

10 μ A 电源电流、低 I_B 、零漂移运算放大器

特点

- 低电源电流：10 μ A（最大值）
- 失调电压：5 μ V（最大值）
- 失调电压漂移：0.02 μ V/ $^{\circ}$ C（最大值）
- 输入偏置电流
 - 5pA（典型值）
 - 50pA（最大值），-40 $^{\circ}$ C 至 85 $^{\circ}$ C
 - 150pA（最大值），-40 $^{\circ}$ C 至 125 $^{\circ}$ C
- 集成 EMI 滤波器（1.8GHz 时抑制性能为 90dB）
- 关断电流：170nA（最大值）
- 轨到轨输入和输出
- 工作电源范围：1.7V 至 5.25V
- A_{VOL} ：140dB（典型值）
- 低电荷上电支持占空比应用
- 额定温度范围：
 - -40 $^{\circ}$ C 至 85 $^{\circ}$ C
 - -40 $^{\circ}$ C 至 125 $^{\circ}$ C
- 6 引脚 SC70、5 引脚 TSOT-23 封装

应用

- 无线 Mesh 网络中的信号调理
- 便携式仪器仪表系统
- 低功耗传感器调理
- 气体探测
- 温度测量
- 医疗仪器
- 能量收集应用
- 低功耗电流检测

说明

LTC[®]2066 是一款单通道、低功耗、零漂移、100kHz 放大器。LTC2066 支持以极低功耗实现高分辨率测量。

典型电源电流为 7.5 μ A，最大值为 10 μ A。可用关断模式已经过优化，可最大限度地降低占空比应用中的功耗，并且上电期间的电荷损耗很低，系统总功耗得以降低。

LTC2066 的自校准电路可实现非常低的输入失调（最大 5 μ V）和失调漂移（0.02 μ V/ $^{\circ}$ C）。最大输入偏置电流仅为 35pA，在整个额定温度范围内不超过 150pA。LTC2066 的极低输入偏置电流允许在反馈网络中使用节省功耗的高值电阻。

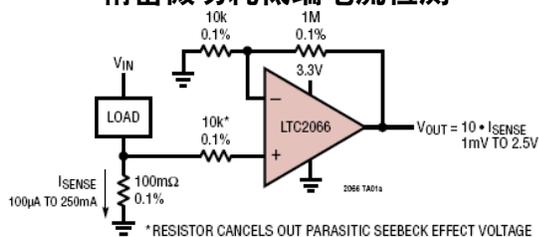
凭借超低静态电流和出色的精度，LTC2066 可作为便携式、能量收集和无线传感器应用中的信号链构建模块。

LTC2066 采用 6 引脚 SC70 和 5 引脚 TSOT-23 封装，额定温度范围为 -40 $^{\circ}$ C 至 85 $^{\circ}$ C 和 -40 $^{\circ}$ C 至 125 $^{\circ}$ C。

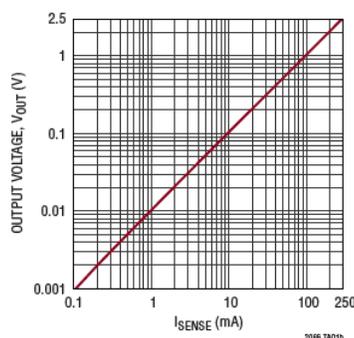
所有注册商标和商标均属各自所有人所有。

典型应用

精密低功耗低端电流检测



低功耗低端电流检测输出电压



LTC2066

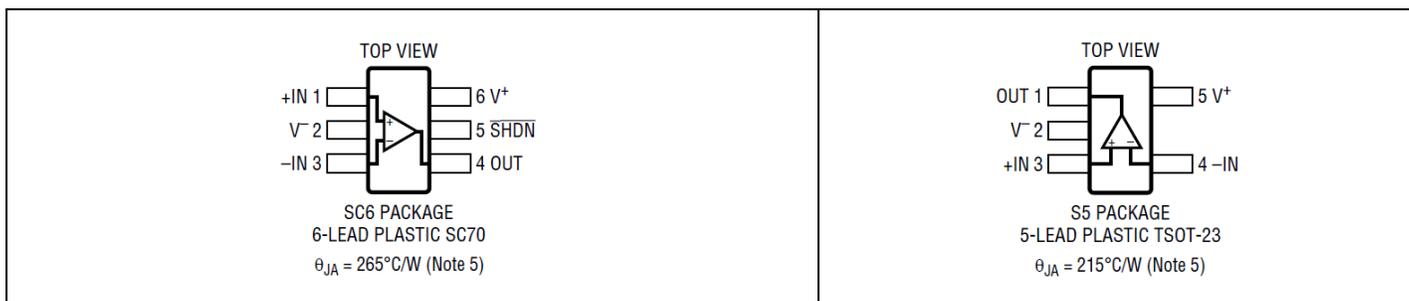
绝对最大额定值

(注释 1)

总电源电压 (V^+ 至 V^-)	5.5V
差分输入电流 (+IN 至 -IN) (注释 2)	$\pm 10\text{mA}$
差分输入电压 (+IN 至 -IN)	5.5V
输入电压	
+IN、-IN、 $\overline{\text{SHDN}}$	$(V^-) - 0.3\text{V}$ 至 $(V^+) + 0.3\text{V}$
输入电流	
+IN、-IN、 $\overline{\text{SHDN}}$ (注释 2)	$\pm 10\text{mA}$

输出短路持续时间	
(注释 3)	受散热限制
工作和额定温度范围 (注释 4)	
LTC2066L	-40°C 至 85°C
LTC2066H	-40°C 至 125°C
最高结温	150°C
存储温度范围	-65°C 至 150°C

引脚配置



订购信息 <http://www.linear.com/product/LTC2066#orderinfo>

卷带和卷盘 (迷你型)	卷带和卷盘	器件标识*	封装说明	温度范围
LTC2066ISC6#TRMPBF	LTC2066ISC6#TRPBF	LHDB	6 引脚塑料 SC70	-40°C 至 85°C
LTC2066HSC6#TRMPBF	LTC2066HSC6#TRPBF	LHDB	6 引脚塑料 SC70	-40°C 至 125°C
LTC2066IS5#TRMPBF	LTC2066IS5#TRPBF	LTHCZ	5 引脚塑料 TSOT-23	-40°C 至 85°C
LTC2066HS5#TRMPBF	LTC2066HS5#TRPBF	LTHCZ	5 引脚塑料 TSOT-23	-40°C 至 125°C

关于具有更宽额定工作温度范围的器件，请咨询 ADI 公司市场部门。*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。

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

有关卷带和卷盘规格的更多信息，请访问：<http://www.linear.com/tapeand reel>。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, $V_S = 1.8\text{V}$, $V_{\text{CM}} = V_{\text{OUT}} = V_S/2$, $V_{\text{SHDN}} = 1.8\text{V}$, R_L 接 $V_S/2$ 。

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 6)			1	± 5 ± 10	μV μV
$\Delta V_{\text{OS}}/\Delta T$	输入失调电压漂移 (注释 6)	-40°C 至 85°C -40°C 至 125°C			± 0.03 ± 0.05	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_B	输入偏置电流	-40°C 至 85°C -40°C 至 125°C		± 2	± 30 ± 50 ± 150	pA pA pA
I_{OS}	输入失调电流	-40°C 至 85°C -40°C 至 125°C		± 4	± 30 ± 50 ± 150	pA pA pA
i_n	输入噪声电流频谱密度	$f \leq 100\text{Hz}$		35		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
e_n	输入噪声电压频谱密度	$f \leq 100\text{Hz}$		90		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$e_{\text{n P-P}}$	输入噪声电压	DC 至 10Hz		1.9		$\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
C_{IN}	输入电容	差分 共模		3.3 3.5		pF pF
V_{CMR}	输入电压范围	通过 CMRR 保证	$(V^-) - 0.1$		$(V^+) + 0.1$	V
CMRR	共模抑制比 (注释 7)	$V_{\text{CM}} = (V^-) - 0.1\text{V}$ 至 $(V^+) + 0.1\text{V}$, $R_L = 499\text{k}$	103 100	123		dB dB
PSRR	电源抑制比	$V_S = 1.7\text{V}$ 至 5.25V , $R_L = 499\text{k}$	108 106	126		dB dB
A_{VOL}	开环增益 (注释 7)	$V_{\text{OUT}} = (V^-) + 0.1\text{V}$ 至 $(V^+) - 0.1\text{V}$, $R_L = 499\text{k}$	102 100	120		dB dB
V_{OL}	输出电压摆幅低 ($V_{\text{OUT}} - V^-$)	$R_L = 499\text{k}$ $R_L = 10\text{k}$		0.05 3	10 20	mV mV mV
V_{OH}	输出电压摆幅高 ($V^+ - V_{\text{OUT}}$)	$R_L = 499\text{k}$ $R_L = 10\text{k}$		0.1 4.5	10 50	mV mV mV
I_{SC}	输出短路电流	拉电流 灌电流	5.8 4 10.4 5	7.5		mA mA mA mA
SR	压摆率	$A_V = +1$		17.5		V/ms
GBW	增益带宽积	$R_L = 499\text{k}$		100		kHz
t_{ON}	上电时间			0.4		ms
f_c	内部斩波频率			25		kHz
V_S	电源电压范围	通过 PSRR 保证	1.7		5.25	V
I_S	电源电流	空载 -40°C 至 85°C -40°C 至 125°C 关断模式 ($\text{SHDN} = V^-$) -40°C 至 85°C -40°C 至 125°C		7.4	10 12.5 20 90 170 500	μA μA μA nA nA nA
V_H	SHDN引脚阈值, 逻辑高电平 (以 V^- 为基准)		1.0			V
V_L	SHDN引脚阈值, 逻辑低电平 (以 V^- 为基准)				0.65	V
I_{SHDN}	SHDN引脚电流	$V_{\text{SHDN}} = 0\text{V}$	-150		-20	nA

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， $V_S = 5\text{V}$ ， $V_{\text{CM}} = V_{\text{OUT}} = V_S/2$ ， $V_{\text{SHDN}} = 5\text{V}$ ， R_L 接 $V_S/2$ 。

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 6)			1	± 5	μV
					± 10	μV
$\Delta V_{\text{OS}}/\Delta T$	输入失调电压漂移 (注释 6)	-40°C 至 85°C			± 0.02	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
		-40°C 至 125°C			± 0.04	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_B	输入偏置电流	-40°C 至 85°C		± 5	± 35	pA
		-40°C 至 125°C			± 50	pA
					± 150	pA
I_{OS}	输入失调电流	-40°C 至 85°C		± 10	± 35	pA
		-40°C 至 125°C			± 50	pA
					± 150	pA
i_n	输入噪声电流频谱密度	$f \leq 100\text{Hz}$		35		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
e_n	输入噪声电压频谱密度	$f \leq 100\text{Hz}$		80		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$e_{\text{n,P-P}}$	输入噪声电压	DC 至 10Hz		1.7		$\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
C_{IN}	输入电容	差分		3.3		pF
		共模		3.5		pF
V_{CMR}	输入电压范围	通过 CMRR 保证	$(V^-) - 0.1$		$(V^+) + 0.1$	V
CMRR	共模抑制比	$V_{\text{CM}} = (V^-) - 0.1\text{V}$ 至 $(V^+) + 0.1\text{V}$ $R_L = 499\text{k}$	111	134		dB
			108			dB
PSRR	电源抑制比	$V_S = 1.7\text{V}$ 至 5.25V $R_L = 499\text{k}$	108	126		dB
			106			dB
EMIRR	EMI 抑制比 $V_{\text{RF}} = 100\text{mV}_{\text{PK}}$ $\text{EMIRR} = 20 \cdot \log(V_{\text{RF}}/\Delta V_{\text{OS}})$	$f = 400\text{MHz}$ $f = 900\text{MHz}$ $f = 1800\text{MHz}$ $f = 2400\text{MHz}$		66 79 90 76		dB dB dB dB
A_{VOL}	开环增益	$V_{\text{OUT}} = (V^-) + 0.1\text{V}$ 至 $(V^+) - 0.1\text{V}$, $R_L = 499\text{k}$	112 110	140		dB dB
V_{OL}	输出电压摆幅低 ($V_{\text{OUT}} - V^-$)	$R_L = 499\text{k}$		0.1		mV
		$R_L = 10\text{k}$		5.5	15	mV
					20	mV
V_{OH}	输出电压摆幅高 ($V^+ - V_{\text{OUT}}$)	$R_L = 499\text{k}$		0.15		mV
		$R_L = 10\text{k}$		7	15	mV
					20	mV
I_{SC}	输出短路电流	拉电流	30 16	51		mA mA
		灌电流	20 5	48		mA mA
SR	压摆率	$A_V = +1$		17.5		V/ms
GBW	增益带宽积	$R_L = 499\text{k}$		100		kHz
t_{ON}	上电时间			0.4		ms
f_C	内部斩波频率			25		kHz
V_S	电源电压范围	通过 PSRR 保证	1.7		5.25	V
I_S	电源电流	空载		7.5	10	μA
		-40°C 至 85°C			12.5	μA
		-40°C 至 125°C			20	μA
		关断模式 ($\text{SHDN} = V^-$)		90	170	nA
		-40°C 至 85°C			250	nA
		-40°C 至 125°C			500	nA

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， $V_S = 5\text{V}$ ， $V_{\text{CM}} = V_{\text{OUT}} = V_S/2$ ， $V_{\text{SHDN}} = 5\text{V}$ ， R_L 接 $V_S/2$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_H	SHDN引脚阈值，逻辑高电平（以 V^- 为基准）		•	1.8		V
V_L	SHDN引脚阈值，逻辑低电平（以 V^- 为基准）		•		0.8	V
I_{SHDN}	SHDN引脚电流	$V_{\text{SHDN}} = 0\text{V}$	•	-150	-20	nA

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：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 10mA 以下。输入电压不应超出电源 300mV 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：LTC2066I 在 -40°C 至 85°C 的温度范围内保证达到额定性能。LTC2066H 在 -40°C 至 125°C 的温度范围内保证达到额定性能。

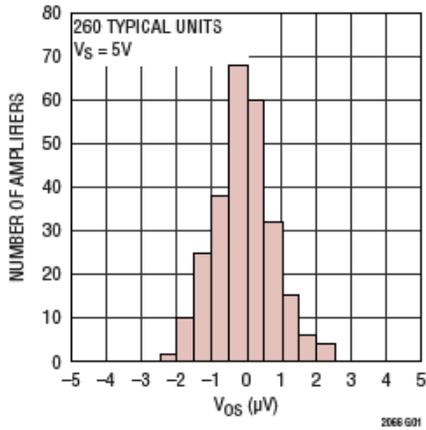
注释 5：热阻随连接到封装的 PC 板金属量而变化。额定值针对连接到引脚的短走线。

注释 6：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。 V_{OS} 测量的限值由测试设备能力决定。

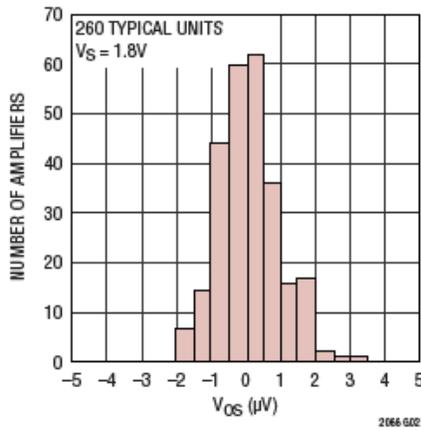
注释 7：这些参数的最小值规格受噪声和自动测试系统的能力限制。

典型性能参数

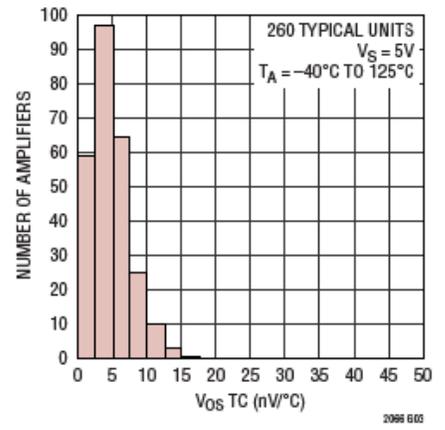
输入失调电压分布



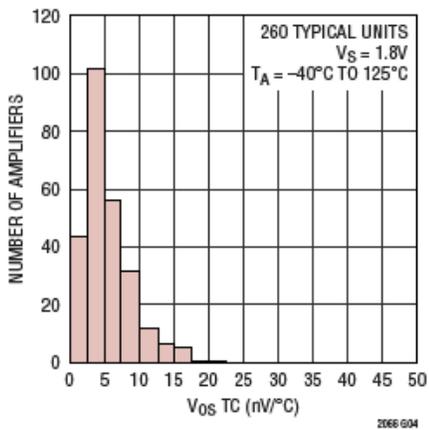
输入失调电压分布



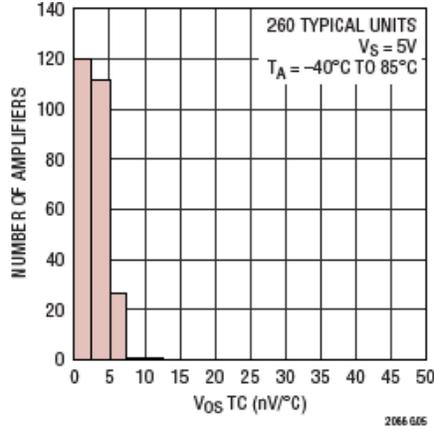
输入失调电压漂移分布 (H 级)



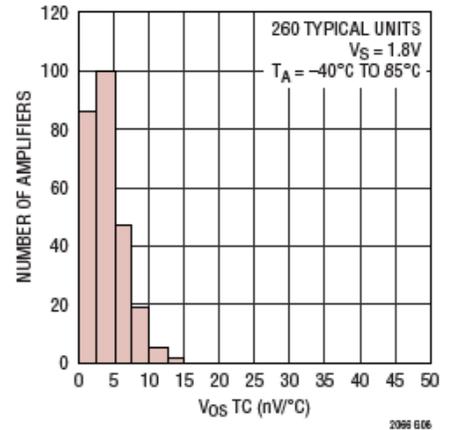
输入失调电压漂移分布 (H 级)



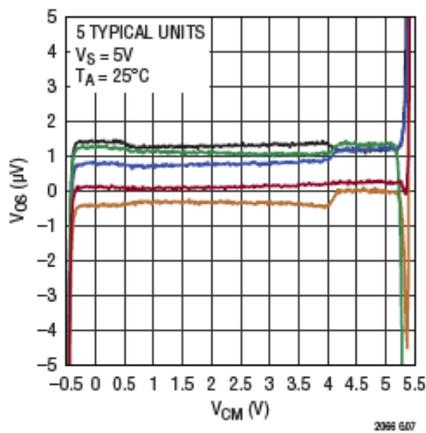
输入失调电压漂移分布 (I 级)



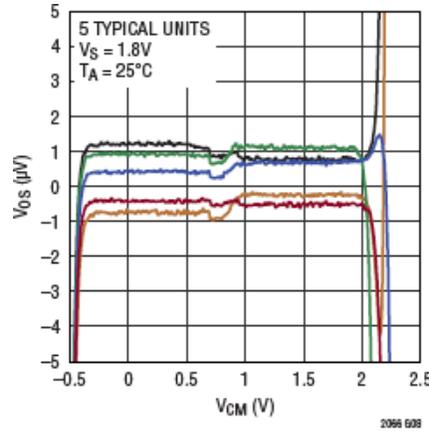
输入失调电压漂移分布 (I 级)



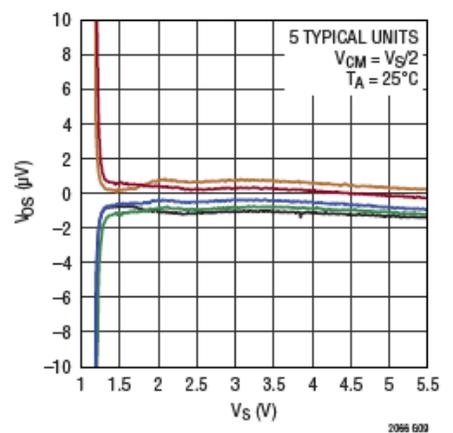
输入失调电压与
输入共模电压的关系



输入失调电压与
输入共模电压的关系

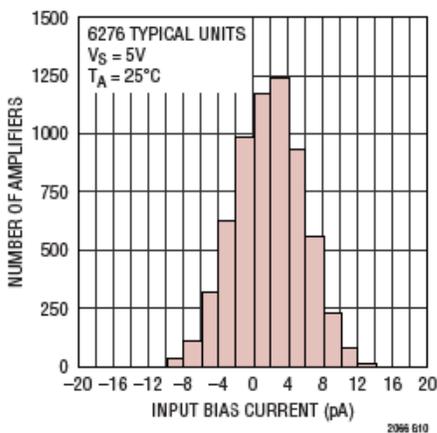


输入失调电压与
电源电压的关系

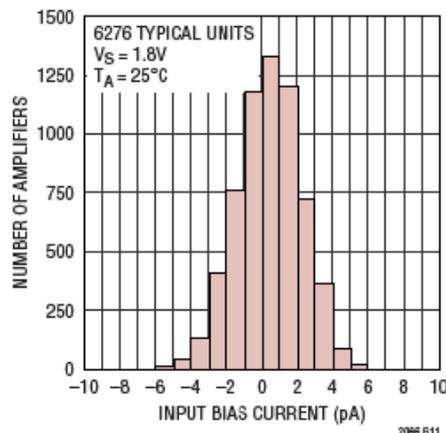


典型性能参数

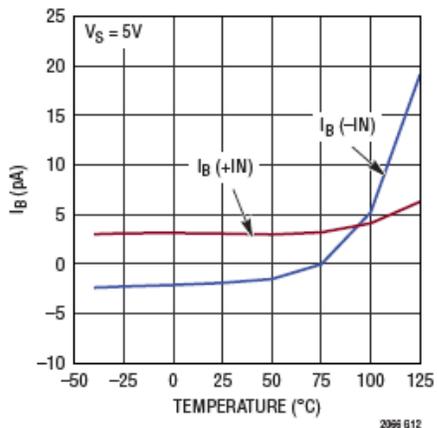
输入偏置电流分布



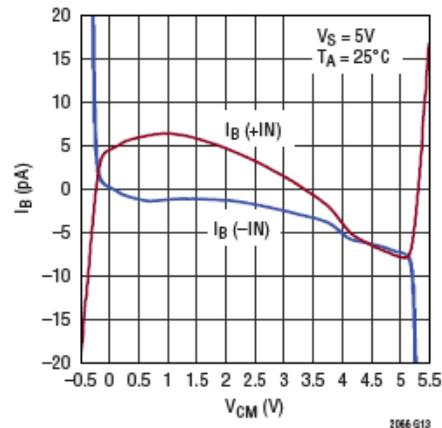
输入偏置电流分布



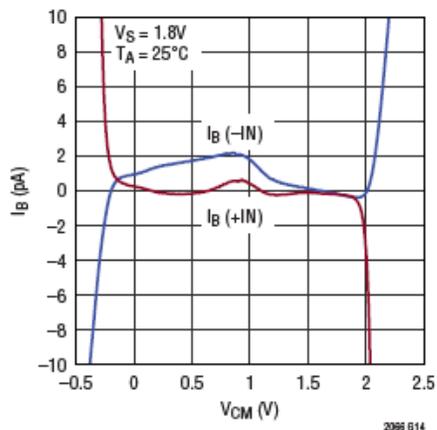
输入偏置电流与温度的关系



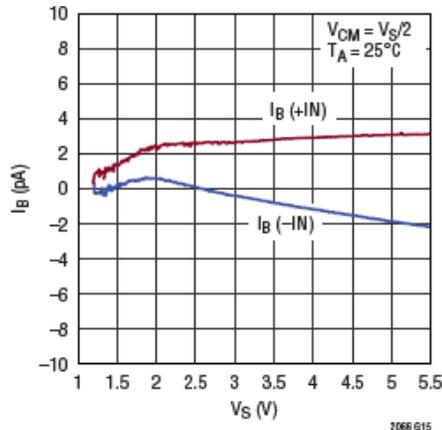
输入偏置电流与输入共模电压的关系



输入偏置电流与输入共模电压的关系

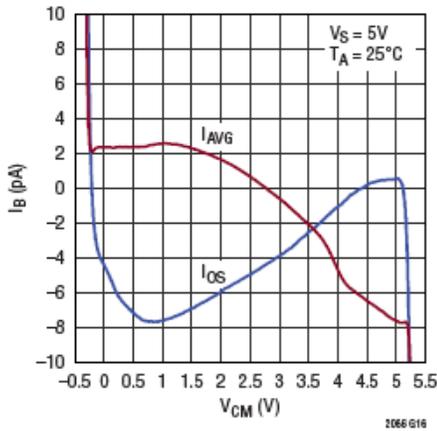


输入偏置电流与电源电压的关系

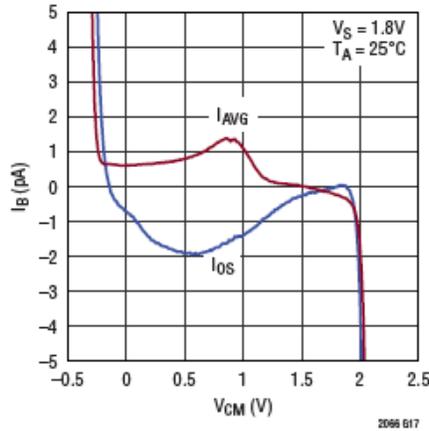


典型性能参数

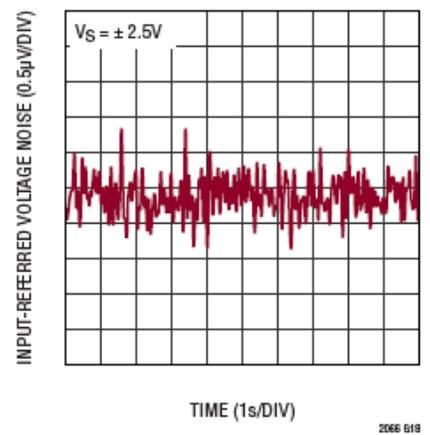
输入失调和平均电流与输入共模电压的关系



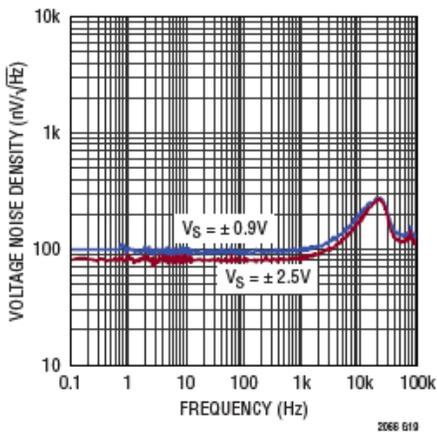
输入失调和平均电流与输入共模电压的关系



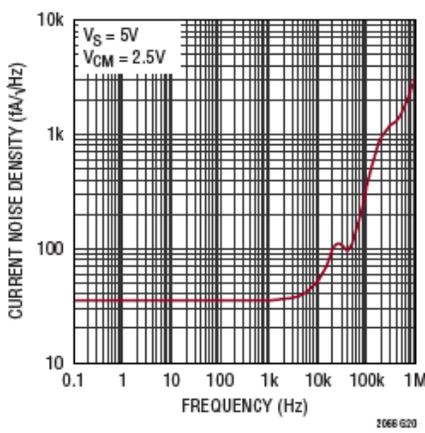
DC 至 10Hz 电压噪声



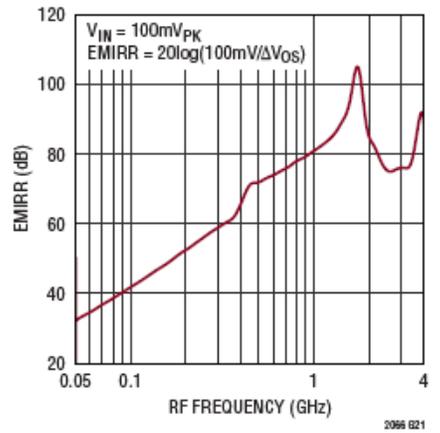
折合到输入端电压噪声密度



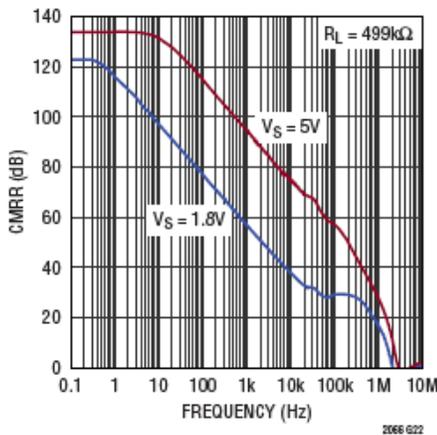
折合到输入端电流噪声密度



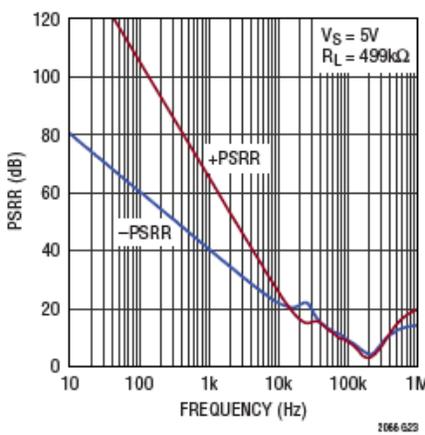
EMI 抑制与频率的关系



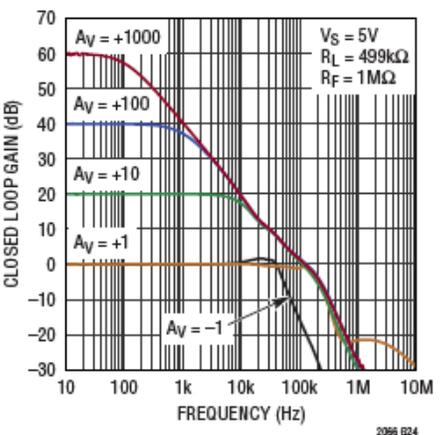
共模抑制比与频率的关系



电源抑制比与频率的关系

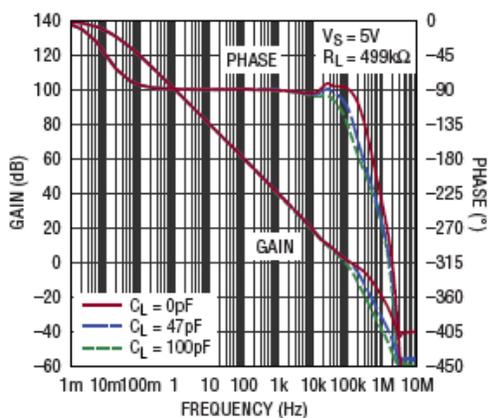


闭环增益与频率的关系

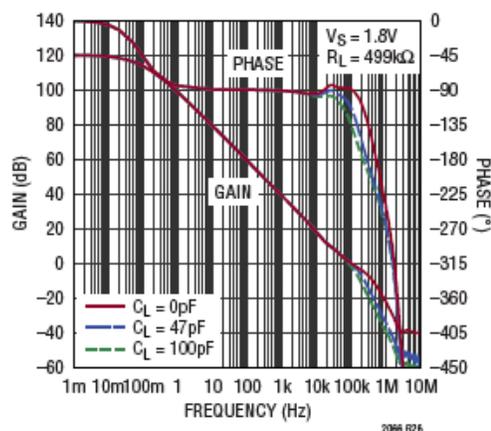


典型性能参数

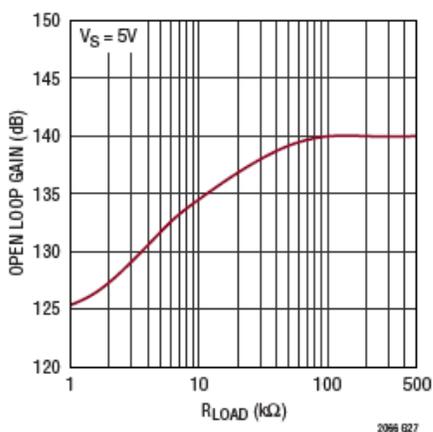
开环增益和相位与频率的关系



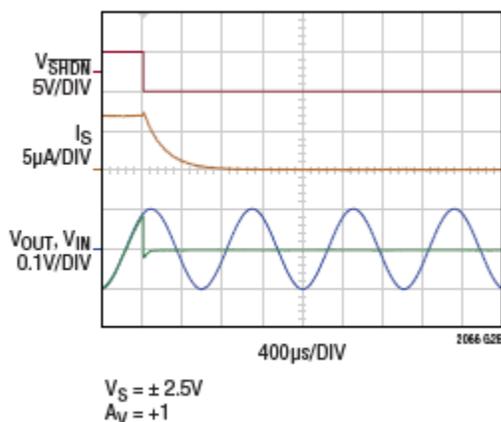
开环增益和相位与频率的关系



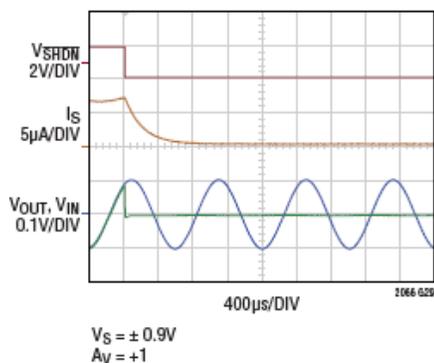
开环增益与负载的关系



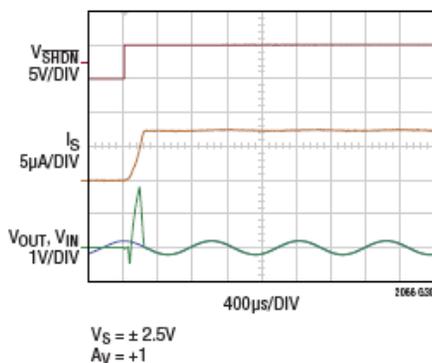
正弦输入的关断瞬变



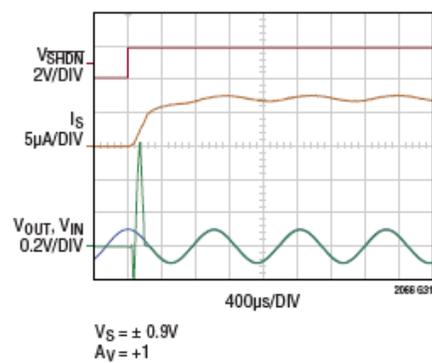
正弦输入的关断瞬变



正弦输入的使能瞬变

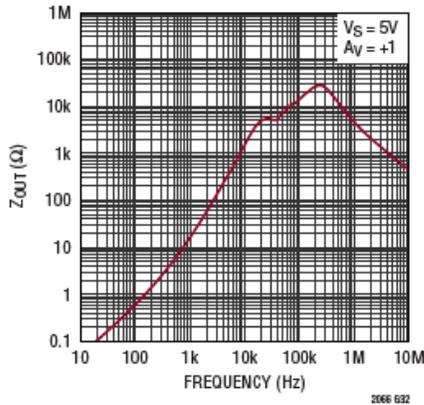


正弦输入的使能瞬变

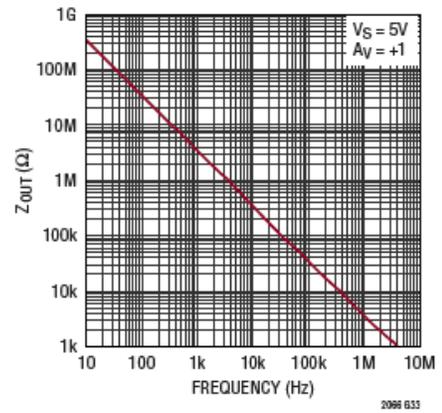


典型性能参数

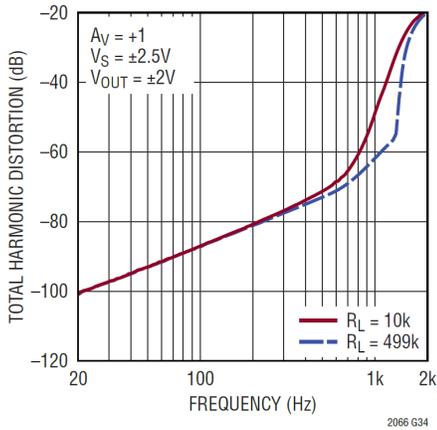
闭环输出阻抗与频率的关系



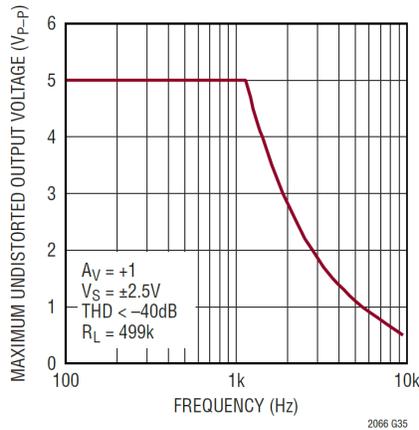
关断模式下的输出阻抗与频率的关系



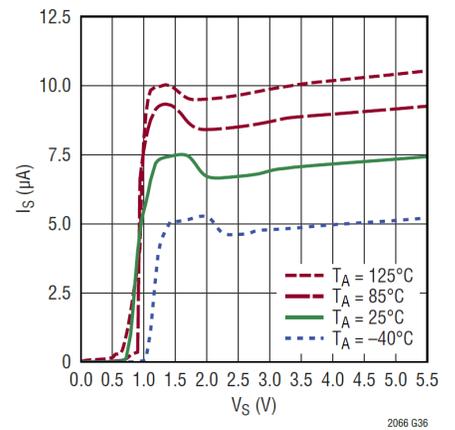
THD 与频率的关系



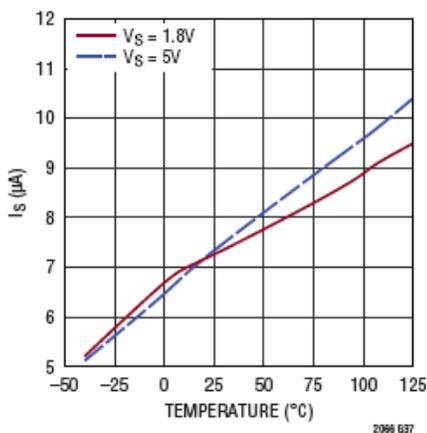
最大无失真输出幅值与频率的关系



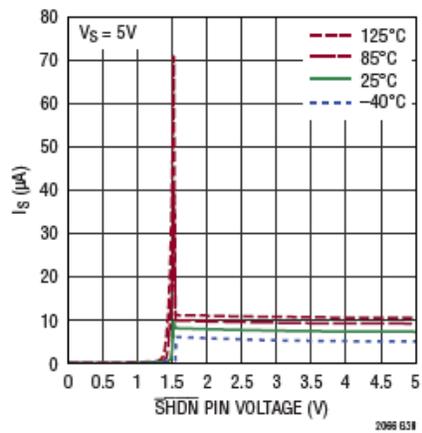
电源电流与电源电压的关系



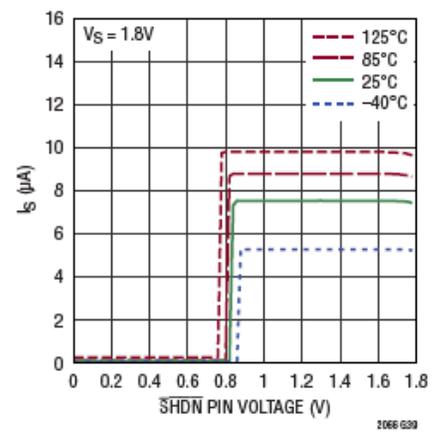
电源电流与温度的关系



电源电流与 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚电压的关系

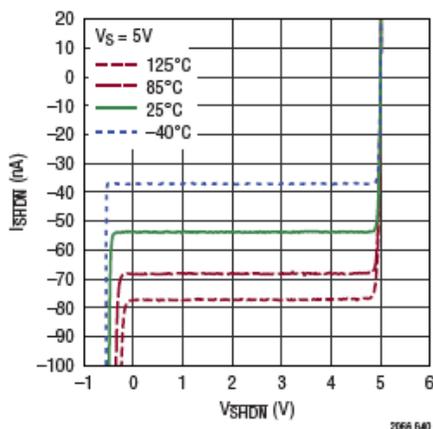


电源电流与 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚电压的关系

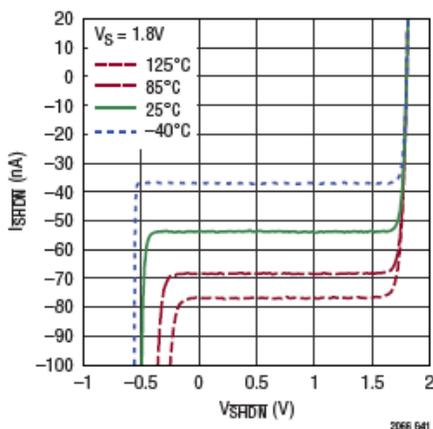


典型性能参数

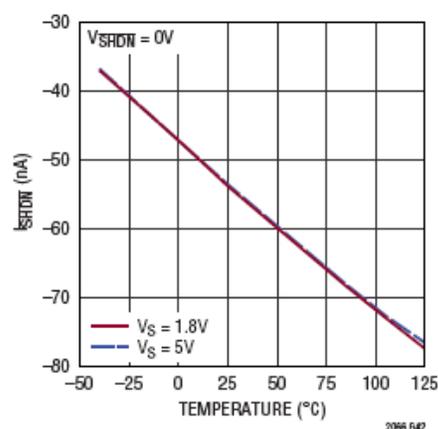
SHDN 引脚上拉电流与 **SHDN** 引脚电压的关系



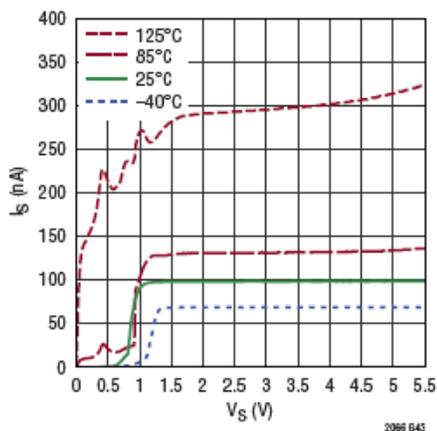
SHDN 引脚上拉电流与 **SHDN** 引脚电压的关系



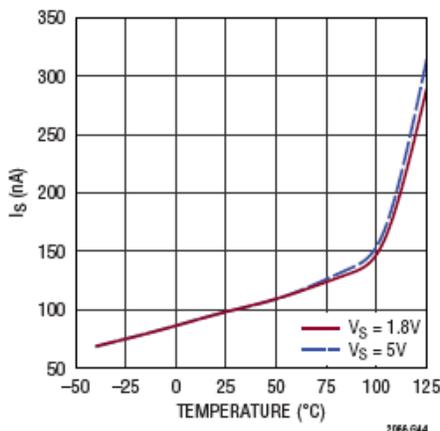
SHDN 引脚电流与温度的关系



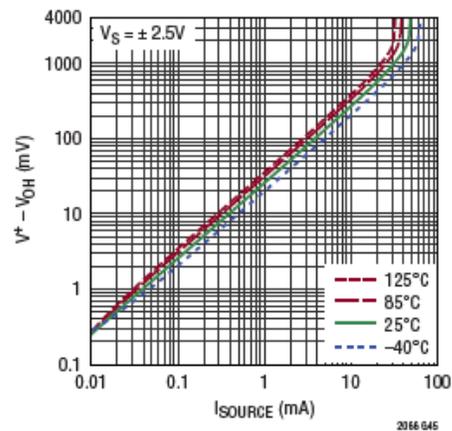
关断电源电流与电源电压的关系



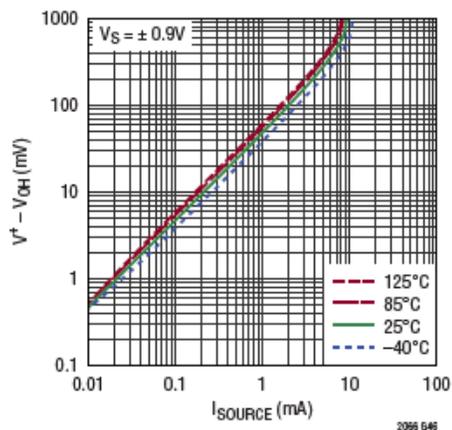
关断电源电流与温度的关系



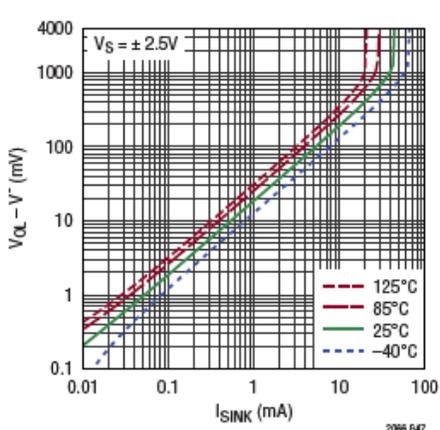
输出电压摆幅高与负载电流的关系



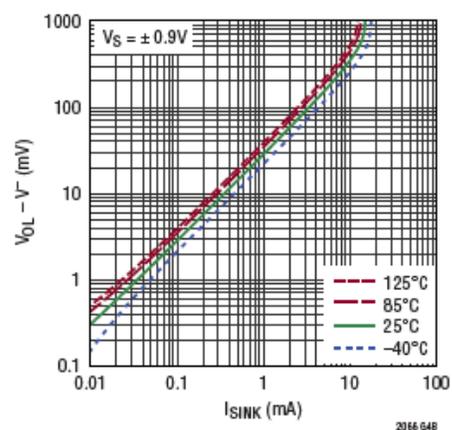
输出电压摆幅高与负载电流的关系



输出电压摆幅低与负载电流的关系

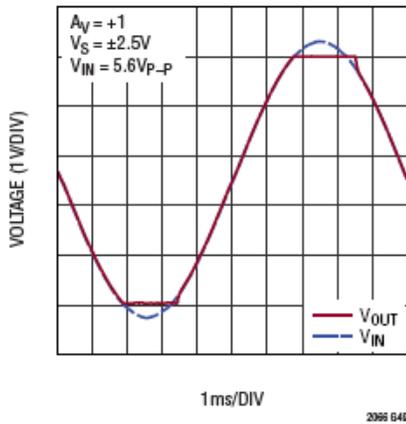


输出电压摆幅低与负载电流的关系

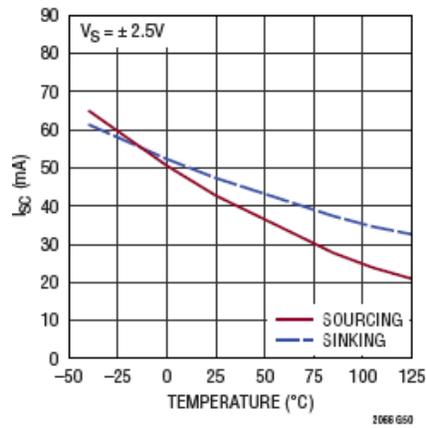


典型性能参数

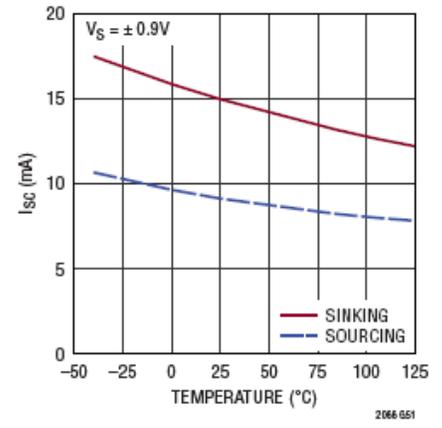
无反相



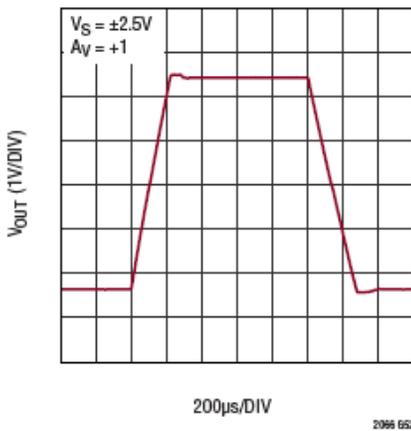
输出短路电流与温度的关系



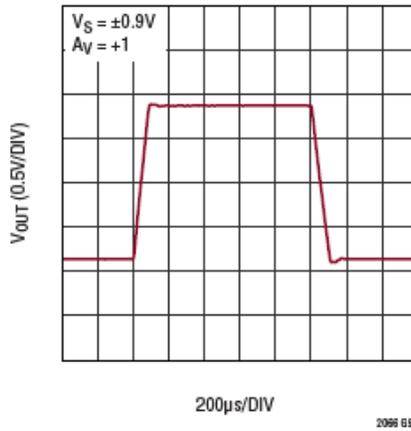
输出短路电流与温度的关系



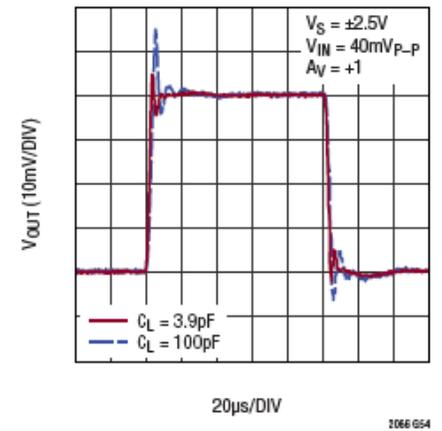
大信号响应



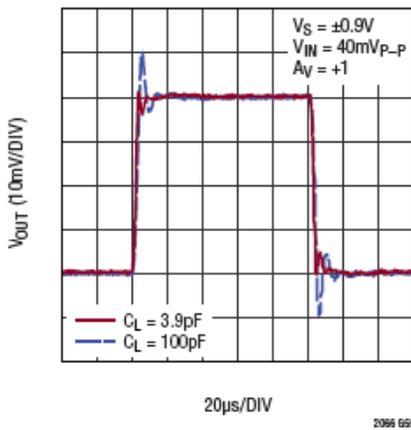
大信号响应



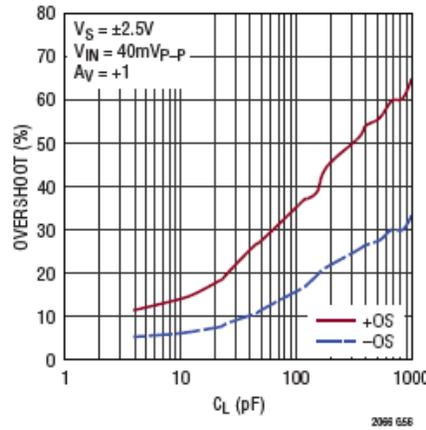
小信号响应



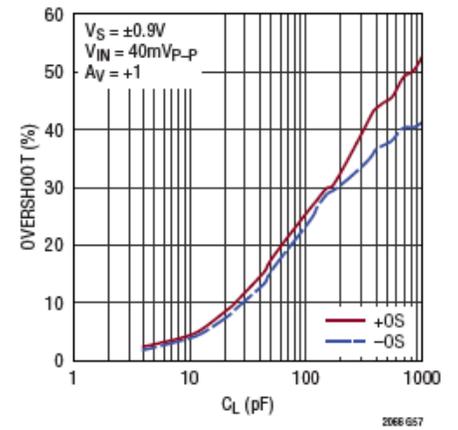
小信号响应



小信号过冲与负载电容的关系

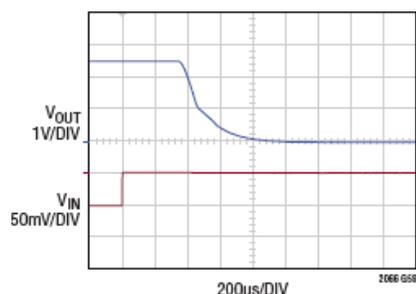


小信号过冲与负载电容的关系

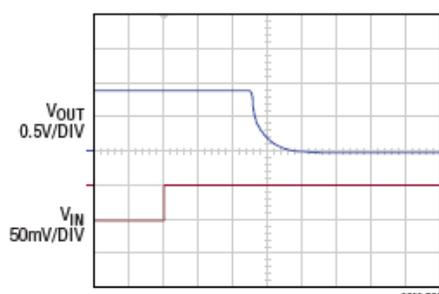


典型性能参数

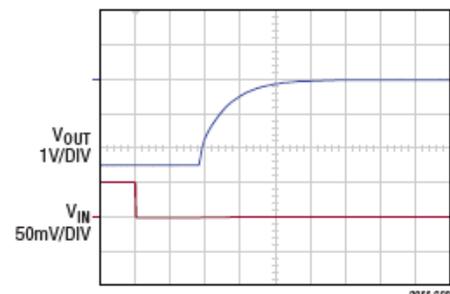
正输出过载恢复


 $V_S = \pm 2.5V$
 $A_V = -100$

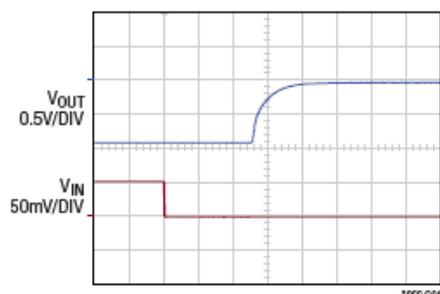
正输出过载恢复


 $V_S = \pm 0.9V$
 $A_V = -100$

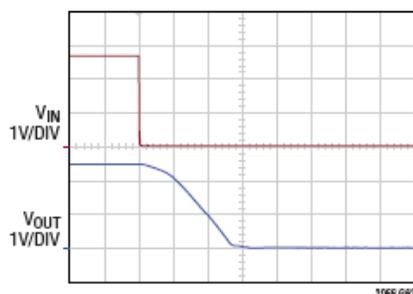
负输出过载恢复


 $V_S = \pm 2.5V$
 $A_V = -100$

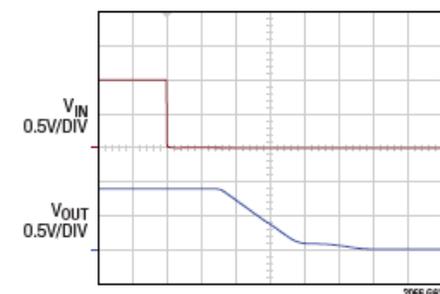
负输出过载恢复


 $V_S = \pm 0.9V$
 $A_V = -100$

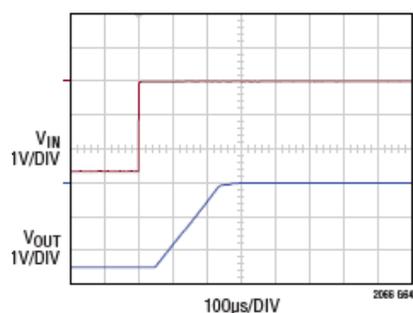
正输入过载恢复


 $V_S = \pm 2.5V$
 $A_V = +1$

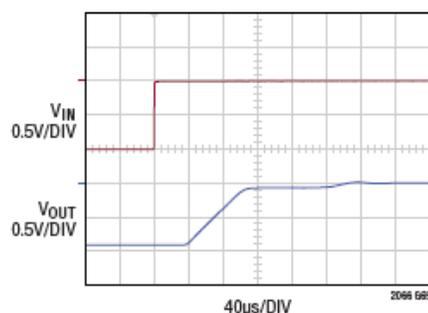
正输入过载恢复


 $V_S = \pm 0.9V$
 $A_V = +1$

负输入过载恢复


 $V_S = \pm 2.5V$
 $A_V = +1$

负输入过载恢复


 $V_S = \pm 0.9V$
 $A_V = +1$

引脚功能

OUT: 放大器输出

-IN: 反相放大器输入

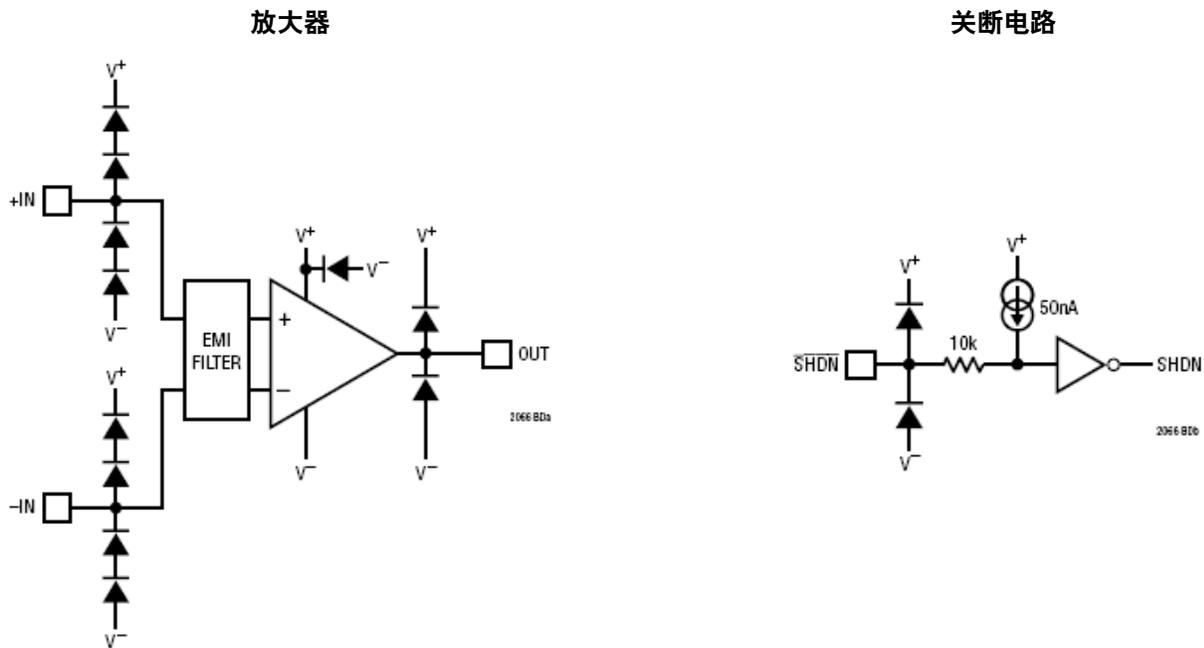
+IN: 同相放大器输入

V⁺: 正电源。电源引脚和地之间应使用旁路电容。

V⁻: 负电源。电源引脚和地之间应使用旁路电容。

$\overline{\text{SHDN}}$: 关断控制引脚。 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚阈值以 V⁻ 为基准。如果接 V⁺，则器件使能。如果接 V⁻，则器件禁用，消耗电源电流小于 170nA。建议不要让此引脚浮空。

框图



应用信息

使用 LTC2066

LTC2066 是一款零漂移运算放大器，具有常规运算放大器的开环电压增益和带宽特性。先进的电路技术使 LTC2066 能够在整个带宽内连续工作，同时通过自校准消除误差。

输入电压噪声

LTC2066 之类的零漂移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输入失调电压和 $1/f$ 噪声。在早期零漂移放大器中，该过程会产生自校准频率（常常称为斩波频率）的空闲音。这些伪像使早期零漂移放大器难以使用。LTC2066 采用的先进电路技术可抑制这些杂散伪像，实现无忧使用。

输入电流噪声

对于具有高源阻抗和反馈阻抗的应用，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。

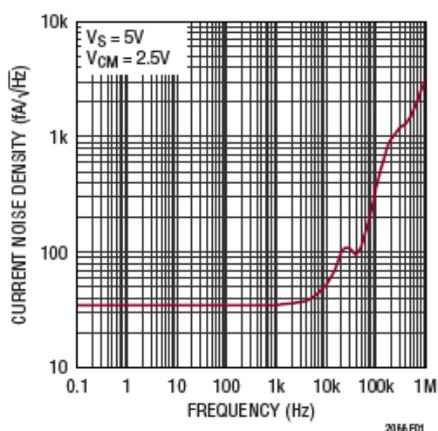


图 1. 输入电流噪声谱

LTC2066 的电流噪声谱如图 1 所示。通过使用 MOSFET 输入器件和自校准技术消除 $1/f$ 电

流噪声，可实现低输入电流噪声。同所有零漂移放大器一样，失调调零频率处的电流噪声会增加。此现象在“输入偏置电流”和“时钟馈通”部分中讨论。

由于 MOSFET 通道热噪声的容性耦合，输入电流噪声也会随频率而升高。

输入偏置电流和时钟馈通

与传统运算放大器相比，零漂移放大器的输入偏置电流有一些不同的特性。额定输入偏置电流是输入级开关电路传导的瞬态电流的直流平均值。除此之外，在较高温度时，结漏电流也会贡献额外的输入偏置电流。通过精心设计和创新使用创新的自举电路，LTC2066 的输入偏置电流在室温下不超过 35pA，在整个温度范围内不超过 150pA。这极大地降低了偏置电流引起的误差，哪怕是在高阻抗电路中。

输入端的瞬态开关电流与源阻抗和反馈阻抗相互作用，产生与有效输入信号无法区分的误差电压。产生的误差电压通过放大器的闭环增益放大，其相当于一个滤波器，衰减高于电路带宽的频率分量。这种现象称为时钟馈通，存在于所有零漂移放大器中。使用零漂移放大器时，了解时钟馈通的原因与结果非常重要。

对于零漂移放大器，时钟馈通与源阻抗和反馈阻抗以及瞬态电流的幅度成比例。LTC2066 中的这些瞬态电流已经过最小化处理，因而支持使用高源阻抗和反馈阻抗。许多电路设计需要高反馈阻抗以使功耗最小，以及/或者需要本质上具有高阻抗的传感器。在此类情况下，可以在输入端或反馈电阻上使用电容来限制闭环系统的带宽。这样做将能有效滤除时钟馈通信号。

应用信息

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，这大大超过了 LTC2066 的最大漂移规格。图 2 和图 3 显示了这些电压的可能幅度及其对温度的敏感度。

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 4 对相关技术做了一个总结。

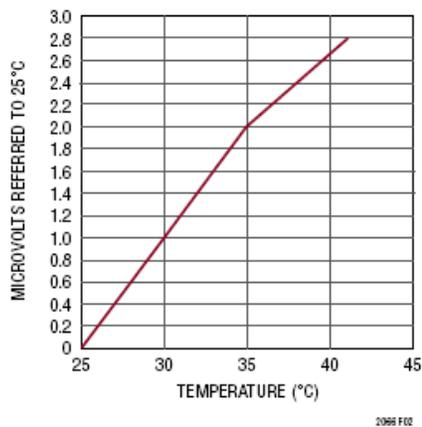


图 2. 不同厂家生产的两条铜线产生的热电动势

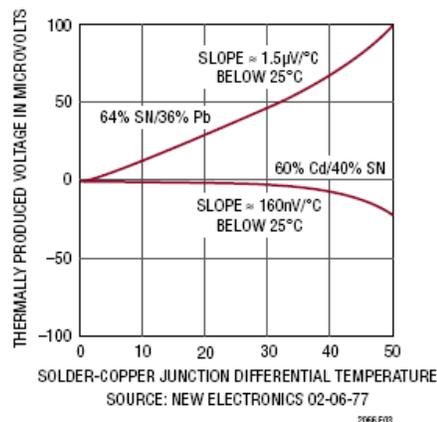
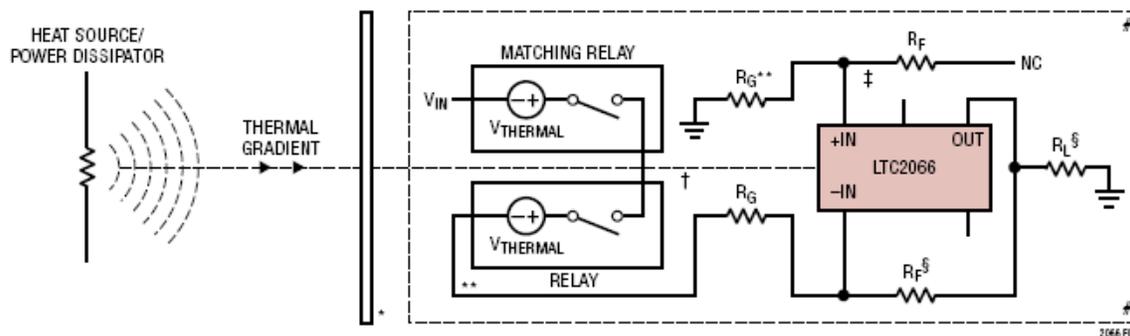


图 3. 焊料-铜热电动势

漏电流效应

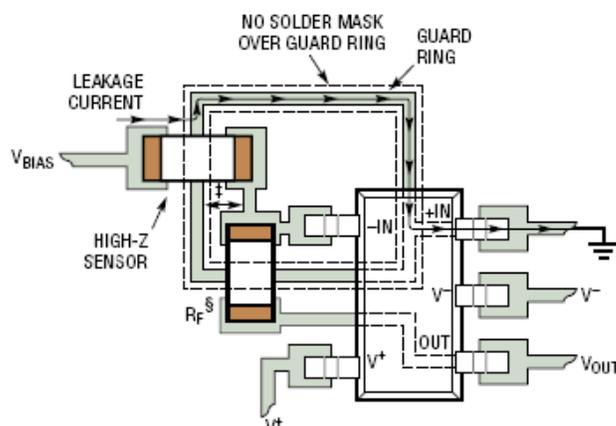
进入高阻抗信号节点的漏电流很容易降低亚 nA 信号的测量精度。高压和高温应用特别容易受到此类问题的影响。应使用优质绝缘材料，并清洁绝缘表面以去除助焊剂和其他残留物。在潮湿环境中，可能需要表面涂层来提供防潮层。

应用信息

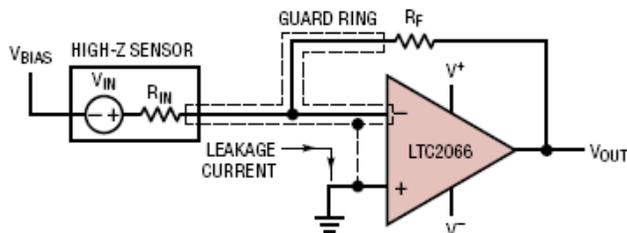


- * CUT SLOTS IN PCB FOR THERMAL ISOLATION.
- ** INTRODUCE DUMMY JUNCTIONS AND COMPONENTS TO OFFSET UNAVOIDABLE JUNCTIONS OR CANCEL THERMAL EMFs.
- † ALIGN INPUTS SYMMETRICALLY WITH RESPECT TO THERMAL GRADIENTS.
- ‡ INTRODUCE DUMMY TRACES AND COMPONENTS FOR SYMMETRICAL THERMAL HEAT SINKING.
- § LOADS AND FEEDBACK CAN DISSIPATE POWER AND GENERATE THERMAL GRADIENTS. BE AWARE OF THEIR THERMAL EFFECTS.
- # COVER CIRCUIT TO PREVENT AIR CURRENTS FROM CREATING THERMAL GRADIENTS.

图 4. 使热电偶引起的误差最小的技术



- ‡ NO LEAKAGE CURRENT, $V_{-IN} = V_{+IN}$
- § AVOID DISSIPATING SIGNIFICANT AMOUNTS OF POWER IN THIS RESISTOR. IT WILL GENERATE THERMAL GRADIENTS WITH RESPECT TO THE INPUT PINS AND LEAD TO THERMOCOUPLE-INDUCED ERROR. THERMALLY ISOLATE OR ALIGN WITH INPUTS IF RESISTOR WILL CAUSE HEATING.



LEAKAGE CURRENT IS ABSORBED BY GROUND INSTEAD OF CAUSING A MEASUREMENT ERROR.

2066 F05

图 5. 带漏电保护环的反相放大器的布局示例

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。图 5 显示了正确布局的一个例子。

关断模式

采用 SC70 封装的 LTC2066 具有针对低功耗应用的关断模式。在关断状态下，放大器消耗的电源电流小于 170nA，输出对外部电路呈现高阻抗。将 $\overline{\text{SHDN}}$ 接到低于 V_L 的电平，即可完成关断操作。如果不需要关断功能，建议将 $\overline{\text{SHDN}}$ 连接到 V^+ 。当 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚浮空时，50nA 电流源将该引脚拉高以使放大器保持开启状态，但在较高温度下，由于电路板漏电流，这可能不可靠（参见第 14 页的 $\overline{\text{SHDN}}$ 电路框图）。在高噪声环境中工作时，建议在 $\overline{\text{SHDN}}$ 和 V^+ 之间使用一个电容，以防止噪声改变关断状态。当存在 $\overline{\text{SHDN}}$ 被拉到电源轨以外的风险时，建议将一个电阻与 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚串联以限制所产生的电流。

启动特性

低功耗运算放大器在启动期间通常不是低功耗，这在使用低电流电源时可能会造成问题。上电期间可能有很大的瞬态电流导通，直至内部偏置节点稳定到其最终值。在此瞬态期间可能会从电源汲取大量电流，这对于低功耗器件可能会持续几毫秒。在最差情况下，可能没有足够的电源电流来使系统达到标称电压。在其他情况下，这种瞬

态上电电流会导致占空比应用的功率损耗增加。

量化瞬态电流损耗的一种方法是在上电期间对电源电流进行积分，以检查总电荷损耗。如果没有额外的瞬态电流，则积分电源电流将显示为平滑的直线，其斜率等于器件的直流电源电流。任何与直线的偏差都表示从电源汲取了额外瞬态电流。LTC2066 通过设计使上电期间的电荷损失最小，从而在占空比应用中节省功耗。图 6 显示了上电期间 LTC2066 的积分电源电流（即电荷）。类似地，图 7 显示了通过 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚使能和禁用器件而导致的电荷损失。

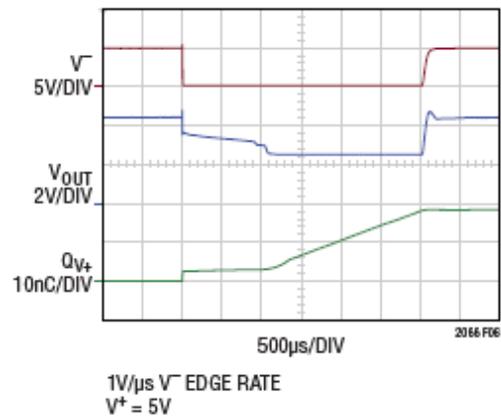


图 6. 上电期间的电荷损失

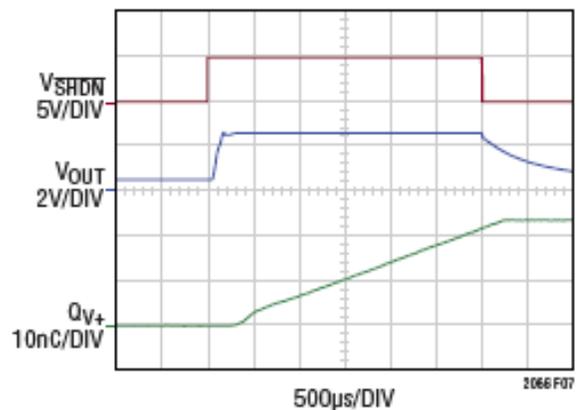


图 7. 通过 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚使能和禁用所导致的电荷损失

应用信息

在占空比应用中，不关断外部电源电压 (V^+)，而是利用 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚禁用和使能器件是有一些好处的。由于外部去耦电容的充电和放电，开启和关闭外部电源往往会浪费电荷。对于此类周期供电应用，可以在去耦电容之后放置一个继电器或 MOS 器件以减轻损失，但这种方法存在缺点。上电时，LTC2066 汲取的初始电荷约为 3nC 。在周期供电应用中，这种经常性的电荷损失是不可避免的。此外，如果电源斜坡速率超过 $0.4\text{V}/\mu\text{s}$ ，则会触发内部瞬态 ESD 箝位，从 V^+ 向 V^- 传导额外电流。这会浪费电荷，并且可能使周期供电预期获得的好处微不足道。图 8 显示了上电时的电荷损失。

关断引脚可用来克服占空比应用中的这些限制。进入和退出关断时，典型电荷损失仅为 2.3nC 。由于电源无变化，外部去耦电容不会从电源汲取电荷。

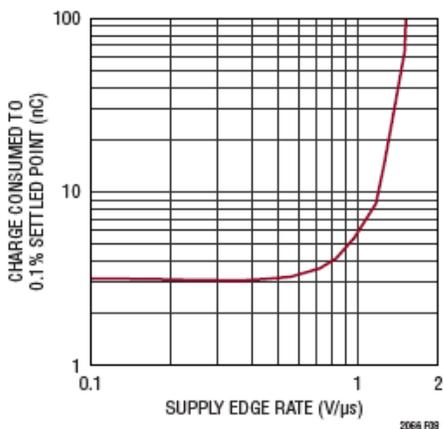


图 8. 上电电荷与电源边沿速率的关系

气体传感器

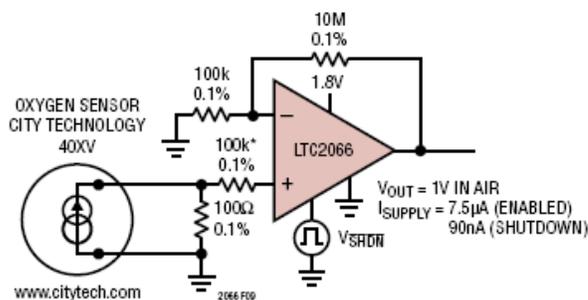
这种低功耗精密气体传感器电路在 0% 至 30% 的氧气水平范围内工作；在正常大气氧浓度 (20.9%) 下，当气体传感器完全初始化后，标称

输出为 1V 。使用单轨电源时，总工作功耗小于 $10.1\mu\text{A}$ 。

由于该气体传感器在正常氧气环境中产生 $100\mu\text{A}$ 电流，并需要 100Ω 负载电阻，因此产生的输入信号典型值约为 10mV 。LTC2066 的轨到轨输入意味着哪怕氧浓度非常低，也无需额外的直流电平转换。

由于 LTC2066 的输入失调电压极低 (典型值为 $1\mu\text{V}$, 最大值为 $5\mu\text{V}$)，因此可以大幅放大 mV 级输入信号而不会引入明显误差。在图 9 所示的配置中，同相增益为 $101\text{V}/\text{V}$ ，最差情况下的输入失调导致 1V 输出的最大失调为 0.5mV ，或者 0.05% 误差。

虽然与气体传感器串联的 $100\text{k}\Omega$ 电阻并没有与设置增益的 $10\text{M}\Omega$ 和 $100\text{k}\Omega$ 电阻严格相同的精度要求，但两个输入端务必使用相似的电阻。这有助于减小热电偶效应和偏置电流在输入端引起的额外失调电压，从而达到相似的 0.1% 精度要求。



*RESISTOR CANCELS OUT PARASITIC SEEBECK EFFECT VOLTAGE

图 9. 低功耗精密氧传感器

应用信息

RTD 传感器

这种低功耗铂电阻温度检测器 (RTD) 传感器电路采用最小 2.6V 电压轨供电, 仅消耗 43 μ A 总电源电流, 室温下精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 包括 Vishay PTS Class F0.3 Variant RTD 固有的所有误差。其温度范围为 -40°C 至 85°C , 增量为 $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, 在标称室温 25°C 时产生的输出为 1V。

LTC2066 的失调极低, 典型值为 $1\mu\text{V}$; 典型输入偏置电流为 5pA , 支持在 RTD 中使用非常低的激励电流。因此, 自热效应可忽略不计, 精度得以提高。

LT5400-3 (B 级) 用于提供 $\pm 0.025\%$ 匹配的电阻网络, 实际上是一个精密 131:1 分压器。此精密分压器构成桥接电路的一半, 0.1% $110\text{k}\Omega$ 和 RTD 在另一分支中。请注意, $110\text{k}\Omega$ 的精度要求旨在确保与 RTD 匹配。 $11\text{k}\Omega$ R_2 用于为整个电桥提供直流偏移, 使得室温下输出为 1V。电

桥不平衡会导致误差, 因此建议尽量减少连接 RTD 的引线长度, 以降低附加引线电阻。

在每种工作温度下, LT6656-2.048 有助于在 RTD 中产生一个已知激励电流, 并且还可作为 LTC2066 的电源, 所有这一切消耗的电流小于 $1\mu\text{A}$ 。LT6656 支持 2.6V 至 18V 之间的任何输入电压, 允许灵活选择电源电压, 同时保持固定输出范围。由于 LTC2066 的最大电源电流为 $10\mu\text{A}$, 并且能够处理 RTD 在低激励电流下产生的微伏信号, 因此 LT6656 基准电压源可轻松提供整个电路运行所需的 $43\mu\text{A}$ 电流。

应注意防止运算放大器两路输入之间出现显著的热梯度, 以使热电偶效应最小。在整个温度范围内, 为使漂移引起的误差最小, 选择低温度系数的反馈和串联电阻也很重要。

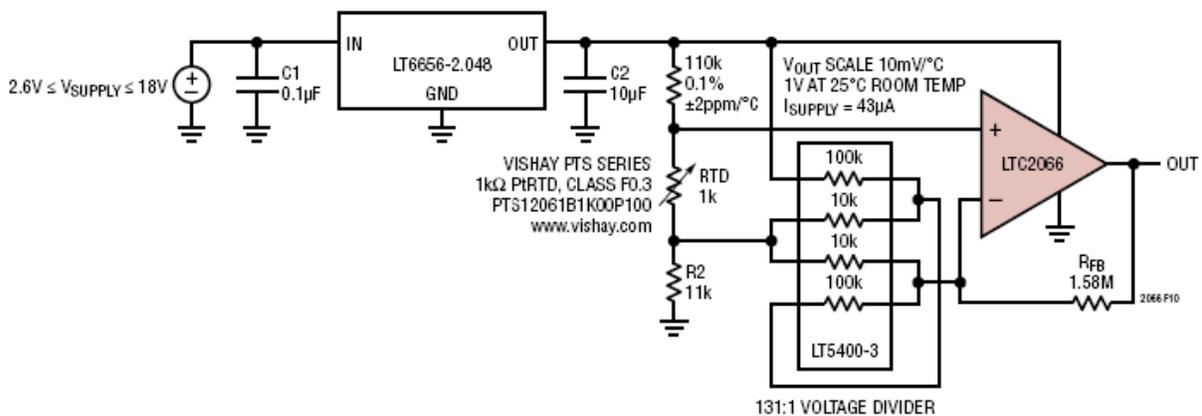


图 10. RTD 传感器

应用信息

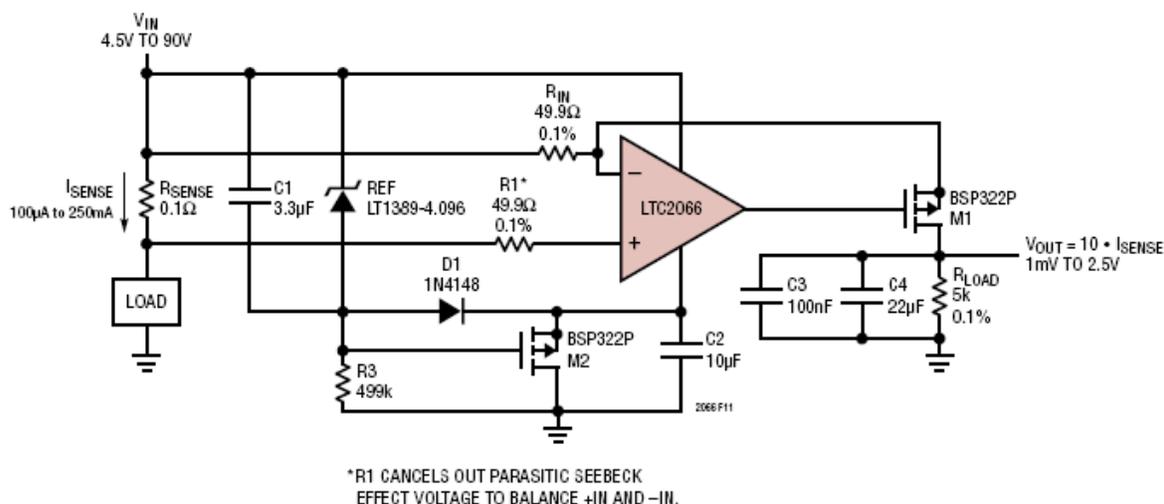


图 11. 高端电流检测

高端电流检测

这种微功耗精密 LTC2066 高端电流检测电路消耗 10.5μA 至 300μA 的电源电流（具体取决于 V_{IN} ），输入电压范围为 4.5V 至 90V，可测量 100μA 至 250mA 的电流。

此电路的输出为：

$$V_{OUT} = \frac{R_{LOAD} \cdot R_{SENSE}}{R_{IN}} I_{SENSE} = 10 \cdot I_{SENSE}$$

LTC2066 的低典型输入失调电压 (1μV) 和低输入偏置电流 (5pA) 引起的输出误差远小于所用

电阻的精度限制引起的误差。因此，输出精度主要由电阻 R_{SENSE} 、 R_{IN} 和 R_{LOAD} 的精度决定。R1 用 +IN 端相同的电压进行平衡，帮助消除 -IN 端的寄生塞贝克效应电压。

LT1389-4.096 基准电压源以及由 M2、R3 和 D1 组成的自举电路构成一个超低功耗的隔离 3.4V 电源轨，可防止 LTC2066 达到 5.5V 的绝对最大电压，同时支持更高的输入电压。

LTC2066 的增益带宽积为 100kHz，因此建议使用此电路来测量变化速率不超过 10kHz 的电流。

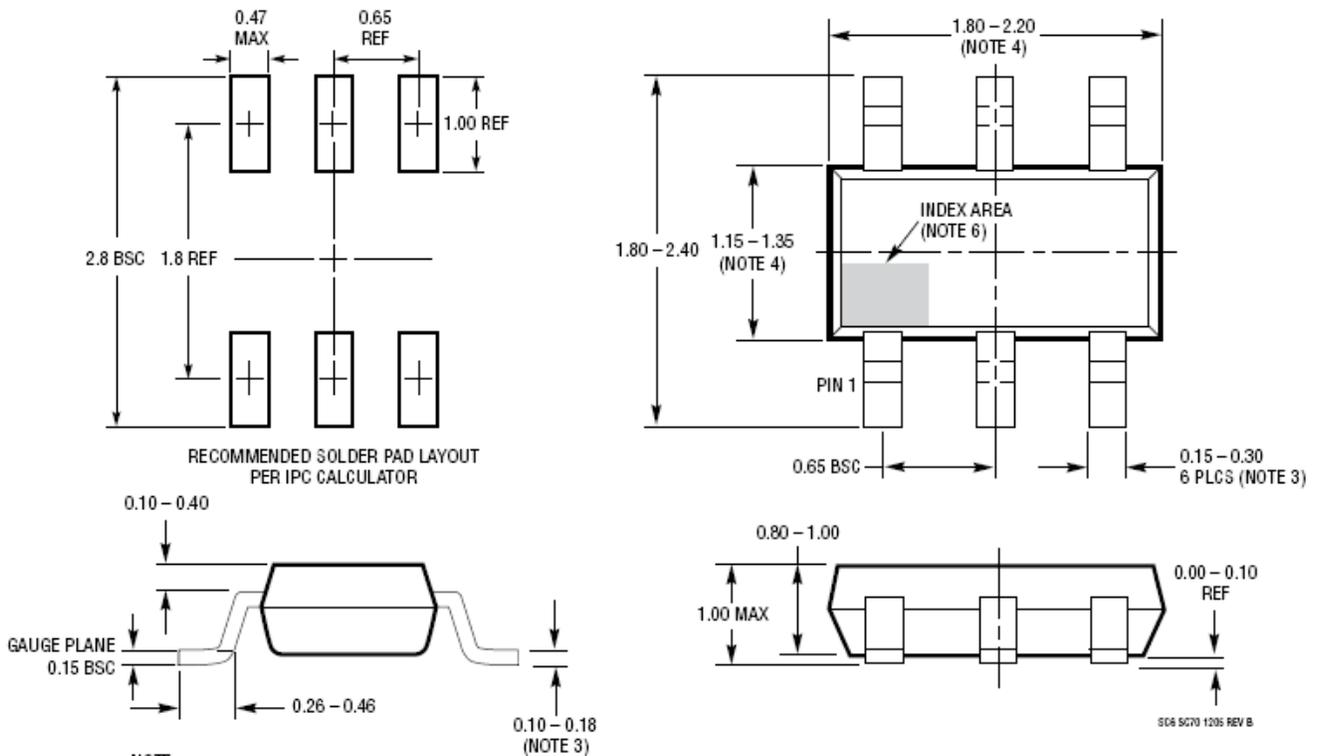
封装说明

有关最新封装图纸，请访问：<http://www.linear.com/product/LTC2066#packaging>。

SC6 封装

6 引脚塑料 SC70

(参考 LTC DWG # 05-08-1638 Rev B)



- NOTE:
1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 2. DRAWING NOT TO SCALE
 3. DIMENSIONS ARE INCLUSIVE OF PLATING
 4. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF MOLD FLASH AND METAL BURR
 5. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.254mm
 6. DETAILS OF THE PIN 1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE INDEX AREA
 7. EIAJ PACKAGE REFERENCE IS EIAJ SC-70
 8. JEDEC PACKAGE REFERENCE IS MO-203 VARIATION AB

SC6 SC70 1205 REV B

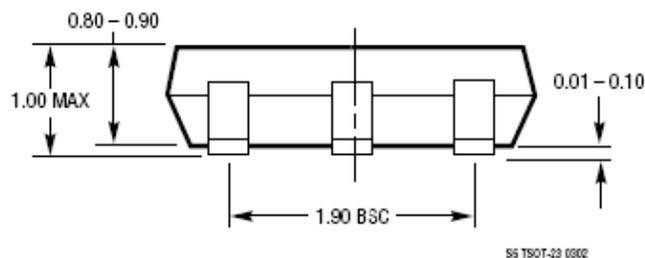
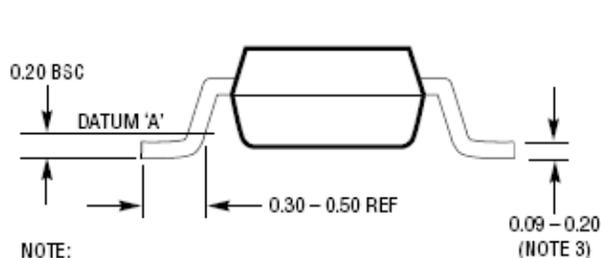
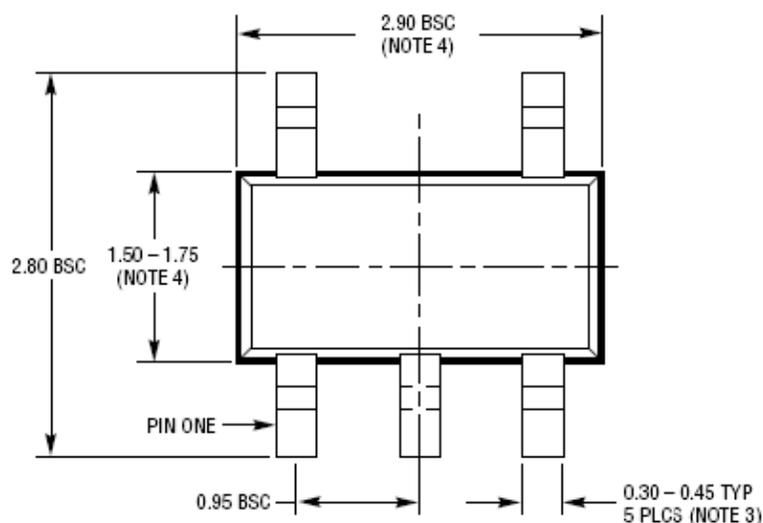
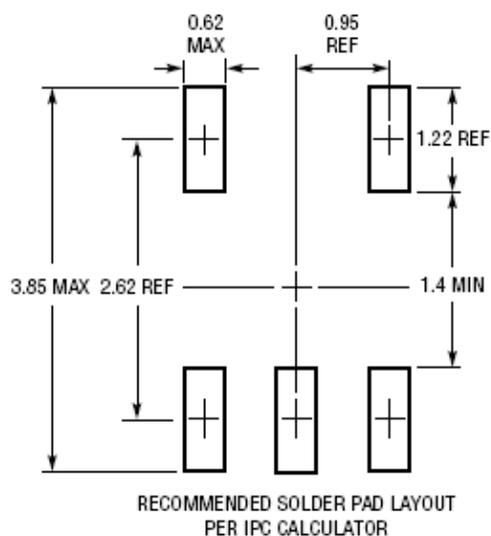
封装说明

有关最新封装图纸，请访问：<http://www.linear.com/product/LTC2066#packaging>。

S5 封装

5 引脚塑料 TSOT-23

(参考 LTC DWG # 05-08-1635)



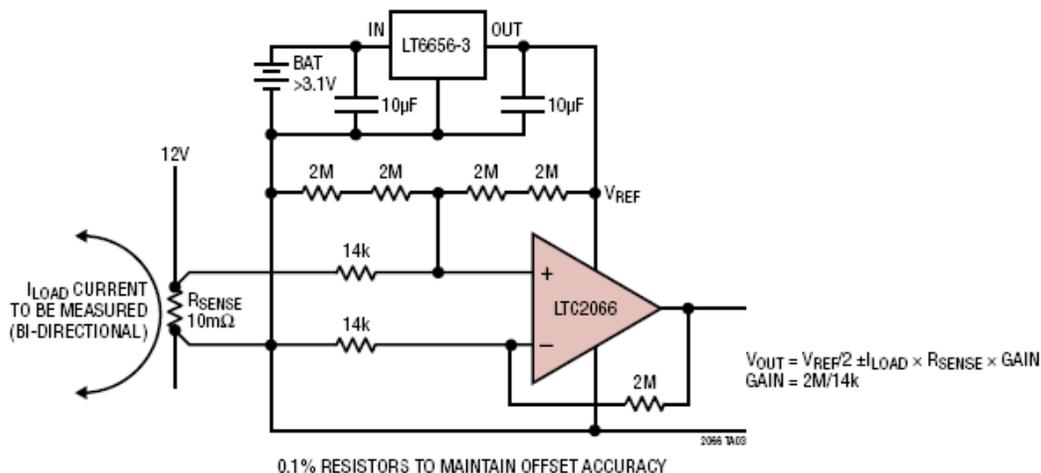
NOTE:

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

S5 TSOT-23 0302

典型应用

电池供电电流检测电路随同检测电阻电压浮空



相关器件

产品型号	说明	备注
LT1494/LT1495/LT1496	最大 1.5μA、Over-The-Top 精密轨到轨输入输出运算放大器	375μV V_{OS} , 1.5μA I_S , 2.2V 至 36V V_S , 2.7kHz, RRIO
LT6003/LT6004/LT6005	1.6V、1μA 精密轨到轨输入输出运算放大器	500μV V_{OS} , 1μA I_S , 1.6V 至 16V V_S , 2kHz, RRIO
LTC2063	2μA、低 I_B 、零漂移运算放大器	5μV V_{OS} , 2μA I_S , 2.7V 至 5.25V V_S , 20kHz, RRIO
ADA4051	低功耗、单通道/双通道零漂移运算放大器	15μV V_{OS} , 17μA I_S , 1.8V 至 5.5V V_S , 115kHz, RRIO
LT6023	低功耗、增强压摆率运算放大器	20μV V_{OS} , 20μA I_S , 3V 至 30V V_S , 40kHz
LTC2054/LTC2055	低功耗、单通道/双通道零漂移运算放大器	5μV V_{OS} , 130μA I_S , 2.7V 至 11V V_S , 500kHz, 轨到轨输出
LTC2057/LTC2057HV	高压、低噪声、零漂移运算放大器	4μV V_{OS} , 1.2mA I_S , 4.75V 至 60V V_S , 1.5MHz, 轨到轨输出
LTC2050/LTC2050HV	零漂移运算放大器	3μV V_{OS} , 1.5mA I_S , 2.7V 至 12V V_S , 3MHz, 轨到轨输出
LTC2051/LTC2052	双通道/四通道零漂移运算放大器	3μV V_{OS} , 1.5mA I_S , 2.7V 至 12V V_S , 3MHz, 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} , 1.3mA I_S , 2.7V 至 12V V_S , 200kHz, RRIO
LT5400	四通道匹配电阻网络	0.01% 匹配, 8ppm/°C 温度漂移, 0.2ppm/°C 温度匹配
AD7170	12位低功耗Σ-Δ ADC	转换模式 130μA, 关断模式 5μA
LTC5800	SmartMesh® 无线传感器网络 IC	无线 Mesh 网络
LT6656	850nA 精密基准电压源	850nA, 10ppm/°C 温度漂移, 0.05% 精度, SOT-23 封装