

LOG200 具有集成光电二极管偏置和暗电流校正的 精密高速对数放大器

1 特性

- 针对低电流电平的超快瞬态响应：
 - 10nA 至 100nA 阶跃的稳定时间：240ns 上升、620ns 下降 (典型值)
 - 100nA 至 1 μ A 阶跃的稳定时间：60ns 上升、150ns 下降 (典型值)
- 宽动态范围：10pA 至 10mA (180dB)
 - 额定范围为 100pA 至 10mA (160dB)
- 高信号带宽：
 - 10 μ A 至 10mA 时为 20MHz
 - 1 μ A 时为 6.3MHz
 - 1nA 时为 90kHz
- 高精度传递函数：
 - 0.2% 最大对数一致性误差 (10nA 至 100 μ A)
- 集成基准电流 (1 μ A) 和基准电压 (2.5V 和 1.65V)
- 用于差分 ADC 驱动、单端增益或滤波器块以及其他外设功能的额外辅助高速运算放大器
- 单电源 (4.5V 至 12.6V) 或双电源 (± 2.25 V 至 ± 6.3 V) 运行
- 额定温度范围：-40°C 至 +125°C
- 小型封装选项：
 - 3mm x 3mm VQFN
 - 1.6mm x 1.6mm DSBGA

2 应用

- 光学模块
- 数据中心间互联
- 光纤网络终端装置
- 化学/气体分析仪
- 掺铒光纤放大器 (EDFA)

3 说明

LOG200 是一款宽动态范围电流到电压放大器，专为优化 160dB 动态范围内的电流测量而设计，具有出色的精度和速度，适用于光学通信、医疗诊断和工业过程控制测量。LOG200 具有两个对数放大器，后跟一个高精度差分放大器，可将电流信号转换为表示两个电流的对数压缩比的电压。电流输入经过设计，一个输入上提供高速响应，另一个输入上提供高度精确的基准信号，可实现快速瞬态响应和高对数一致性的独特组合。

LOG200 比率在内部设置为 250mV/十倍频的电流到电压转换。该器件集成了一个非限定的高速放大器，允许将输出配置为差分或滤波响应，并具有快速稳定时间来驱动逐次逼近模数转换器 (SAR ADC)。LOG200 还具有单独的基准电流和基准电压，旨在对器件进行配置，以获得优化的输入电流和共模电压。

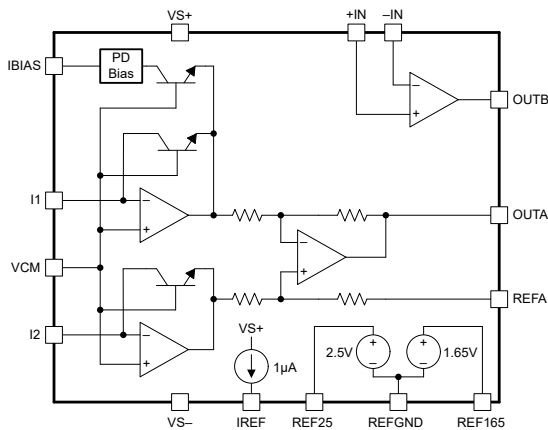
LOG200 可以采用单电源 (4.5V 至 12.6V) 或双电源 (± 2.25 V 至 ± 6.3 V) 配置供电，额定工作温度范围为 -40°C 至 +125°C。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
LOG200	RGT (VQFN, 16)	3mm x 3mm
	YBH (DSBGA, 16)	1.6mm x 1.6mm

(1) 有关更多信息，请参阅节 10。

(2) 封装尺寸 (长 x 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



LOG200 器件原理图



内容

1 特性	1	7 应用和实施	25
2 应用	1	7.1 应用信息.....	25
3 说明	1	7.2 典型应用.....	30
4 引脚配置和功能	3	7.3 电源相关建议.....	33
5 规格	4	7.4 布局.....	33
5.1 绝对最大额定值.....	4	8 器件和文档支持	35
5.2 ESD 等级.....	4	8.1 器件支持.....	35
5.3 建议运行条件.....	4	8.2 文档支持.....	35
5.4 热性能信息.....	4	8.3 接收文档更新通知.....	35
5.5 电气特性.....	6	8.4 支持资源.....	35
5.6 典型特性.....	10	8.5 商标.....	35
6 详细说明	23	8.6 静电放电警告.....	35
6.1 概述.....	23	8.7 术语表.....	35
6.2 功能方框图.....	23	9 修订历史记录	35
6.3 特性说明.....	23	10 机械、封装和可订购信息	36
6.4 器件功能模式.....	24		

4 引脚配置和功能

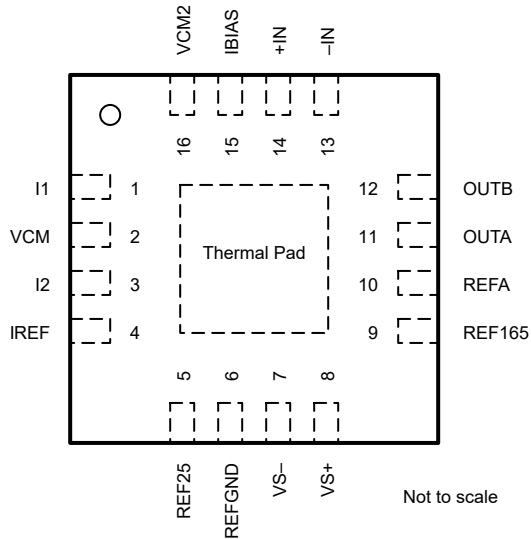


图 4-1. RGT 封装，16 引脚 VQFN (俯视图)

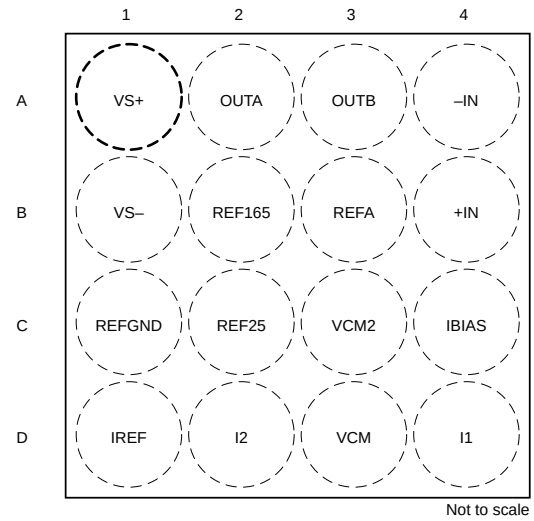


图 4-2. YBH 封装，16 引脚 DSBGA (俯视图)

表 4-1. 引脚功能

引脚			类型	说明
名称	编号			
	RGT (VQFN)	YBH (DSBGA)		
+IN	14	B4	输入	辅助运算放大器电压非反相输入
- IN	13	A4	输入	辅助运算放大器电压反相输入
I1	1	D4	输入	对数分子的电流输入
I2	3	D2	输入	对数分母的电流输入
IBIAS	15	C4	输出	光电二极管自适应偏置电流输出
IREF	4	D1	输出	基准电流输出
REFA	10	B3	输入	对数差分放大器参考输入
OUTA	11	A2	输出	对数差分放大器输出
OUTB	12	A3	输出	辅助运算放大器电压输出
REF165	9	B2	输出	1.65V 电压基准输出
REF25	5	C2	输出	2.5V 电压基准输出
REFGND	6	C1	电源	电压基准负电位
VCM	2	D3	输入	输入共模电压
VCM2	16	C3	输入	输入共模电压。连接至 VCM。
VS+	8	A1	电源	正电源电压
VS -	7	B1	电源	负电源电压
散热焊盘	PAD	不适用	—	散热焊盘。连接到 VCM 以尽可能减少 I1 引脚上的漏电流。

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

			最小值	最大值	单位
V_S	电源电压, $V_S = (V_{S+}) - (V_{S-})$		-0.3	13	V
	将 I1 或 I2 连接到 VCM		-5.5	5.5	V
	I1、I2 和 VCM	电压	$(V_{S-}) - 0.3$	$(V_{S+}) + 0.3$	V
		电流		20	mA
	辅助放大器输入电压	单端	$(V_{S-}) - 0.3$	$(V_{S+}) + 0.3$	V
		差分 $(V_{+IN}) - (V_{-IN})$	-0.3	0.3	V
	辅助放大器输入电流		-10	10	mA
	输出短路 ⁽²⁾			持续	mA
	工作温度		-40	125	°C
T_J	结温		-55	150	°C
T_{stg}	贮存温度, T_{stg}		-60	160	°C

- (1) 超出绝对最大额定值运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件所列范围以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出建议运行条件但在绝对最大额定值范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
- (2) 接地短路，每个封装对应一个放大器。

5.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准 ⁽¹⁾	±2500	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准 ⁽²⁾	±1000	

- (1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
- (2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V_S	电源电压	4.5		12.6	V
V_{REFGND}	REFGND 顺从电压	(V_{S-})		$(V_{S+}) - 4.5$	V
V_{IBIAS}	IBIAS 顺从电压	(V_{S-})		$(V_{S+}) - 1.0$	V
I_{VREF}	REF165 或 REF25 基准的输出电流	-2		5	mA
I_{I2}	I2 输入电流			1	mA
T_A	额定温度	-40		125	°C

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		LOG200		单位
		16 引脚		
		RGT (VQFN)	YBH (DSBGA)	
R _θ JA	结至环境热阻	66.7	80.2	℃/W
R _θ JC(top)	结至外壳 (顶部) 热阻	61.8	0.4	℃/W
R _θ JB	结至电路板热阻	39.8	18.8	℃/W
ψ JT	结至顶部特征参数	3.8	0.2	℃/W
ψ JB	结至电路板特征参数	39.8	18.8	℃/W

热指标 ⁽¹⁾		LOG200		单位
		16 引脚		
		RGT (VQFN)	YBH (DSBGA)	
R _θ JC(bot)	结至外壳 (底部) 热阻	31.2	不适用	℃/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅 [半导体和 IC 封装热指标](#) 应用报告。

5.5 电气特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ ($\pm 2.5\text{V}$) 至 10V ($\pm 5\text{V}$)、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{CM} = V_{REFA} = V_S/2$ 、 $V_{REFGND} = V_S -$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位	
对数一致性误差								
对数一致性误差	I _{I1} = 10nA 至 100μA			0.004	0.017	dB		
				0.05	±0.2	%		
		T _A = 0°C 至 85°C		0.004	0.026	dB		
				0.05	±0.3	%		
		I _{I1} = 10nA 至 1mA			0.007	0.044	dB	
					0.08	±0.5	%	
			T _A = 0°C 至 85°C		0.007	0.087	dB	
					0.08	±1	%	
	I _{I1} = 1nA 至 10mA			0.022	0.065	dB		
				0.25	±0.75	%		
		T _A = 0°C 至 85°C		0.022	0.131	dB		
				0.25	±1.5	%		
		T _A = -40°C 至 +125°C、 V _S = 5V ⁽¹⁾		0.030	0.265	dB		
				0.35	±3	%		
		T _A = -40°C 至 +125°C、 V _S = 10V ⁽¹⁾		0.044	0.265	dB		
				0.5	±3	%		
传递函数 (增益)								
初始比例因子	I _{I1} = 100pA 至 10mA		250			mV/十倍频程		
比例因子误差	I _{I1} = 1nA 至 100μA		LOG200R GT	-1	0.15	1	%	
			LOG200YB H	-1.5		1.5		
			T _A = 0°C 至 85°C	LOG200R GT	-1.1			1.1
				LOG200YB H	-1.5			1.5
		I _{I1} = 100pA 至 10mA			0.4			
			T _A = 0°C 至 85°C、V _S = 5V		0.5			
			T _A = 0°C 至 85°C、V _S = 10V		0.7			
			T _A = -40°C 至 +125°C、V _S = 5V ⁽¹⁾		3.8			
	T _A = -40°C 至 +125°C、V _S = 10V ⁽¹⁾		6.3					
	对数放大器输入							

5.5 电气特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ ($\pm 2.5\text{V}$) 至 10V ($\pm 5\text{V}$)、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{CM} = V_{REFA} = V_S/2$ 、 $V_{REFGND} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

参数		测试条件			最小值	典型值	最大值	单位	
V _{OS}	失调电压	V _{I1} - V _{CM}	I _{I1} = 10nA、V _S = 5V		LOG200R GT	-3	-0.84	3	mV
			I _{I1} = 10nA、V _S = 5V		LOG200YB H	-5	-0.84	4.5	
			I _{I1} = 10nA、V _S = 10V		LOG200R GT	-4	-1.6	2	
			I _{I1} = 10nA、V _S = 10V		LOG200YB H	-5.75	-1	3.75	
			I _{I1} = 100μA				32	50	
			I _{I1} = 100μA、 T _A = -40°C 至 +125°C				42		
		V _{I2} - V _{CM}	I _{I2} = 10nA、V _S = 5V			-3	-0.89	3	
			I _{I2} = 10nA、V _S = 10V			-4	-1.4	2	
			I _{I2} = 100μA、V _S = 5V				-0.66	3	
			I _{I2} = 100μA、V _S = 10V				-1.2	2	
			I _{I2} = 100μA、 T _A = -40°C 至 +125°C				-1.5		
dV _{OS} /dT		V _{I1} - V _{CM}				22		μV/°C	
		V _{I2} - V _{CM}			-7				
V _{CM}	输入共模电压				(V _{S-}) + 2.3		(V _{S+}) - 2.0	V	
	I _{BIAS} 比率	V _{IBIAS} = (V _{S+}) - 1.0V、 V _S = 5V	I _{I1} = 100μA			1.069	1.127	1.185	A/A
		V _{IBIAS} = (V _{S+}) - 1.0V、 V _S = 5V	I _{I1} = 10mA	LOG200R GT	1.094	1.128	1.161		
				LOG200YB H	1.058	1.128	1.176		
		V _{IBIAS} = (V _{S+}) - 1.0V、 V _S = 10V	I _{I1} = 100μA			1.069	1.127	1.184	
		V _{IBIAS} = (V _{S+}) - 1.0V、 V _S = 10V	I _{I1} = 10mA	LOG200R GT	1.128	1.162	1.195		
				LOG200YB H	1.109	1.162	1.209		

5.5 电气特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ ($\pm 2.5\text{V}$) 至 10V ($\pm 5\text{V}$)、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{CM} = V_{REFA} = V_S/2$ 、 $V_{REFGND} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
对数放大器输出						
V_{OSO}	输出失调电压			1.3	± 7.5	mV
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$		2.5	± 10	mV
PSRR	电源抑制比	$I_{I1} = I_{I2} = 1\mu\text{A}$		± 0.1		mV/V
CMRR	共模抑制比 (2)	$(V_{S-}) + 2.3\text{V} < V_{CM} < (V_{S+}) - 2.0\text{V}$ 、 $I_{I1} = I_{I2} = 1\mu\text{A}$		60		dB
	电源轨的电压输出摆幅		$(V_{S-}) + 0.3$		$(V_{S+}) - 0.3$	V
	短路电流			± 20		mA
	容性负载			100		pF
辅助运算放大器						
	失调电压			46	± 700	μV
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$		0.07	± 1	mV
	偏移电压漂移			0.53	± 3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
	输入偏置电流			-0.84	± 3	μA
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$		-1.2		
	输入偏移电流			18	± 100	nA
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$		45	± 300	
	输入共模电压		$(V_{S-}) + 1.0$		$(V_{S+}) - 1.0$	V
	输入电压噪声密度	$f = 0.1\text{Hz}$ 至 10kHz		50		nV_{RMS}
		$f = 1\text{kHz}$		4.1		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
	输入电流噪声	$f = 1\text{kHz}$		1.2		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
A_{OL}	开环电压增益	$(V_{S-}) + 200\text{mV} < V_O < (V_{S+}) - 200\text{mV}$ 、 $R_L = 10\text{k}\Omega$	LOG200RGT	126	150	dB
			LOG200YBH	124	150	
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$		126		
				124	140	
		$(V_{S-}) + 200\text{mV} < V_O < (V_{S+}) - 200\text{mV}$ 、 $R_L = 2\text{k}\Omega$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$	124		
PSRR	电源抑制比			-1		$\mu\text{V}/\text{V}$
CMRR	共模抑制比	$(V_{S-}) + 1.0 < V_{CM} < (V_{S+}) - 1.0$		130		dB
GBW	增益带宽积	$C_L = 28\text{pF}$		60		MHz
	单位增益带宽			42		MHz
SR	压摆率	2V 阶跃, $G = 1$		22		$\text{V}/\mu\text{s}$
t_s	趋稳时间	到 0.1%, 2V 阶跃, $G = 1$	上升	110		ns
			下降	400		
		到 0.01%, 2V 阶跃, $G = 1$	上升	550		
			下降	1100		
C_{IN}	输入电容	差分		2.6		pF
		共模		0.7		
Z_O	开环输出阻抗	$f = 1\text{MHz}$		7.5		Ω
电流基准						
I_{IREF}	IREF 初始电流		0.98	1	1.02	μA
	IREF 初始精度		-2	0.3	2	%
	温度系数			35		$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
V_{IREF}	IREF 顺从电压		(V_{S-})		$(V_{S+}) - 1.0$	V
	输出阻抗	$\Delta V_{IREF} / \Delta I_{IREF}$		3		$\text{G}\Omega$

5.5 电气特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ ($\pm 2.5\text{V}$) 至 10V ($\pm 5\text{V}$)、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{CM} = V_{REFA} = V_S/2$ 、 $V_{REFGND} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
电压基准							
V _{REF165}	REF165 初始电压			1.645	1.65	1.655	V
	REF165 的初始精度			-0.3	0.06	0.3	%
V _{REF25}	REF25 初始电压			2.494	2.5	2.506	V
	REF25 的初始精度			-0.24	0.05	0.24	%
	温度系数	REF165 基准、REF25 基准			20		ppm/°C
	负载调整	REF165 基准、- 2mA < I _{REF165} < 5mA			-360		μV/mA
		REF25 基准、- 2mA < I _{REF25} < 5mA			-475		
	线性调整率	5V < V _S < 10V	REF165 基准		16		μV/V
			REF25 基准		30		
	短路电流				-14		mA
	噪声				4.2		μV _{RMS}
噪声							
	电压噪声 ⁽²⁾ ⁽³⁾	f = 1kHz、I _{I2} = I _{REF}	I _{I1} = 1nA		2000		nV/ √ Hz
			I _{I1} = 10nA		650		
			I _{I1} = 100nA		210		
			I _{I1} = 1μA		110		
频率响应							
BW	- 3dB 带宽 ⁽⁴⁾ ⁽³⁾	I1 输入	I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 100pA		12		kHz
			I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 1nA		90		
			I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 10nA		0.5		MHz
			I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 100nA		2.3		
			I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 1μA		6.3		
			I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 10μA 至 10mA		20		
		I2 输入	I _{I1} = I _{REF} 、 I _{I2} = 100pA		0.05		kHz
			I _{I1} = I _{REF} 、 I _{I2} = 1nA		0.5		
			I _{I1} = I _{REF} 、 I _{I2} = 10nA		5.2		
			I _{I1} = I _{REF} 、 I _{I2} = 100nA		55		
			I _{I1} = I _{REF} 、 I _{I2} = 1μA		0.55		MHz
			I _{I1} = I _{REF} 、 I _{I2} = 10μA 至 10mA		6		MHz
	阶跃响应，I1 ⁽⁵⁾ ⁽³⁾	I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 100pA 至 1nA	上升		9		μs
			下降		30		
		I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 1nA 至 10nA	上升		1.2		
			下降		5		
		I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 10nA 至 100nA	上升		0.24		
			下降		0.62		
		I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 100nA 至 1μA	上升		0.06		
			下降		0.15		
		I _{I2} = I _{REF} 、 I _{I1} = 100μA 至 1mA	上升		0.02		
			下降		0.03		
电源							
I _Q	静态电流	I _{OUTA} = I _{OUTB} = 0mA			9.5	10	mA
			T _A = -40°C 至 +125°C			13	

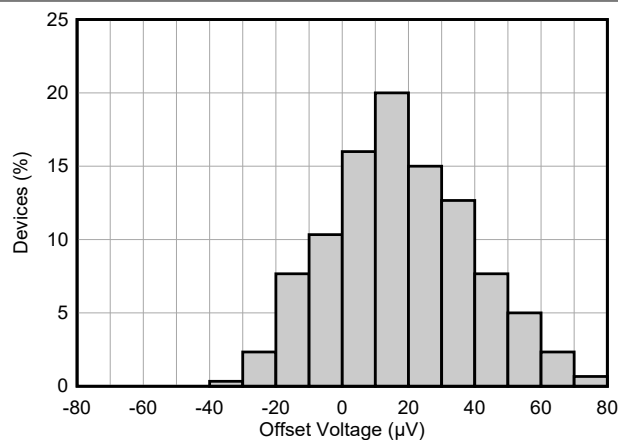
(1) 此计算的结果主要由 $T_A = 95^\circ\text{C}$ 至 125°C 的误差决定。

(2) 输出参考。

- (3) 实测输入寄生电容 C_{IN} 标称值为 3pF。
- (4) 假设输入寄生电容 C_{IN} 小于等于 3pF。
- (5) 阶跃响应定义为从 10% 至 90% 的上升/下降时间。。

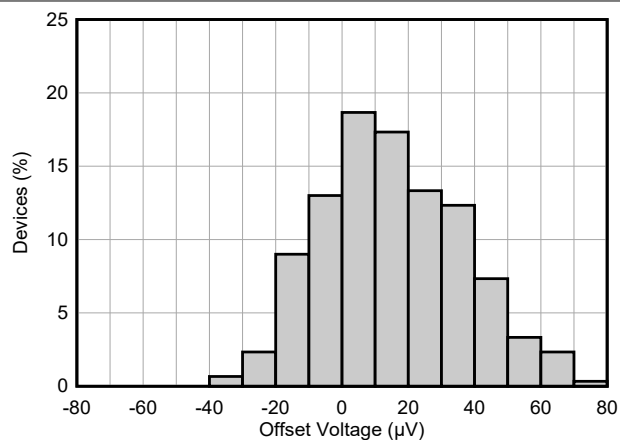
5.6 典型特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 至 $10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、 $OUTA R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $OUTB R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{CM} = V_{REFA} = V_S/2$ 、 $V_{REFGND} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)



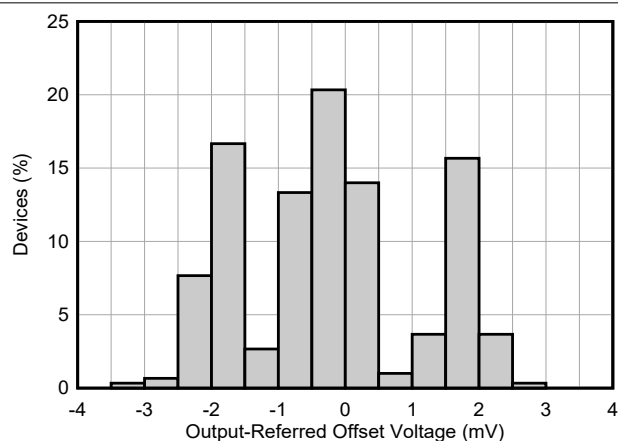
$V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 、 $n = 300$ 、 $10\mu\text{V}$ 组距

图 5-1. 辅助放大器偏移电压分布



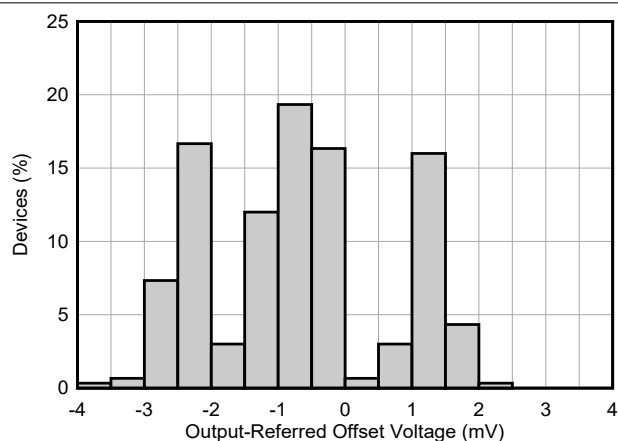
$V_S = 10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、 $n = 300$ 、 $10\mu\text{V}$ 组距

图 5-2. 辅助放大器偏移电压分布



$V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 、 $n = 300$ 、 0.5mV 分箱宽度

图 5-3. 差分放大器输出偏移电压分布



$V_S = 10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、 $n = 300$ 、 0.5mV 组距

图 5-4. 差分放大器输出偏移电压分布

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 至 $10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{\text{CM}} = V_{\text{REFA}} = V_S/2$ 、 $V_{\text{REFGND}} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

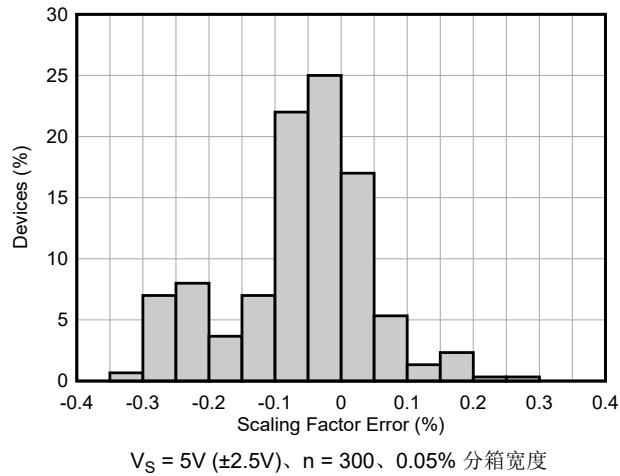


图 5-5. 比例因子误差分布

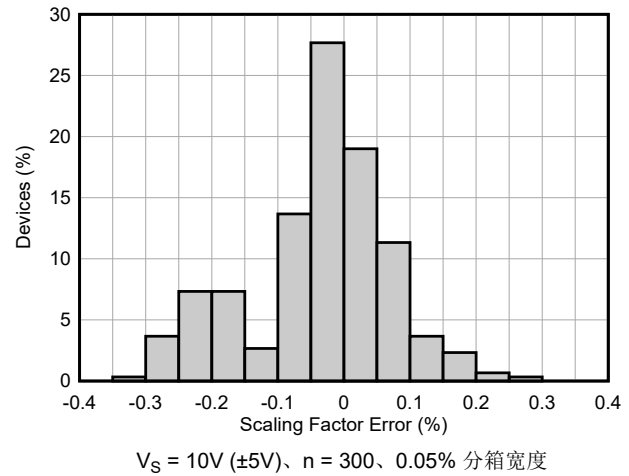


图 5-6. 比例因子误差分布

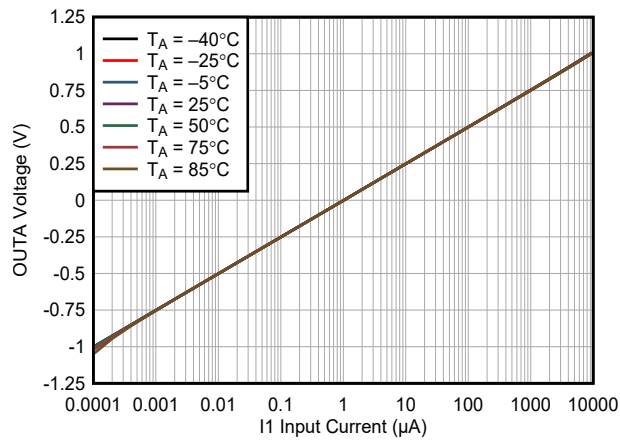


图 5-7. 输出电压与 I_1 电流间的关系

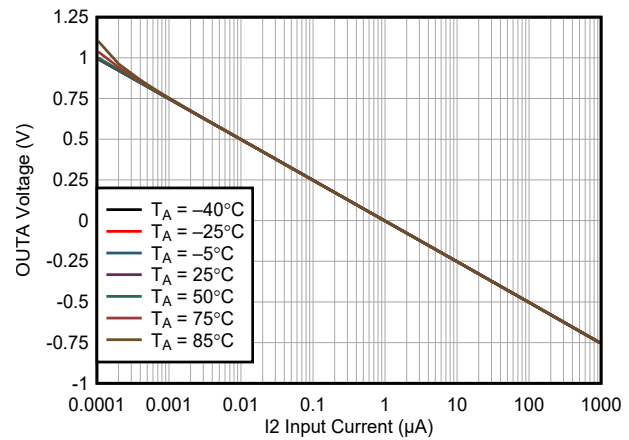


图 5-8. 输出电压与 I_2 电流间的关系

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ ($\pm 2.5\text{V}$) 至 10V ($\pm 5\text{V}$)、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{\text{CM}} = V_{\text{REFA}} = V_S/2$ 、 $V_{\text{REFGND}} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

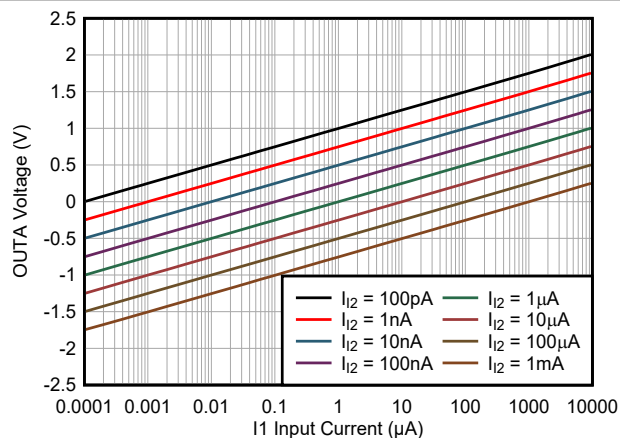
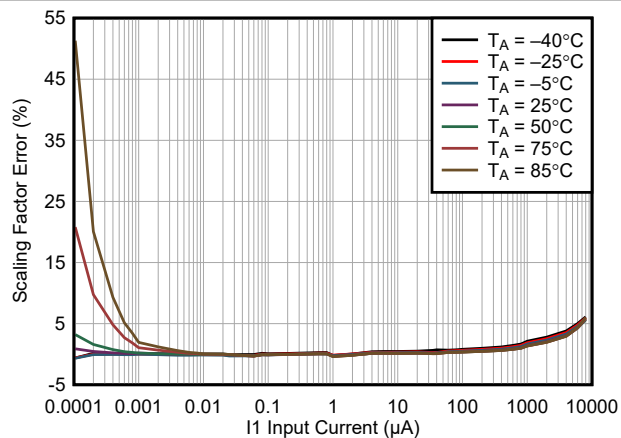
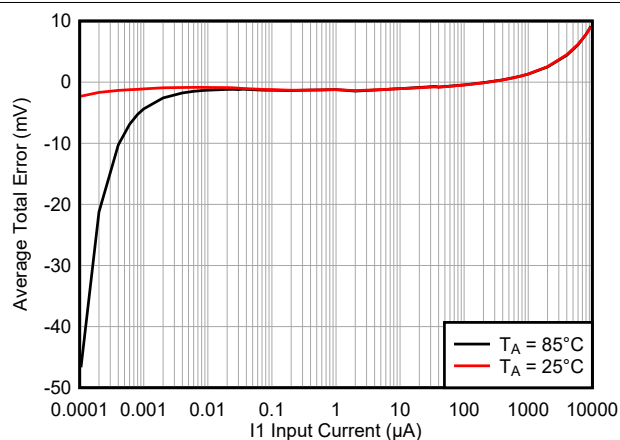


图 5-9. 输出电压与输入电流间的关系



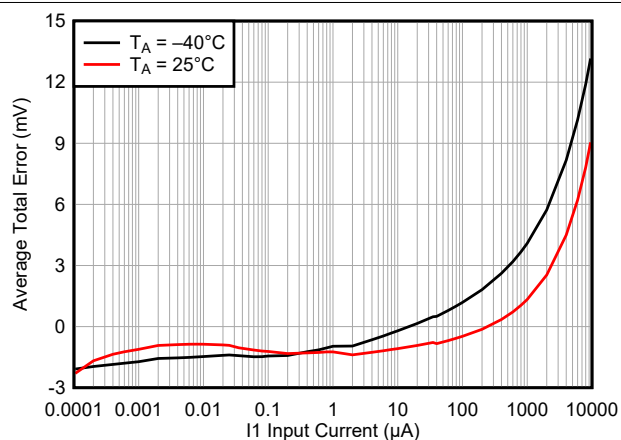
包含对数一致性误差

图 5-10. 比例因子误差与 I1 电流间的关系



无需校准比例因子误差或 V_{OS}

图 5-11. 平均总误差与 I1 电流间的关系



无需校准比例因子误差或 V_{OS}

图 5-12. 平均总误差与 I1 电流间的关系

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ ($\pm 2.5\text{V}$) 至 10V ($\pm 5\text{V}$)、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{\text{CM}} = V_{\text{REFA}} = V_S/2$ 、 $V_{\text{REFGND}} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

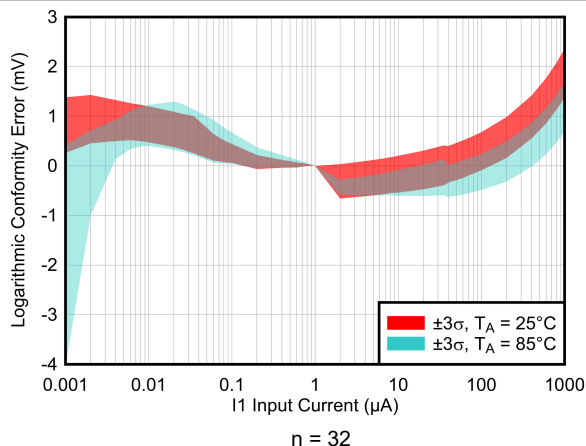


图 5-13. 对数一致性误差分布与 I_1 电流间的关系

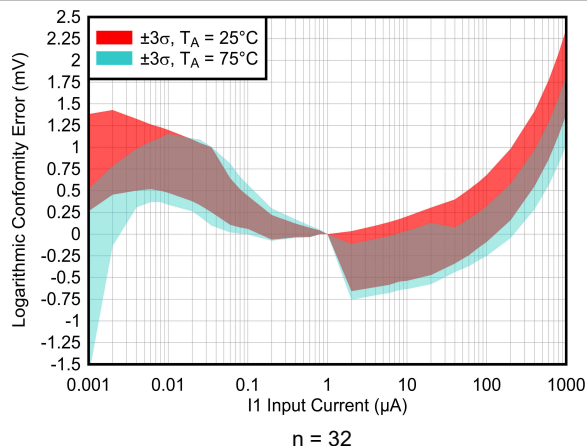


图 5-14. 对数一致性误差分布与 I_1 电流间的关系

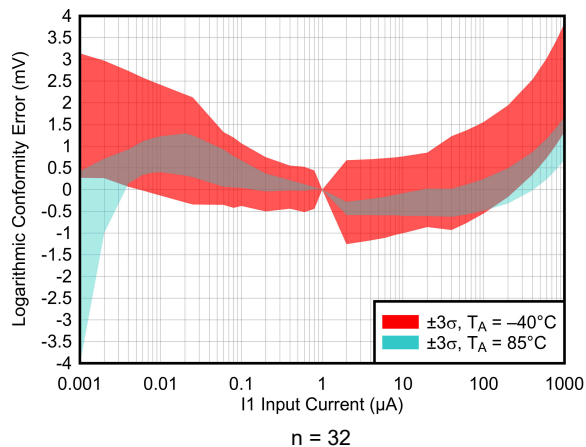
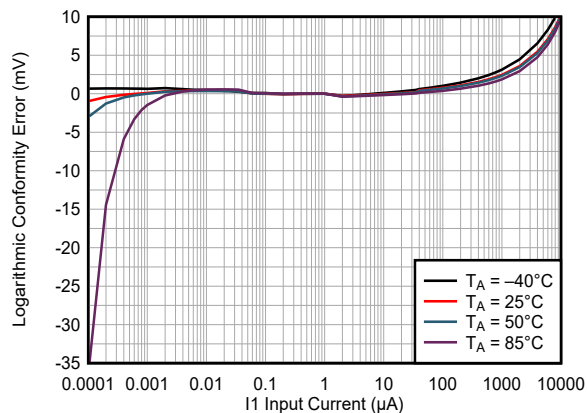


图 5-15. 对数一致性误差分布与输入电流间的关系

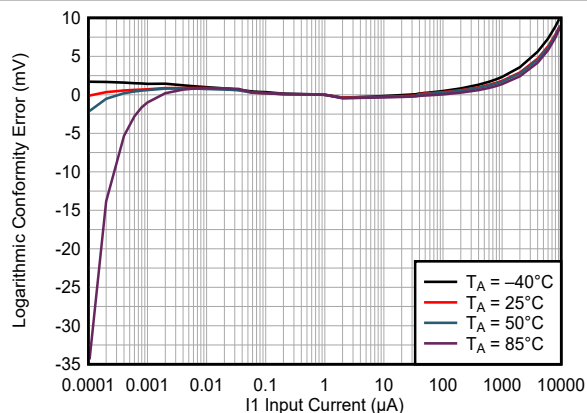


使用 $1\text{nA} - 100\mu\text{A}$ 最佳拟合直线进行比例因子误差校正

图 5-16. 六个十倍频程对数一致性误差与 I_1 电流间的关系

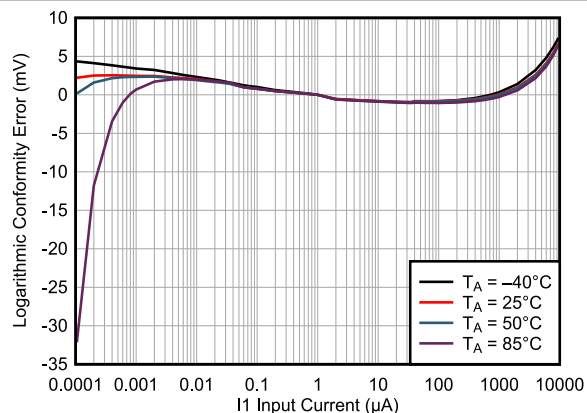
5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ ($\pm 2.5\text{V}$) 至 10V ($\pm 5\text{V}$)、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{\text{CM}} = V_{\text{REFA}} = V_S/2$ 、 $V_{\text{REFGND}} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)



使用 1nA - 1mA 最佳拟合直线进行比例因子误差校正

图 5-17. 七个十倍频程对数一致性误差与 I1 电流间的关系



使用 1nA - 10mA 最佳拟合直线进行比例因子误差校正

图 5-18. 八个十倍频程对数一致性误差与 I1 电流间的关系

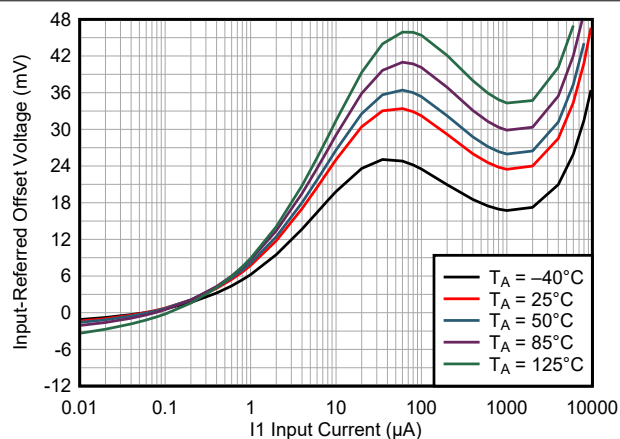


图 5-19. 对数放大器偏移电压与 I1 电流间的关系

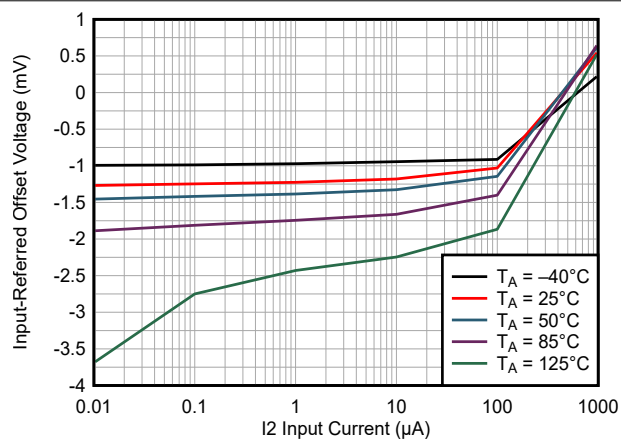


图 5-20. 对数放大器偏移电压与 I2 电流间的关系

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 至 $10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、OUTA $R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、OUTB $R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{CM} = V_{REFA} = V_S/2$ 、 $V_{REFGND} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

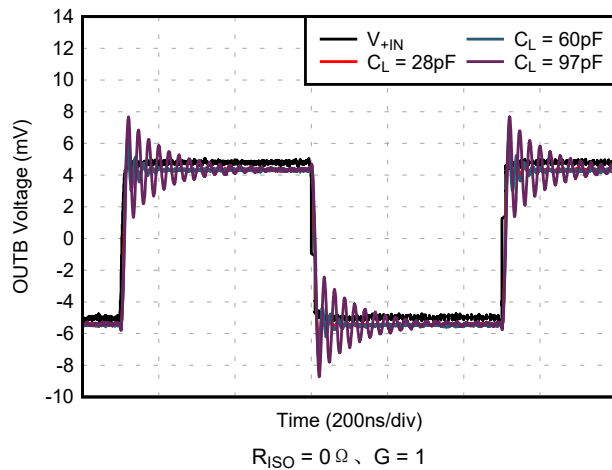


图 5-21. 辅助放大器微小信号阶跃响应

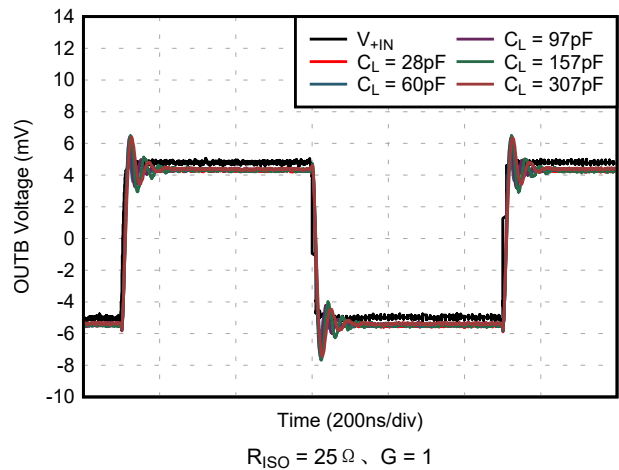


图 5-22. 辅助放大器微小信号阶跃响应

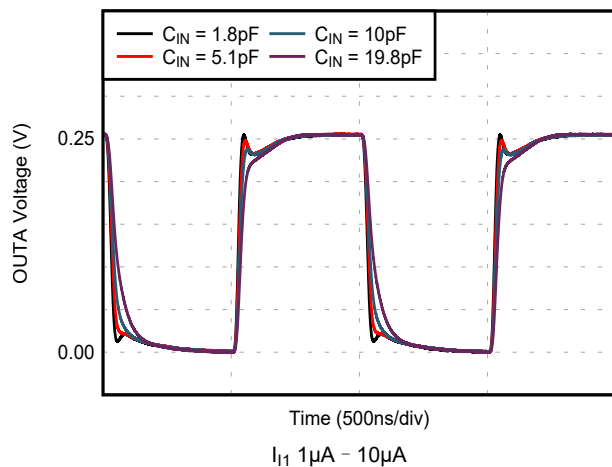


图 5-23. 不同 C_{IN} 的阶跃响应

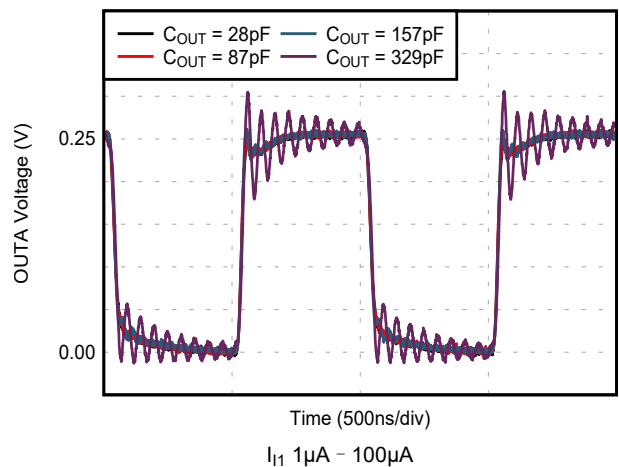


图 5-24. 不同 C_{OUT} 的阶跃响应

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 至 $10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、OUTA $R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、OUTB $R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{CM} = V_{REFA} = V_S/2$ 、 $V_{REFGND} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

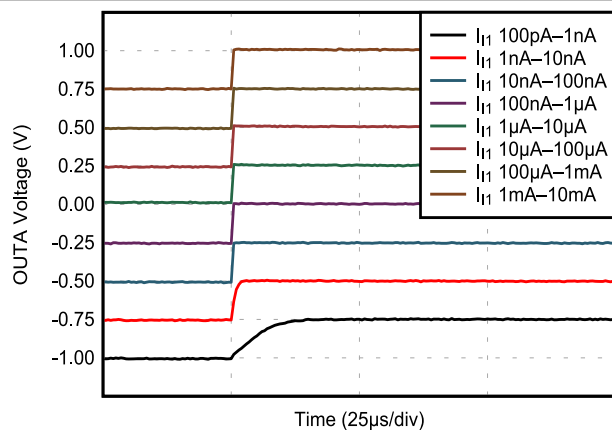


图 5-25. 十倍程上升阶跃的阶跃响应

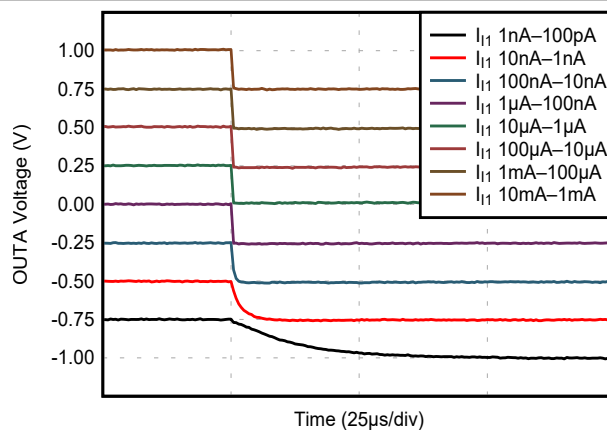


图 5-26. 十倍程下降阶跃的阶跃响应

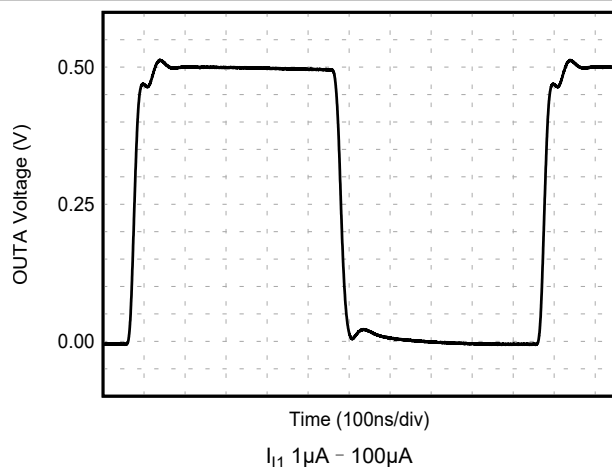


图 5-27. 两个十倍程阶跃的阶跃响应

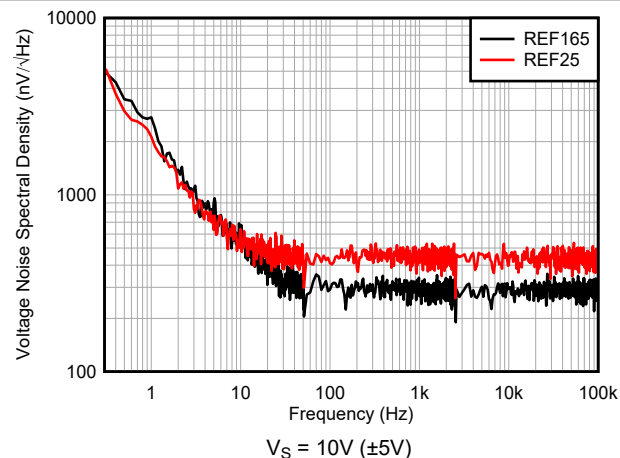


图 5-28. 电压基准噪声频谱密度

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 至 $10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{\text{CM}} = V_{\text{REFA}} = V_S/2$ 、 $V_{\text{REFGND}} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

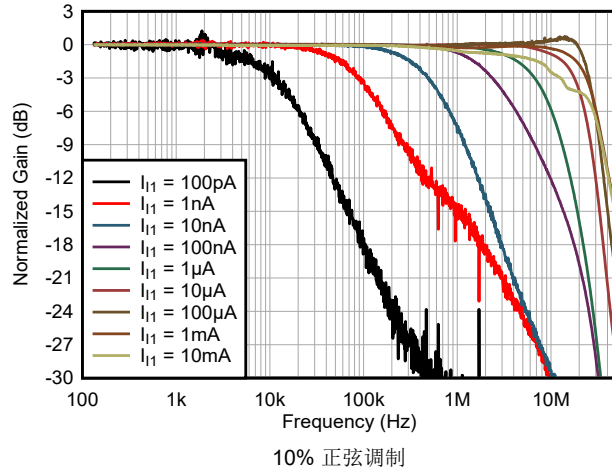


图 5-29. 微小信号 I_{I1} 交流响应

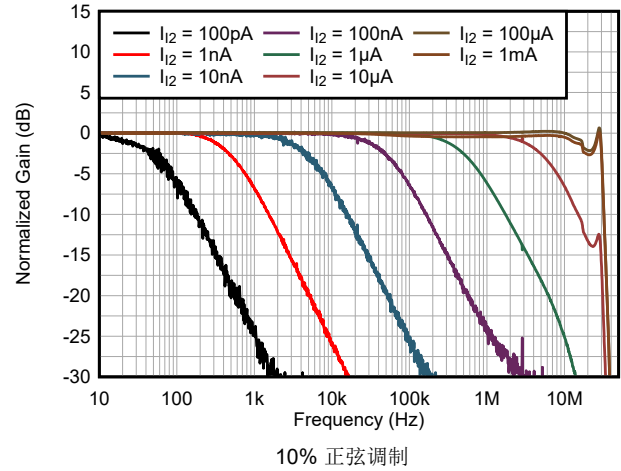


图 5-30. 微小信号 I_{I2} 交流响应

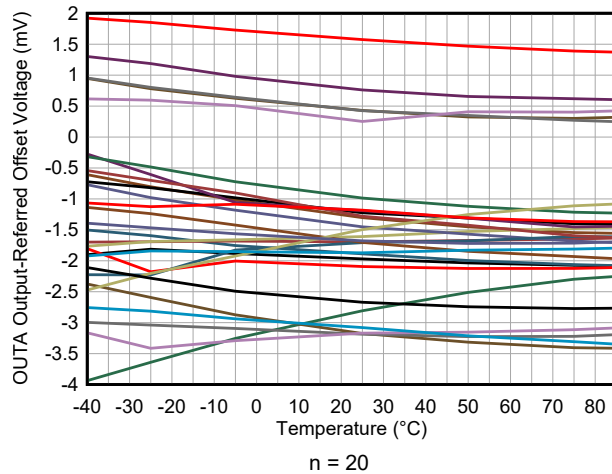


图 5-31. 差分放大器偏移与温度间的关系

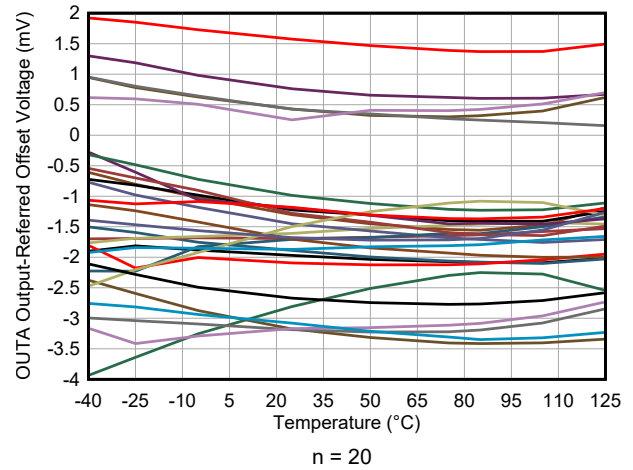


图 5-32. 差分放大器偏移与温度间的关系

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 至 $10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{CM} = V_{REFA} = V_S/2$ 、 $V_{REFGND} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

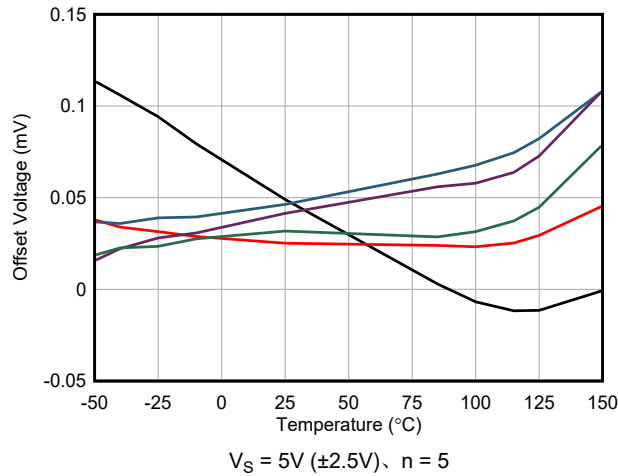


图 5-33. 辅助放大器偏移与温度间的关系

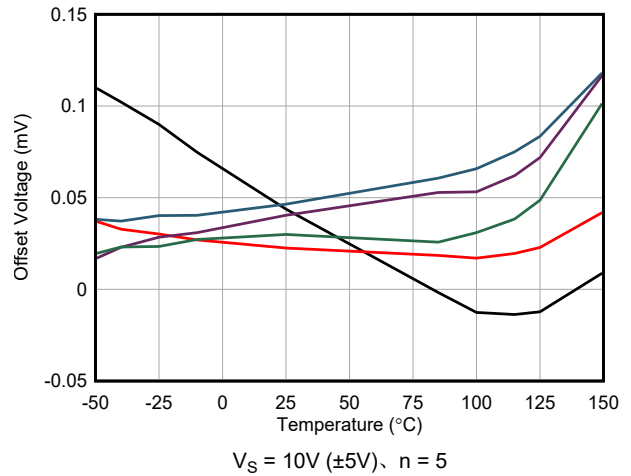
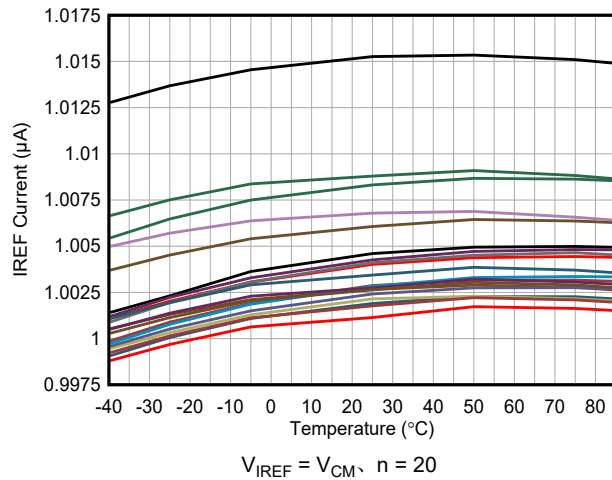
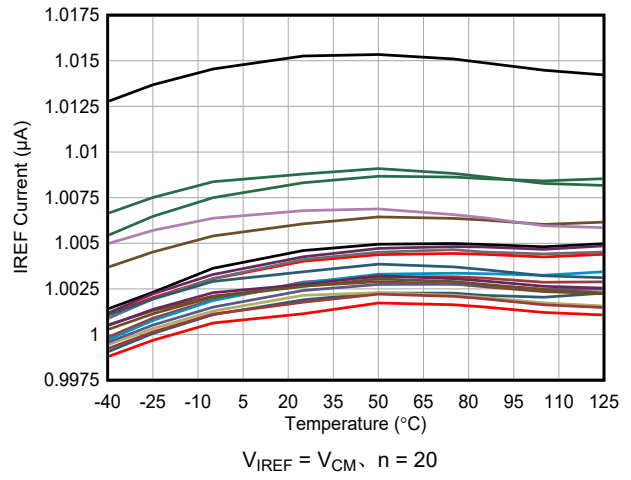


图 5-34. 辅助放大器偏移与温度间的关系

图 5-35. I_{REF} 与温度间的关系图 5-36. I_{REF} 与温度间的关系

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 至 $10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{\text{CM}} = V_{\text{REFA}} = V_S/2$ 、 $V_{\text{REFGND}} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

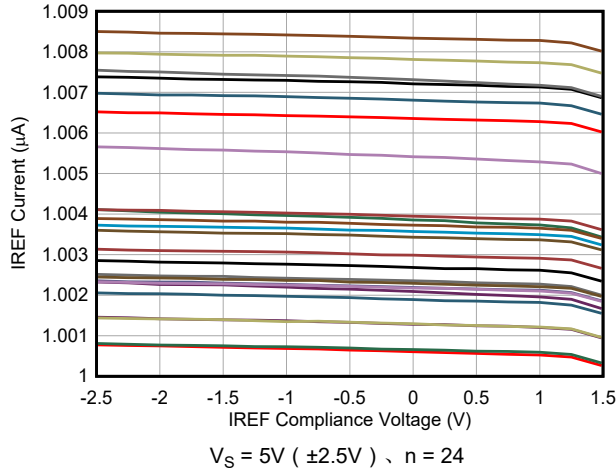


图 5-37. I_{REF} 线性调整率

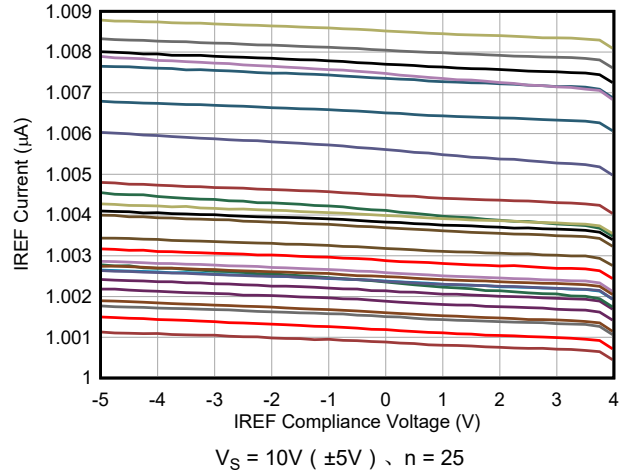


图 5-38. I_{REF} 线性调整率

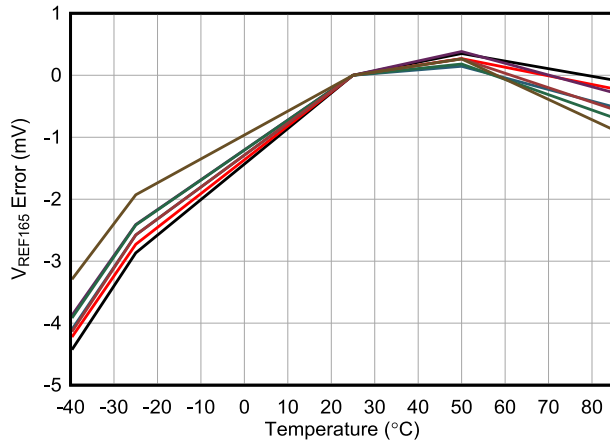


图 5-39. V_{REF165} 与温度间的关系

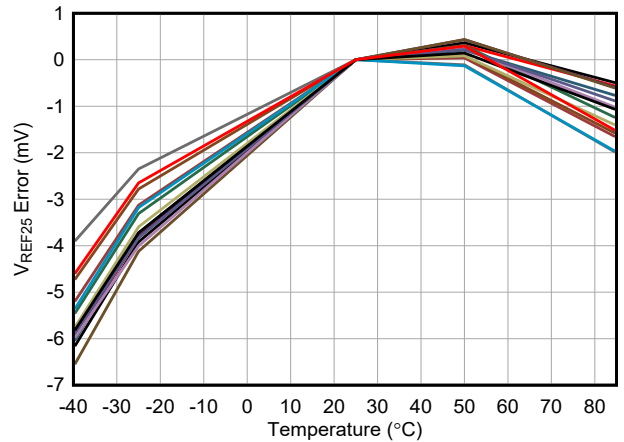


图 5-40. V_{REF25} 与温度间的关系

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 至 $10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{\text{CM}} = V_{\text{REFA}} = V_S/2$ 、 $V_{\text{REFGND}} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

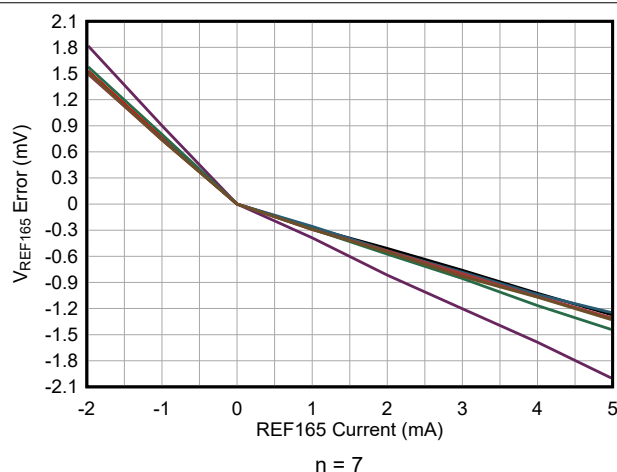


图 5-41. V_{REF165} 负载调整率

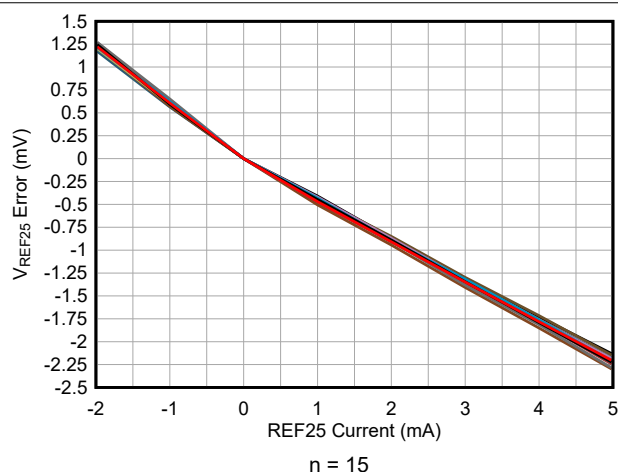


图 5-42. V_{REF25} 负载调整

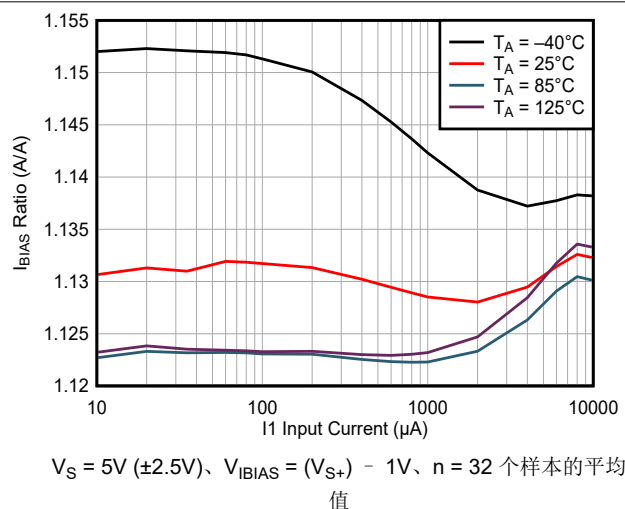


图 5-43. I_{BIAS} 比率与 I_1 电流间的关系

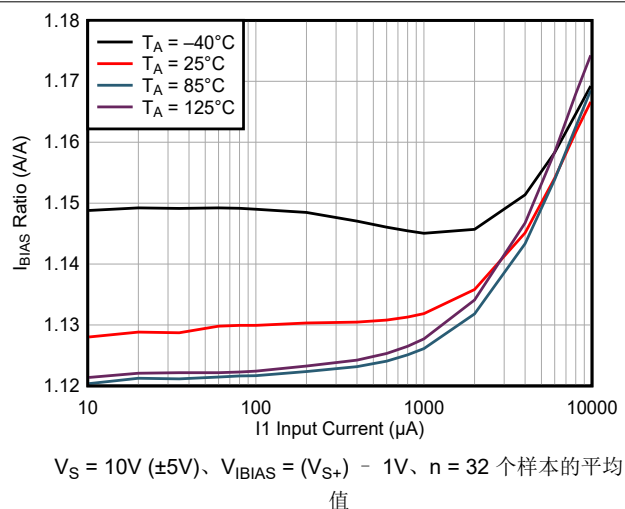
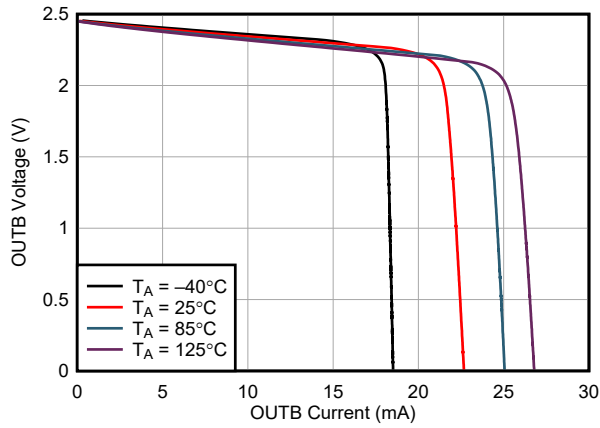


图 5-44. I_{BIAS} 比率与 I_1 电流间的关系

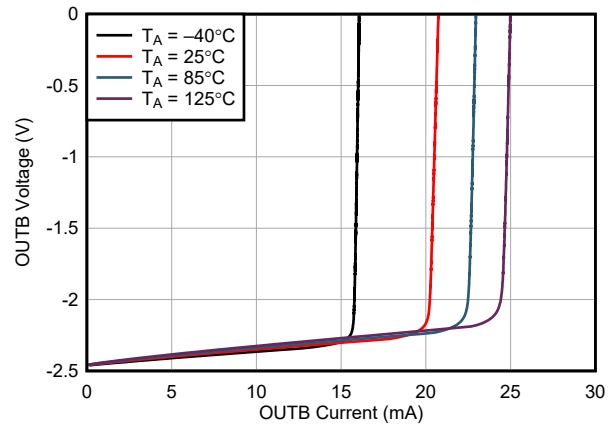
5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$ 至 $10\text{V} (\pm 5\text{V})$ 、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{CM} = V_{REFA} = V_S/2$ 、 $V_{REFGND} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)



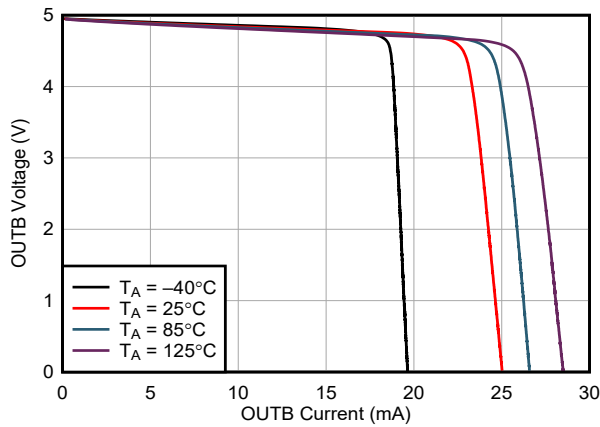
$V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$, 源出电流

图 5-45. 辅助放大器输出电压与输出电流间的关系



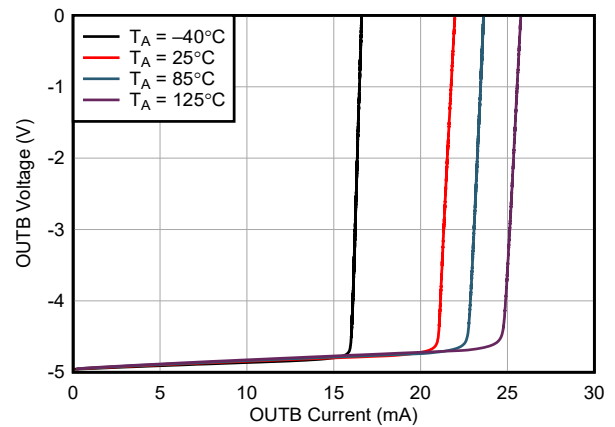
$V_S = 5\text{V} (\pm 2.5\text{V})$, 吸入电流

图 5-46. 辅助放大器输出电压与输出电流间的关系



$V_S = 10\text{V} (\pm 5\text{V})$, 源出电流

图 5-47. 辅助放大器输出电压与输出电流间的关系



$V_S = 10\text{V} (\pm 5\text{V})$, 吸入电流

图 5-48. 辅助放大器输出电压与输出电流间的关系

5.6 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_S = 5\text{V}$ ($\pm 2.5\text{V}$) 至 10V ($\pm 5\text{V}$)、 $\text{OUTA } R_L = 10\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $\text{OUTB } R_L = 2\text{k}\Omega$ 连接至 $V_S/2$ 、 $V_{\text{CM}} = V_{\text{REFA}} = V_S/2$ 、 $V_{\text{REFGND}} = V_{S-}$ 、 $I_{I1} = 1\mu\text{A}$ 、 $I_{I2} = 1\mu\text{A}$ (除非另有说明)

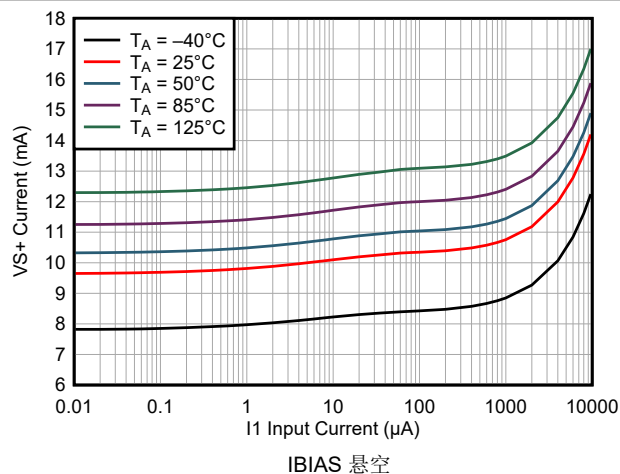


图 5-49. VS+ 电流与 I1 电流间的关系

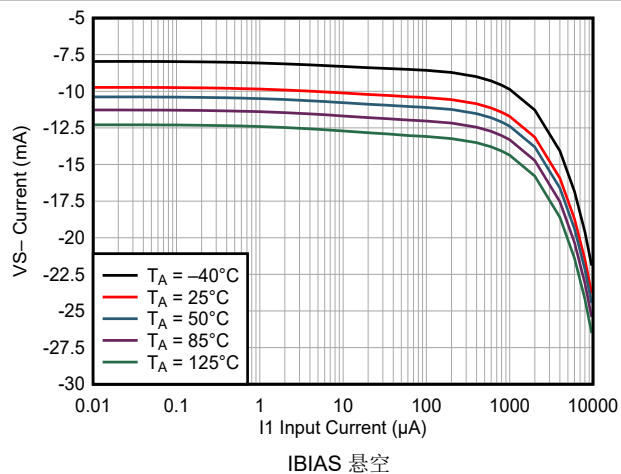
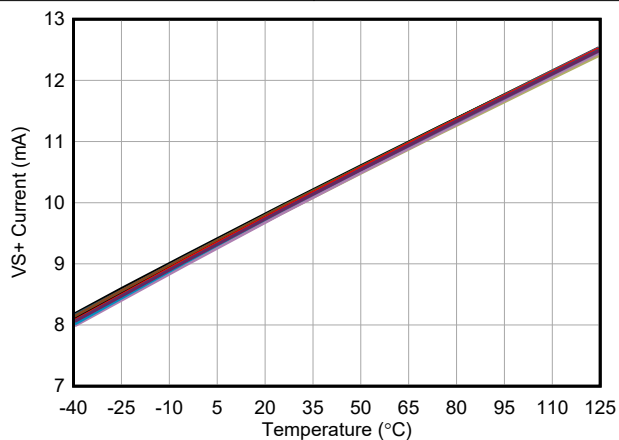


图 5-50. VS- 电流与 I1 电流间的关系



$I_{\text{OUTA}} = I_{\text{OUTB}} = 0\text{mA}$ 、IBIAS 悬空、 $n = 30$

图 5-51. VS+ 电流与温度间的关系

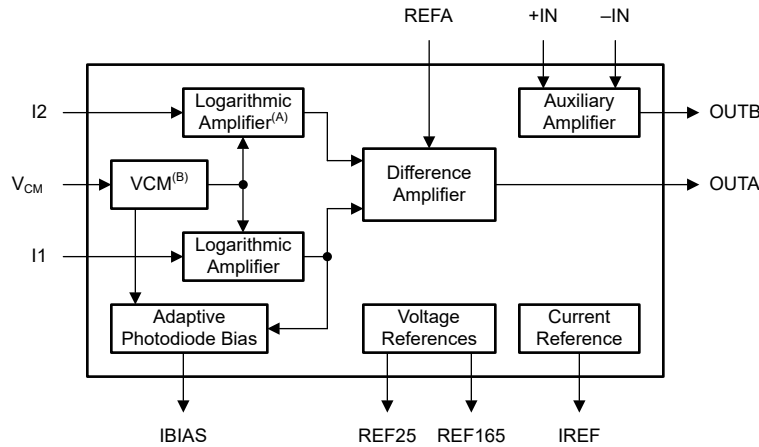
6 详细说明

6.1 概述

LOG200 是一款宽动态范围电流到电压放大器，专为优化 160dB 动态范围内的电流测量而设计，具有出色的精度和速度，适用于光学通信、医疗诊断和工业过程控制测量。LOG200 具有两个对数放大器，后跟一个高精度差分放大器，可将电流信号转换为表示两个电流的对数压缩比的单端电压。电流输入经过设计，一个输入上提供高速响应，另一个输入上提供高度精确的基准信号，可实现快速瞬态响应和高对数一致性的独特组合。

LOG200 比率在内部设置为 250mV/十倍频的电流到电压转换。该器件集成了一个非限定的高速放大器，允许将输出配置为差分或滤波响应，并具有快速稳定时间来驱动逐次逼近模数转换器 (SAR ADC)。LOG200 还具有集成的基准电流与基准电压，以简化器件配置，适配常规输入电流范围以及共模电压。

6.2 功能方框图



A. IREF 或外部源驱动 I2。

B. REF25、REF165 或外部源驱动 VCM。符合输入共模电压限制，以便输入对数放大器具有足够的余量。

6.3 特性说明

6.3.1 高速、对数电流-电压转换

LOG200 使用先进的高速放大器架构将电流转换为电压。通过动态调节放大器的开环增益，LOG200 在电流由低到高和由高到低测量的瞬态响应方面显著快于前代对数放大器。

LOG200 具有两个电流输入 I1 和 I2。I1 输入针对速度进行了优化，使器件能够针对测量电流的变化实现出色的瞬态响应。I2 输入针对精度和准确性进行了优化，旨在与电流基准（例如板载 1 μ A 基准）配合使用。如果对 I2 使用超过 100 μ A 的外部电流，请采用缓冲器网络以提高器件稳定性。

电流输入引脚处的有效电容决定相应反馈环路的有效带宽，从而决定有效器件带宽。光电二极管电容和系统寄生效应都会产生影响，在分析稳定性和瞬态性能时必须加以考虑。

6.3.2 电压和电流基准

LOG200 集成了两个独立的电压基准 (2.5V 和 1.65V)，以及一个电流基准 (1 μ A)。这两个电压基准设计为用作输入共模基准 (2.5V) 和输出基准 (1.65V)；但是，只要遵守最大电流限制，这两个基准还可用于其他需要在系统内提供精确电压的功能。这些电压基准是相对于施加到 REFGND 引脚的电压建立的；因此，应建立到 REFGND 引脚而不是 VS- 的电流返回路径。缓冲器电路可提高驱动更大电容负载时的稳定性，并可增强噪声滤除。如果不使用电压基准，请在相应引脚和 REFGND 之间放置一个 33pF 电容器。

该电流基准旨在用作 I2 引脚的输入。如果电流基准用于系统中的另一项功能，请为 VS- 电源电势建立相应的电流返回路径。如果未使用电流基准，应将相应的引脚悬空。

6.3.3 自适应光电二极管偏置

LOG200 具有 IBIAS 电流输出特性，可用于为光电二极管提供与光生电流成正比的偏置电压。来自 IBIAS 引脚的电流标称值是 I1 引脚输入电流的 1.1 倍。当 R_{BIAS} 电阻与光电二极管并联时，输入电流的 1.0 倍通过光电二极管消耗，剩余 0.1 倍输入电流流经 R_{BIAS} 。此配置会在该电阻两端建立偏置电压。由于光电二极管的阳极端 (连接到 I1 输入端) 保持在 V_{CM} ，阴极电压实际上上升了 $0.1 \times R_{BIAS} \times I_1$ ，从而为光电二极管提供了与电流相关的电反向偏置电压。

此特性可为低光电二极管电流的应用产生非常小的偏置电压，从而减少光电二极管的暗电流。在高光电二极管电流 (通常需要更大的光电二极管) 的应用中，会产生更高的反向偏置电压，从而降低光电二极管的有效电容并增加有效器件带宽。如果未应用该特性，请将 IBIAS 引脚悬空。

6.3.4 辅助运算放大器

LOG200 具有一个额外的宽带宽放大器，可用于单端-差分转换，或是搭建单端增益电路、滤波电路等功能。请勿将该额外的放大器用作比较器，因为该放大器不适用于多路复用场景，并且不能承受输入引脚之间不能承受连续差分电压。

6.4 器件功能模式

LOG200 的最大电源电压为 12.6V ($\pm 6.3V$)，最小电源电压为 4.5V ($\pm 2.25V$)。该器件具有两个 VCM 引脚 (未在内部相互连接)。使用两个板载电压基准之一或外部源将两个 VCM 引脚驱动至相同电位。同样地，使用基准源或其他低阻抗源驱动差分放大器的基准输入。为确保正常运行，请勿将 VCM、VCM2 和 REFA 引脚悬空。

通常，将要测量的测试电流通过 I1 输入施加。通过 I2 输入施加固定基准电流 (无论是外部电流还是由板载 IREF 提供的电流)。可以通过 I1 和 I2 施加两个外部电流，但只能测量两个电流的对数比，而不是两者的绝对值。IBIAS 功能用于为输入光电二极管提供反向电压偏置。如果未使用，应将 IBIAS 引脚悬空或将连接到正电源电压 V_{S+} 。

LOG200 还具有一个辅助放大器，用于产生差分输出电压或用于系统中的任何其他用途 (前提是满足放大器输入共模限制和其他条件)。如果不需要辅助放大器，需向其同相输入端施加电源中点电压或任一板载基准电压，以使辅助放大器保持在输入共模范围内。将输出和反相输入短接在一起，使放大器在已知状态下充当缓冲器，而不要使引脚悬空，因为悬空可能导致在嘈杂环境中出现不稳定行为。请勿将辅助放大器用作比较器，因为该放大器不支持输入引脚之间的高差分电压。

7 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

7.1 应用信息

LOG200 是一款宽动态范围电流到电压放大器，专为优化 160dB 动态范围内的电流测量而设计，具有出色的精度和速度。LOG200 具有两个对数放大器，后跟一个高精度差分放大器，可将电流信号转换为表示两个电流的对数压缩比的单端电压。电流输入经过设计，一个输入上提供高速响应，另一个输入上提供高度精确的基准信号，可实现快速瞬态响应和高对数一致性的独特组合。LOG200 比率在内部设置为 250mV/十倍频的电流到电压转换。

LOG200 集成了一个非专用高速放大器，可将输出配置为差分或滤波响应输出。该器件还具有高精度基准电流和基准电压，可对器件进行配置，以获得优化的输入电流和共模电压。LOG200 可采用单端 5V 电源或双极 ±5V 电源供电，总电源电压范围为 4.5V 至 12.6V。VCM 可由板载电压基准 (REF25 或 REF165) 或外部源驱动。I2 可由外部源驱动，但通常由板载电流基准 IREF 驱动。

7.1.1 对数传递函数

LOG200 使用差分放大器来比较两个对数放大器的电压输出。对数放大器依赖基极-发射极电压 (V_{BE}) 与集电极电流 I_C 之间的晶体管反馈关系，其原理如下：

$$V_{BE} = \left(\frac{kT}{q} \right) \ln \left(\frac{I_C}{I_S} \right) \quad (1)$$

其中

- k = 玻尔兹曼常数， $1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
- T = 绝对温度，单位为开尔文 (K)
- q = 基本电荷， $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
- I_S = 晶体管反向饱和电流

对于图 7-1 中所示的基本对数放大器电路，以下表达式成立：

$$V_{OUT} = -V_{BE} = - \left(\frac{kT}{q} \right) \ln \left(\frac{I_{IN}}{I_S} \right) \quad (2)$$

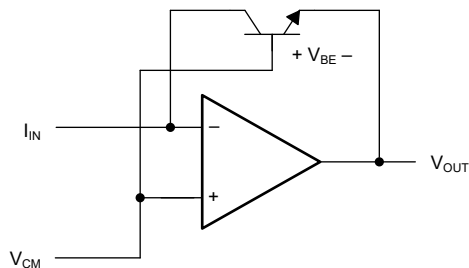


图 7-1. 基本对数放大器

当采用带基准电压 V_{REF} 的差分放大器来比较输入电流分别为 I_1 和 I_2 的两个对数放大器的输出时，

$$V_{OUT2} - V_{OUT1} = \left(\frac{kT}{q} \right) \ln \left(\frac{I_1}{I_{S1}} \right) - \left(\frac{kT}{q} \right) \ln \left(\frac{I_2}{I_{S2}} \right) \quad (3)$$

由于设计上使 I_{S1} 近似等于 I_{S2} ，因此该公式可简化为：

$$V_{OUT2} - V_{OUT1} = \left(\frac{kT}{q} \right) \ln \left(\frac{I_1}{I_2} \right) = \left(\frac{kT}{0.434q} \right) \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_2} \right) \quad (4)$$

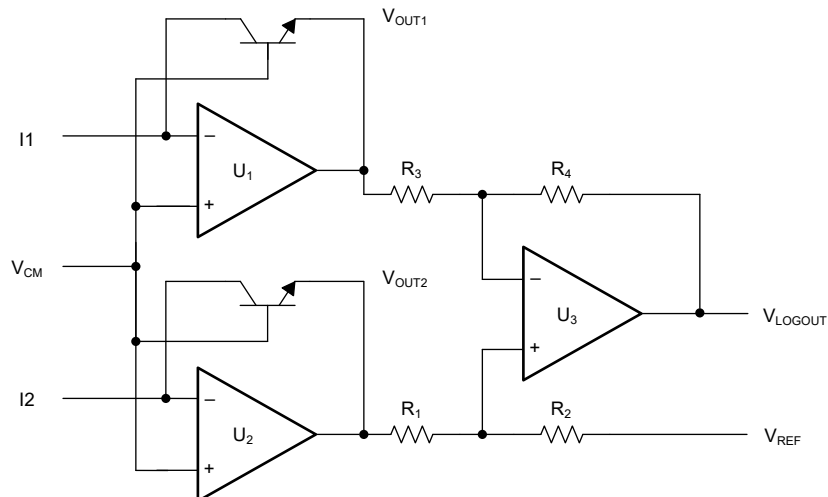


图 7-2. LOG200 差分放大器

在 LOG200 中，差分放大器的内部输入电阻器具有正温度系数，可补偿上述表达式的温度依赖性。差分放大器还会提高标称输出的增益，因此 LOG200 的输出如下：

$$V_{LOGOUT} = K \times \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + V_{REF} \quad (5)$$

其中 K 是器件比例因子，标称值为 250mV/十倍频。因此，当 I_1 和 I_2 之差每变化一个十倍频程（即一个数量级）时，器件输出会相应地漂移 250mV（例如， $I_1 = 10\mu A$ 且 $I_2 = 1\mu A$ 时，输出偏移 250mV； $I_1 = 10nA$ 和 $I_2 = 1\mu A$ 时，输出偏移为 -500mV）。

7.1.1.1 对数一致性误差

LOG200 电流输入对数转换、以及 LOG200 输出级差分放大器的输入和增益电阻器都存在一些固有失配（包括初始失配与温度漂移失配），这些失配在系统层面表现为误差。这些误差分为三类：偏移误差、增益或比例因子误差以及对数或对数一致性误差（LCE）。LCE 是一种非线性误差，在校准偏移和增益误差后测得，其诸多特性与 ADC 或 DAC 的积分非线性误差相似。LCE 描述了由于器件内的随机非理想行为而导致的预期值和测量值之间的差异。LCE 可通过以下两种方式之一定义：瞬时误差（以伏特为单位）或最大误差包络（以百分比表示）。通常，数据集使用输入电流或对数电流（对数标度）与输出电压（线性标度）的关系图、如图 7-3 中所示。

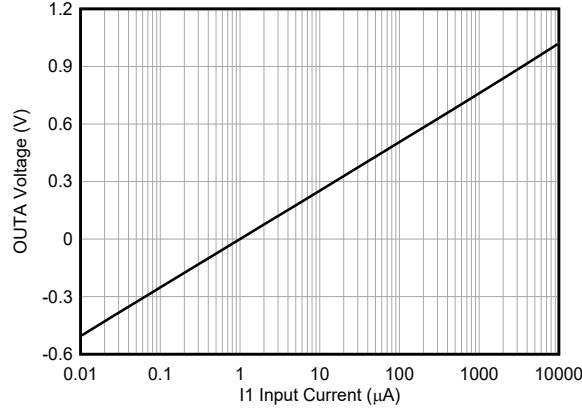


图 7-3. OUTA 电压与 I1 输入电流间的关系

首先，建立一条描述器件传递函数的最佳拟合直线。将该直线的斜率与标称比例因子 K 相比较，即可确定比例因子误差，直线的截距则确定偏移误差。接下来，针对给定输入条件（X 轴上的点）计算测得的器件输出与最佳拟合直线上的点之间的差值。对于任何给定点，所得的结果即为瞬时对数一致性误差，其值会因用于建立最佳拟合直线的数据范围而异。例如，在高输入电流下，LOG200 会因寄生电阻功耗增大而产生自热现象；受该热效应影响，在 100μA 至 10mA 电流区间测得的 LCE 会高于 10nA 至 100μA 电流区间的测试结果。

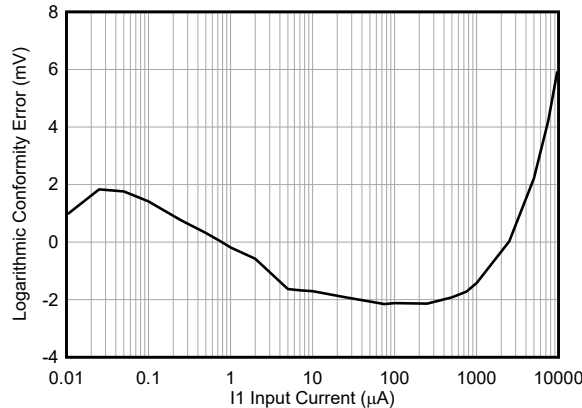


图 7-4. 对数一致性误差与 I1 输入电流的关系

单独计算每个可能输入条件的 LCE 是不切实际的。以误差包络形式表示的 LCE 对电路设计人员更为有用。此计算给出在给定输入范围内的最大预期 LCE，以满量程预期输出电压的百分比表示。此计算涉及在给定范围内遍历所有测得的瞬时 LCE 值。然后，将最大值和最小值之差减半并按测量的输出电压范围（最大输出电压与最小输出电压之差，通常位于数据集的两个端点）进行归一化，以将 LCE 表示为满量程范围的百分比：

$$LCE_{\%} = \frac{LCE_{\max} - LCE_{\min}}{2 \times (V_{\text{LOGOUTmax}} - V_{\text{LOGOUTmin}})} \times 100\% \quad (6)$$

然后可通过以下关系，用 dB 表示 LCE 包络，其中系数 20 与振幅相关。若以光功率表示，该系数为 10。

$$\text{LCE}_{\text{dB}} = 20 \log \left(1 - \frac{\text{LCE}_{\%}}{100\%} \right) \quad (7)$$

7.1.1.2 误差分析示例

为说明 LOG200 应用中的典型系统误差图示，请参考以下条件定义的示例用例：

表 7-1. 设计参数示例

参数	符号	示例值
最大输入电流	I_{max}	200 μ A
最小输入电流	I_{min}	10nA
输出基准电压	V_{REF}	REF165 (1.65V)
输入基准电流	I_{I2}	IREF (1 μ A)
电源电压	V_{S}	10V ($\pm$ 5V)

表 7-2 列出了主要误差源以及在所述条件下各误差源的典型值。典型值通常是平均值与一个标准偏差之和。采用这些典型值开展计算，结果通常偏保守；因为对互不相关的误差做直接求和得到的预估总复合误差往往会大于实际系统观测到的真实总误差。

表 7-2. 示例误差源

参数	符号	典型值
IREF 基准电流误差	$I_{\text{REF\_error}}$	0.3%
REF165 基准误差	$\text{REF165}_{\text{error}}$	0.06%
比例因子误差	K_{error}	0.15%
对数一致性误差	LCE	0.05%
对数放大器输出偏移误差	V_{OSO}	1.3mV

这些误差项用于根据以下公式计算实际值：

$$I_{\text{REF\_actual}} = I_{\text{REF}} \times (1 - I_{\text{REF\_error}}) = 1\mu\text{A} \times (1 - 0.003) = 0.997\mu\text{A} \quad (8)$$

$$V_{\text{REF\_actual}} = V_{\text{REF165}} \times (1 + \text{REF165}_{\text{error}}) = 1.65\text{V} \times (1 + 0.0006) = 1.65099\text{V} \quad (9)$$

$$K_{\text{actual}} = K \times (1 + K_{\text{error}}) = 250 \frac{\text{mV}}{\text{dec}} \times (1 + 0.0015) = 250.375 \frac{\text{mV}}{\text{dec}} \quad (10)$$

首先求解最小和最大电流下的标称输出电压（暂不考虑误差项），以此开始误差分析。然后使用这些结果来近似计算对数一致性误差的贡献值（以 mV 为单位）。

$$V_{\text{LOG\_nominal\_atImin}} = K \times \log_{10}\left(\frac{I_{\text{min}}}{I_{\text{REF}}}\right) + V_{\text{REF}} = 250 \frac{\text{mV}}{\text{dec}} \times \log_{10}\left(\frac{10\text{nA}}{1\mu\text{A}}\right) + 1.65\text{V} = 1.15\text{V} \quad (11)$$

$$V_{\text{LOG\_nominal\_atImax}} = K \times \log_{10}\left(\frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{REF}}}\right) + V_{\text{REF}} = 250 \frac{\text{mV}}{\text{dec}} \times \log_{10}\left(\frac{200\mu\text{A}}{1\mu\text{A}}\right) + 1.65\text{V} = 2.2253\text{V} \quad (12)$$

$$\text{LCE}_{\text{atImin}} = \text{LCE} \times (V_{\text{LOG\_nominal\_atImin}} - V_{\text{REF}}) = -0.0005 \times (1.15\text{V} - 1.65\text{V}) = 0.25\text{mV} \quad (13)$$

$$\text{LCE}_{\text{atImax}} = \text{LCE} \times (V_{\text{LOG\_nominal\_atImax}} - V_{\text{REF}}) = 0.0005 \times (2.2253\text{V} - 1.65\text{V}) = 0.288\text{mV} \quad (14)$$

重复此计算，纳入前面计算出的典型误差值，然后求取结果的差值，以计算每个电流电平下的输出误差。

$$V_{\text{LOG\_actual\_atImin}} = K_{\text{actual}} \times \log_{10}\left(\frac{I_{\text{min}}}{I_{\text{REF\_actual}}}\right) + V_{\text{REF\_actual}} + V_{\text{OSO}} + \text{LCE}_{\text{atImin}} = 1.1521\text{V} \quad (15)$$

$$V_{\text{LOG\_actual\_atImax}} = K_{\text{actual}} \times \log_{10}\left(\frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{REF\_actual}}}\right) + V_{\text{REF\_actual}} + V_{\text{OSO}} + \text{LCE}_{\text{atImax}} = 2.2290\text{V} \quad (16)$$

$$V_{\text{LOG\_error\_atImin}} = V_{\text{LOG\_actual\_atImin}} - V_{\text{LOG\_nominal\_atImin}} = 2.117\text{mV} \quad (17)$$

$$V_{\text{LOG\_error\_atImax}} = V_{\text{LOG\_actual\_atImax}} - V_{\text{LOG\_nominal\_atImax}} = 3.767\text{mV} \quad (18)$$

然后，根据方程式 19 和方程式 20，以满量程范围的百分比表示给定电流电平下的输出误差：

$$\text{ERROR}_{\text{full\_scale\_atImin}} = \frac{V_{\text{LOG\_error\_atImin}}}{V_{\text{LOG\_nominal\_atImax}} - V_{\text{LOG\_nominal\_atImin}}} = 0.197\% \quad (19)$$

$$\text{ERROR}_{\text{full\_scale\_atImax}} = \frac{V_{\text{LOG\_error\_atImax}}}{V_{\text{LOG\_nominal\_atImax}} - V_{\text{LOG\_nominal\_atImin}}} = 0.350\% \quad (20)$$

7.2 典型应用

7.2.1 光学电流检测

LOG200 的一个常见用例是使用外部光电二极管的光学电流检测电路。图 7-5 展示了针对 $\lambda = 1.31 \mu\text{m}$ 应用采用 InGaAs PIN 光电二极管的实现电路。此设计使用 $\pm 5\text{V}$ 电源，适用于输入电流为 10nA 至 $100\mu\text{A}$ 的应用。为简洁起见，图中未显示去耦电容器。使用 LOG200 评估模块可以轻松实施该设计。如需了解更多信息、工作台实测数据以及 LOG200 与光电二极管接口的示例，请参阅《使用 LOG200 进行精确的光功率测量》应用手册。

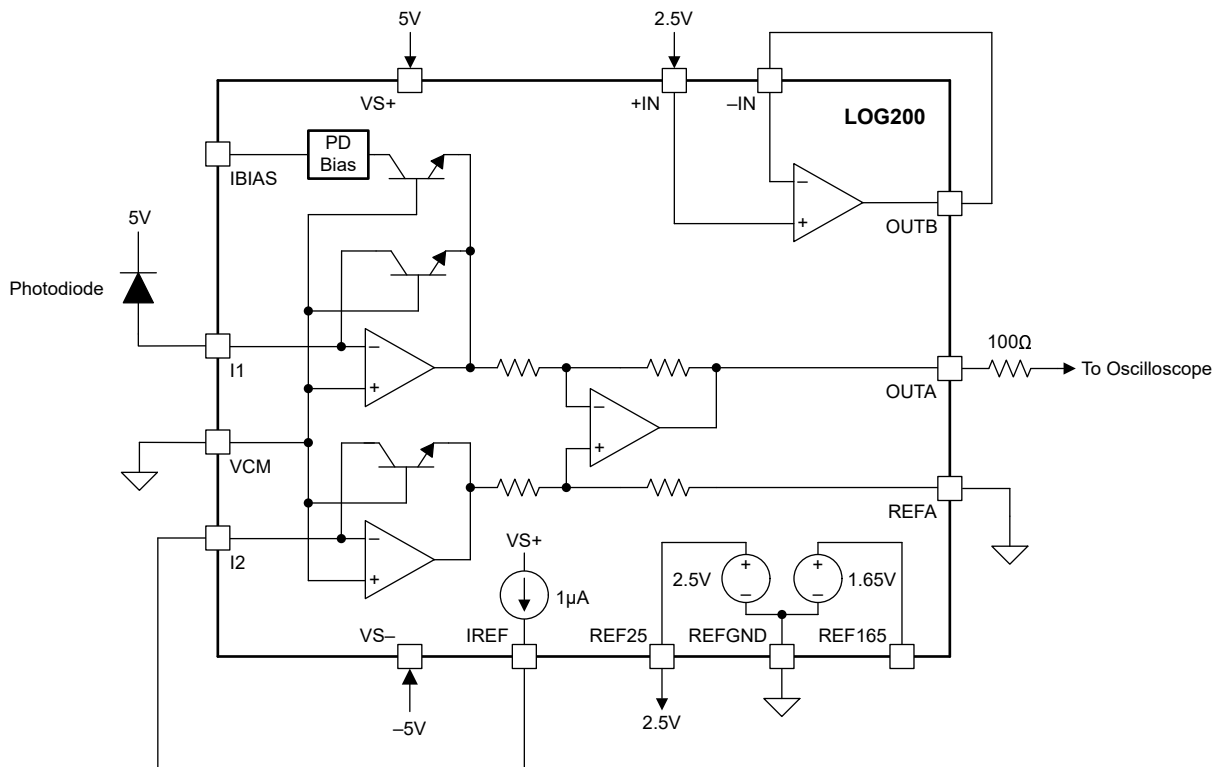


图 7-5. LOG200 光学电流检测应用

7.2.1.1 设计要求

对于该应用，设计要求如下所示：

- $VS+ = 5V$ 、 $VS- = -5V$ 、 $VCM = GND$ 、 $REFA = GND$
- $I_{REF} (1\mu A)$ 连接至 I_2
- 输入电流范围： $10nA \leq I_1 \leq 100\mu A$
- 光电二极管：GP8195-12
 - $V_R = 5V$
 - 20pA 暗电流 (典型值)
 - 1pF 典型电容 (最大值 1.5pF)
 - 光谱响应范围： $\lambda = 0.9 \mu m$ 至 $\lambda = 1.7 \mu m$

对于系统的工作台测试，使用以下配置：

- 激光二极管：LPS-1310-FC
 - $\lambda = 1.31 \mu m$
 - 阈值电流：5mA 至 20mA
 - 使用的电流控制模式
- 激光控制器：THOR CLD1010
- 可变衰减器：VOA50-FC-SM 50dB 在线式
- 外部调制：Agilent 33500 30MHz 波形发生器

7.2.1.2 详细设计过程

G8195-12 光电二极管采用 5V 固定反向偏置电压。阴极连接到 $VS+ 5V$ 电源，阳极连接到 I_1 引脚。 GND 用于 VCM 电位。不需要 $IBIAS$ 特性和 $REF165$ 电压基准；因此，将 $IBIAS$ 和 $REF165$ 引脚悬空。无需辅助放大器；因此，将辅助放大器置于缓冲器配置中，用于缓冲 $REF25$ 基准电压。

GND 用于对数差分放大器的 $REFA$ 输入端。电路输出遵循以下表达式

$$V_{LOGOUT} = 250mV \times \log_{10}\left(\frac{I_1}{1\mu A}\right) \quad (21)$$

因此，100nA 输入的预期输出为 -500mV，10μA 输入的预期输出为 250mV，以此类推。

7.2.1.3 应用曲线

以下图示展示了 LOG200 输出的示波器采集图，显示器件如何响应输入电流的十倍移位。记录了 10nA 和 100nA 之间以及 10 μ A 和 100 μ A 之间的上升和下降阶跃。该示波器设置为使用交流耦合路径。

对于 10nA 和 100nA 之间的电流阶跃，使用了 10mA 激光二极管偏置。观察到大约 268ns 的上升时间和大约 626ns 的下降时间。

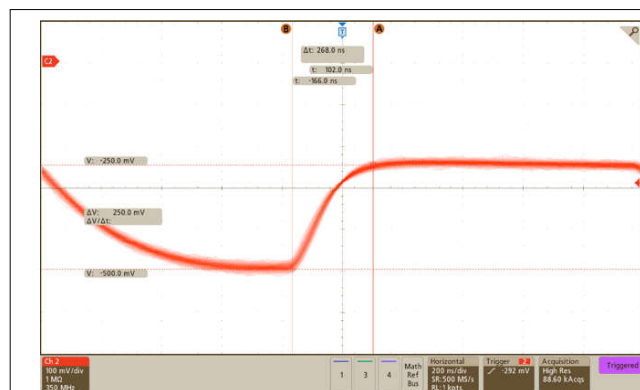


图 7-6. 10nA 至 100nA 电流阶跃

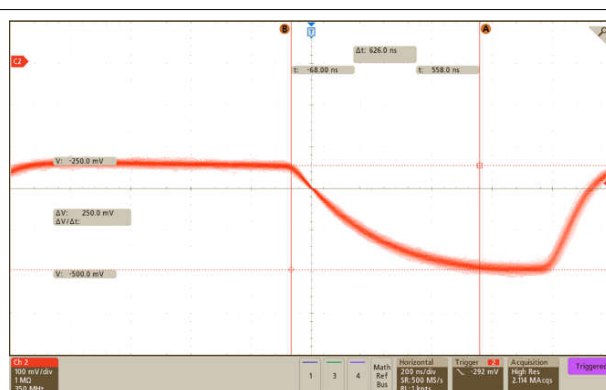


图 7-7. 100nA 至 10nA 电流阶跃

对于 10 μ A 和 100 μ A 之间的电流阶跃，使用了 13mA 激光二极管偏置电流。观察到大约 45.60ns 的上升时间和大约 55.60ns 的下降时间。

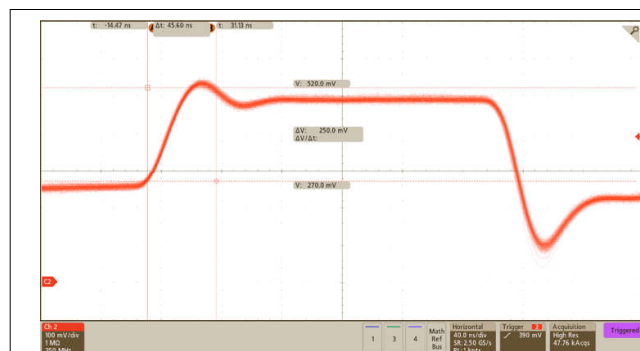


图 7-8. 10 μ A 至 100 μ A 电流阶跃



图 7-9. 100 μ A 至 10 μ A 电流阶跃

7.3 电源相关建议

LOG200 的最大电源电压为 12.6V ($\pm 6.3V$)，最小电源电压为 4.5V ($\pm 2.25V$)。电源引脚与 VCM 引脚上必须配置去耦电容。

在许多情况下，使用 5V 单端电源或 $\pm 5V$ 双极电源。如果系统中唯一可用的电源是 3.3V 单端电源，则需要一个升压转换器来实现 LOG200 所需的 4.5V 最低工作电压。采用这种方法时可能需要选用更大的去耦电容器，以降低电源纹波对器件的影响。

7.4 布局

7.4.1 布局指南

建议使用良好的布局实践。为了使器件具有出色的运行性能，请使用良好的印刷电路板 (PCB) 布局实践，包括：

- 确保次级运算放大器的两个输入路径在源阻抗和电容方面对称且匹配良好，以避免将共模信号转换为差模信号和热电动势 (EMF)。
- 噪声可通过器件的电源引脚和整个电路的电源引脚传播到模拟电路中。旁路电容器通过提供模拟电路的本地低阻抗电源来减少耦合噪声。在每个电源引脚和接地端之间连接低 ESR 0.1 μF X7R 陶瓷旁路电容器，放置位置尽量靠近器件。针对单电源应用，V+ 与接地端之间可以接入单个旁路电容器。
- 为 V_{CM} 去耦电容选择 C0G (NP0) 陶瓷电容器，并尽可能靠近 VCM 引脚放置。
- 将 C0G (NP0) 陶瓷旁路电容器连接到 REF165 和 REF25 各基准引脚，并尽可能靠近这些引脚。使用基准时，每个引脚的总电容为 100pF 至 330pF，如果不使用基准，则为 33pF 的电容值。驱动更大的容性负载时，应使用缓冲器电路，例如用 50 Ω 隔离电阻驱动接至 REFGND 的 100nF 去耦电容。100 Ω 电阻和 100 μF 电容组成的缓冲电路可改善噪声滤除。
- 对于光电检测应用，将光电二极管尽可能靠近 I1 引脚放置，以最大限度地减小寄生电感。
- 对输入或输出信号链中的任何电容 (C₃、C₄、C₅，以及 C_{BIAS} [如使用])，应使用陶瓷 C0G (NP0) 电介质电容器。
- 在电流输入布线周围铺设铜防护布线，从源极一直延伸到 LOG200 输入引脚。移除防护区域上的所有阻焊层和丝印，以减少表面电荷累积并防止表面漏电路径。使用 V_{CM} 作为保护电势。
 - 对于超低电流测量，必须以三维方案实现防护，以防止源自其他层的漏电流流入信号路径。在表面电平信号和防护布线正下方的下一层上放置额外的防护覆铜，以防止垂直方向的漏电路径。在敏感输入布线周围布置过孔栅栏，以连接不同层上的防护铜，从而形成完整的三维防护结构。
- 为了减少寄生耦合，请让输入布线尽可能远离电源或输出布线。如果上述布线无法分离，则让敏感性布线与有噪声布线垂直交叉要远优于选择平行的布线方式。
- 尽可能减少热结的数量。信号路径最好在单层内布线，不使用过孔，并尽可能缩短布线。
- 与主要热源 (高功耗电路) 保持足够的距离。如果不可能，请调整器件位置，使热源对差分信号路径高侧和低侧的影响能够均匀匹配。
- 将散热焊盘焊接到 PCB 上。为了使 LOG200 能够正常散热并最大程度地减少漏电，即使在低功耗应用中，也要将散热焊盘连接到电气上与 VCM 连接的平面或大面积覆铜上。

7.4.2 布局示例

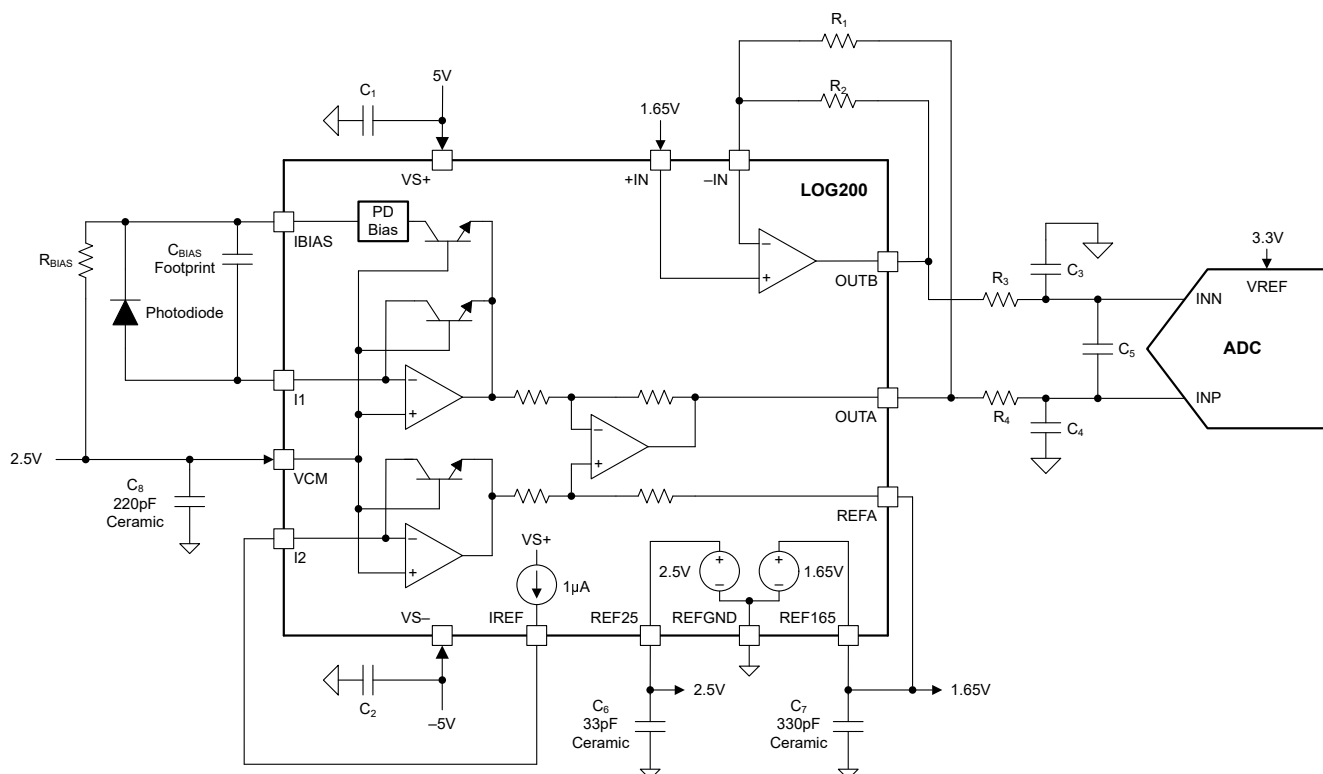


图 7-10. LOG200 示例电路

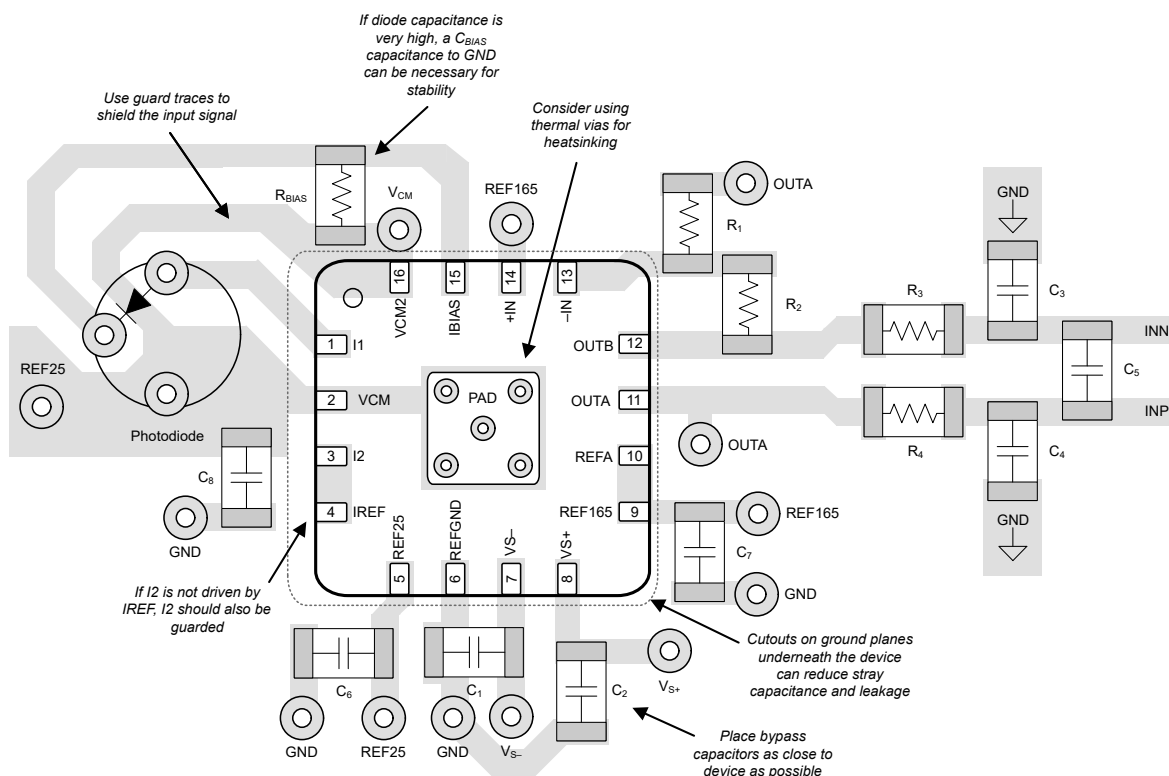


图 7-11. LOG200 示例布局

8 器件和文档支持

TI 提供广泛的开发工具。下面列出了用于评估器件性能、生成代码和开发解决方案的工具和软件。

8.1 器件支持

8.1.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

8.2 文档支持

8.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[LOG200 EVM 用户指南](#)

8.3 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](#) 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

8.4 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

8.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

8.6 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

8.7 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

9 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (December 2024) to Revision B (August 2026)	Page
• 将 YBH (DSBGA, 16) 封装状态从“预告信息”更改为“量产数据 (正在供货)”	1
• 添加了 YBH 封装的热性能信息	4
• 针对 YBH 封装添加了封装特定比例因子误差	6
• 针对 YBH 封装添加了整个温度范围内的封装特定比例因子误差	6
• 针对 YBH 封装添加了 5V 时的封装特定偏移电压	6
• 针对 YBH 封装添加了 10V 时的封装特定偏移电压	6
• 针对 YBH 封装添加了 5V 时的封装特定输入偏置比	6

• 针对 YBH 封装添加了 10V 时的封装特定输入偏置比	6
• 针对 YBH 封装添加了封装特定开环电压增益	6

Changes from Revision * (August 2023) to Revision A (December 2024)**Page**

• 将 RGT (VQFN , 16) 封装状态从预告信息更改为量产数据	1
--	---

10 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
LOG200RGTR	Active	Production	VQFN (RGT) 16	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LOG200
LOG200RGTR.B	Active	Production	VQFN (RGT) 16	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LOG200
LOG200RGTT	Last Time Buy	Production	VQFN (RGT) 16	250 SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LOG200
LOG200RGTT.B	Last Time Buy	Production	VQFN (RGT) 16	250 SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LOG200
LOG200YBHR	Active	Production	DSBGA (YBH) 16	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LOG200

⁽¹⁾ **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

⁽²⁾ **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

⁽³⁾ **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

⁽⁴⁾ **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

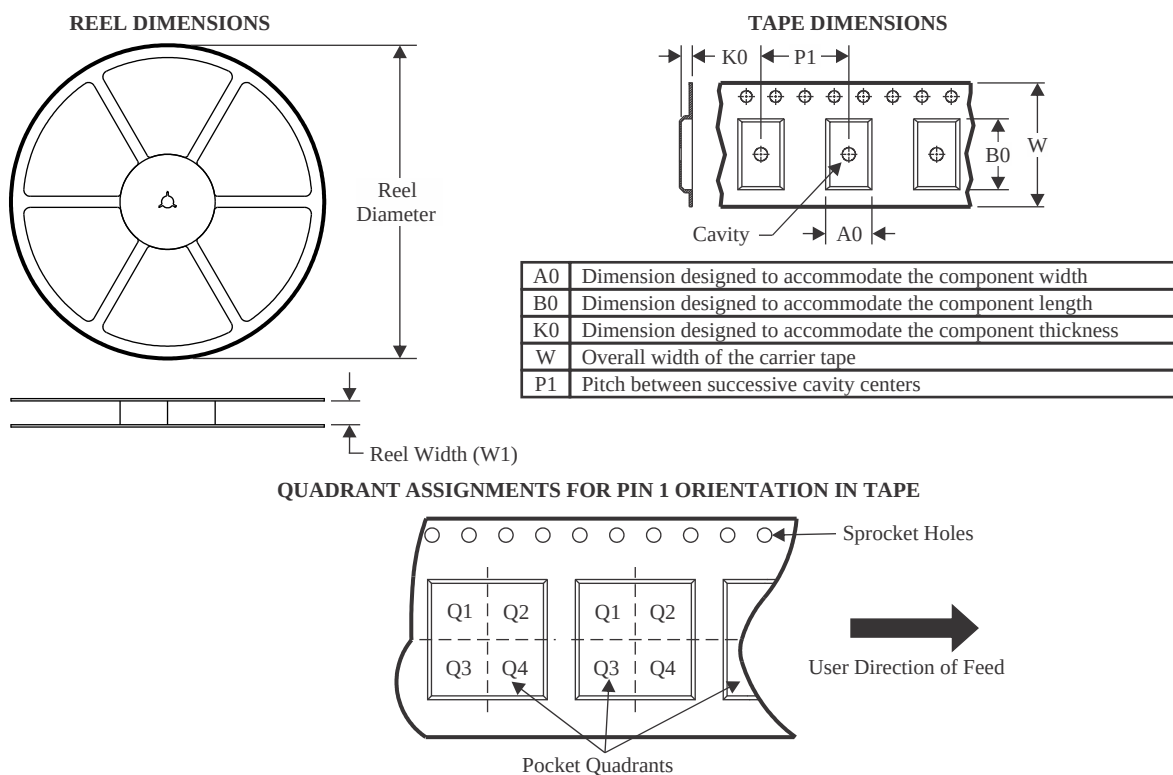
⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

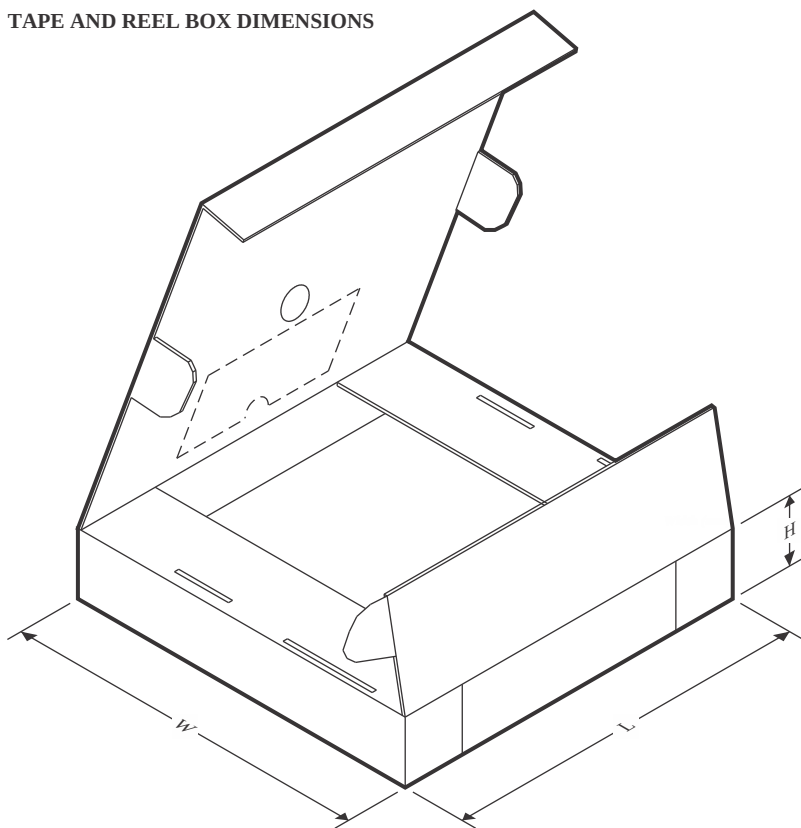
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

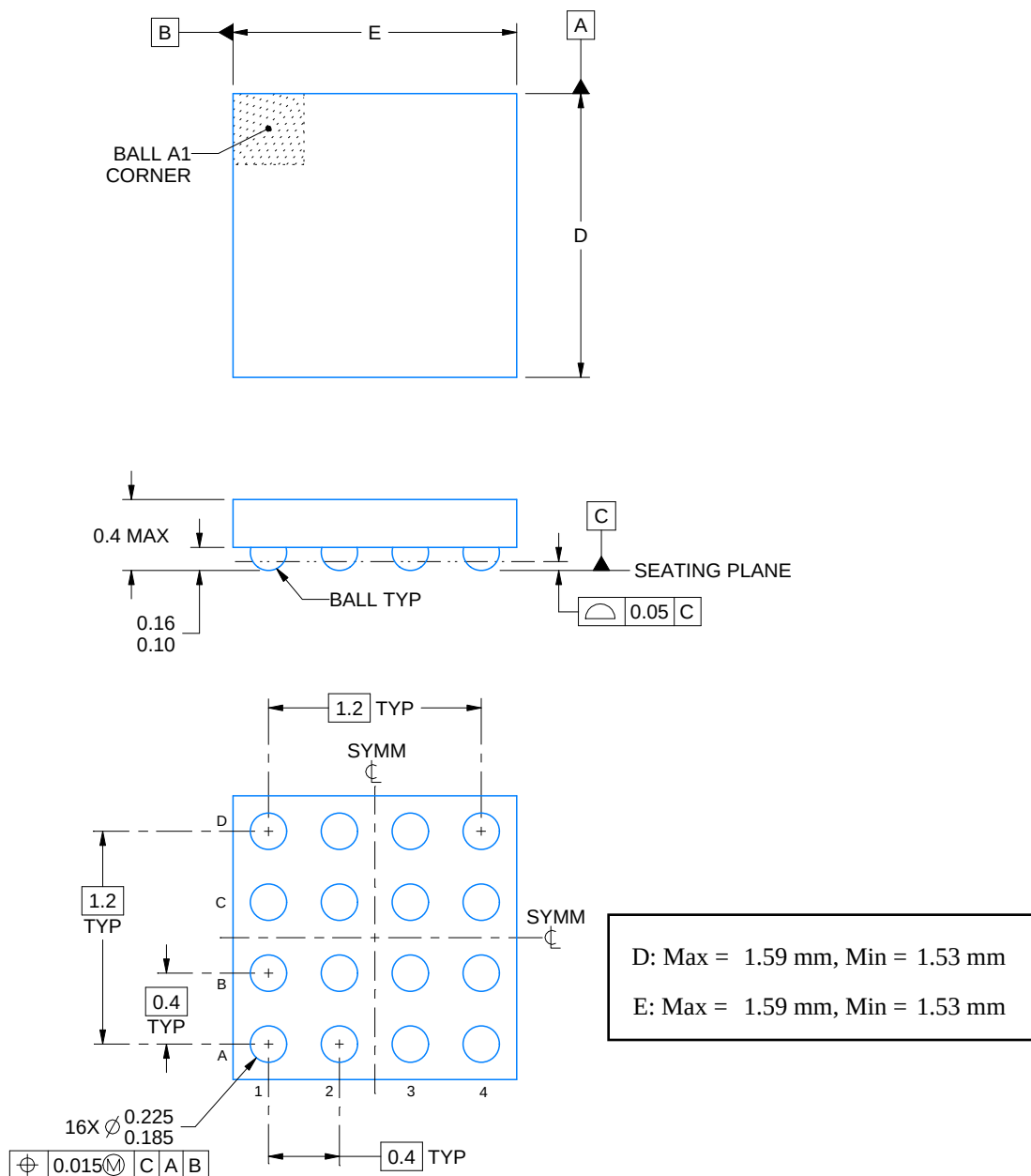
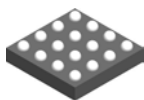
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
LOG200RGTR	VQFN	RGT	16	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
LOG200RGTT	VQFN	RGT	16	250	180.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
LOG200YBHR	DSBGA	YBH	16	3000	180.0	8.4	1.78	1.78	0.69	4.0	8.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LOG200RGTR	VQFN	RGT	16	3000	360.0	360.0	36.0
LOG200RGTT	VQFN	RGT	16	250	210.0	185.0	35.0
LOG200YBHR	DSBGA	YBH	16	3000	182.0	182.0	20.0



4225022/A 06/2019

NOTES:

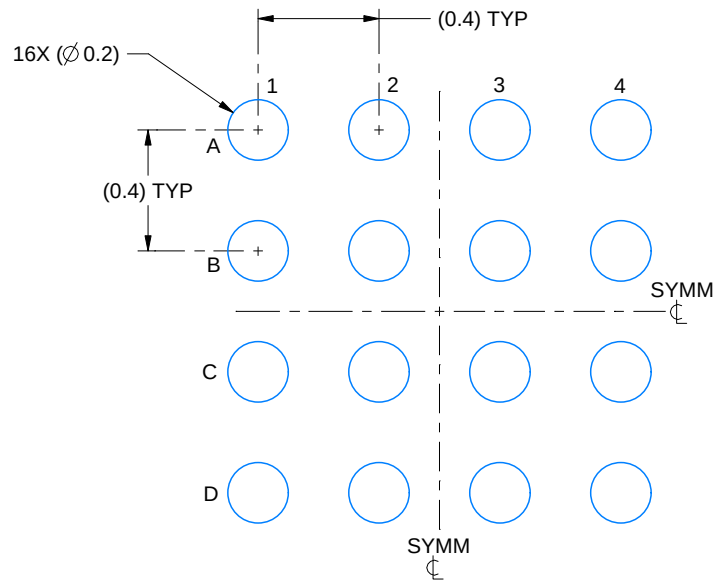
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

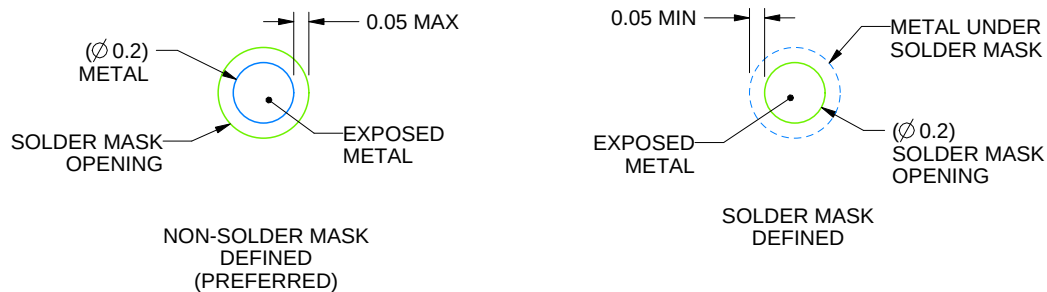
YBH0016

DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 40X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4225022/A 06/2019

NOTES: (continued)

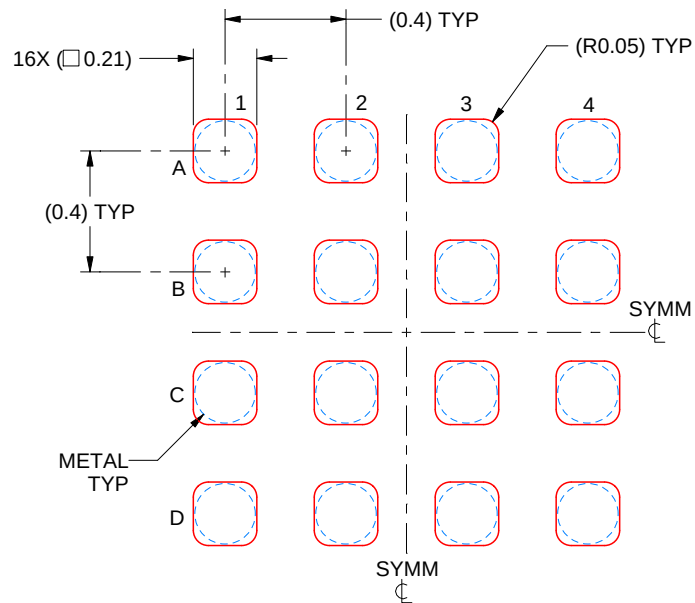
- Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YBH0016

DSBGA - 0.4 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.075 mm THICK STENCIL
SCALE: 40X

4225022/A 06/2019

NOTES: (continued)

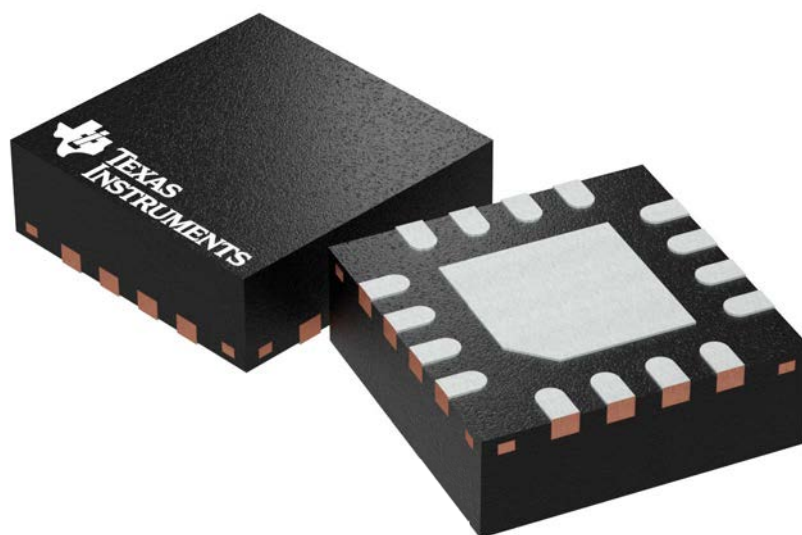
4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

RGT 16

GENERIC PACKAGE VIEW

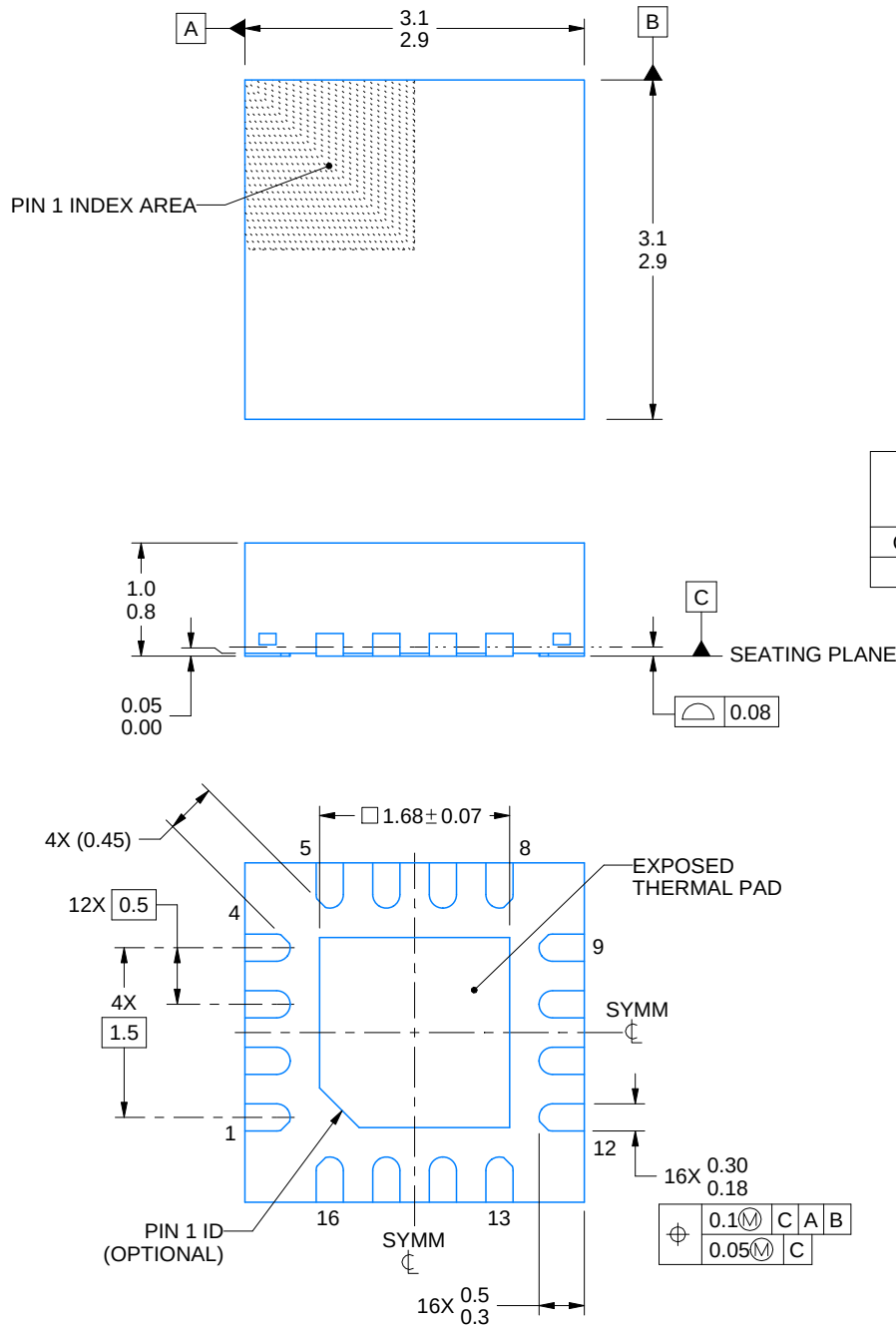
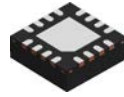
VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

4203495/1



4222419/E 07/2025

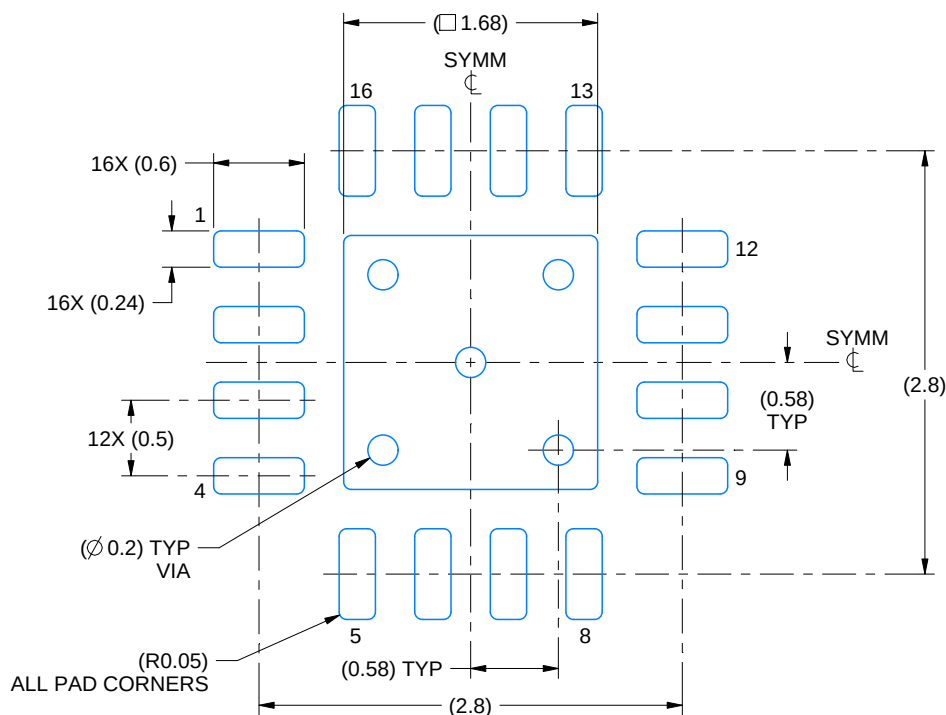
NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

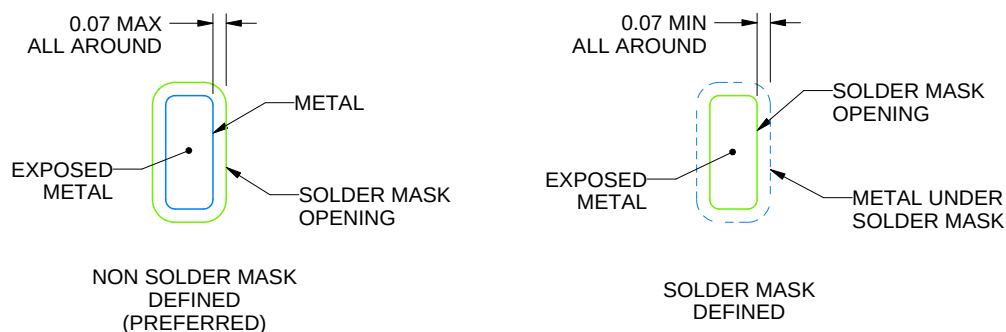
RGT0016C

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:20X



SOLDER MASK DETAILS

4222419/E 07/2025

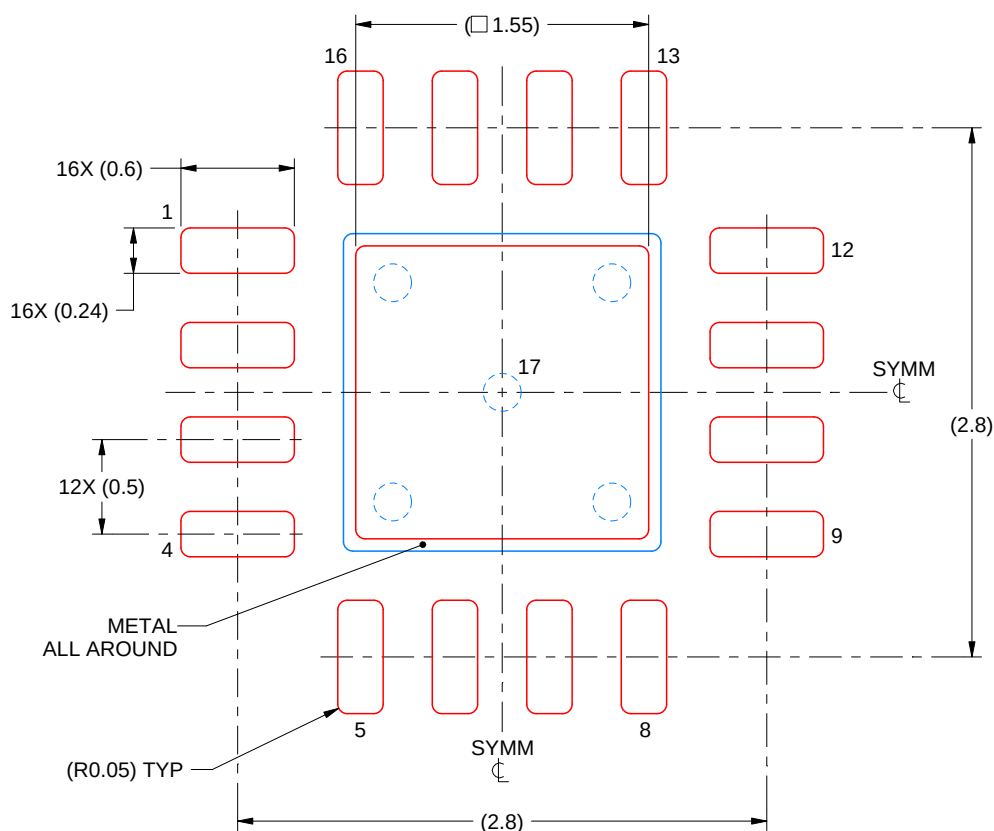
NOTES: (continued)

4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

RGT0016C

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 17:
85% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
SCALE:25X

4222419/E 07/2025

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月