

适用于激光雷达和飞行时间测距应用的 LMH13000 集成式高速、电压控制型 电流输出激光驱动器

1 特性

- 压控型电流驱动器 (灌电流)
- 支持从 5mA 至 5A 的输出电流
- 驱动连续电流和脉冲电流
 - 上升时间 (t_r): 800ps 上升时间
 - 脉冲序列: 直流到 250MHz
- 低电流和高电流模式
- IOUT 上的容差为 18V
- 支持 LVDS、TTL、CMOS 逻辑
- 宽电源电压: 3V 至 5.5V
- 单片激光驱动器无需外部 FET
- 集成热关断和断电

2 应用

- [TOF 测距仪](#)
- [工业光学传感器](#)
- [3D 扫描和手势识别](#)
- [OTDR](#)
- [高速电流负载](#)
- [工业安全光幕](#)
- [医疗 IVD 和流式细胞仪](#)
- [激光雷达模块](#)

3 说明

LMH13000 是电压控制电流源, 可实现对间接飞行时间 (iToF) 和直接飞行时间 (dToF) 激光应用的精确电流

控制。LMH13000 支持脉冲电流输出应用的快速上升和下降时间 ($< 1\text{ns}$), 无需外部 FET。LMH13000 可以驱动多种激光类型, 包括: 边缘发射激光器 (EEL)、垂直腔体表面发射激光器 (VCSEL) 等。VSET 引脚可精确调节负载电流, 以补偿激光二极管的温度和老化变化。

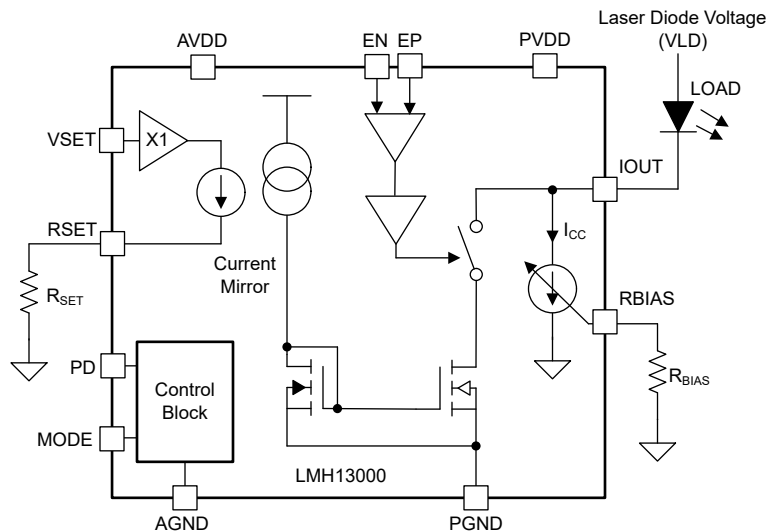
LMH13000 支持高达 1A 的连续电流或 5A 脉冲电流, 具体取决于频率、占空比和热耗散情况。LMH13000 采用 TI 专有 HotRod™ 封装。该封装省去了内部键合线, 有助于在高电流路径中实现超低电感, 从而使设计实现更快的电流上升和下降时间。集成式热关断功能可在裸片温度过高时保护芯片。LVDS 输入 (EP 和 EN) 支持输出电流导通时间、频率和占空比的控制。LMH13000 的工作电压范围为 3V 至 5.5V, 具有 -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 的额定环境温度范围 (150°C 的最高裸片温度)。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
LMH13000	RQE (VQFN-HR, 13)	3.5mm × 3mm

(1) 有关更多信息, 请参阅节 10。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值, 并包括引脚 (如适用)。



功能方框图



内容

1 特性	1	6.3 特性说明	15
2 应用	1	6.4 器件功能模式	18
3 说明	1	7 应用和实施	19
4 引脚配置和功能	3	7.1 应用信息.....	19
5 规格	4	7.2 典型应用.....	19
5.1 绝对最大额定值.....	4	7.3 电源相关建议.....	24
5.2 ESD 等级.....	4	7.4 布局.....	24
5.3 建议运行条件.....	4	8 器件和文档支持	27
5.4 热性能信息.....	5	8.1 接收文档更新通知.....	27
5.5 低电流模式的电气特性 (MODE = 0).....	5	8.2 支持资源.....	27
5.6 高电流模式的电气特性 (MODE = 1).....	7	8.3 商标.....	27
5.7 典型特性.....	8	8.4 静电放电警告.....	27
5.8 参数测量信息.....	13	8.5 术语表.....	27
6 详细说明	14	9 修订历史记录	28
6.1 概述.....	14	10 机械、封装和可订购信息	28
6.2 功能方框图.....	14		

4 引脚配置和功能

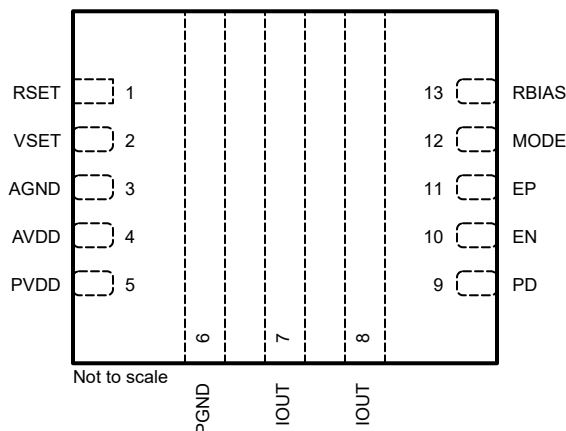


图 4-1. RQE 封装，13 引脚 WQFN-HR (顶视图)

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
编号	名称		
1	RSET	I	电阻器设置引脚。将 20k Ω 电阻器连接到 AGND 以设置输出电流 I_{OUT} 。
2	VSET	I	电压设置引脚。施加电压以设置 I_{OUT} $I_{OUT} = V_{SET} / R_{SET} \times k$
3	AGND	P	信号地
4	AVDD	P	信号供应
5	PVDD	P	电源
6	PGND	P	电源地
7、8	IOUT	O	输出灌电流
9	PD	I	关断输入： 0 = 正常运行 1 = 断电
10	EN	I	负 LVDS 输入
11	EP	I	正 LVDS 输入
12	模式	I	输出电流模式选择 0 = 低电流 (5mA 至 1A) 1 = 高电流 (250mA 至 5A)
13	RBIAS	I	恒定电流设置电阻器。 将一个电阻器连接到 AGND，以提供流经 IOUT 的固定直流电流。 连接至 AVDD 以禁用。

(1) I = 输入，O = 输出，I/O = 输入或输出，G = 接地，P = 电源。

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
AVDD	模拟电源电压		6	V
PVDD	电源电压		6	V
V _{IOUT}	IOUT 引脚的电压		21.6	V
V _{SET}	VSET 引脚的电压	AGND	2.5	V
	EP、EN、PD、MODE、RSET 和 RBIAS	AGND	AVDD	V
	所有输入引脚的输入钳位二极管		±10	mA
T _J	结温		150	°C
T _{stg}	贮存温度	-65	150	°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能够在该等条件下或在任何超出建议运行条件的其他条件下正常运行。如果在建议运行条件之外但在绝对最大额定值范围内短暂运行，器件可能不会受到损坏，但可能无法完全正常工作。以这种方式运行器件可能会影响器件的可靠性、功能和性能，并缩短器件寿命。

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 ⁽¹⁾	±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 ⁽²⁾	±750	

- (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
AVDD	模拟电源电压	3		5.5	V
PVDD	电源电压	3		5.5	V
T _A	环境温度	-40	25	125	°C
V _{SET}	IOUT 控制引脚， $I_{OUT} = V_{SET}^{(1)} / R_{SET} \times k^{(2)}$	0.01		2	V
R _{SET}	连接到 RSET 引脚的电阻器		20		kΩ
	EP 和 EN 之间的端接电阻器		100		Ω
LVDS ⁽³⁾	LVDS = 1 时的 V _(EP - EN)	100			mV
	LVDS = 0 时的 V _(EP - EN)			-100	

- (1) 在低电流和高电流模式下，V_{SET} 可在建议运行条件之外进行调整，以补偿或校准 I_{OUT} 中的直流误差。

- (2) 关于 k 值、请参阅第 5.5 节和第 5.6 节。

- (3) 为了在高频和输出电流下实现可靠的无抖动运行，施加至少 ±250mV 的电压。

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		LMH13000	单位
		RQE (VQFN-HR)	
		13 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	30	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	28	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	14.5	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.4	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	14	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	1	°C/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 低电流模式的电气特性 (MODE = 0)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时, $PVDD = AVDD = 5\text{V}$, $RBIAS = AVDD$, $MODE = 0$, $PD = 0$, 缓冲器为 [图 5-31](#) (除非另有说明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
IOUT 直流性能							
IOUT	调节电流 ⁽¹⁾	VSET = 0.01V 至 2V	TA = -40°C 至 +125°C	0.005		1	A
	IOUT 精度	IOUT = 0.1A				±14.5	%
		IOUT = 1A				±5.5	
	IOUT 变化	IOUT = 0.1A	TA = -40°C 至 +125°C			±3.5	%
		IOUT = 1A	TA = -40°C 至 +125°C			±1	
MINVOUT	最小 VOUT ⁽²⁾	IOUT = 0.1A	TA = -40°C 至 +125°C	0.7			V
		IOUT = 1A	TA = -40°C 至 +125°C	2.1			
I _{LEAK}	IOUT 下的漏电流	PD = 1 或 LVDS = 0				170	nA
			TA = -40°C 至 +125°C			48	μA
MAXVOUT	最大 VOUT					18	V
IOUT 交流性能 (R _{DAMP} = 1 Ω , L _{LOAD} = 1nH) , 请参阅图 5-31							
C _{IOUT}	IOUT 阻抗	并联电容 ⁽³⁾		请参阅 图 5-12			pF
L _{IOUT}	IOUT 阻抗	串联电感 ⁽⁴⁾		100			pH
	IOUT 噪声	IOUT = 100mA , 积分带宽 = 100MHz	TA = -40°C 至 +125°C	60			μA _{RMS}
t _r	IOUT 上升时间	IOUT = 1A , VLD = 4V		0.4			ns
			TA = -40°C 至 +125°C	0.5			
t _f	IOUT 下降时间	IOUT = 1A , VLD = 4V		0.3			ns
			TA = -40°C 至 +125°C	0.4			
	IOUT 过冲	IOUT = 1A , VLD = 4V		23			%
	IOUT 下冲	IOUT = 1A , VLD = 4V		10			%
	IOUT 稳定时间	IOUT = 1A , 10% 稳定		3			ns
VSET (IOUT 控制引脚)							
	VSET 输入偏置电流		TA = -40°C 至 +125°C	50			nA
	VSET 输入阻抗			4 8			G Ω pF
VSET	VSET 引脚电压	For IOUT = 0.005A 至 1A		0.01		2	V
k	VSET 至 IOUT 的比例因子	IOUT = VSET / RSET × k		10000			
	IOUT / VSET 带宽			800			kHz
RSET	RSET 上的建议电阻			20			k Ω

5.5 低电流模式的电气特性 (MODE = 0) (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时, $PVDD = AVDD = 5\text{V}$, $R_{BIAS} = AVDD$, $MODE = 0$, $PD = 0$, 缓冲器为 图 5-31 (除非另有说明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
恒定电流 (I _{CC}), 当 MODE = 0 和 MODE = 1 时							
I _{CC}	恒定电流	R _{BIAS} = 25k Ω 至 500 Ω 时		4		200	mA
	禁用	连接 R _{BIAS}		AVDD			V
	精度	I _{CC} = 100mA				±5.5	%
			T _A = -40°C 至 +125°C			±7.5	
LVDS 输入							
	LVDS 至 IOUT 传播延迟	I _{OUT} = 1A			10		ns
			T _A = -40°C 至 +125°C		13		
	频率 (LVDS/TTL/CMOS)				250		MHz
	EP 和 EN 电压	V _{CM} ± V _{DIFF} ⁽⁵⁾	f > 10MHz	AGND + 0.5	AVDD - 0.5		V
			DC 且 f = 10MHz	AGND	AVDD		
	IOUT 抖动	f < 250MHz, 50% 占空比			6		ps
电源							
	静态的静态电流	LVDS = 0, V _{SET} = 0.2V				7	mA
			T _A = -40°C 至 +125°C			8	
	动态的静态电流	在 10MHz 时的 Δ LVDS, I _{OUT} = 1A			13		mA
		在 250MHz 时的 Δ LVDS, I _{OUT} = 1A			80		mA
MODE = 0 和 MODE = 1 时的热关断							
T _{SHD}	热关断温度				160		°C
	热关断迟滞				10		°C
	芯片热时间常量	JEDEC PCB 上安装的器件			请参阅 图 5-28		
MODE, 对于 MODE = 0 和 MODE = 1							
	工作模式	低电流模式, MODE = 0	T _A = -40°C 至 +125°C	AGND + 1.2			V
		高电流模式, MODE = 1	T _A = -40°C 至 +125°C	AVDD - 1.2			
断电, 对于 MODE = 0 和 MODE = 1							
I _{PD}	关断电流		T _A = -40°C 至 +125°C		35		μA
	启用电压阈值	PD = 0	T _A = -40°C 至 +125°C	AGND + 1.2			V
	禁用电压阈值	PD = 1	T _A = -40°C 至 +125°C	AVDD - 1.2			V
	开通延时时间	PD = 1 → 0	T _A = -40°C 至 +125°C		15		μs
	关断延时时间	PD = 0 → 1	T _A = -40°C 至 +125°C		1		μs

- (1) LMH13000 继续在 V_{SET} 大于所述限值的情况下运行; 但是无法保证寿命可靠性。
- (2) 维持 $MINV_{IOUT}$ 以提供 I_{OUT} 精度。如果 I_{OUT} 精度不是很重要, 请进一步降低此规格以提高热性能。
- (3) C_{IOUT} 是 IOUT 引脚到 PGND 引脚的电容。
- (4) L_{IOUT} 是从 IOUT 引脚到内部 FET 漏极的串联电感。
- (5) 仅在高频运行时, 施加到 EP 和 EN 上的电压保持与任一电源轨至少相差 0.5V。对于低频运行, EP 和 EN 可以上升到任一电源轨。

5.6 高电流模式的电气特性 (MODE = 1)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时, $PVDD = AVDD = 5\text{V}$, $R_{BIAS} = AVDD$, $MODE = 1$, $PD = 0$, 缓冲器为 图 5-31 (除非另有说明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
IOUT 直流性能							
I _{OUT}	调节电流 ⁽⁴⁾	V _{SET} = 0.1V 至 2V	T _A = -40°C 至 +125°C	0.25		5	A
	I _{OUT} 精度	I _{OUT} = 0.5A				±10.5	%
		I _{OUT} = 2A				±6	
		I _{OUT} = 5A				±4	
	I _{OUT} 变化	I _{OUT} = 0.5A	T _A = -40°C 至 +125°C			±2.5	%
		I _{OUT} = 2A	T _A = -40°C 至 +125°C			±1.3	
		I _{OUT} = 5A	T _A = -40°C 至 +125°C			±0.9	
MINV _{IOUT}	最小 V _{IOUT} ⁽¹⁾	I _{OUT} = 0.5A	T _A = -40°C 至 +125°C	0.7			V
		I _{OUT} = 5A	T _A = -40°C 至 +125°C	2.2			
I _{LEAK}	I _{OUT} 下的漏电流	PD = 1 或 LVDS = 0 ,				0.35	μA
			T _A = -40°C 至 +125°C			100	
MAXV _{IOUT}	最大 V _{IOUT}					18	V
IOUT 交流性能 (R _{DAMP} = 1 Ω , L _{LOAD} = 1nH) , 请参阅图 5-31							
C _{IOUT}	IOUT 阻抗	并联电容 ⁽²⁾		请参阅图 5-12			pF
L _{IOUT}	IOUT 阻抗	串联电感 ⁽³⁾		100			pH
	I _{OUT} 噪声	I _{OUT} = 0.5A , 积分带宽= 100MHz	T _A = -40°C 至 +125°C	200			μA _{RMS}
t _r	I _{OUT} 上升时间	I _{OUT} = 2A , VLD = 6V		0.5			ns
			T _A = -40°C 至 +125°C	0.6			
t _f	I _{OUT} 下降时间	I _{OUT} = 2A , VLD = 6V		0.5			ns
			T _A = -40°C 至 +125°C	0.7			
	I _{OUT} 过冲	I _{OUT} = 2A , VLD = 6V		20			%
	I _{OUT} 下冲	I _{OUT} = 2A , VLD = 6V		15			%
	I _{OUT} 稳定时间	I _{OUT} = 2A , 10% 稳定		4			ns
			T _A = -40°C 至 +125°C	6			
VSET (I _{OUT} 控制引脚)							
V _{SET}	VSET 引脚电压	For I _{OUT} = 0.25A 至 5A		0.1		2	V
k	V _{SET} 至 I _{OUT} 的比例因子	I _{OUT} = V _{SET} / R _{SET} × k		50000			
	I _{OUT} / V _{SET} 带宽			600			kHz
LVDS 输入							
	LVDS 至 IOUT 传播延迟	I _{OUT} = 2A		9			ns
			T _A = -40°C 至 +125°C	13			
		I _{OUT} = 5A		9			
			T _A = -40°C 至 +125°C	10			
	频率 (LVDS/TTL/CMOS)			250			MHz
	IOUT 抖动	f < 250 MHz , 50% 占空比		7			ps
电源							
	静态的静态电流	LVDS = 0 , V _{SET} = 0.2V		23.5			mA
			T _A = -40°C 至 +125°C	24			
	动态的静态电流	在 10MHz 时的 Δ LVDS , I _{OUT} = 5A		50			mA
		在 200MHz 时的 Δ LVDS , I _{OUT} = 5A		360			

- (1) 维持 $MINV_{IOUT}$ 以提供 I_{OUT} 精度。如果 I_{OUT} 精度不是很重要, 请进一步降低此规格以提高热性能。
- (2) C_{IOUT} 是 I_{OUT} 引脚到 $PGND$ 引脚的电容。
- (3) L_{IOUT} 是从 I_{OUT} 引脚到内部 FET 漏极的串联电感。
- (4) LMH13000 继续在 V_{SET} 大于所述限值的情况下运行; 但是无法保证寿命可靠性。

5.7 典型特性

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $AVDD = PVDD = 5\text{V}$ 、 $R_{DAMP} = 1\Omega$ 、 $L_{LOAD} = 1\text{nH}$ 以及 $R_{BIAS} = AVDD$ 时测得 (除非另有说明)

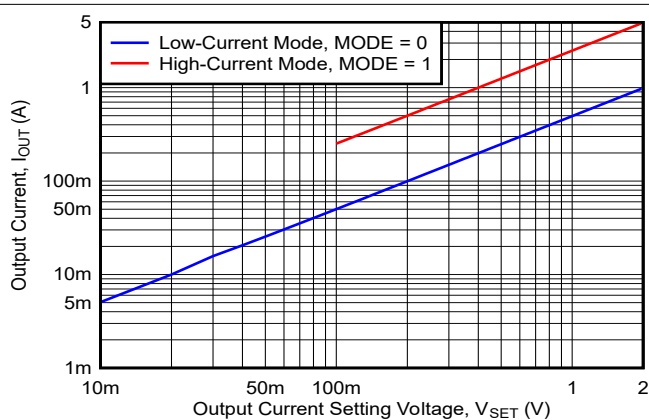


图 5-1. V_{SET} 至 I_{OUT} 传递特性

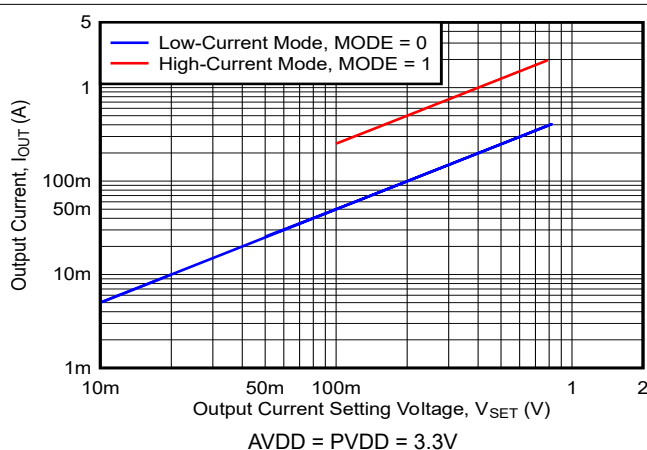


图 5-2. V_{SET} 至 I_{OUT} 传递特性

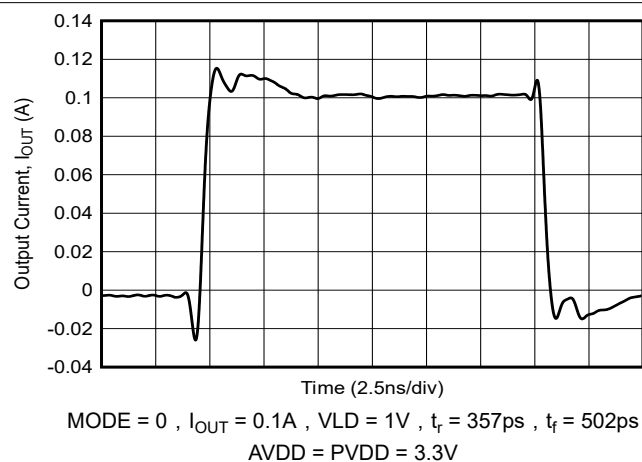


图 5-3. I_{OUT} 脉冲响应

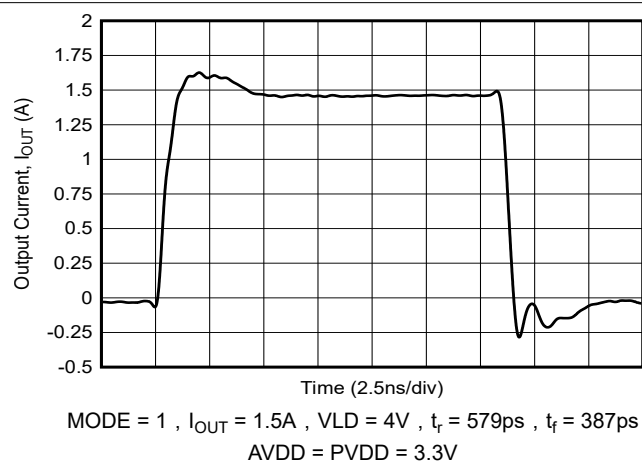


图 5-4. I_{OUT} 脉冲响应

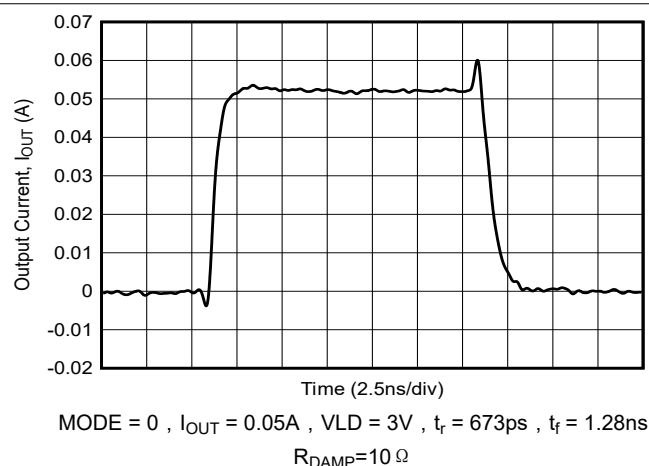


图 5-5. I_{OUT} 脉冲响应

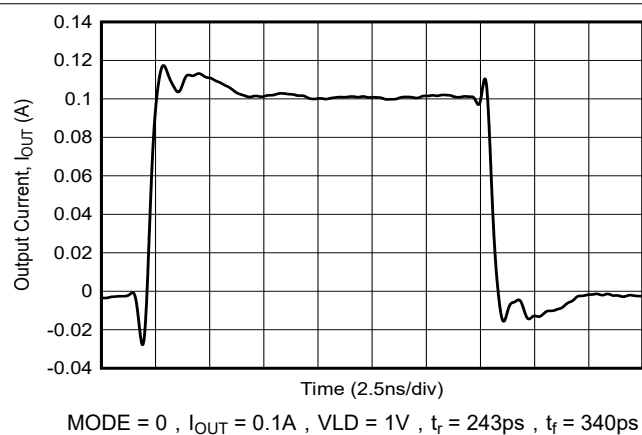


图 5-6. I_{OUT} 脉冲响应

5.7 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $AVDD = PVDD = 5\text{V}$ 、 $R_{DAMP} = 1\Omega$ 、 $L_{LOAD} = 1\text{nH}$ 以及 $R_{BIAS} = AVDD$ 时测得 (除非另有说明)

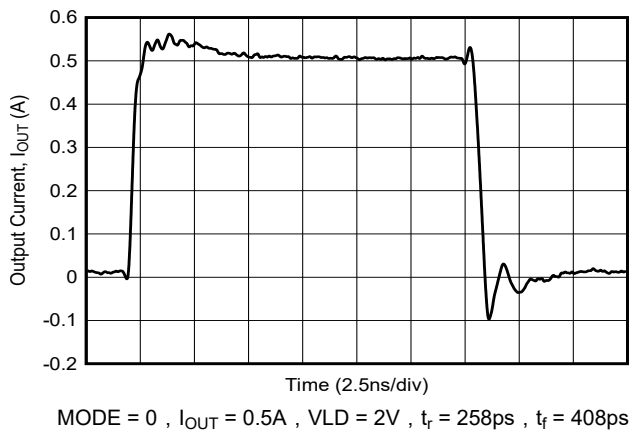


图 5-7. I_{OUT} 脉冲响应

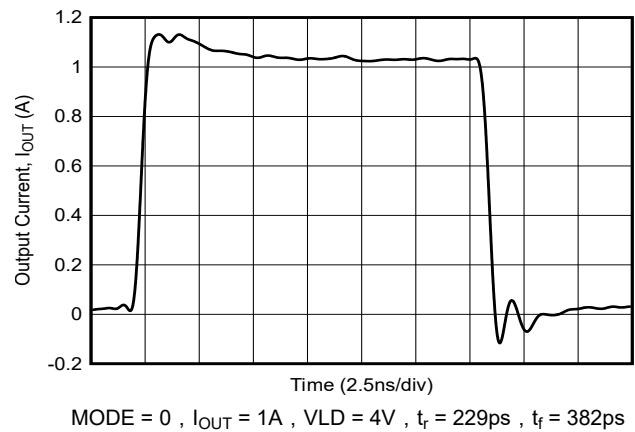


图 5-8. I_{OUT} 脉冲响应

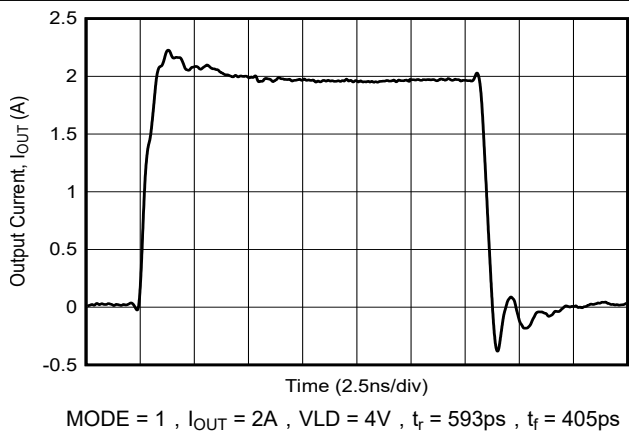


图 5-9. I_{OUT} 脉冲响应

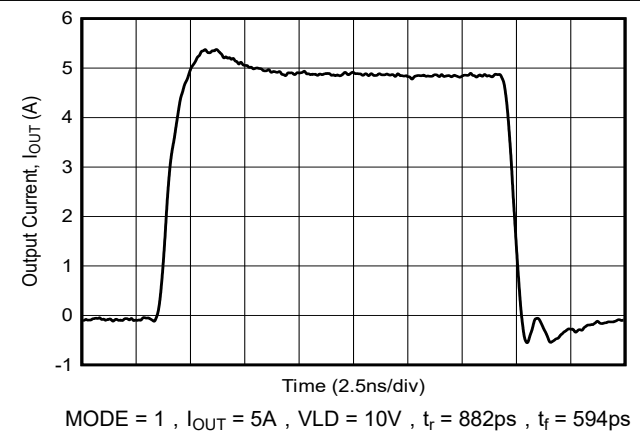


图 5-10. I_{OUT} 脉冲响应

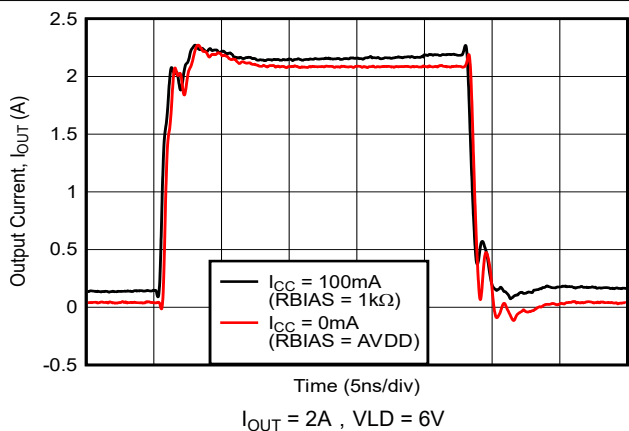
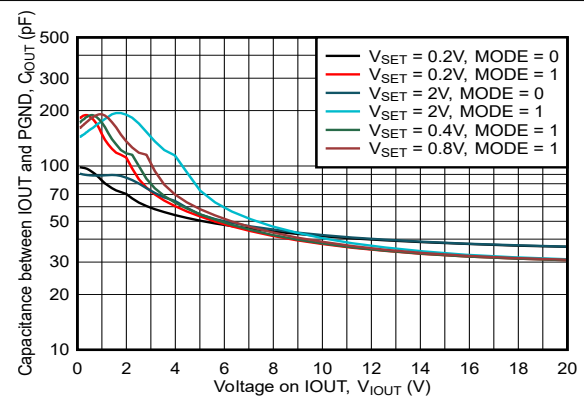


图 5-11. 有和没有 I_{CC} 时的 I_{OUT} 脉冲响应



I_{OUT} 和 PGND 之间的电容

请参阅图 5-31

图 5-12. C_{OUT} 与 V_{IOUT}

5.7 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $AVDD = PVDD = 5\text{V}$ 、 $R_{DAMP} = 1\Omega$ 、 $L_{LOAD} = 1\text{nH}$ 以及 $R_{BIAS} = AVDD$ 时测得 (除非另有说明)

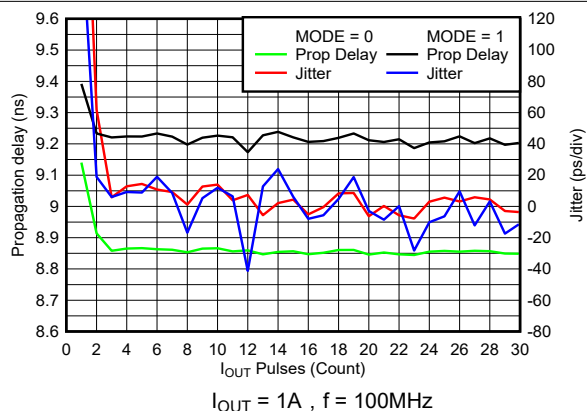


图 5-13. LVDS 至 I_{OUT} 时序特性

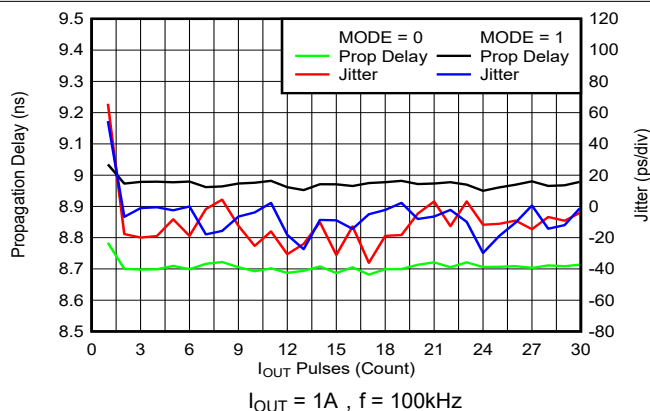


图 5-14. LVDS 至 I_{OUT} 时序特性

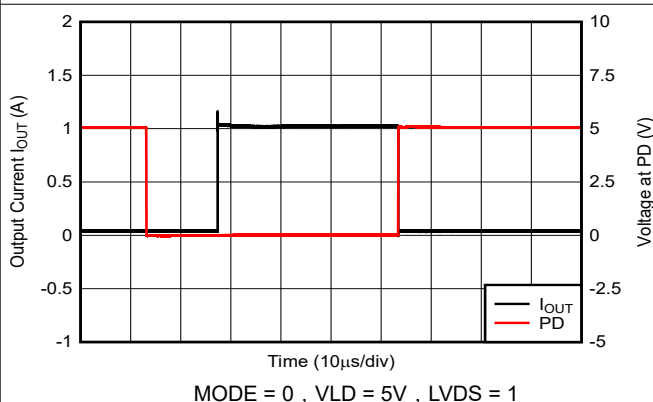


图 5-15. PD 和 I_{OUT} 响应

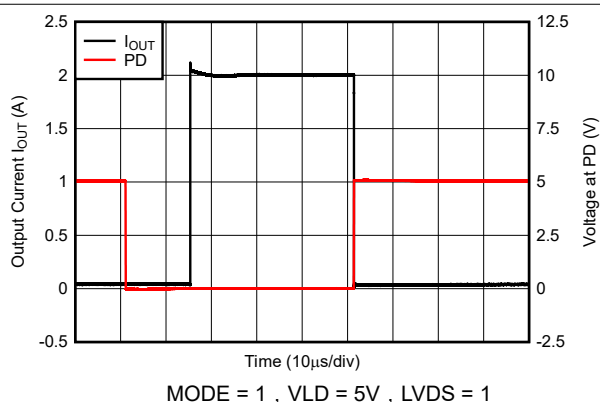


图 5-16. PD 和 I_{OUT} 响应

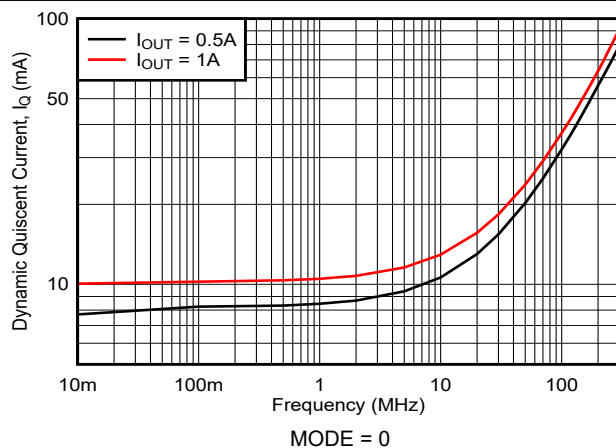


图 5-17. 静态电流与 LVDS 频率间的关系

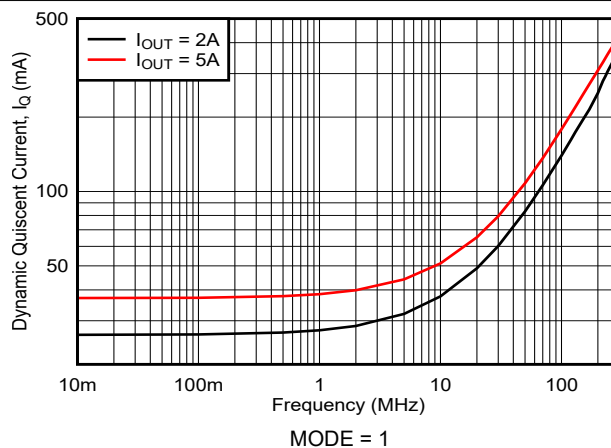


图 5-18. 静态电流与 LVDS 频率间的关系

5.7 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $AVDD = PVDD = 5\text{V}$ 、 $R_{DAMP} = 1\Omega$ 、 $L_{LOAD} = 1\text{nH}$ 以及 $R_{BIAS} = AVDD$ 时测得 (除非另有说明)

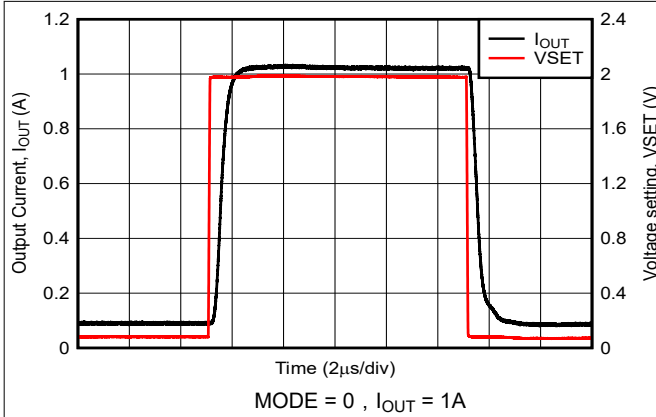


图 5-19. VSET 至 I_{OUT} 阶跃响应

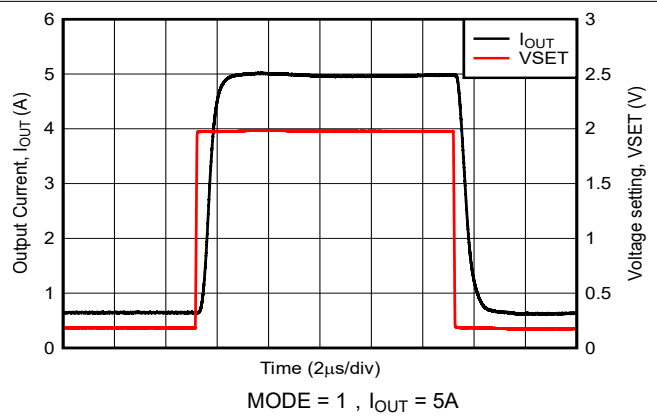


图 5-20. VSET 至 I_{OUT} 阶跃响应

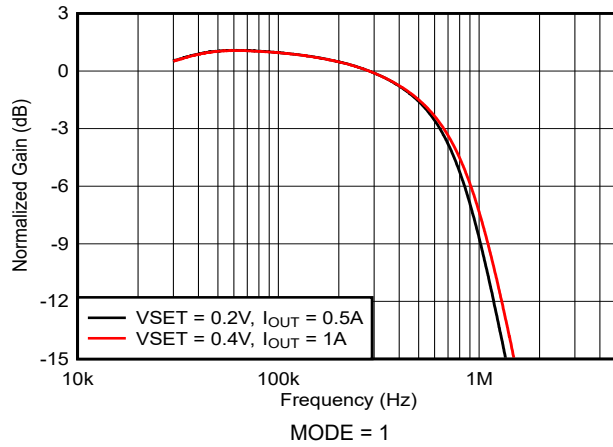


图 5-21. VSET 至 I_{OUT} 带宽响应

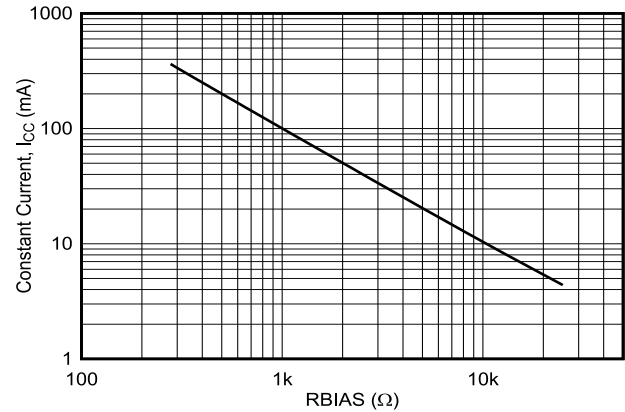


图 5-22. 恒定电流偏置传递函数

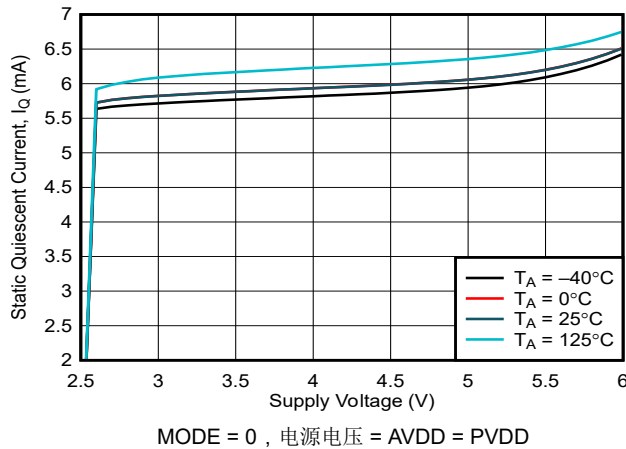


图 5-23. 静态的静态电流与电源电压之间的关系

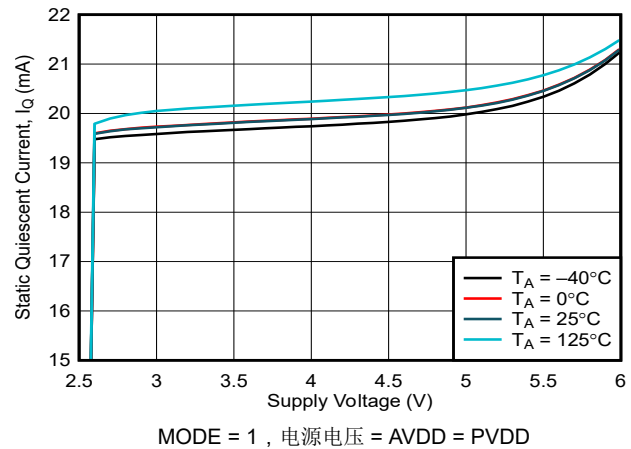


图 5-24. 静态的静态电流与电源电压之间的关系

5.7 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $AVDD = PVDD = 5\text{V}$ 、 $R_{DAMP} = 1\Omega$ 、 $L_{LOAD} = 1\text{nH}$ 以及 $R_{BIAS} = AVDD$ 时测得 (除非另有说明)

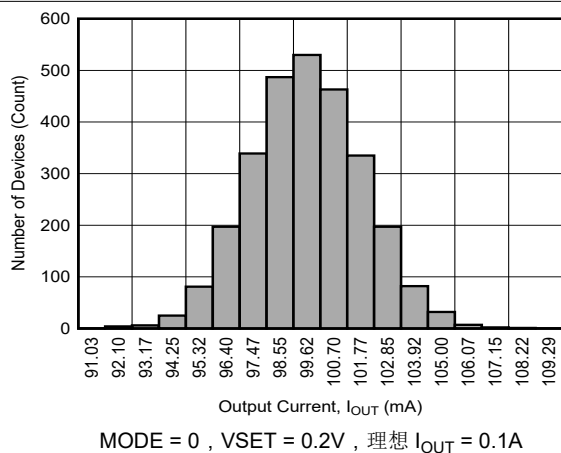


图 5-25. I_{OUT} 精度直方图

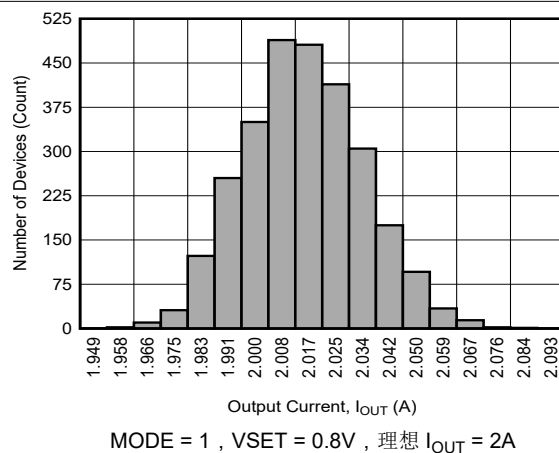


图 5-26. I_{OUT} 精度直方图

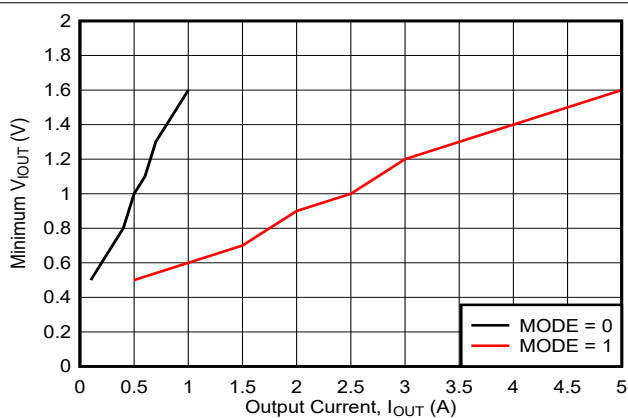
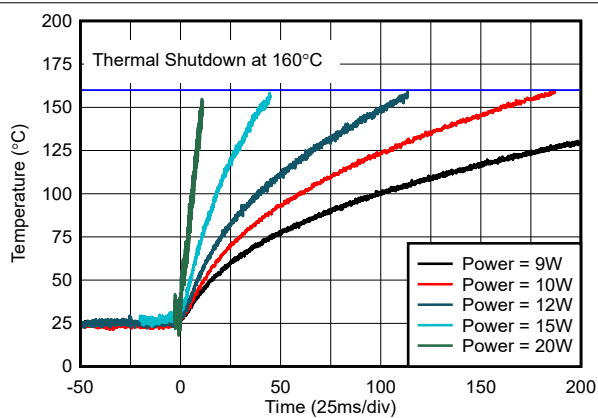
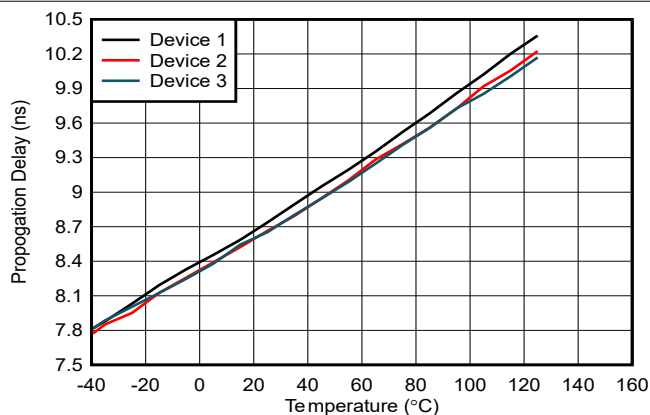


图 5-27. I_{OUT} 上最小电压与输出电流间的关系



功率 = $I_{OUT} \times V_{IOUT}$, 器件中耗散的功率

图 5-28. 器件中芯片温度与耗散功率之间的关系



从 LVDS 输入 (V) 到 I_{OUT} (A) 的信号传播延迟

图 5-29. 传播延迟与温度间的关系

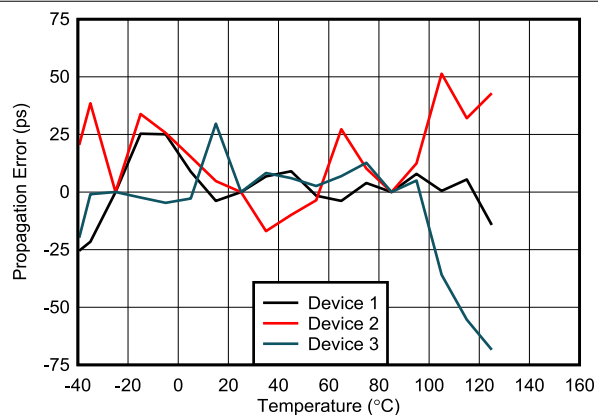


图 5-30. 3 次温度校准后的传播延迟误差

5.8 参数测量信息

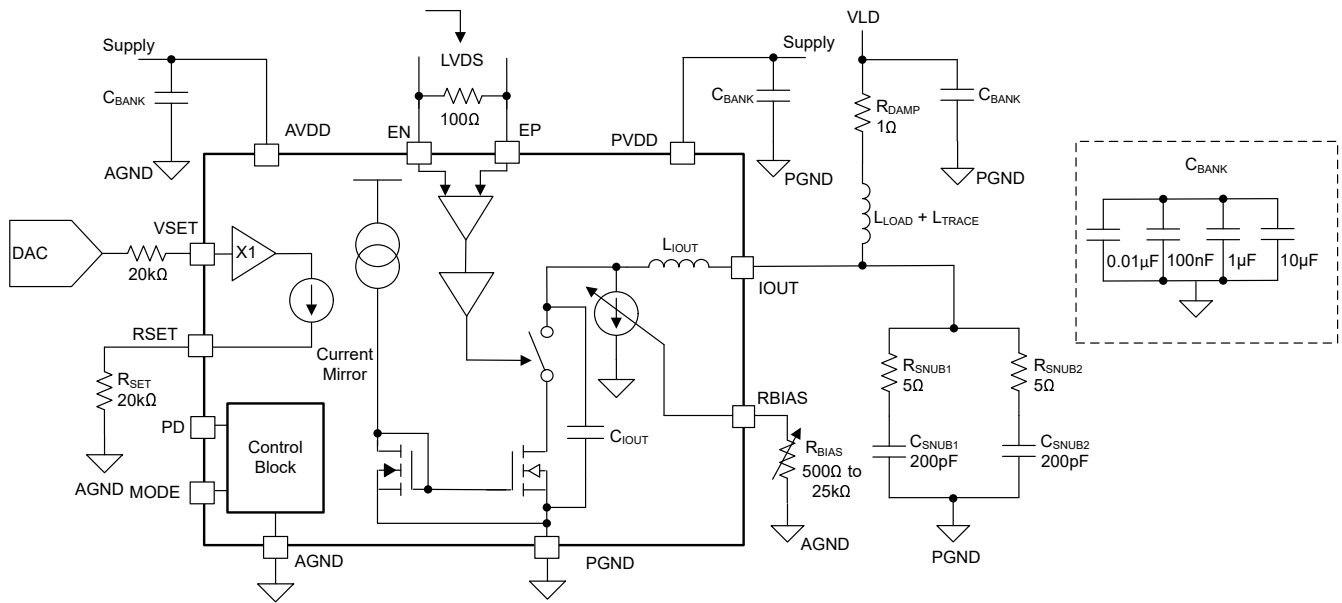


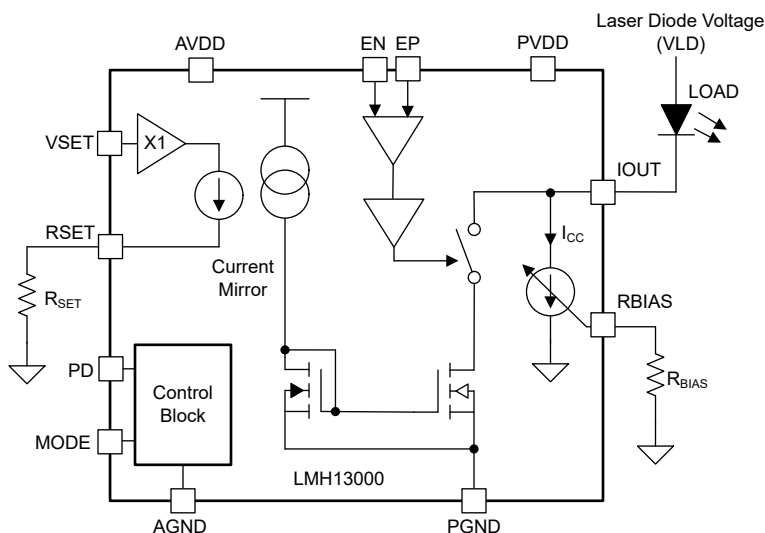
图 5-31. 电气参数测量电路

6 详细说明

6.1 概述

LMH13000 是一种高速、电压控制型电流源，专为恒定和脉冲电流输出而设计，使此器件成为光学飞行时间 (ToF) 应用中的激光驱动等应用的绝佳选择。LMH13000 的上升和下降时间为 1ns，专为工业光学传感器、光学时域反射法 (OTDR)、高速电流负载以及体外诊断 (IVD) 和流式细胞仪等医疗应用而设计。此器件支持高达 1A 的连续电流和高达 5A 的脉冲电流。LMH13000 的工作偏置电压范围为 3V 至 5.5V，并且可在 IOUT 上支持高达 18V 的电压。LVDS 输入实现对输出电流的时间控制，而 VSET 输入实现对输出电流的振幅控制。这些特性使 LMH13000 成为高速、高精度电流驱动应用的可靠且高效的产品。

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

6.3.1 恒定电流 (I_{CC})

LMH13000 用于在 I_{OUT} 上提供并联恒定电流 (I_{CC})。该恒定电流是对 V_{SET} 设置的电流的补充。通过选择合适的 R_{BIAS} 电阻器来调整 I_{CC} 。

$$I_{CC} = \frac{100}{R_{BIAS}} \quad (1)$$

当 $LVDS = 0$ 且 $PD = 0$ 时，可以从 4mA 到 200mA 设置 I_{CC} ； $I_{OUT(TOTAL)} = I_{CC}$ 。

例如：

- 对于 $R_{BIAS} = 25k\Omega$ ； $I_{CC} = 4mA$
- 对于 $R_{BIAS} = 500\Omega$ ； $I_{CC} = 200mA$

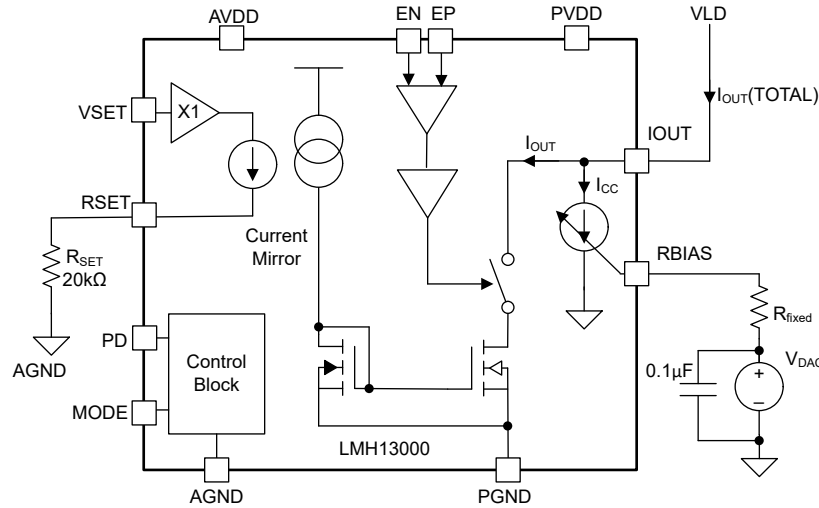


图 6-1. 动态 I_{CC} 控制的电路

图 6-1 示出输出电流 $I_{OUT(TOTAL)}$ 是 I_{CC} (由 R_{BIAS} 设置) 和 I_{OUT} 之和，具体取决于 V_{SET} 。

$$I_{OUT(TOTAL)} = I_{CC} + I_{OUT} \quad (2)$$

通过将 R_{BIAS} 引脚短接至 $AVDD$ 来禁用 I_{CC} 。 I_{CC} 不依赖于 $LVDS$ 输入。不过，在 $PD = 1$ (断电状态) 期间，无论 R_{BIAS} 值如何， I_{CC} 都会在内部关闭。 I_{CC} 使应用能够保持有恒定电流流过连接的负载。对于激光二极管驱动等应用， I_{CC} 等较小偏置电流有助于缩短光学开通时间。

图 6-1 显示了如何通过为 R_{fixed} 电阻器的另一端连接 DAC 来动态更改 I_{CC} 。

方程式 3 给出了在给定 R_{FIXED} 电阻器连接到 R_{BIAS} 引脚的条件下 I_{CC} 和 V_{DAC} 之间的关系。

$$I_{CC} = 200 \times \left(\frac{0.5 - V_{DAC}}{R_{fixed}} \right) \quad (3)$$

6.3.2 传播延迟与温度间的关系

6.3.2.1 随温度变化的传播延迟校准

依赖 LMH13000 的 LVDS 输入作为飞行时间计算的起始参考点的系统需要精确校准从 LVDS 到 IOUT 的传播延迟。由于器件行为发生变化，传播延迟随温度而变化，从而导致敏感系统中出现时序不匹配。

测量和校准方法：

1. 在三个关键温度点测量传播延迟值：低温 (-40°C)、环境温度 (25°C) 和高温 (125°C)。
2. 使用线性回归技术将二阶多项式拟合应用于延迟与温度关系曲线。
3. 使用此多项式方程来预测中间温度下的延迟值。
4. 要了解延迟估算中的误差，请参阅图 5-30。该图显示了实际测量延迟与预测延迟之间的差异。

这种校准技术能够对温度引起的传播延迟偏移进行有效补偿。应用多项式校正可在整个工作条件下保持一致的时序行为。

6.3.2.2 直接从 IOUT 启动脉冲

对于需要更高精度或无法在整个温度范围内进行校准的应用，以下电路技术通过直接监测激光阶段来实现高精度启动脉冲生成。激光电流脉冲可生成用于飞行时间测量的开始信号。与激光器串联的电阻器 R_{DAMP} 充当电流检测元件。电阻器上的压降转换为差分，并提供脉冲启动信号，如下所示。

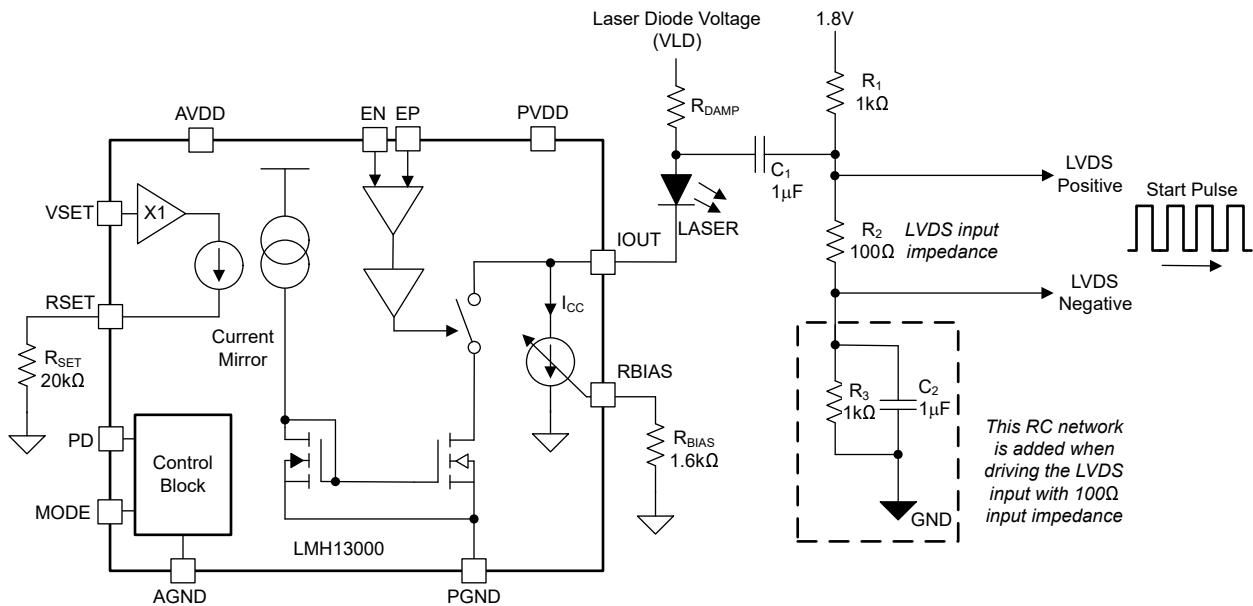


图 6-2. 用于飞行时间测量的激光二极管脉冲生成技术

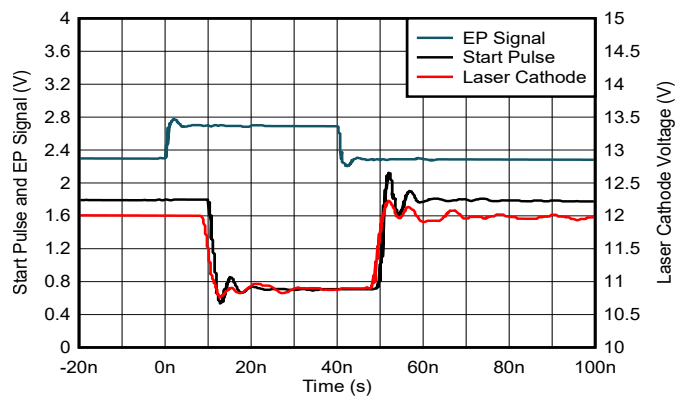


图 6-3. 启动脉冲、EP 信号和激光阴极电压与时间之间的关系

此方法无需对 LMH13000 激光驱动器进行传播延迟校准。同样的配置还驱动 $100\ \Omega$ 输入阻抗 LVDS 驱动器和任何其他高输入阻抗 I/O 驱动器。

6.4 器件功能模式

LMH13000 具有三种模式：两种运行模式和一种断电模式。

- 正常工作模式 (PD = 0) :
 - 低电流模式 (MODE = 0)
 - 高电流模式 (MODE = 1)
- 断电模式 (PD = 1)

在正常运行模式下，PD = 0，MODE 为 0 或 1。基于 LVDS = 0 或 1，IOUT 允许或阻止电流流动。

- 在低电流模式下 (MODE = 0) :

$$I_{OUT} = \frac{V_{SET}}{R_{SET}} \times k; k = 10000 \quad (4)$$

- V_{SET} 可以是 0.01 至 2V，从而将 I_{OUT} 设置为 5mA 至 1A。
- 低电流模式支持较低的静态工作电流。
- 与高电流模式相比，I_{OUT} 上所需的余量相对较高。
- 当使用相同的激光二极管偏置电压 (VLD) 进行偏置时，与高电流模式相比，低电流模式可实现更低的过冲。

- 在高电流模式下 (MODE = 1)

$$I_{OUT} = \frac{V_{SET}}{R_{SET}} \times k; k = 50000 \quad (5)$$

- V_{SET} 可以是 0.1 至 2V，从而将 I_{OUT} 从 250mA 设置为 5A。
- 高电流模式会消耗相对较高的静态工作电流。
- 与低电流模式相比，I_{OUT} 上所需的余量相对较低。
- 与低电流模式相比，当偏置为相同的 VLD 时，可以观察到更高的过冲。

在断电模式下 (PD = 1)，输出被有效禁用，并且器件以极低的静态电流运行，在 I_{OUT} 上只观察到极小的漏电流。

表 6-1. 真值表

PD	模式	LVDS ⁽¹⁾	I _{OUT} ⁽²⁾	I _{CC} ⁽³⁾
0	0	LVDS = 1	V _{SET} / R _{SET} × 10k	100 / R _{BIAS}
0	1	LVDS = 1	V _{SET} / R _{SET} × 50k	100 / R _{BIAS}
0	X ⁽³⁾	LVDS = 0	I _{LEAK}	100 / R _{BIAS}
1	X	X	I _{LEAK}	0A

- (1) a. LVDS = 0 ; EP - EN < - 100mV
b. LVDS = 1 ; EP - EN > 100mV

- (2) I_{OUT}(TOTAL) = I_{OUT} + I_{CC}

- (3) 假设 R_{BIAS} 和 AGND 之间连接了一个电阻器。如果 R_{BIAS} = AVDD，则 I_{CC} = 0A。

- (4) X = 不用考虑。

7 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规范，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否真正适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

7.1 应用信息

LMH13000 是一款通用电流输出驱动器。LMH13000 可用于驱动任何需要恒定或脉冲电流驱动的负载。

7.2 典型应用

7.2.1 光学飞行时间系统

光学飞行时间 (ToF) 系统包含两种方法：直接和间接。LMH13000 支持这两种方法，以测量光从源传输至物体并返回的时间和相位延迟，从而帮助确定物体距离。

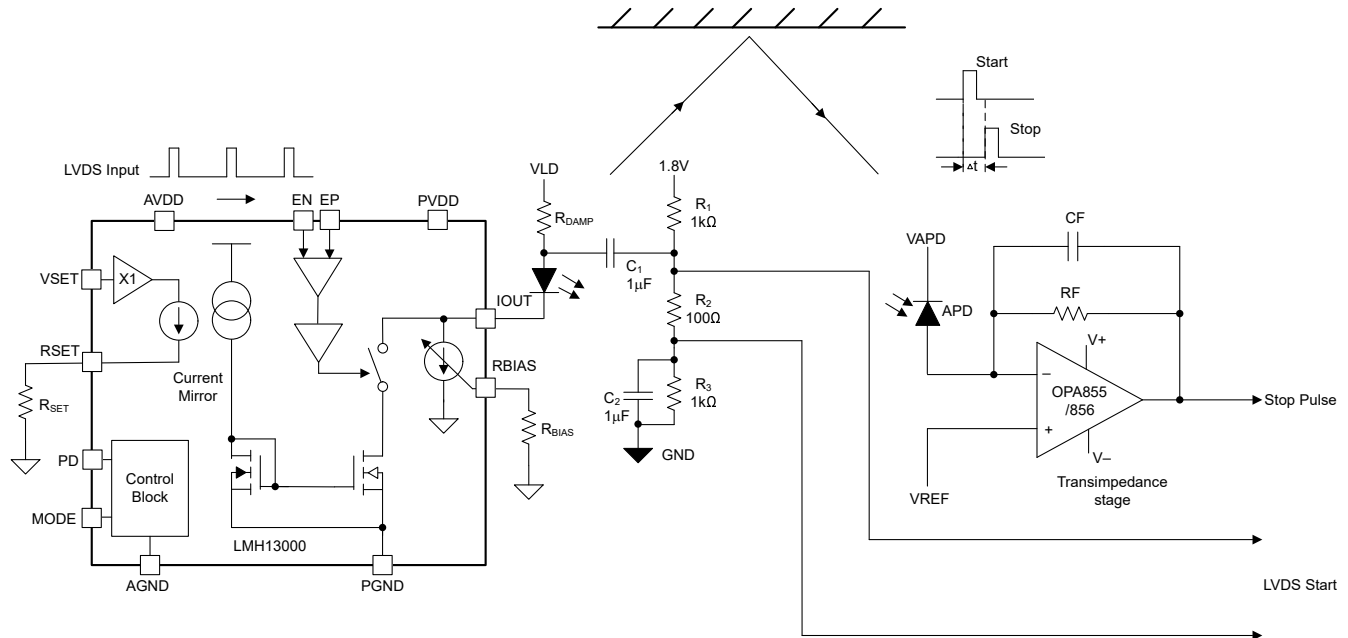


图 7-1. 在 Tx 路径上使用 LMH13000 的光学飞行时间

7.2.1.1 设计要求

表 7-1. 设计参数

参数	值
产生窄光学脉冲	2ns
光学上升时间	<1ns
电气输出功率	2A
瞬时光输出功率	1.5W
光学功率稳定性	整个温度范围内 < 2%

表 7-2. 接收侧 TIA 的建议器件

器件	输入类型	最小稳定增益 (V/V)	电压噪声 (nV/√Hz)	输入电容 (pF)	增益带宽 (GHz)
OPA855	双极	7	0.98	0.8	8
OPA856	双极	1	0.9	1.1	1.1
OPA858	CMOS	7	2.5	0.8	5.5
OPA859	CMOS	1	3.3	0.8	0.9
LMH6629	双极	10	0.69	5.7	4

7.2.1.2 详细设计过程

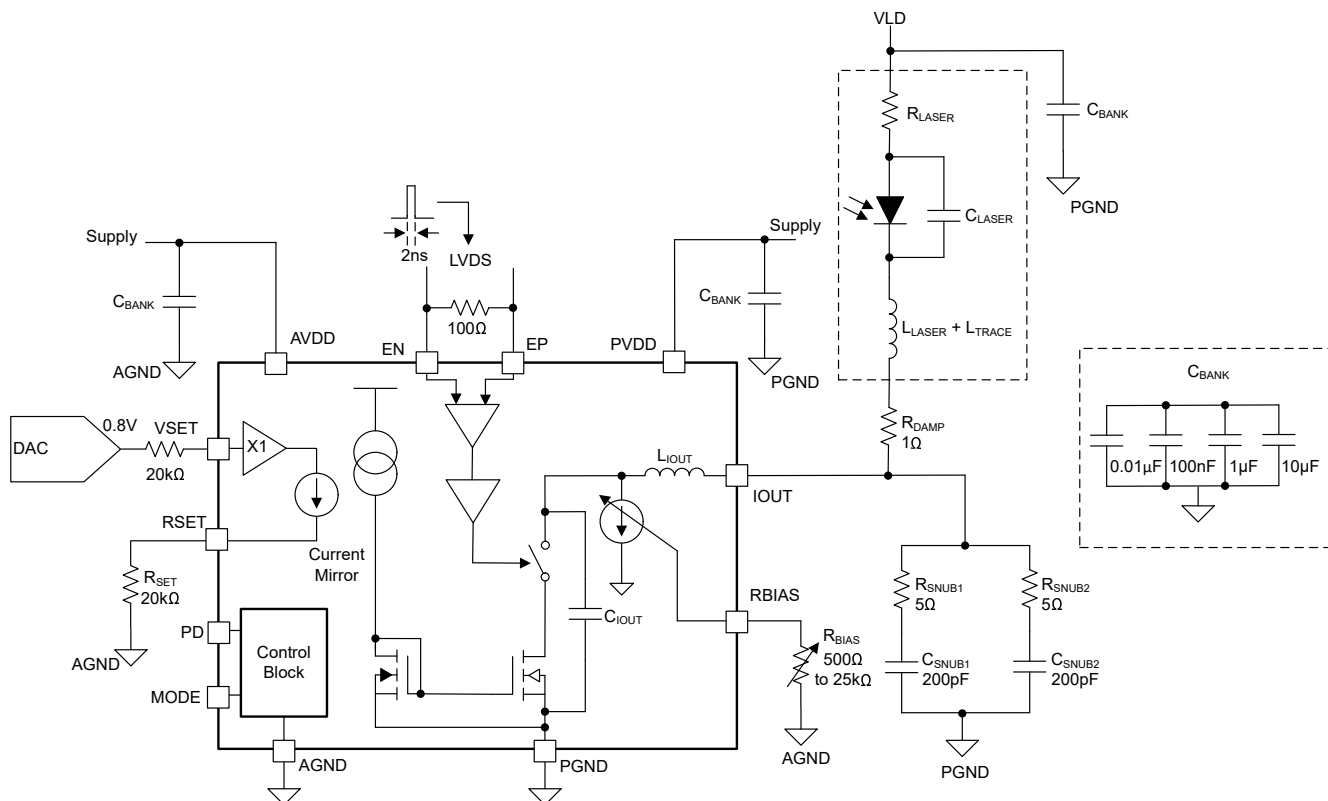


图 7-2. 采用 LMH13000 的发送路径原理图

根据所需的光功率和上升时间，V105Q121A-940 被视为用于发射路径的激光。LMH13000 的 IOUT 连接至激光阴极，因为该器件是一个灌电流驱动器。激光器的阳极连接到偏置电压 VLD。所需光功率为 1.5W；使用激光二极管数据表中的光输出功率图，可计算出 I_{OUT} 为 2A。MODE 引脚连接到 AVDD，因为高电流模式支持 2A I_{OUT}。PD 引脚连接到 AGND。

使用以下公式将 V_{SET} 设置为 0.8V，以将 I_{OUT} 设置为 2A。使用 DAC 通过 20k Ω 串联电阻来施加 V_{SET} 电压。

$$I_{OUT} = \frac{V_{SET}}{R_{SET}} \times k; k = 50k \quad (6)$$

所需的 VLD 电压与所需的最小 V_{IOUT} 、 V_F 和 I_{OUT} 路径电感成函数关系。可使用电气特性表推断最小 V_{IOUT} 。

$$VLD = MINV_{IOUT} + V_F + L \times \frac{dI_{OUT}}{dt} + I_{OUT} \times (R_{LASER} + R_{DAMP}) \quad (7)$$

其中 V_F = 激光二极管的正向偏置电压， $L = L_{LASER} + L_{TRACE}$ ， $dI_{OUT} = 2A$ 且 $dt = 1ns$ 。

有关特定 I_{OUT} 所需的 $MINV_{IOUT}$ ，请参阅图 5-27。依据图 5-27，对于 2A 的 I_{OUT} ， $MINV_{IOUT} \cong 1V$ 。对于 2A 脉冲， $V_F = 1.85V$ （来自激光数据表）。电感 L 是激光器和电路板迹线电感之和，测得的值约为 1.5nH。将这些值相加后，所需的最小 $VLD \cong 6V$ （假定 $R_{DAMP} = 0\Omega$ ）。对于直流、缓慢上升时间、电流输出应用，可以在前面的公式中使 $L \times dI_{OUT} / dt$ 分量为 0。

为了实现 2ns 的脉冲持续时间，会在 LVDS 引脚上施加大于 250mV 且持续时间为 2ns 的 LVDS 信号。将 LVDS 共模和差分电压设计成完全处于电气特性中指定的最大限值范围内。

该设置为生成 2A、导通时间为 2ns 的电流脉冲提供了初步指南。要实现不同频率和占空比的脉冲序列，只需将所需的逻辑信号 (LVDS/CMOS/TTL) 应用到 EP 和 EN 引脚即可。

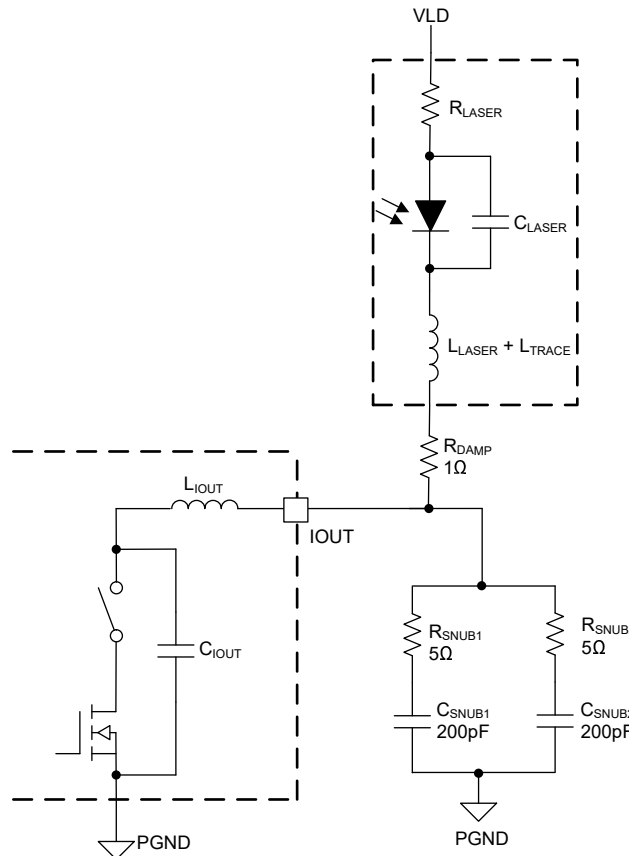


图 7-3. I_{OUT} 路径的二阶 RLC 电路

观察电域或光域中的 I_{OUT} 脉冲响应可以得到调整电路以实现所需电流输出响应所需的一般方向。

- 由于可用于在电路板和激光电感上建立电流的更高电压，增加的 VLD 电压使上升时间变短。但是，VLD 越高，过冲就会成比例增加。

- 为了在 I_{OUT} 脉冲中实现关键响应，设计的目标对于图 7-3 中所示的二阶系统使 $\zeta = 1$ 。通过添加明显大于 C_{IOUT} 的 C_{SNUB} ，二阶电路行为主要由 C_{SNUB} 值决定。
- $C_{SNUB} = 5 \times C_{IOUT}$ (8)

最小 V_{IOUT} 的 C_{IOUT} 可在图 5-12 中找到。

- C_{SNUB} 的计算结果约为 300pF (当 V_{IOUT} 为 6V 时, $C_{IOUT} \cong 62\text{pF}$)。
- 将 C_{SNUB} 、 $L_{LASER+TRACE}$ 和 R_{LASER} 的值代入以下公式：

$$\zeta = \frac{R_{LASER} + R_{DAMP} + R_{SNUB}}{2} \times \sqrt{\frac{C_{SNUB}}{L_{LASER} + L_{TRACE}}} \quad (9)$$

对 R_{SNUB} 进行微调，从而在上升时间和过冲之间实现正确的平衡。在 I_{OUT} 两侧添加缓冲器 (请参阅图 7-6 和图 7-7)，使缓冲器最有效。

- 如果过冲和上升时间平衡不能令人满意，那么添加一个小型串联阻尼电阻器 R_{DAMP} 可降低过冲电流输出响应。添加阻尼串联电阻器将 ζ 推向或超过 1，以将 RLC 电路调谐到临界阻尼响应。

电气特性表指出，MODE = 1 时 2A 输出电流在室温下的精度约为 5%。因此，当设置为 2A 时， I_{OUT} 可能不会精确到 2A，但实际上设置为 $2A \pm 5\%$ 。这种不准确要求调整 V_{SET} ，使其略大于或小于 0.8V，从而使 I_{OUT} 恰好为 2A。进行此调整后，整个温度范围内的 I_{OUT} 精确到 $2A \pm 1.3\%$ ，可另外参见节 5.6 中 I_{OUT} 随温度的变化。

对于小于 I_{OUT} 稳定时间的输出脉冲，峰值振幅主要经由过冲值设置。在这种情况下，请调整 V_{SET} 以调整峰值过冲值。

7.2.1.3 应用曲线

使用 LMH13000 在 Tx 路径上驱动 OSRAM 激光器来采集光脉冲响应，并在 Rx 路径上使用 APD+TIA 来采集。绘制 TIA 输出来展示 2ns 脉冲宽度生成和采集。

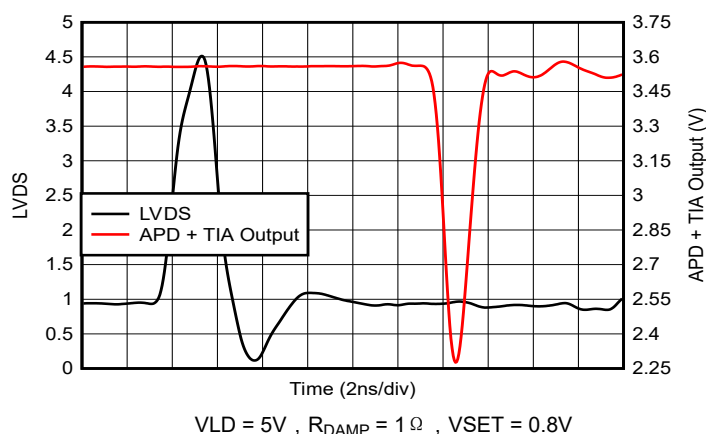


图 7-4. Tx 上的 LMH13000、Rx 上的 APD + TIA，光学响应

7.2.2 使用 LMH13000 的自动电源控制环路

为了在激光驱动系统中实现稳定的光功率输出，APC 环路可保持恒定的性能。温度波动、老化效应以及外部条件的变化可能会导致激光行为发生变化。APC 环路使用光反馈来动态调节通过激光器的电流并使光输出保持固定。

以下原理图通过使用激光背面光电二极管来支持直流和脉冲激光操作。

当多路复用器在高电平模式下运行时，APC 环路闭合，并且来自激光 LD 的光输出进行调谐，以便 PD 拾取的电流转换为等于 R_S 电阻上的 V_{Sense} 电压。调整施加到 TLV9001 误差放大器的 V_{REF} 电压，直接控制光功率。当多路复用器在低电平模式下运行时，由前一个 APC 闭环模式设置的电压存储在 C1 两端。该电压驱动 LMH13000

的 VSET 并将 IOUT 固定在正确的电平，以提供所需的光功率。用户在低电平和高电平模式之间切换，以定期校正由外部条件引起的光输出变化。

有关详细信息，请参阅[使用 LMH13000 实现激光二极管的自动功率控制](#)

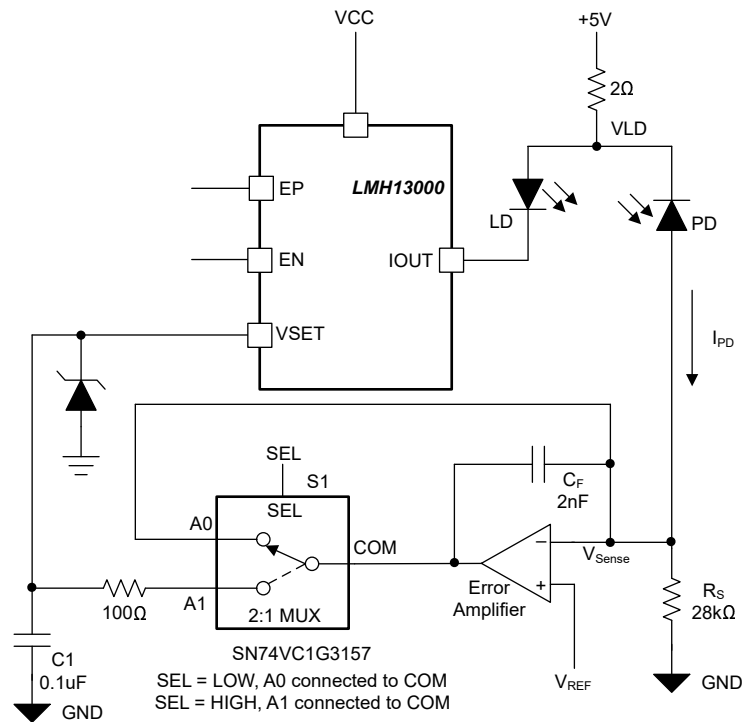


图 7-5. 在脉冲操作中使用 LMH13000 的自动电源控制环路

7.3 电源相关建议

AVDD 和 PVDD 是 LMH13000 的两个电源引脚。将 AVDD 和 PVDD 连接至同一电位。为每个引脚提供单独的去耦电容器。

在 LMH13000 上电期间，AVDD 和 PVDD 一起被定序（斜升）。由于去耦电容器差异而导致的上电时序轻度不匹配度是可以容忍的。在所有条件下，确保 MODE 引脚电压小于 AVDD 和 PVDD。要满足该条件，请始终将 MODE 引脚连接至 AVDD 或 AGND。AVDD 和 PVDD 上电后，其他引脚可以采用任何顺序上电。

将 IOUT 上的电压限制为最大 18V。这种限制包括输出电流脉冲下降时间内发生的任何过冲。VLD 上电顺序不重要，但 TI 建议在 AVDD 和 PVDD 上电后为 VLD 上电。

7.4 布局

7.4.1 布局指南

使用以下建议实现输出电流的纳秒级上升时间。对于需要宽松瞬态性能的直流应用和其他应用，布局指南可能会略有偏离。

- R_{SNUB} 和 C_{SNUB} 的放置：
 - 将 R_{SNUB} 和 C_{SNUB} 放置在尽可能靠近器件的位置。
 - 缓冲器路径中的任何寄生串联电感都会降低缓冲器的效率。使用低电感元件来提高效率。
 - 在 IOUT 和 PGND 引脚的任一侧添加两个缓冲电路（请参阅图 7-4）。
- 电容器组放置：
 - 需要一个电容器组来为 VLD 和 PVDD 电源引脚提供快速瞬态电流。
 - 尽可能靠近 VLD 和 PVDD 引脚放置电容器组。
 - 电容器组通常包含一个低 ESL 电容器，作为最靠近引脚的第一个电容器。
- PVDD 与 AVDD 之间的连接：
 - PVDD 和 AVDD 必须采用星型连接。添加串联铁氧体磁珠和窄布线，有助于最大限度降低两个引脚之间的高频噪声和干扰。两个电源必须处于相同的电势。
 - 每个电源必须具有专用的去耦电容器，以提供足够的瞬态电流。
- LVDS 引脚的 EP 和 EN 布线：
 - 以差分方式进行 EP 和 EN 布线，并使用 $100\ \Omega$ 电阻进行端接。差分布线可提高信号完整性并降低电磁干扰 (EMI)。
- IOUT 迹线设计：
 - C_{BANK} 、VLD、LOAD、IOUT 和 PGND 必须形成一个紧密环路以降低迹线电感的影响。
 - IOUT 迹线必须具有厚覆铜以有效处理大电流并减少迹线电感。
 - 在无法最小化环路的情况下，将 VLD C_{BANK} 的 *to* 和 *return* 部分的线路布置到彼此之上。此布线通过使用 PCB 的顶层和第二层沿相反方向承载电流来实现。这种布局技术可以减少共源电感（另请参阅图 7-7）。
- 热性能
 - 在 IOUT 和 PGND 引脚下方放置散热过孔以高效地散热。
 - PCB 底层的散热平面可用作有效的散热器；但是添加平面或散热器会增加 IOUT 上的电容。电容的这种增加会导致 IOUT 脉冲中的过冲增加。
 - 如果不希望出现过冲，请适当调整缓冲器或增大串联阻尼电阻 R_{DAMP} 。

7.4.2 布局示例

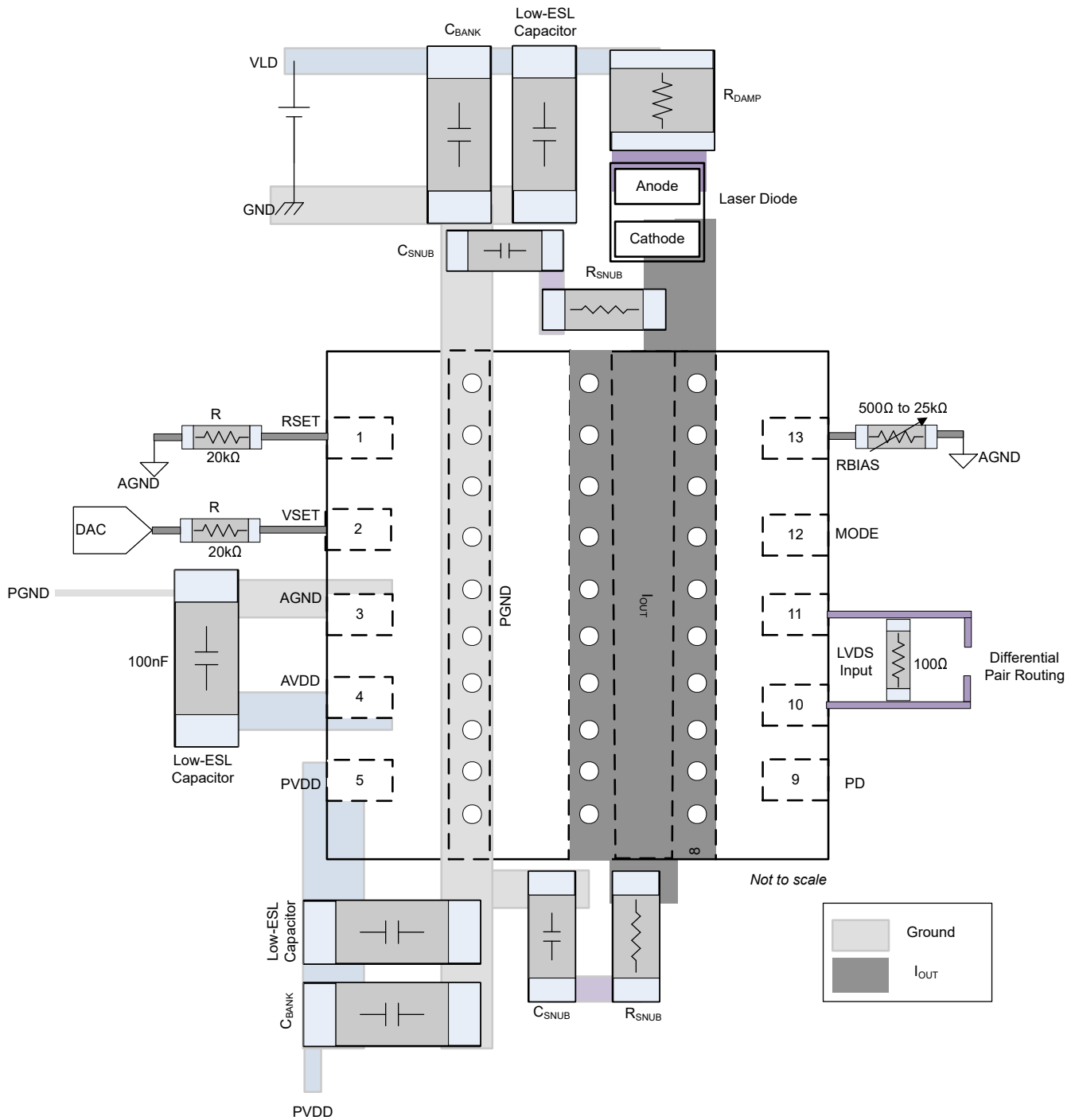


图 7-6. 布局示例 - SMD 封装

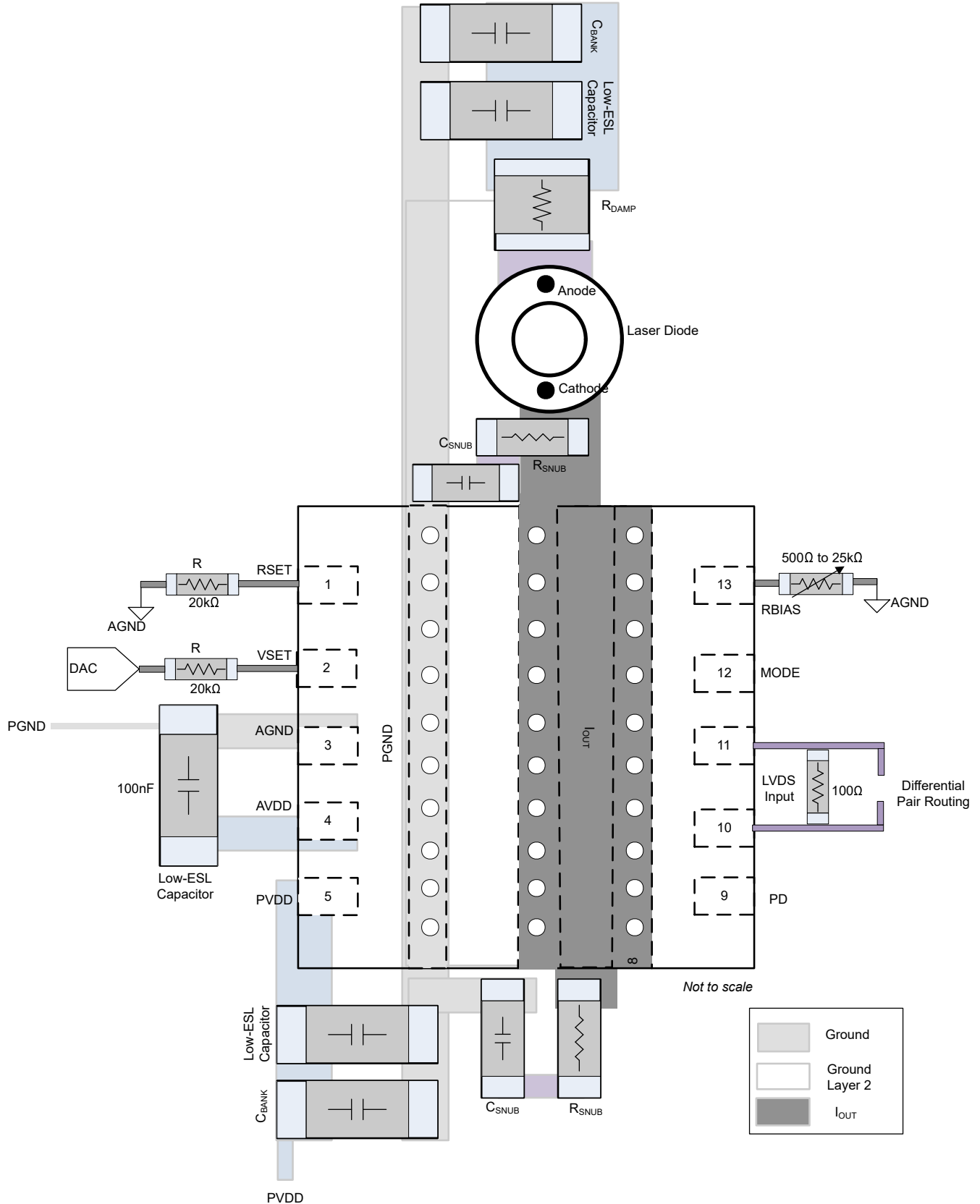


图 7-7. 布局示例 - TO220 封装

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 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。

8.2 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](#)。

8.3 商标

HotRod™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

8.4 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。

8.5 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 C (September 2025) to Revision D (November 2025)	Page
• 将特性中的输出电流从 50mA 更改为 5mA.....	1
• 在表 4-1 引脚功能中，将低电流从 50mA 更改为 5mA.....	3
• 将建议运行条件中的 VSET 从 0.1V 更改为 0.01V.....	4
• 在低电流模式的电气特性，MODE = 0 中，将 I _{OUT} 从 0.05A 更改为 0.005A.....	5
• 在低电流模式的电气特性，MODE = 0 中，将 VSET 从 0.1V 更改为 0.01V.....	5
• 在低电流模式下，将 V _{SET} 从 0.1V 更改为 0.01V，并将 I _{OUT} 从 50mA 更改为 5mA (MODE = 0).....	18

Changes from Revision B (May 2025) to Revision C (September 2025)	Page
• 更新了标题.....	1
• 在特性部分，将上升时间从 1ns 更改为 800ps.....	1
• 在特性部分，为确保更加清晰，将脉冲序列从“高达 250MHz”更改为“直流至 250MHz”.....	1
• 在特性部分，添加了单片激光驱动器，无需外部 FET.....	1
• 更新了说明部分的文本，使之更加清晰.....	1
• 分别将可调电流从 50mA 更新为 5mA，并将相应的 V _{SET} 从 100mV 更新为 10mV	5
• 将 I _{OUT} 精度从 ±12% 更新为 ±14.5%.....	5
• 将 I _{OUT} 精度从 ±9% 更新为 ±10.5%.....	7
• 将静态电流从 23mA 更新为 23.5mA.....	7
• 添加了图 5-29 传播延迟与温度间的关系和 5-30 3 次温度校准后的传播延迟误差	8
• 更新了图 5-1，V _{SET} 至 I _{OUT} 传输特性；以及图 5-2，V _{SET} 至 I _{OUT} 传输特性	8
• 添加了传播延迟与温度间的关系	16
• 添加了使用 LMH13000 的自动电源控制环路	22

Changes from Revision A (March 2025) to Revision B (May 2025)	Page
• 将文档状态从“预告信息 (预发布)”更改为“量产数据 (正在供货)”	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)
LMH13000RQER	Active	Production	WQFN-HR (RQE) 13	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	L13K

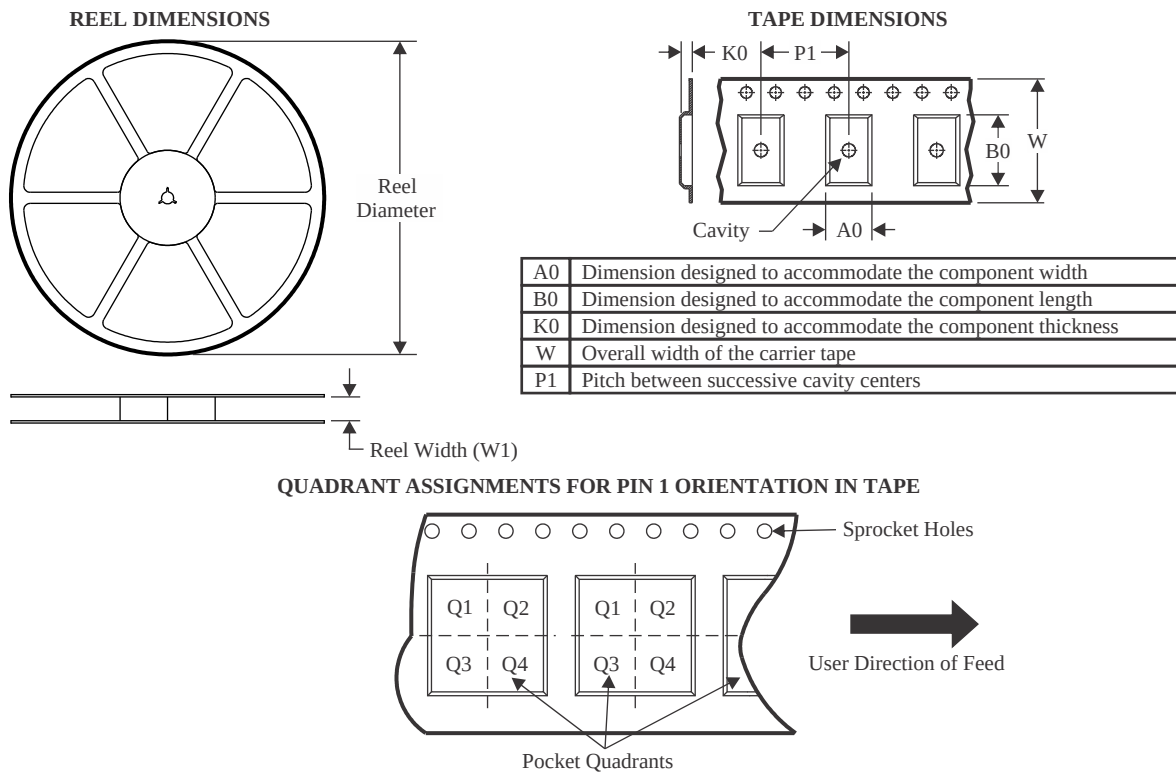
- (1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).
- (2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, 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.

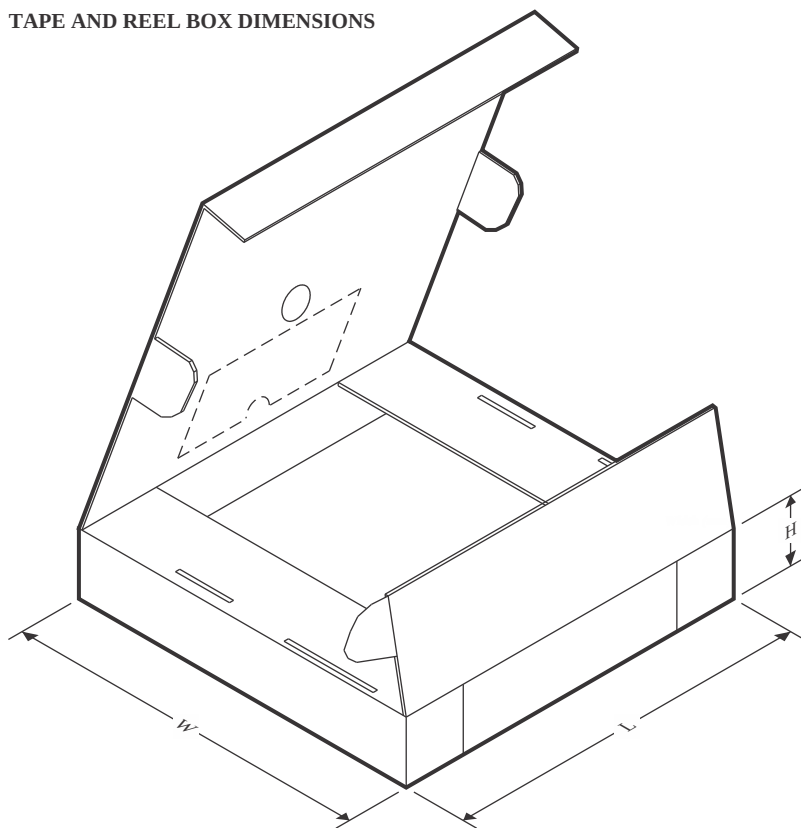
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

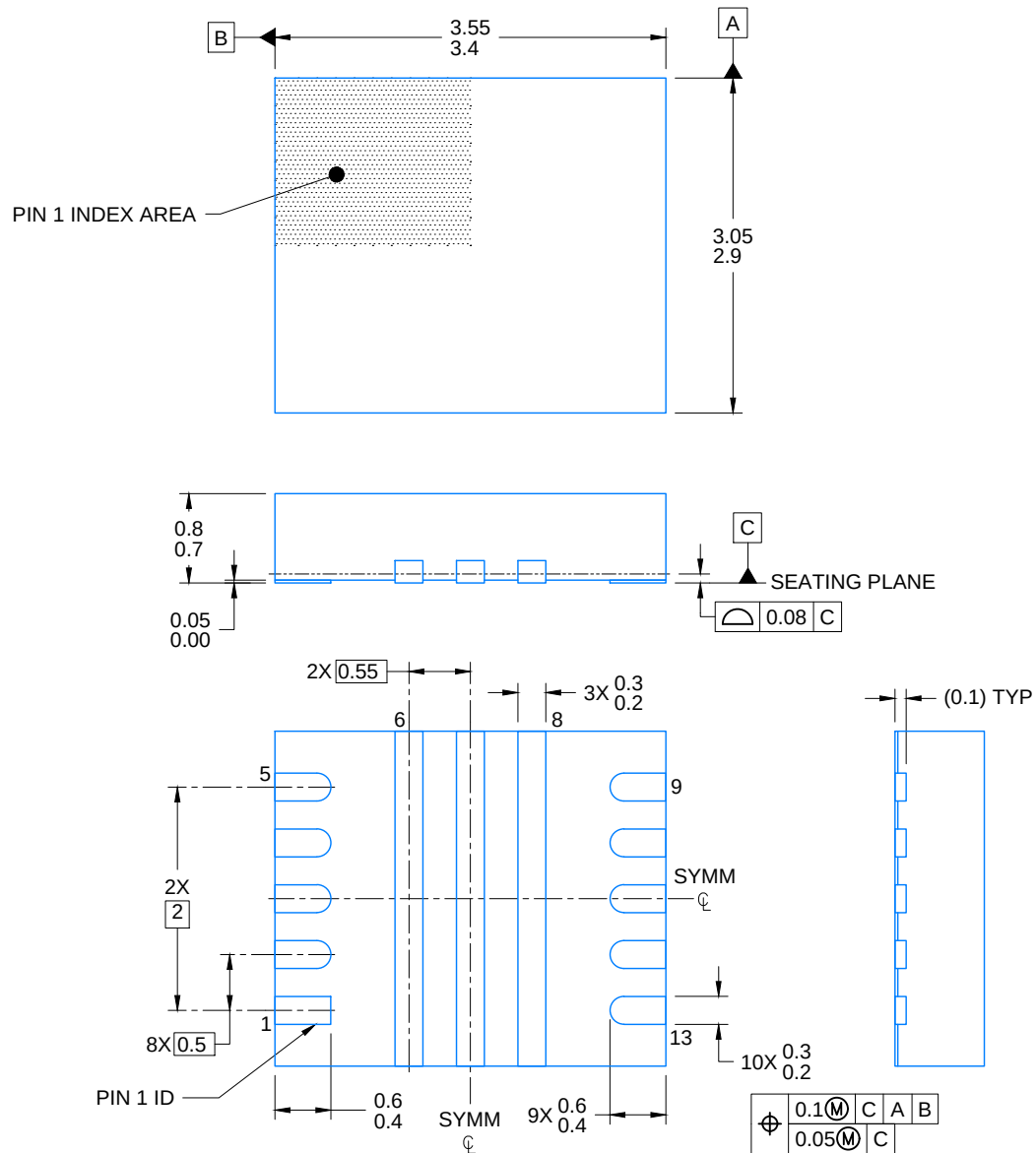
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
LMH13000RQER	WQFN-HR	RQE	13	3000	330.0	12.4	3.3	3.8	1.2	8.0	12.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

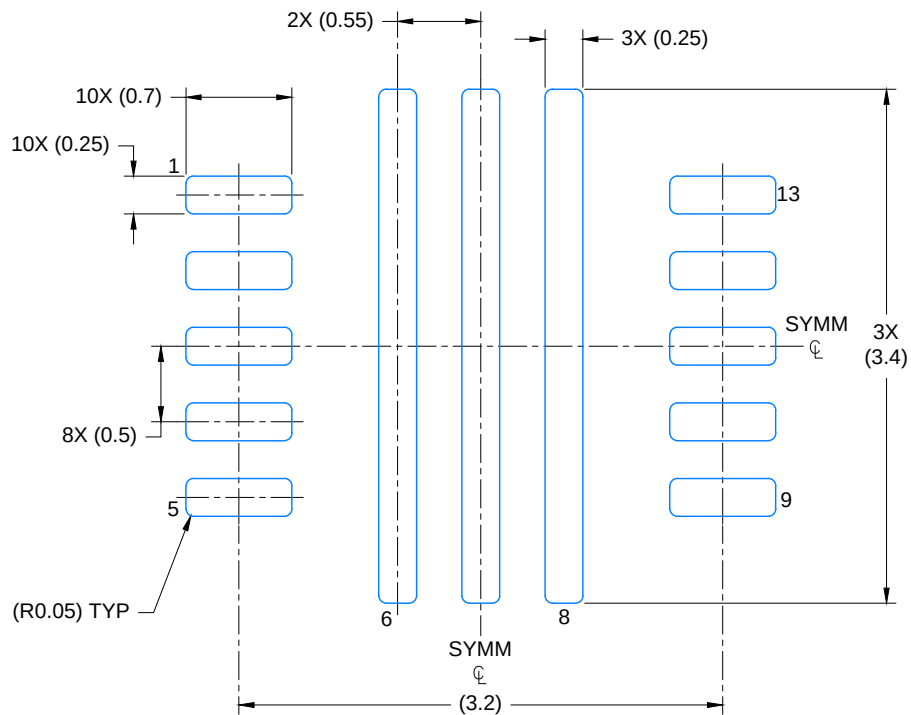
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LMH13000RQER	WQFN-HR	RQE	13	3000	367.0	367.0	35.0



4225116/B 11/2019

NOTES:

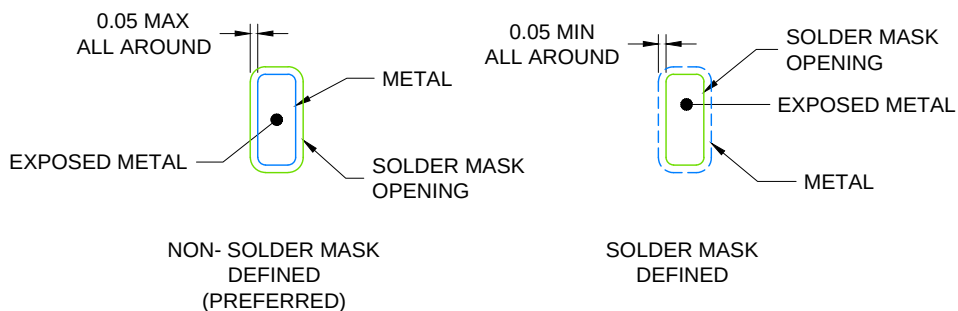
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.



LAND PATTERN EXAMPLE

EXPOSED METAL SHOWN

SCALE: 20X



SOLDER MASK DETAILS

4225116/B 11/2019

NOTES: (continued)

- For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
- Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

PADS 6-8
87% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE: 20X



**TEXAS
INSTRUMENTS**
www.ti.com

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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月