到 $V^+ - 1.2V$

OUT: 放大器的输出。轨到轨摆幅，通常可以提供/吸收 90mA 以上的电流。

$\overline{\text{SHDN}}$: 关断引脚 (低电平有效)。以 V^+ 为基准。当电压降至比 V^+ 低 2.75V 时，放大器关断，进入低功耗模式，输出处于高阻态。当电压在 V^+ 的 350mV 范围以内时，偏置电流抵消功能使能。当悬空时，放大器开启，但偏置抵消功能不使能。

V^+ : 放大器的正电源。当 V^- 为 0V 时，有效范围是从 2.8V 到 11.75V。

V^- : 放大器的负电源。通常为 0V。这可以是负电压，只要 $2.8V \leq (V^+ - V^-) \leq 11.75V$

应用信息

电路说明

LTC6228/LTC6229 的输入信号范围是从负电源电压到正电源电压以下 1.25V。图 1 显示了放大器的简化示意图。输入级由 PNP 晶体管 Q1 和 Q2 组成。在输入级，当使能偏置抵消时，器件 Q18 和 Q19 用于抵消输入差分对的偏置电流。自举晶体管 Q13 和 R5 与 Q11 和 Q12 的集电极和发射极电压匹配，从而改善输出阻抗，提高增益。Q13 的集电极电流是 Q11 和 Q12 的集电极电流的两倍，因此 Q11 和 Q12 的基极电流不会造成 Q9 和 Q8 的集电极电流不匹配，直流精度得以提高。一对互补共射极推挽管 Q15 和 Q14 使输出能够摆动到任一供电轨。SHDN 接口模块将 SHDN 信号转换为 2 个信号：pwr_dn 用于关断器件（通过停用电流源 I1-I4）并将输出置于高阻态（通过 M2 和 M1 将 Q15/Q14 的基极短接到电源），disable_bias 用于关闭输入偏置抵消功能（通过 M3 将 Q19 的基极短接到 V^- ）。

输入偏置电流

LTC6228 系列的输入偏置电流约为 $16\mu\text{A}$ 。对于 LTC6228 和 LTC6229DD10，当 SHDN 引脚电压在正电源电压的 350mV 以内时，室温下的输入偏置电流可减小至 $2.5\mu\text{A}$ 以下。此功能会使能输入偏置电流抵消电路，使得放大器可以应用在涉及源阻抗的直流应用中。

当使能输入偏置电流抵消功能，并且输入共模电压在距 V^- 的大约 500mV 以内时，偏置抵消功能不再有效，因为图 1 中的晶体管 Q18 和 Q19 进入饱和状态。输入偏置电流随后可能超过 $50\mu\text{A}$ 或更高，这比没有输入偏置抵消的输入偏置电流要大。此外，当使能输入偏置电流抵消功能时，电流噪声会增加。是否使用输入偏置抵消功能的决定，应依据最终应用的要求和条件来作出。

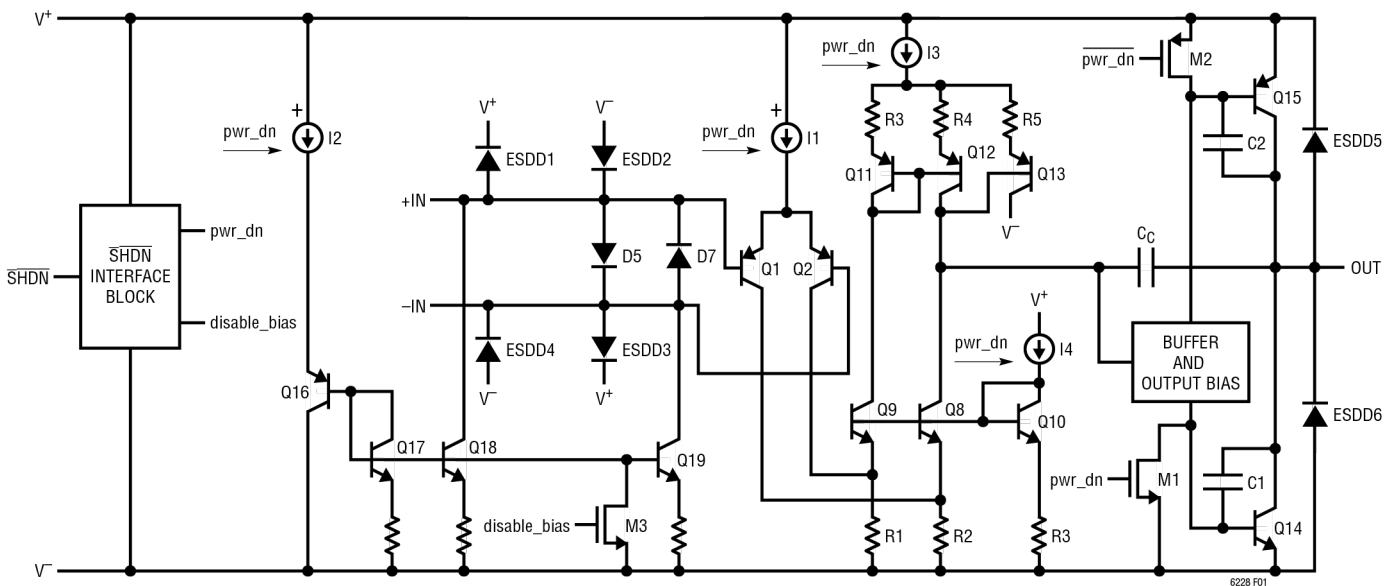


图 1. LTC6228 原理示意图

应用信息

如果 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚悬空，则不会使能输入偏置抵消功能，这可能适合于许多应用。

输出

LTC6228 系列具有出色的输出驱动能力。放大器在 10V 的总电源下通常可以提供 90mA 以上的输出电流；在负载电流高达 25mA 的情况下，通常可以摆动到距电源的 320mV 以内。随着放大器的电源电压降低，输出电流能力也会降低。当输出处于持续短路状态时，务必将 IC 的结温保持在 150°C 以下（请参阅“功耗”部分）。放大器的输出端通过反向偏置二极管连接到各电源。如果输出被驱动到超过任一电源，则极高的电流将流过这些二极管，这可能会损坏器件。

输入保护

LTC6228 有一对背靠背二极管 (D5 和 D7)，用以防止输入晶体管的发射极基极击穿，并将差分输入限制为 $\pm 700\text{mV}$ 。与很多其他高性能放大器不同，输入差分对晶体管 Q1 和 Q2 的基极未通过内部电阻连接到引脚以限制输入电流，因为这样做会导致噪声增加。例如，各输入串联一个 100 Ω 电阻会产生 $1.8\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 的噪声，总放大器噪声电压将从 $0.88\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 上升至 $2\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。如果输入差分电压超过 $\pm 0.7\text{V}$ ，则通过保护二极管 D5 和 D7 传导的电流应限制在 10mA 以下。这意味着，超出 $\pm 0.7\text{V}$ 的过驱每增加四分之一伏 (250mV)，就需要 25 Ω 的保护电阻。此外，输入和关断引脚有反偏二极管连接到电源。这些二极管中的电流必须限制在 10mA 以下。这个放大器不应用作比较器或其他开环应用中。

ESD

LTC6228 系列的所有输入上都有反偏 ESD 保护二极管，如图 1 所示。正电源和负电源之间还有一个箝位器，用以在 ESD 冲击期间进一步保护器件。

应避免将器件热插入电源插座，因为这会触发箝位，导致较大电流在电源引脚之间流动。

容性负载

LTC6228/LTC6229 针对高带宽应用而设计，因此输出未被设计为直接驱动容性负载。输出端的负载电容在开环频率响应中产生一个非主导极点，使相位裕度变小。驱动容性负载时，应在放大器输出和容性负载之间串联一个 10 Ω 至 100 Ω 的电阻，以避免振铃或振荡。反馈应直接从放大器输出获取。较高电压增益配置比较低增益配置往往具有更好的容性负载驱动能力，因为其闭环带宽更低。标题为“串联输出电阻与容性负载的关系”的曲线图展示了使用不同串联电阻驱动容性负载时放大器的瞬态响应。

反馈元件

当使用反馈电阻设置增益时，务必确保反相输入端的反馈电阻和寄生电容形成的非主导极点不会降低放大器的稳定性。例如，如果放大器设置为 +2 的增益配置，增益和反馈电阻为 1k，则放大器反相输入端的 7pF 寄生电容（器件 + PC 板）将导致该器件振荡，原因是在 45MHz 处形成了一个极点。如图 2 所示，在反馈电阻上并联一个 7pF 电容可消除任何振铃或振荡。一般而言，如果阻性反馈网络产生的极点的频率位于放大器的闭环带宽以内，则可以在反馈电阻上并联一个电容，以引入一个频率接近极点频率的零点，从而提高稳定性。

应用信息

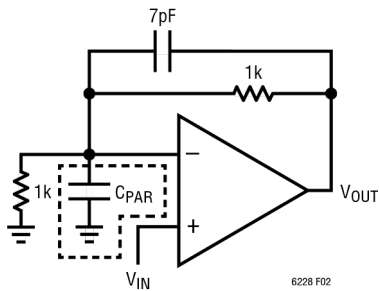


图 2. 7pF 反馈抵消寄生极点

对于高速设计，务必使寄生电感最小化。使用电容，将电极端接在长边而不是短边（例如使用 0306，而不使用 0603 元件），对此会有所帮助。

关断

LTC6228/LTC6229 具有关断引脚 ($\overline{\text{SHDN}}$)，这些引脚可以禁用放大器，使每通道的静态电流降至大约 500 μA 。要禁用放大器，需将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚驱动到比 V^+ 低至少 2.75V。对于 5V 及以下的总电源电压， $V^+ - 2.65\text{V}$ 的引脚电压可以禁用放大器。关断期间，图 1 中的输出晶体管 Q15 和 Q14 处于高阻抗状态。如果 $\overline{\text{SHDN}}$ 悬空，则该引脚内部偏置到正电源以下 1.2V，放大器保持开启状态。

功耗

务必确保芯片的结温不超过 150°C。

结温 T_J 根据环境温度 T_A 、功耗 P_D 和热阻 θ_{JA} 计算：

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA}).$$

IC 的功耗是电源电压、输出电压和负载电阻的函数。对于给定电源电压，当输出负载连接到中间电源电压，电源电流为最大值，并且输出电压等于任一电源电压的一半（对于给定负载电阻）时，出现最差情况的功耗 $P_{D(\text{MAX})}$ 。 $P_{D(\text{MAX})}$ 大致（因为 I_S 会随输出负载电流而变化）由下式给出：

$$P_{D(\text{MAX})} = (2 \cdot V_S \cdot I_{S(\text{MAX})}) + (V_S/2)^2/R_L$$

示例：对于采用 6 引脚 DC 封装、 $\pm 5\text{V}$ 电源供电并驱动 500 Ω 接地负载的 LTC6228，最差情况的功耗大约为：每放大器 $P_{D(\text{MAX})} = (10 \cdot 19\text{mA}) + (5)^2/500 = 240\text{mW}$ 。

在绝对最大环境工作温度下，这些条件下的结温为：

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA}) = 125 + 0.24 \cdot 80 = 144.2^\circ\text{C}$$

它略低于 LTC6228/LTC6229 的绝对最大结温。

有关各种封装的热阻，请参见“引脚配置”部分。

电路板布局和旁路电容

由于所涉及信号的速度非常高，因此应使用高速和 RF 板布局技术。对于 LTC6228 SOIC-8 封装选项，应从 FB 引脚而不是输出引脚获取反馈，以缩短信号走线长度。

应用信息

-IN 和 +IN 引脚的杂散电容应尽可能小，以降低对稳定性的影响。例如，PCB 上的接地层或电源层不应涵盖输入引脚正下方的区域。

对于单电源应用，建议在每个 V^+ 引脚与其最近的 V^- 引脚之间直接放置高质量 $0.1\mu\text{F}||1000\text{pF}$ 陶瓷旁路电容并短路连接。 V^- 引脚（包括裸露焊盘）应以最短走线直接连接到低阻抗接地层。对于双（分离）电源，建议再使用高质量 $0.1\mu\text{F}||1000\text{pF}$ 陶瓷电容，同样以最短走线将 V^+ 和 V^- 引脚旁路至地。

噪声考虑因素

$0.88\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 的超低折合到输入端电压噪声相当于室温时 47Ω 电阻的噪声。与所有 BJT 输入放大器一样，增加输入差分对的集电极电流可降低折合到输入端的电压噪声，但这会相应的提高输入端的电流噪声。

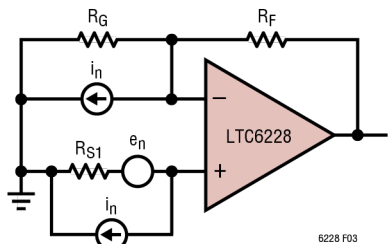


图 3.

图 3 显示了 LTC6228 的典型增益配置。

可以看到，增益级的电路折合到输入端噪声谱密度 (e_T) 可由下式计算：

$$e_T^2 = \underbrace{e_n^2}_{\substack{\text{运算} \\ \text{放大器} \\ \text{电压噪声}}} + \underbrace{i_n^2 R_{EQ}^2}_{\substack{\text{运算} \\ \text{放大器} \\ \text{电流噪声}}} + \underbrace{4KTR_{EQ}}_{\substack{\text{电阻} \\ \text{热噪声}}}$$

其中

$$R_{EQ} = R_{S1} + R_G || R_F$$

运算放大器折合到输入端噪声在增益级的折合到输入端噪声中占主导地位的条件是

$$R_{EQ} \ll e_n^2 / 4KT$$

电阻噪声在增益级的折合到输入端噪声中占主导地位的条件是

$$R_{EQ} \gg e_n^2 / 4KT \text{ and } R_{EQ} \ll 4KT / i_n^2$$

运算放大器折合到输入端的电流噪声在折合到输入端噪声中占主导地位的条件是

$$R_{EQ} \gg 4KT / i_n^2$$

总之，对于较低电阻值，最初 e_n 占主导地位。随着电阻的增加，电阻噪声开始占主导地位；当电阻进一步增加时，电流噪声占主导地位。

折合到输入端的电压噪声谱密度为 $0.88\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，折合到输入端的电流噪声为 $3\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ （禁用偏置抵消），因此很容易明白：增益级的折合到输入端噪声以运放电压噪声为主的条件是 $R_{EQ} \ll 47\Omega$ ，而以电阻噪声为主的条件是

$$55\Omega \ll R_{EQ} \ll 1.8\text{k}\Omega.$$

当 R_{EQ} 高于 $1.8\text{k}\Omega$ 时，折合到输入端的电流噪声占主导地位。

失真/噪声权衡

从上一节可知，减小 R_{EQ} 可降低增益级噪声。但是，通过减小 R_F 和 R_G 来减小 R_{EQ} 是有缺点的。对于给定增益使用较小电阻，除了会提高功耗（当存在大输出信号时）之外，还会导致失真增加，因为运算放大器的内部非线性会随着负载电流的增加而恶化。此外，较小电阻会降低运算放大器增益，因而会影响带宽。另一方面，电阻过大的缺点是寄生电容可能会影响高频下的增益。因此，使用 LTC6228 设计系统时，建议电阻值仅受系统噪声要求的限制，同时要注意，阻抗寄生电容效应不应影响预期带宽以下的增益。例如，对于 $5\text{k}\Omega$ 的反馈电阻， 400fF 的寄生电容将影响 79MHz 以上频率的增益。

典型应用

18 位高速 ADC 驱动器

超低噪声和失真性能使 LTC6228 非常适合驱动高速高分辨率 ADC 的快速大幅度信号。图 4 显示了一对由差分输入驱动的 LTC6228，其驱动一个 15Msps、18 位 ADC LTC2387-18。图 5 显示了使用 -1dBFS 、1MHz 输入信号获得的 FFT。所得 SNR 为 93.4dB，优于 LTC2387-18 的保证 SNR (93dB)，接近其典型值 95.7dB。无杂散动态范围达到出色的 95dB，接近 LTC2387-18 的保证 SFDR (97dB)。

高速低压低噪声仪表放大器

图 6 显示了一个增益为 41V/V 的三运放仪表放大器，它能在很宽的电源电压范围内工作。

30Ω 增益设置电阻的公共端使用一个 RC 缓冲器，以减小从一个放大器的输出到另一个放大器的负输入的电路板感应布局耦合的影响。图 7 显示了该仪表放大器在 $1\text{k}\Omega$ 负载下测得的频率响应。图 8 显示了该仪表放大器的实测 CMRR，图 9 显示了将 $50\text{mV}_{\text{p-p}}$ 输入方波施加到正输入端并将负输入端接地的瞬态响应。总电源电压为 3.3V 。LTC6229 输入端的超低失调电压和低 $1/f$ 噪声支持宽带仪表放大器操作（直至 DC）。请注意，LTC6229 的偏置电流高于传统低速仪表放大器中可能出现的偏置电流。诸如图 6 所示的高速仪表假定相应的阻抗激励足够低。

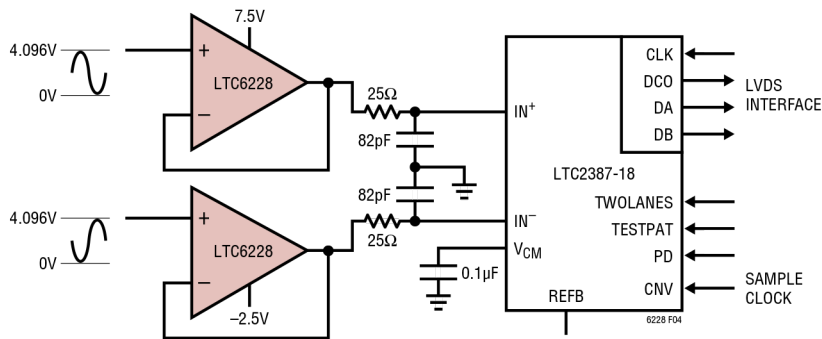


图 4.18 18 位 ADC 的高速驱动器

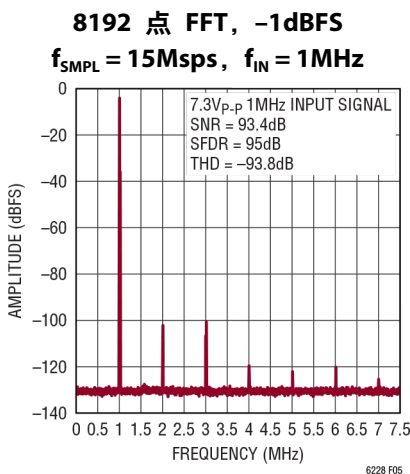


图 5. 基于 LTC6228 的驱动器驱动 LTC2387-18 的实测性能

典型应用

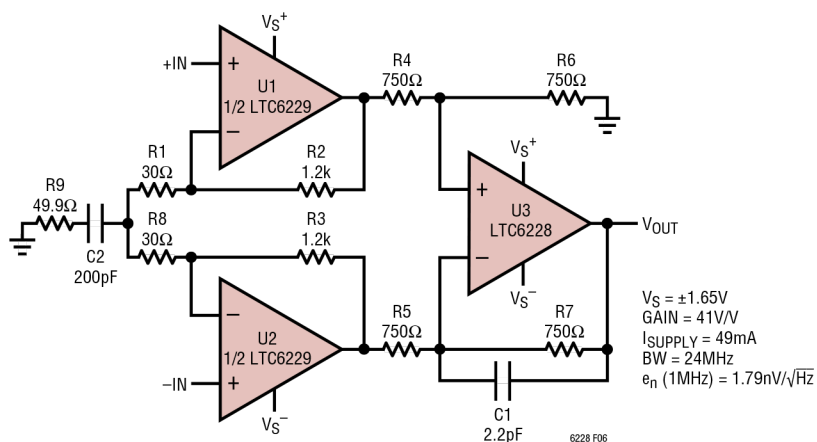


图 6. 高速低压低噪声仪表放大器

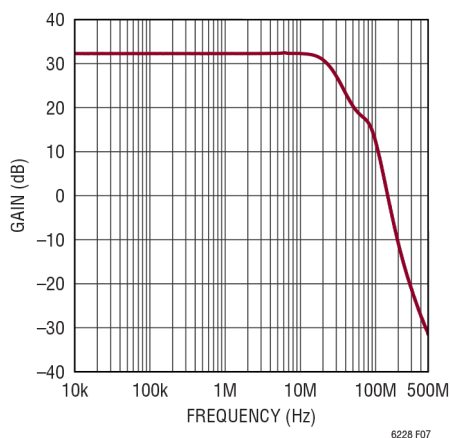


图 7. 仪表放大器频率响应

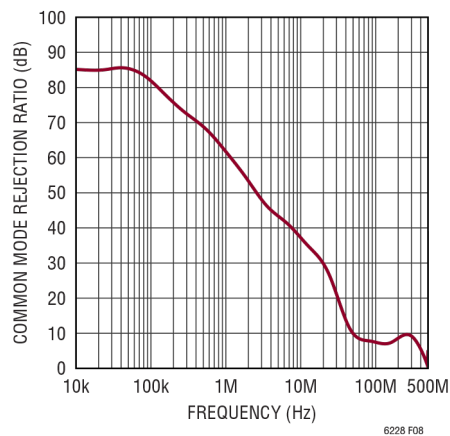


图 8. 仪表放大器 CMRR

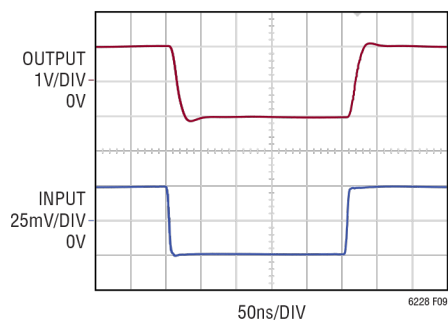


图 9. 瞬态响应

典型应用

宽带差分至单端转换器

高压摆率和带宽的结合使 LTC6228 可用作高频大信号的转换器。

图 10 显示了仅使用一个 LTC6228 实现的增益为 -6dB 的宽带差分至单端转换器。图 11

显示了 $2V_{P-P}$ 差分输入下该电路的频率响应。所得带宽为 50MHz。驱动器的共模增益如图 12 所示,其受电路中电阻之间的匹配度限制。图 13 显示了驱动器对 $1V_{P-P}$ 差分方波信号的响应。

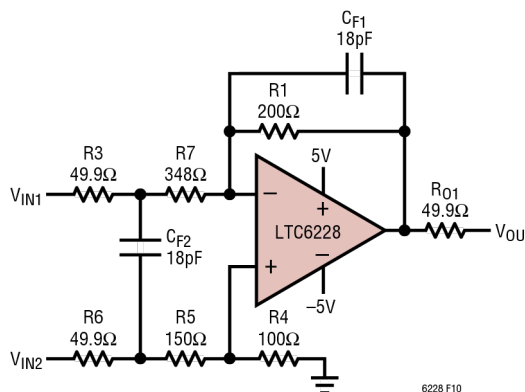


图 10. 宽带差分至单端转换器

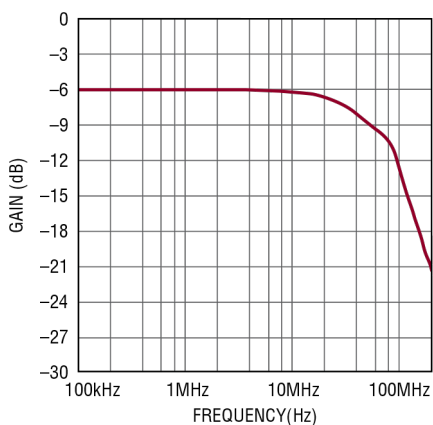


图 11. 差分至单端转换器的频率响应

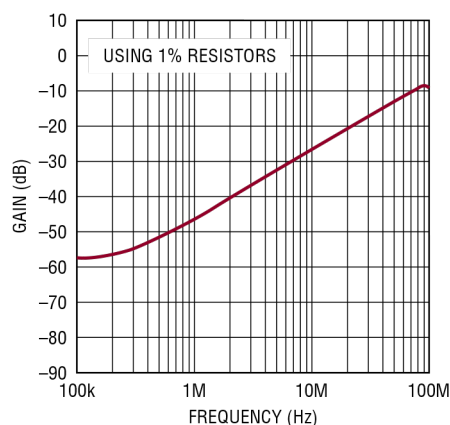


图 12. 共模增益与频率的关系

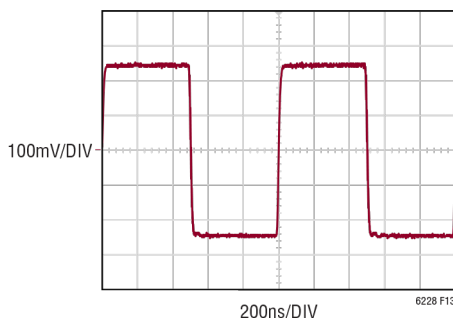


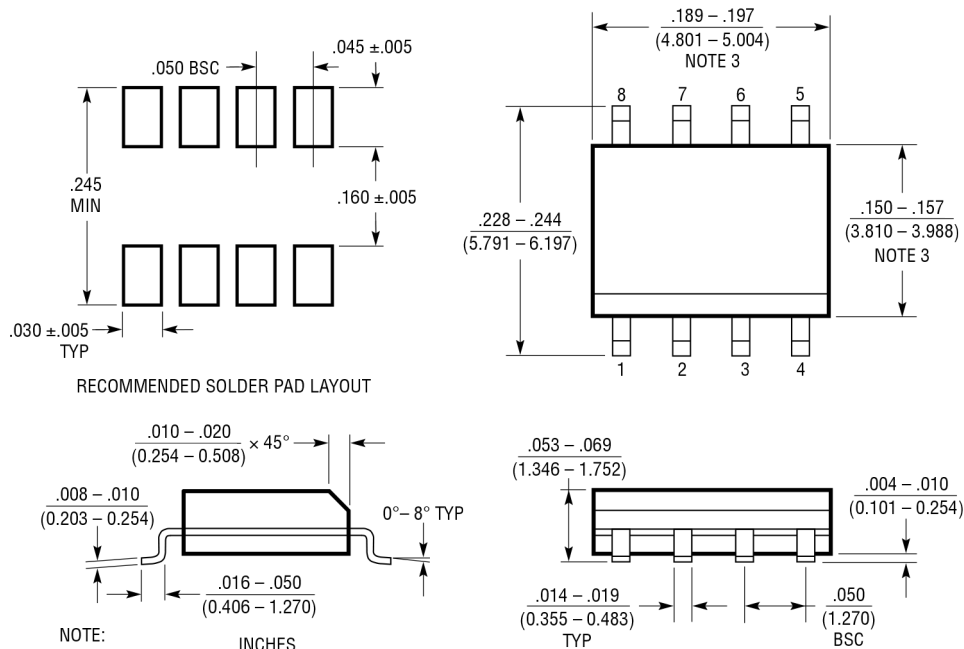
图 13. 差分至单端转换器的脉冲响应

封装说明

S8 封装

8 引脚塑料小型(窄体, 150 英寸)

(参考 LTC DWG # 05-08-1610 Rev G)



- 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 $.006''$ (0.15mm)
 4. PIN 1 CAN BE BEVEL EDGE OR A DIMPLE

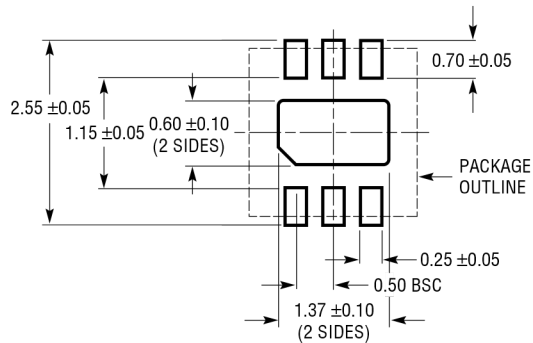
S08 REV G 0212

封装说明

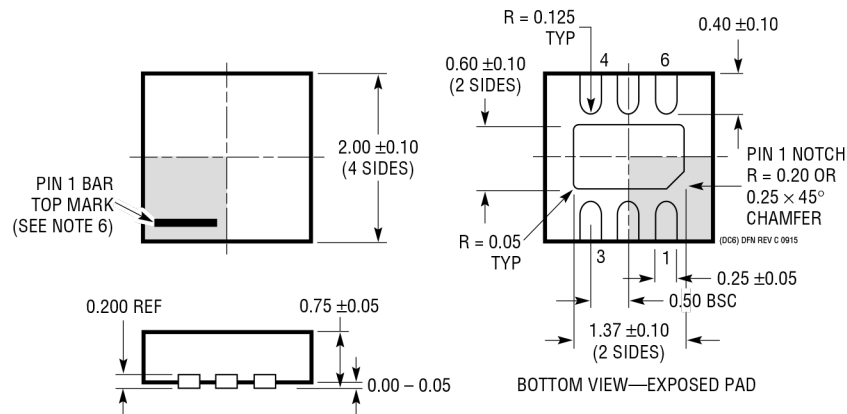
DC6 封装

6 引脚塑料 DFN (2mm × 2mm)

(参考 LTC DWG # 05-08-1703 Rev C)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



NOTE:

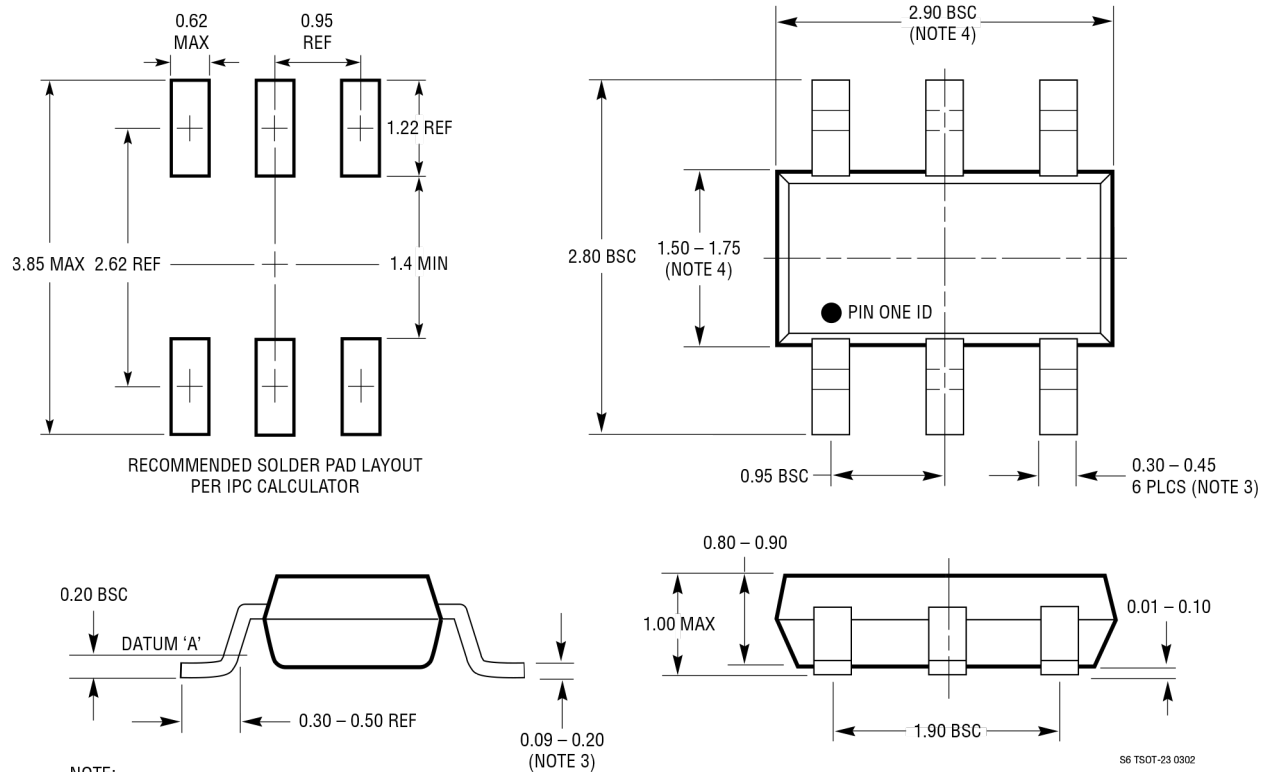
1. DRAWING TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE M0-229 VARIATION OF (WCDD-2)
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER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

应用信息

S6 封装

6 引脚塑料 TSOT-23

(参考 LTC DWG # 05-08-1636)

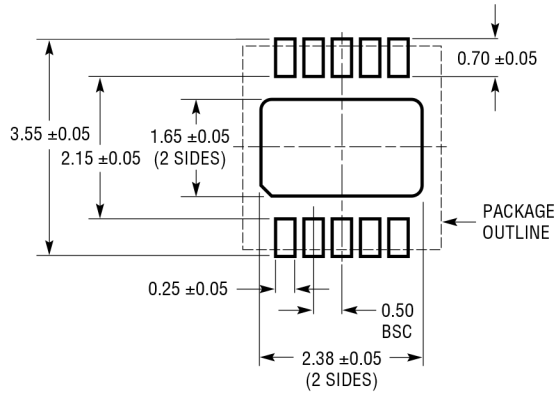


封装说明

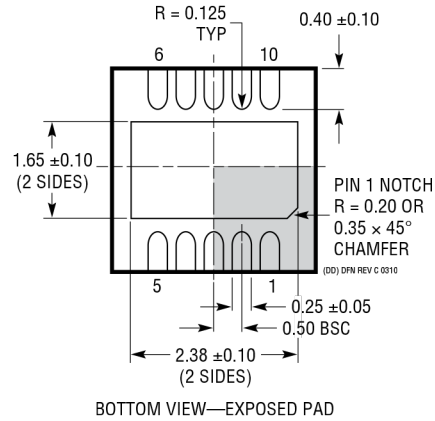
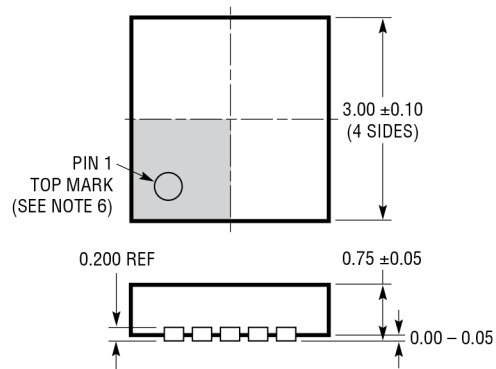
DD 封装

10 引脚塑料 DFN (3mm × 3mm)

(参考 LTC DWG # 05-08-1699 Rev C)



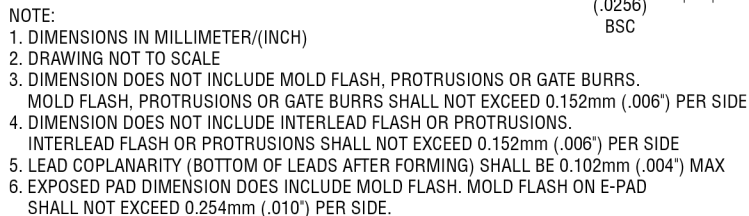
RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



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

(參考 LTC DWG # 05-08-1662 Rev K)

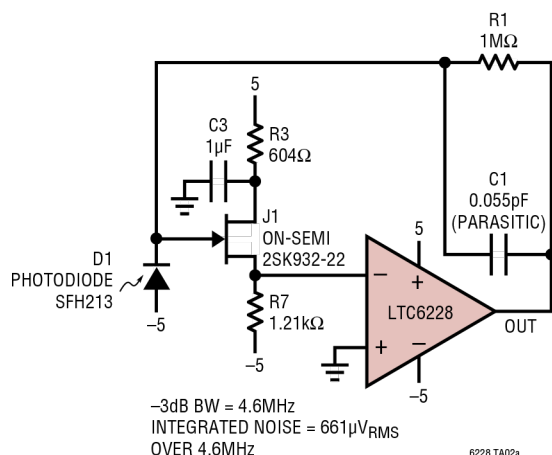


修订历史

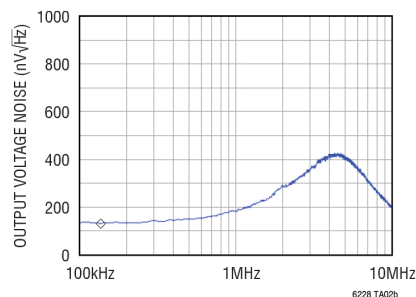
修订版	日期	说明	页码
A	09/19	数据手册增加 LTC6229	全部

典型应用

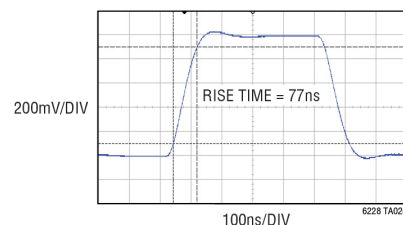
高速高动态范围光电二极管放大器



光电二极管放大器噪声谱



光电二极管放大器瞬态响应



相关器件

产品型号	说明	备注
运算放大器		
LTC6252/LTC6253/LTC6254	单/双/四通道高速轨到轨输入输出运算放大器	720MHz, 3.5mA, 2.75nV/√Hz, 280V/μs, 0.35mV, 单位增益稳定
LTC6268-10/LTC6269-10	单/双通道高速 FET 输入运算放大器	4GHz, 4nV/√Hz, ±3f _A 输入偏置电流
ADA4897-1	1nV/√Hz、低功耗轨到轨输出	230MHz, 120V/μs
LT1806/LT1807	单/双通道低噪声轨到轨输入输出运算放大器	325MHz, 13mA, 3.5nV/√Hz, 140V/μs, 550μV, 85mA 输出驱动
LTC6246/LTC6247/LTC6248	单/双/四通道高速轨到轨输入输出运算放大器	180MHz, 1mA, 4.2nV/√Hz, 90V/μs, 0.5mV
LT6238/LT6237/LT6232	单/双/四通道低噪声轨到轨输出运算放大器	215MHz, 3.5mA, 1.1nV/√Hz, 70V/μs, 350μV
LT6200/LT6201	单/双通道超低噪声轨到轨输入输出运算放大器	165MHz, 20mA, 0.95nV/√Hz, 44V/μs, 1mV
AD8099	超低失真低噪声高速运算放大器	0.95nV/√Hz, 3.8GHz GBW
LT1468	16 位精密高速运算放大器	90MHz, 3.9mA, 5nV/√Hz, 22V/μs, 175μV, -96.5dB THD (10V _{p-p} 时), 100kHz
ADA4899-1	单位增益稳定超低失真 1nV/√Hz	600MHz, 310V/μs, 4.5V 至 10V 工作电压
LT1028/LT1128	超低噪声精密高速运算放大器	75MHz, 9.5mA, 0.85nV/√Hz, 11V/μs, 40μV
ADC		
LTC2387-18	18 位 15Msps SAR-ADC	95.7dB SNR
LTC2393-16	1Msps 16 位 SAR-ADC	94dB DNR
LTC2378-20	20 位、1 Msps 低功耗 SAR-ADC	104 dB SNR/105 dB THD (100kHz 时)
AD7625	16 位 6Msps PulSAR® ADC	93dB SNR
AD4020	20 位、1.8Msps 精密 SAR-ADC	99dB SNR/100dB THD (100kHz 时)

