OPT3001-Q1 环境光传感器 (ALS)

1 特性

- 符合面向汽车器件的 AEC-Q100 标准
  - 温度等级 2（USON、SOT-5X3 封装）：–40°C 至 105°C，T_A
  - 温度等级 3（仅限 USON 封装）：–40°C 至 85°C，T_A
- 采用精密光学滤波，以与人眼匹配：
  - 抑制超过 99%（典型值）的 IR（USON 封装）
  - 在 ±85° 入射角时可抑制超过 99%（典型值）的 IR（SOT-5X3 封装）
- 自动满标量程设置功能可简化软件并提供适当的配置
- 测量范围：0.01lux 至 83klux
- 23 位有效动态范围，
  支持自动设置增益范围
- 12 种二进制加权满标量程设置：
  量程之间的匹配精度小于 0.2%（典型值）
- 低工作电流：1.8μA（典型值）
- 宽电源电压范围：1.6V 至 3.6V
- 可耐受 5.5V 电压的 I/O
- 灵活的中断系统
- 小外形尺寸：
  - USON 封装为 2mm × 2mm × 0.65mm
  - SOT-5X3 封装为 2.1mm x 1.9mm x 0.6mm

2 应用

- 车内和车外照明
- 信息娱乐系统与仪表组显示屏
- 电致变色和智能后视镜
- 雨刮器模块
- 平视显示系统
- 汽车摄像头系统

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
OPT3001-Q1	DNP（USON，6）	2.00mm × 2.00mm
	DTS（SOT-5X3，8）	2.10mm x 1.90mm

(1) 有关更多信息，请参阅节 11。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

3 说明

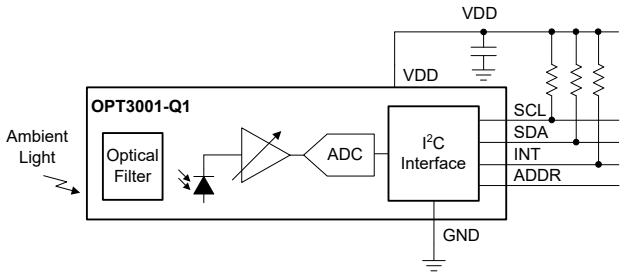
OPT3001-Q1 是一款用于测量可见光强度的光学传感器。传感器的光谱响应与人眼的明视响应紧密匹配，并且包含显著的红外抑制功能，对于 SOT-5X3 封装型号具有很宽的入射角。

OPT3001-Q1 是一款用于测量人眼可见光强度的单芯片照度计。OPT3001-Q1 器件具有精密的光谱响应和较强的红外抑制功能，因此能够准确测量人眼可见光的强度，且不受光源影响。对于为追求美观效果而需要将传感器安装在深色玻璃下的工业设计而言，较强的红外阻隔功能还有助于保持高精度。OPT3001-Q1 器件专为打造基于光线的人眼般体验的系统而设计，是人眼匹配度和红外阻隔率较低的光电二极管、光敏电阻或其他环境光传感器的首选理想替代产品。

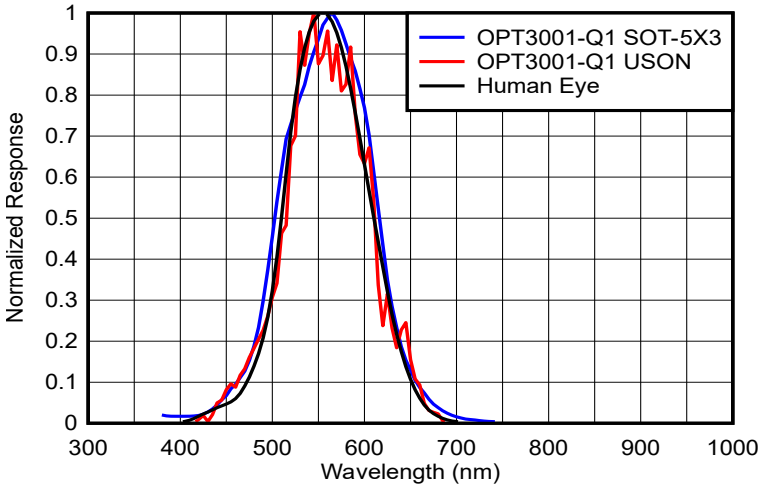
数字操作可灵活用于系统集成。测量既可连续进行也可单次触发。控制和中断系统可自主操作，允许处理器进入睡眠状态，同时传感器会搜索适当的唤醒事件并通过中断引脚进行报告。数字输出通过兼容 I^2C 和 SMBus 的双线制串行接口进行报告。

OPT3001-Q1 器件具有低功耗和低电源电压性能，可以提高电池供电系统的电池寿命。

凭借内置的满标度设置功能，无需手动选择满标量程即可在 0.01lux 至 83klux 范围内进行测量。该功能允许在 23 位有效动态范围内进行光测量。



方框图



光谱响应：**OPT3001-Q1** 和人眼

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

内容

1 特性.....1
2 应用.....1
3 说明.....2
4 引脚配置和功能.....3
5 规格.....5
5.1 绝对最大额定值.....5
5.2 ESD 等级.....5
5.3 建议运行条件.....5
5.4 热性能信息.....5
5.5 电气特性.....6
5.6 时序要求 (1).....7
5.7 典型特性.....9
6 详细说明.....13
6.1 概述.....13
6.2 功能方框图.....13
6.3 特性说明.....14
6.4 器件功能模式.....16
6.5 编程.....19
7 寄存器映射.....22
7.1 内部寄存器.....22
8 应用和实施.....29
8.1 应用信息.....29
8.2 典型应用.....30
8.3 最佳设计实践.....33
8.4 电源相关建议.....33
8.5 布局.....33
9 器件和文档支持.....34
9.1 文档支持.....34
9.2 接收文档更新通知.....35
9.3 支持资源.....35
9.4 商标.....35
9.5 静电放电警告.....35
9.6 术语表.....35
10 修订历史记录.....35
11 机械、封装和可订购信息.....36
11.1 焊接和处理建议.....36
11.2 DNP (S-PDSO-N6) 机械制图.....36
11.3 DTS (SOT-5X3) 机械制图.....37

4 引脚配置和功能

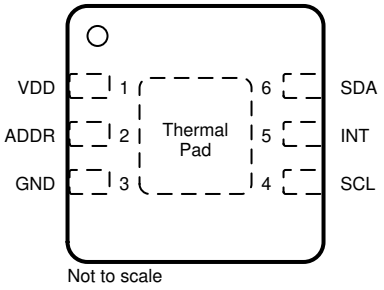


图 4-1. DNP 封装 6 引脚 USON 顶视图

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型(1)	说明
编号	名称		
1	V_{DD}	I	器件电源。连接至 1.6V 至 3.6V 电源。
2	ADDR	I	地址引脚。该引脚设置 I^2C 地址的 LSB。
3	GND	P	接地
4	SCL	I	I^2C 时钟。使用 10kΩ 电阻器连接至 1.6V 至 5.5V 电源。
5	INT	O	中断输出，开漏。使用 10kΩ 电阻器连接至 1.6V 至 5.5V 电源。
6	SDA	I/O	I^2C 数据。使用 10kΩ 电阻器连接至 1.6V 至 5.5V 电源。

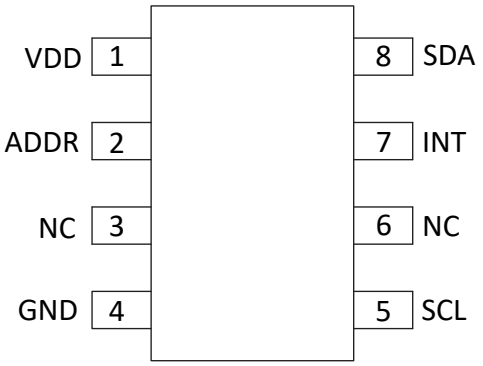


图 4-2. DTS 封装 8 引脚 SOT-5X3 顶视图

表 4-2. 引脚功能

引脚		类型[(1)]	说明
编号	名称		
1	V_{DD}	P	器件电源。连接至 1.6V 至 3.6V 电源。
2	ADDR	I	地址引脚。该引脚设置 I^2C 地址的 LSB。
3	NC	无连接	无连接
4	GND	P	接地
5	SCL	I	I^2C 时钟。使用 10kΩ 电阻器连接至 1.6V 至 5.5V 电源。
6	NC	无连接	无连接
7	INT	O	中断输出，开漏。使用 10kΩ 电阻器连接至 1.6V 至 5.5V 电源。
8	SDA	I/O	I^2C 数据。使用 10kΩ 电阻器连接至 1.6V 至 5.5V 电源。

(1) I = 输入；O = 输出；I/O = 输入或输出；P = 电源

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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
电压	VDD 至 GND	-0.5	6	V
	SDA、SCL、INT 和 ADDR（连接至 GND）	-0.5	6	V
任何引脚的输入电流			10	mA
T_J	结温		150	°C
T_{stg}	贮存温度	-65	150[(2)]	°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) 长时间暴露在高于 105°C 的温度下会导致封装变色，频谱失真和测量不准确。

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，所有引脚[(1)]	±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101，所有引脚[(2)]	±500	

(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
电源电压	1.6		3.6	V
工作温度（等级 2：OPT3001DNPQ1、OPT3001DTSQ1）	-40		105	°C
工作温度（等级 3：OPT3001IDNPQ1）	-40		85	°C

5.4 热性能信息

热指标[(1)]		OPT3001-Q1		单位
		DNP (USON)	DTS (SOT)	
		6 引脚	8 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	71.2	171.2	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	45.7	83.1	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	42.2	66.2	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	2.4	1.7	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	42.8	65.2	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	17.0	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅半导体和 IC 封装热指标应用手册。

5.5 电气特性

除非另有说明，否则所有规格的适用条件为：TA = 25°C，VDD = 3.3V，800ms 的转换时间 (CT = 1)[(1)]，自动满标量程 (RN[3:0] = 1100b)[(1)]，白色 LED 和光的法向入射角。

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
光学							
SOT-5X3 变体							
	峰值辐照度光谱响应度				560		nm
	测量输出结果	每个 ADC 代码 0.64lux，2620.8lux 满标度 (RN[3:0] = 0110)[(1)]，2000lux 输入[(2)]		2500	3125	3750	ADC 代码
				1600	2000	2400	勒克斯
	整个温度范围内的测量漂移	输入照度 = 2000lux			0.035		%/°C
	半功率角	全功率读数的 50%			60		度
USON 型号							
	峰值辐照度光谱响应度				550		nm
	测量输出结果	每个 ADC 代码 0.64lux，2620.8lux 满标度 (RN[3:0] = 0110)[(1)]，2000lux 输入[(2)]		2812	3125	3437	ADC 代码
				1800	2000	2200	勒克斯
	整个温度范围内的测量漂移	输入照度 = 2000lux			0.02		%/°C
	半功率角	全功率读数的 50%			57		度
常见规格							
	分辨率 (LSB)	最低满标量程，在 800ms 转换时间内 RN[3:0]=0000b[(1)]			0.01		勒克斯
		最低满标量程，在 100ms 转换时间内 RN[3:0]=0000b[(1)]			0.08		
	满量程照度				83865.6		勒克斯
	增益范围之间的相对精度 [(3)]				0.2		%
	红外响应 (850nm)[(2)]	从 -85° 到 +85° 入射角（仅限 SOT-5X3）			0.2		%
	光源变化（白炽灯、卤素灯、荧光灯）	裸器件，无盖玻片			4		%
	线性度	输入照度 > 40lux			2		%
		输入照度 < 40lux			5		%
	黑暗条件 ADC 输出	每个 ADC 代码 0.01lux			0	3	ADC 代码
PSRR	电源抑制比[(4)]	VDD 为 3.6V 和 1.6V			0.1		%/V[(3)]
电源							
V_{DD}	工作范围			1.6		3.6	V
V_{I2C}	I2C 上拉电阻器的工作范围	I^2C 上拉电阻，$V_{DD} \leqslant V_{I2C}$		1.6		5.5	V
I_Q	静态电流	暗	有效，Vdd = 3.6V		1.8	2.5	μA
			关断 (M[1:0] = 00)[(1)]，VDD = 3.6V		0.3	0.47	μA
		满量程照度	有效，Vdd = 3.6V		3.7		
			关断 (M[1:0] = 00)[(1)]		0.4		
POR	上电复位阈值				0.8		V
数字							
C_{IO}	I/O 引脚电容				3		pF

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

除非另有说明，否则所有规格的适用条件为：TA = 25°C，VDD = 3.3V，800ms 的转换时间 (CT = 1)[(1)]，自动满标量程 (RN[3:0] = 1100b)[(1)]，白色 LED 和光的法向入射角。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
	总积分时间[(5)]	(CT = 1)[(1)]，800ms 模式，固定 lux 量程	720	800	880	ms
		(CT = 0)[(1)]，100ms 模式，固定 lux 量程	90	100	110	ms
V_{IL}	低电平输入电压（SDA、SCL 和 ADDR）		0		0.3 x V_{DD}	V
V_{IH}	高电平输入电压（SDA、SCL 和 ADDR）		0.7 x V_{DD}		5.5	V
I_{IL}	低电平输入电流（SDA、SCL 和 ADDR）			0.01	0.25[(6)]	µA
V_{OL}	低电平输出电压（SDA 和 INT）	I_{OL} = 3mA			0.32	V
I_{ZH}	输出逻辑高电平，高阻态漏电流（SDA、INT）	在引脚电压为 V_{DD} 时测量		0.01	0.25[(6)]	µA
温度						
额定温度范围		2 级（SOT-5X3，USON 型号）	-40		105	°C
		3 级（USON 型号）	-40		85	

(1) 指配置寄存器中的控制字段
(2) 使用校准至 2k lux 的白色 LED 和 850nm LED 进行测试
(3) 其特点是在较高的相邻满量程设置上测量固定的近满量程照度级别。
(4) PSRR 是测量的照度输出相对于电流值的变化百分比除以电源电压的变化，如 3.6V 和 1.6V 电源的结果所示。
(5) 从转换开始到准备好读取数据为止的转换时间是采集时间加 3ms。
(6) 规定的漏电流受生产测试设备限制的影响。典型值要小得多

5.6 时序要求 [(1)]

		最小值	典型值	最大值	单位
I^2C 快速模式					
f_{SCL}	SCL 运行频率	0.01		0.4	MHz
t_{BUF}	停止和启动之间的总线空闲时间	1300			ns
t_{HDSTA}	重复启动后的保持时间	600			ns
t_{SUSTA}	重复启动的建立时间	600			ns
t_{SUSTO}	停止的建立时间	600			ns
t_{HDDAT}	数据保持时间	20		900	ns
t_{SUDAT}	数据建立时间	100			ns
t_{LOW}	SCL 时钟低电平周期	1300			ns
t_{HIGH}	SCL 时钟高电平周期	600			ns
t_{RC} 和 t_{FC}	时钟上升和下降时间			300	ns
t_{RD} 和 t_{FD}	数据上升和下降时间			300	ns
t_{TIMEO}	总线超时周期。如果 SCL 线路在这段时间内保持低电平，总线状态机将复位。		28		ms
I^2C 高速模式					
f_{SCL}	SCL 运行频率	0.01		2.6	MHz
t_{BUF}	停止和启动之间的总线空闲时间	160			ns
t_{HDSTA}	重复启动后的保持时间	160			ns
t_{SUSTA}	重复启动的建立时间	160			ns
t_{SUSTO}	停止的建立时间	160			ns
t_{HDDAT}	数据保持时间	20		140	ns
t_{SUDAT}	数据建立时间	20			ns
t_{LOW}	SCL 时钟低电平周期	240			ns

		最小值	典型值	最大值	单位
t_{HIGH}	SCL 时钟高电平周期	60			ns
t_{RC} 和 t_{FC}	时钟上升和下降时间			40	ns
t_{RD} 和 t_{FD}	数据上升和下降时间			80	ns
t_{TIMEO}	总线超时周期。如果 SCL 线路在这段时间内保持低电平，总线状态机将复位。		28		ms

(1) 所有时序参数均参考最终稳定值的 30% 和 70% 的低电压阈值和高电压阈值。

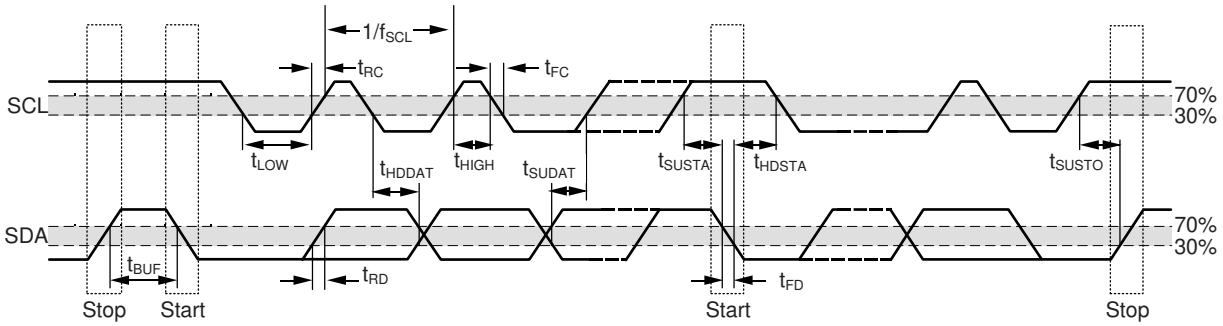


图 5-1. I²C 详细时序图

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.7 典型特性

除非另有说明，否则适用条件为：T_A = 25°C，V_{DD} = 3.3V，800ms 转换时间 (CT = 1)，自动满标量程 (RN[3:0] = 1100b)，白色 LED 和光的法向入射角。

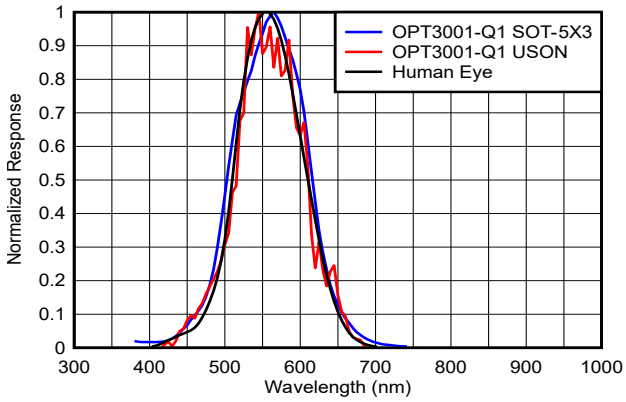


图 5-2. 光谱响应与波长间的关系

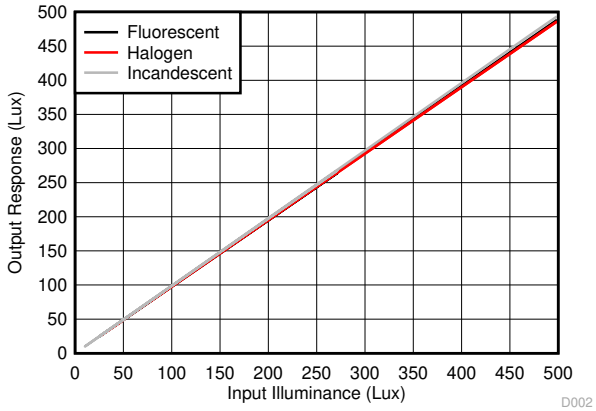


图 5-3. 输出响应与输入照度间的关系，多种光源：荧光灯、卤素灯、白炽灯

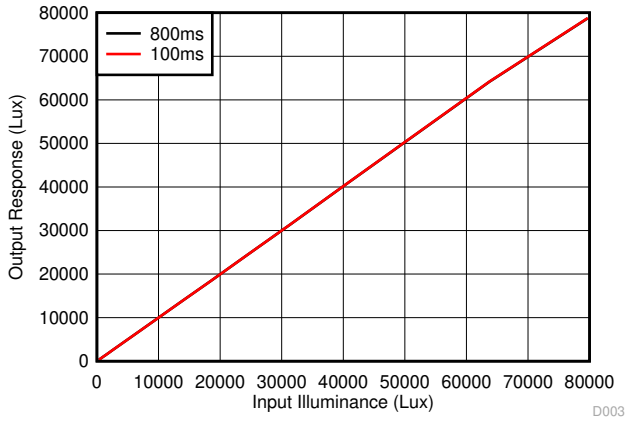


图 5-4. 输出响应与输入照度间的关系：整个量程 = 0lux 至 83klux

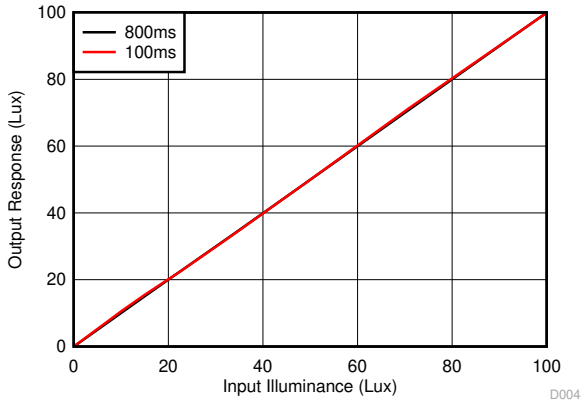


图 5-5. 输出响应与输入照度间的关系：中间量程 = 0lux 至 100lux

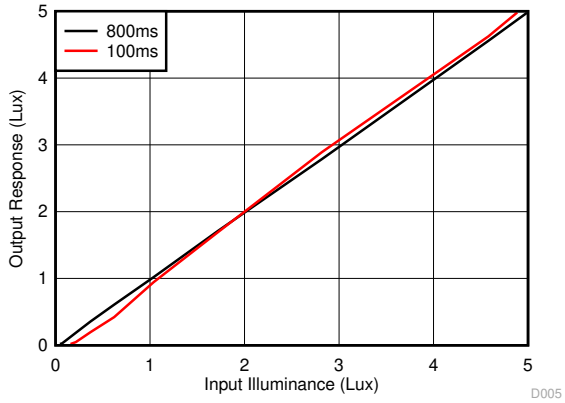
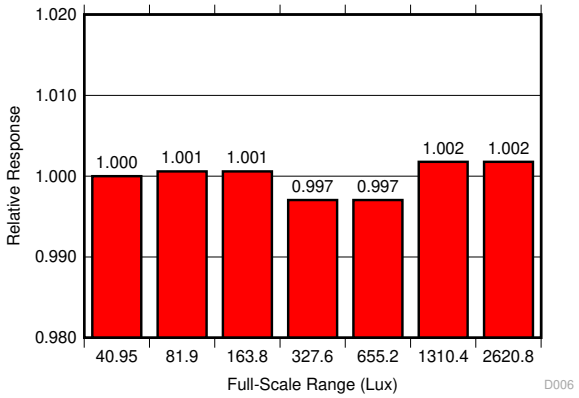
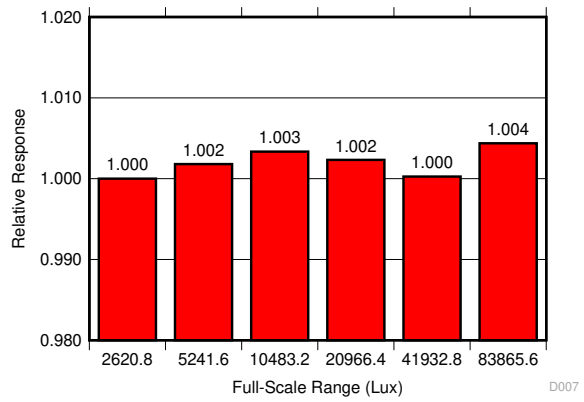


图 5-6. 输出响应与输入照度间的关系：低量程 = 0lux 至 5lux



输入照度 = 33lux，归一化为响应 40.95lux 满标度

图 5-7. 满标量程匹配：最低的 7 个量程



输入照度 = 2490lux，归一化为响应 2560lux 满标度

图 5-8. 满标量程匹配（最高的 6 个量程）

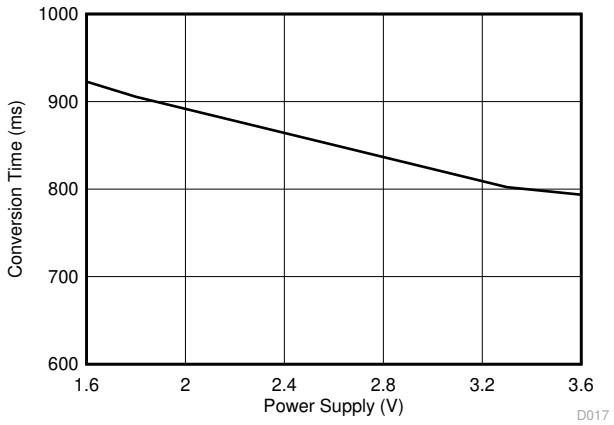
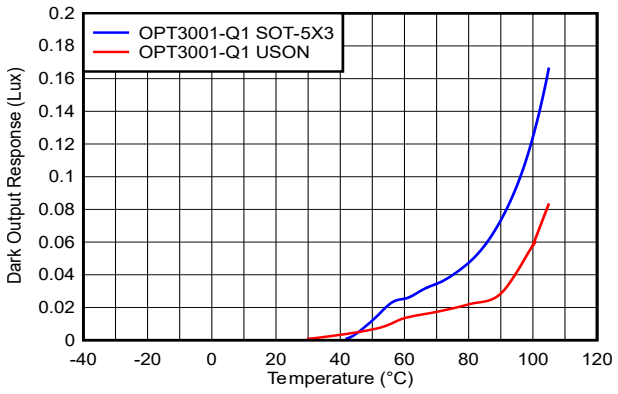
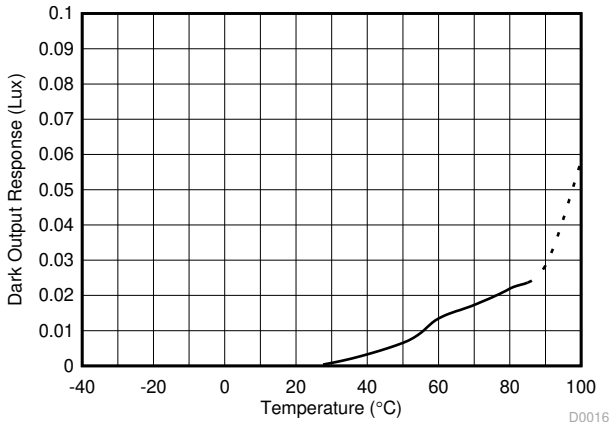


图 5-9. 转换时间与电源电压间的关系



平均 30 个器件

图 5-10. 暗响应与温度间的关系（2 级）



平均 30 个器件

图 5-11. 暗响应与温度间的关系（3 级）

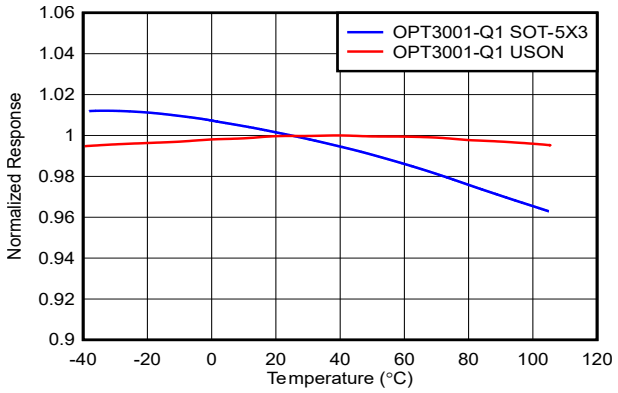


图 5-12. 归一化响应与温度间的关系（2 级）

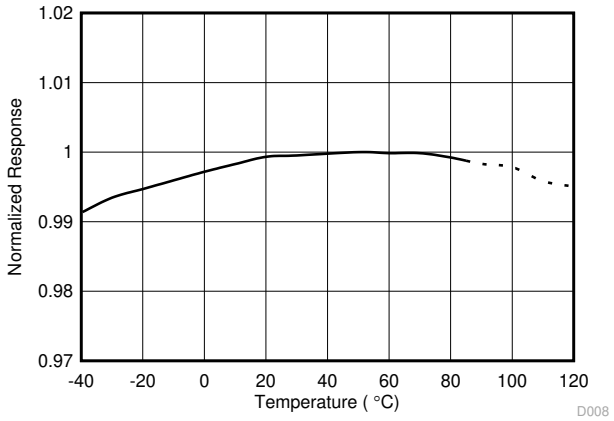


图 5-13. 归一化响应与温度间的关系（3 级）

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

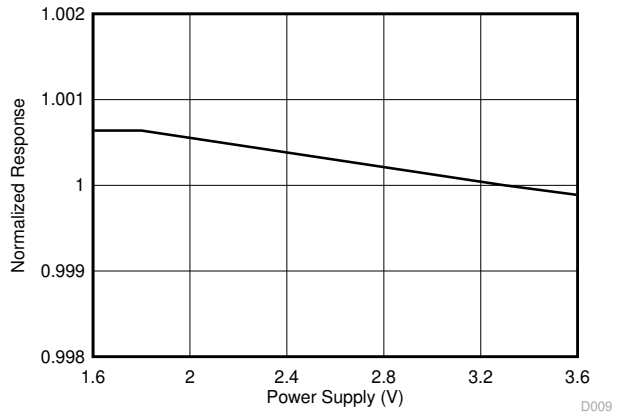


图 **5-14.** 归一化响应与电源电压间的关系

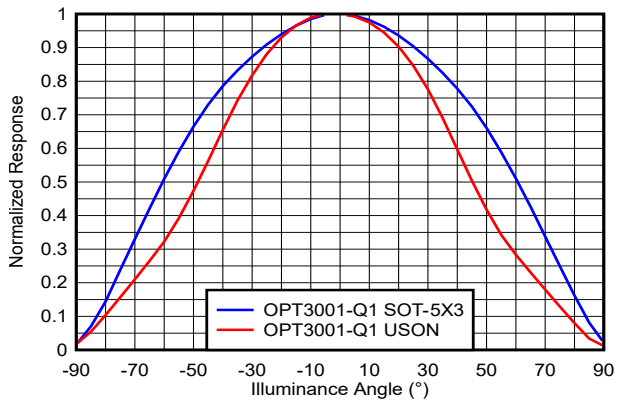
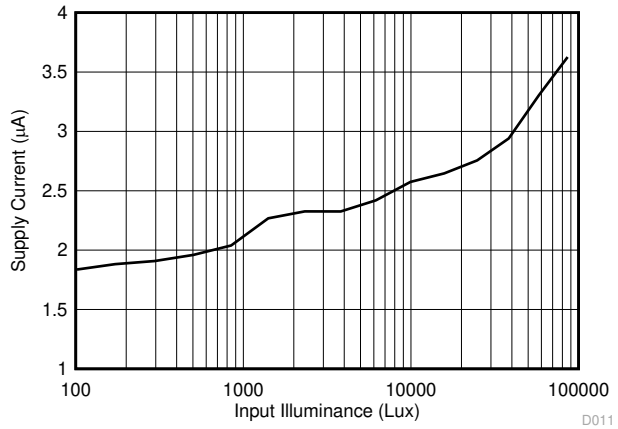
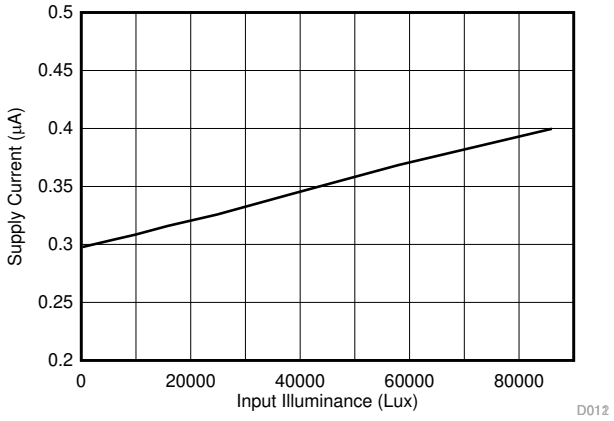


图 **5-15.** 归一化响应与照明角度间的关系



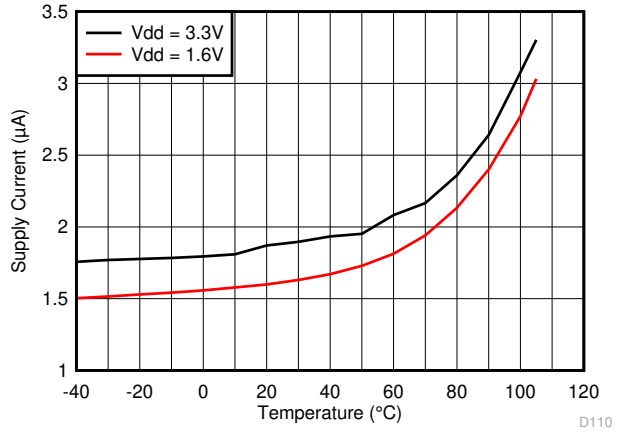
M[1:0] = 10b

图 **5-16.** 电源电流与输入照度间的关系



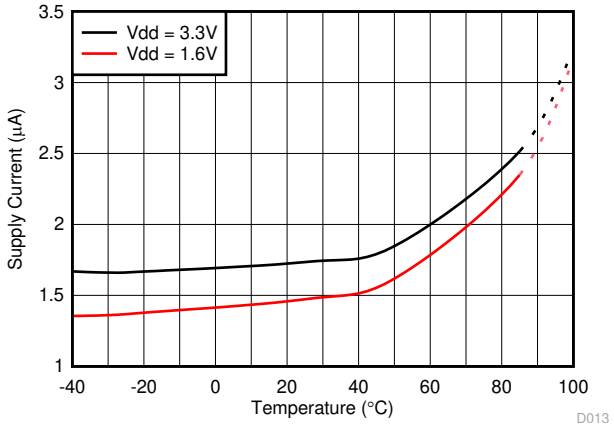
M[1:0] = 00b

图 **5-17.** 关断电流与输入照度间的关系



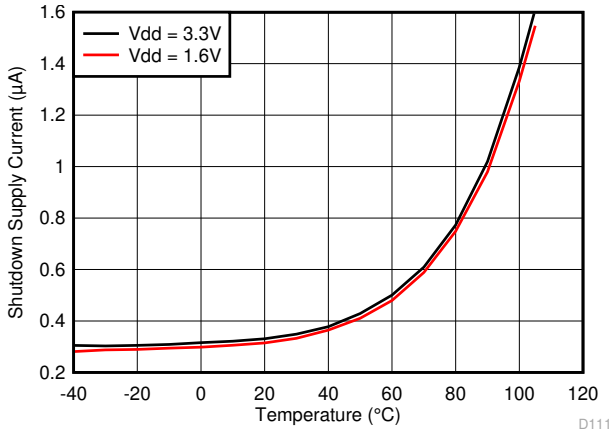
M[1:0] = 10b

图 **5-18.** 电源电流与温度间的关系（2 级）



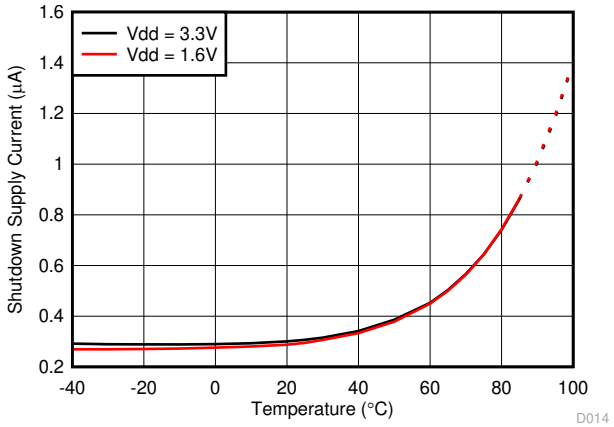
M[1:0] = 10b

图 **5-19.** 电源电流与温度间的关系（3 级）



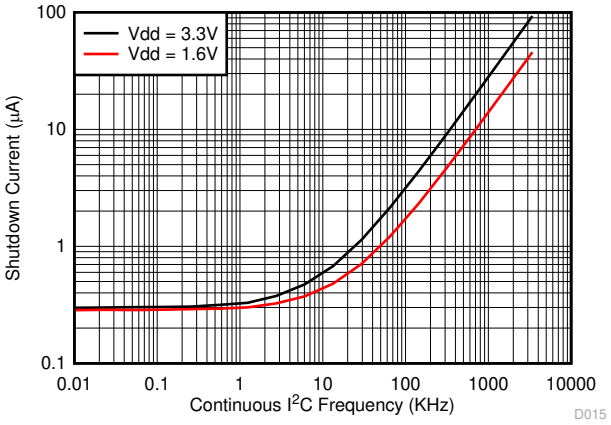
M[1:0] = 00b，输入照度 = 0lux

图 5-20. 关断电流与温度间的关系（2 级）



M[1:0] = 00b，输入照度 = 0lux

图 5-21. 关断电流与温度间的关系（3 级）



输入照度 = 80lux，SCL = SDA，以 I^2C 频率连续切换，注意：典型应用以较低的占空比运行，因此消耗的电流较低。

图 5-22. 电源电流与连续 I^2C 频率间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6 详细说明

6.1 概述

OPT3001-Q1 器件测量照亮器件的环境光。此器件在光线测量方面的光谱响应与人眼高度匹配，并且具有非常好的红外线阻隔性能。

环境光传感器用于测量环境光并帮助打造理想的人性化的照明体验，因此观感器的光谱响应与人眼的光谱响应相匹配非常重要。另外，人眼无法看见红外线，因此对红外线的良好阻隔效果也是此匹配的关键部分。由于这一匹配性能，OPT3001-Q1 器件尤其适合用在看起来很黑但会透射红外线的窗户下方。

OPT3001-Q1 器件是一款完全自包含器件，能够测量环境光并通过 I^2C 总线以数字形式报告结果（以 lux 为单位）。该结果还可用于通过 INT 引脚向系统发出警报和使处理器中断。该结果还可通过可编程窗口比较进行总结并通过 INT 引脚进行传输。

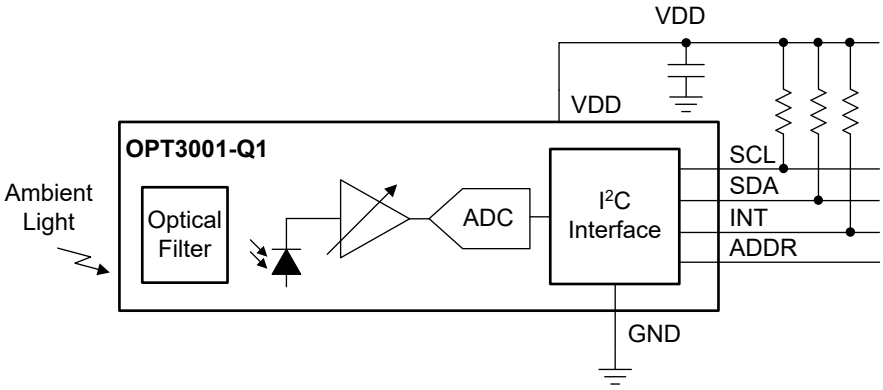
OPT3001-Q1 器件可以配置为自动满标量程设置模式，从而一直根据照明条件选择最佳的满标量程设置。在此模式下，用户无需对软件进行编程即可进行测量并重新调整满标量程的潜在迭代循环，直到找到任意测量的优化设置。该器件可通过命令设置为连续测量或以单次触发测量模式工作。

该器件会对在 100ms 或 800ms 时间内的测量结果进行积分处理，因此能够将来自常见灯泡的 50Hz 和 60Hz 噪声源影响降至最低。

该器件会在启动后进入低功耗关断状态，因此 OPT3001-Q1 器件只会在设置为工作状态后才会消耗运行状态功耗。

OPT3001-Q1 光学滤波系统对光学表面上的非理想颗粒和微影不是很敏感。之所以这样是因为，器件相对而言不那么依赖传感器区域的均匀光照，即可实现红外线阻隔。在所有光学器件上，为了获取最佳结果，一直建议光学表面具有适当的洁净度。

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

6.3.1 人眼匹配度

OPT3001-Q1 的光谱响应与人眼的光谱响应非常接近。如果使用环境光传感器测量来帮助打造良好的人类体验，或创造对人类有利的光学条件，则该传感器测量的光谱必须与人眼看到的光谱相同。

该器件还具有出色的红外光 (IR) 抑制能力。这种 IR 抑制能力尤其重要，因为许多现实世界的光源包含大量人眼不可见的红外成分。如果传感器测量的是人眼不可见的红外光，则无法准确表示真实的人类体验。

此外，如果环境光传感器隐藏在暗窗下方（这样一来，最终产品用户就无法看到传感器），则 OPT3001-Q1 器件的红外抑制能力就变得明显更加重要，因为许多暗窗会使可见光衰减，但会透射红外光。这种可见光衰减而 IR 光衰减不足的情况会增大红外光与照亮传感器的可见光的比率。由于 OPT3001-Q1 器件具有较高的红外抑制能力，因此在这种情况下，结果仍可很好地与人眼相匹配。

6.3.2 自动满量程设置

OPT3001-Q1 器件具有自动满标量程设置特性，无需预测和设置器件的合适范围。在该模式下，OPT3001-Q1 器件都会针对给定的照明条件自动选择合适的满标量程。OPT3001-Q1 器件的满标量程设置之间可实现结果高度匹配。当选择不同的满量程时，这种匹配可消除结果不同的问题，也无需特定于量程且用户校准的增益系数。有关更多详细信息，请参阅 *节 6.4.1* 部分。

6.3.3 中断运行、INT 引脚和中断报告机制

该器件有一个中断报告系统，可使连接到 I^2C 总线的处理器进入睡眠状态，或忽略器件结果，直到发生需要采取可能行动的用户定义事件。或者，对于可以利用单个数字信号（用于指示照度是高于还是低于目标级别）的任何系统，也可以使用这种相同的机制。

中断事件条件由上限和下限寄存器以及配置寄存器锁存和故障计数字段控制。将结果寄存器与上限寄存器和下限寄存器进行比较的结果称为*故障事件*。故障计数寄存器决定了在触发中断事件并随后更改中断报告机制状态（即 INT 引脚、标志高字段和标志低字段）时需要多少个连续且结果相同的故障事件。利用锁存字段，可以在锁存窗口式比较和透明迟滞式比较之间进行选择。

INT 引脚具有开漏输出，需要使用一个上拉电阻器。该开漏输出允许将多个具有开漏 INT 引脚的器件连接到同一条线路，从而在这些器件之间创建逻辑 *NOR* 或 *AND* 函数。INT 引脚的极性可以通过配置寄存器中中断字段的极性来控制。如果 POL 字段被设置为 0，则引脚以低电平有效行为运行，当 INT 引脚变为有效时，会将引脚拉至低电平。如果 POL 字段被设置为 1，则引脚以高电平有效行为运行并变为高阻抗，从而在 INT 引脚变为有效时允许引脚变为高电平。

节 6.4.2 和 *节 7.1* 部分中介绍了中断报告寄存器的其他详细信息。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.3.4 I²C 总线概述

OPT3001-Q1 器件提供与 I²C 和 SMBus 接口的兼容性。I²C 与 SMBus 协议互相兼容。本文通篇将 I²C 接口用作主要示例，只有当讨论两种协议之间的差异时才指定 SMBus 协议。

OPT3001-Q1 器件通过两个引脚连接到总线：一个 SCL 时钟输入引脚和一个 SDA 开漏双向数据引脚。总线必须由一个控制器件控制，以生成串行时钟 (SCL)，控制总线访问并生成启动和停止条件。为了寻址一个特定的器件，控制器通过在 SCL 为高电平时将一个数据信号线路 (SDA) 的逻辑电平从高拉为低来启动一个启动条件。总线上的所有目标器件都在 SCL 上升沿移入目标地址字节，最后一位表明希望进行的是读取还是写入操作。在第九个时钟脉冲期间，被寻址的目标器件会生成一个确认位并将 SDA 下拉为低电平，对控制器做出响应。

然后启动数据传输并发送 8 位数据，随后发送一个确认位。在数据传输期间，SDA 必须保持稳定，同时 SCL 为高电平。SCL 为高电平时 SDA 上的任何变化会被认为是一个开始或者停止条件。传输完所有数据后，控制器会在 SCL 为高电平时将 SDA 从低电平拉至高电平，生成一个停止条件。OPT3001-Q1 器件在 I²C 接口上包括一个 28ms 超时来防止锁定总线。如果 SCL 线路在这段时间内保持低电平，则总线状态机将复位。

6.3.4.1 串行总线地址

要与 OPT3001-Q1 器件通信，控制器必须首先启动 I²C 启动命令。然后，控制器必须通过目标地址字节来对目标器件寻址。目标地址字节包括 7 个地址位和 1 个方向位，这个方向位表明这个操作将是读取还是写入操作。

通过将 ADDR 引脚连接到以下四个引脚之一，可以获得四个 I²C 地址：GND、VDD、SDA 或 SCL。表 6-1 总结了具有相应 ADDR 引脚配置的可能地址。每次总线通信时都会对 ADDR 引脚的状态进行采样，因此在接口上发生任何活动之前，必须将该引脚驱动或连接到所需的电平。

表 6-1. 可能的 I²C 地址以及相应的 ADDR 配置

器件 I²C 地址	ADDR 引脚
1000 100	GND
1000 101	VDD
1000 110	SDA
1000 111	SCL

6.3.4.2 串行接口

OPT3001-Q1 器件在 I²C 总线和 SMBus 上均作为目标器件运行。可以使用 SCL 时钟输入线路和 SDA 开漏 I/O 线路实现到总线的连接。OPT3001-Q1 器件支持标准模式（高达 100kHz）、快速模式（高达 400kHz）和高速模式（高达 2.6MHz）的传输协议。在发送的所有数据字节中，首先发送最高有效位。

SDA 和 SCL 引脚特有集成的峰值抑制滤波器和施密特触发器来大大减少输入峰值和总线噪声的影响。有关 I²C 总线噪声抗扰度的更多详细信息，请参阅 *节 8.1.1* 部分。

6.4 器件功能模式

6.4.1 自动满标量程设置模式

OPT3001-Q1 器件具有自动满标量程设置模式，使用户无需预测和设置器件的合适量程。当配置寄存器量程编号字段 (RN[3:0]) 被设置为 1100b 时，会进入该模式。

器件在自动量程模式下进行的第一次测量是 10ms 的量程发评估测量。然后，器件确定适当的满标量程范以进行第一次满标量程测量。

对于后续测量，满标量程由上一次测量的结果设置。如果测量值接近满标度的下限，则下一次测量的满标量程会减少一级或两级设置。如果测量值接近满量程的上限，则下一次测量的满量程范围会增加一级设置。

如果由于光学瞬态事件快速增加而导致测量值超出满标量程，则终止当前测量。不报告该无效测量值。会进行 10ms 测量以评估并正确复位满标量程。然后，在该适当的满标量程内进行新的测量。因此，在这种模式下快速增加的光学瞬态期间，完成和报告测量所需的时间可能比配置寄存器转换时间字段指示的时间更长。

6.4.2 中断报告机制模式

主要有两种中断报告机制模式：锁存窗口式比较模式和透明迟滞式比较模式。配置寄存器锁存字段 (L) (请参阅配置寄存器，位 4) 控制使用这两种模式中的哪一种。转换结束模式也与每种主要模式类型相关联。当阈值下限寄存器的两个最高有效位被设置为 11b 时，转换结束模式有效。这些机制通过标志高和标志低字段、转换就绪字段以及 INT 引脚进行报告。

6.4.2.1 锁存窗口式比较模式

当使用 OPT3001-Q1 器件中断外部处理器时，通常会选择锁存窗口式比较模式。在该模式下，当输入信号高于上限寄存器或者低于下限寄存器时，会识别出一个故障。当连续故障事件触发中断报告机制时，这些机制会被锁存，从而报告故障是上限还是下限比较的结果。这些机制会保持锁存状态，直到读取配置寄存器，这将清除 INT 引脚以及标志高和标志低字段。SMBus 警报响应协议 (*节 6.5.1.3* 部分对此进行了详细介绍) 会清除引脚，但不会清除标志高和标志低字段。表 6-2 中总结了该模式的行为以及转换就绪标志。请注意，当两个阈值下限寄存器 MSB (有关 MSB 的说明，请参阅 *节 6.4.2.2* 部分) 被设置为 11b 时，表 6-2 不适用。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 6-2. 锁存窗口式比较模式：标志设置和清除总结

操作	标志高字段 (2) (4)	标志低字段	INT 引脚(1)	转换就绪字段
结果寄存器高于上限寄存器达故障计数次。有关更多详细信息，请参阅结果寄存器和上限寄存器。	1	X	有效	1
结果寄存器低于下限寄存器达故障计数次。有关更多详细信息，请参阅结果寄存器和下限寄存器。	X	1	有效	1
转换完成，但不满足故障计数标准	X	X	X	1
配置寄存器读取(3)	0	0	无效	0
配置寄存器写入，M[1:0] = 00b（关断）	X	X	X	X
配置寄存器写入，M[1:0] > 00b（非关断）	X	X	X	0
SMBus 警报响应协议	X	X	无效	X

(1) INT 引脚取决于极性字段 (POL) 的设置。当 INT 引脚状态为有效且 POL = 0（低电平有效）时，或者当该引脚状态为无效且 POL = 1（高电平有效）时，该引脚为低电平。
(2) X = 与之前状态相比没有变化。
(3) 读取配置寄存器后，该器件会立即自动将转换就绪字段复位为 0 状态。因此，如果在转换完成后立即执行两次配置寄存器读取，则第一次读取结果为 1，第二次读取结果为 0。
(4) 假定上限寄存器大于下限寄存器。如果此假设不正确，则标志高字段和标志低字段可能呈现不同的行为。

6.4.2.2 透明迟滞式比较模式

当需要单个数字信号指示输入光是高于还是低于目标光照水平时，通常会使用透明迟滞式比较模式。如果在发生由故障计数字段设置的连续数量的事件后，结果寄存器高于上限寄存器，则 INT 线被设置为有效，标志高字段被设置为 1，标志低字段被设置为 0。如果在发生由故障计数字段设置的连续数量的事件后，结果寄存器低于下限寄存器，则 INT 线被设置为无效，标志低字段被设置为 1，标志高字段被设置为 0。配置读取和写入不会使 INT 引脚以及标志高和标志低字段更改状态。INT 引脚和标志字段会持续报告光与下限和上限寄存器的适当比较。在两种透明比较模式（配置寄存器，锁存字段 = 0）中的任何一种模式下，该器件均不响应 SMBus 警报响应协议。表 6-3 中总结了该模式的行为以及转换就绪。请注意，当两个阈值下限寄存器 MSB（表 7-6 中的 LE[3:2]）被设置为 11 时，表 6-3 不适用。

表 6-3. 透明迟滞式比较模式：标志设置和清除总结 (2) (4)

操作	标志高字段	标志低字段	INT 引脚(1)	转换就绪字段
结果寄存器高于上限寄存器达故障计数次。有关更多详细信息，请参阅结果寄存器和上限寄存器。	1	0	有效	1
结果寄存器低于下限寄存器达故障计数次。有关更多详细信息，请参阅结果寄存器和下限寄存器。	0	1	无效	1
转换完成，但不满足故障计数标准	X	X	X	1
配置寄存器读取(3)	X	X	X	0
配置寄存器写入，M[1:0] = 00b（关断）	X	X	X	X
配置寄存器写入，M[1:0] > 00b（非关断）	X	X	X	0
SMBus 警报响应协议	X	X	X	X

6.4.2.3 转换结束模式

当需要处理器读取每次测量结果时，可以使用转换结束指示器模式，该模式由 INT 引脚在每次测量完成时变为有效进行提示。通过将下限寄存器的两个最高有效位（下限寄存器中的 LE[3:2]）设置为 11b，可以进入该模式。该转换结束模式通常与锁存窗口式比较模式结合使用。当读取配置寄存器，或者使用非关断参数为了响应 SMBus 警报响应对配置寄存器进行写入时，INT 引脚变为无效。表 6-4 总结了由于各种操作而产生的中断报告机制。

表 6-4. 锁存窗口式比较模式下的转换结束模式：标志设置和清除总结 (2)

操作	标志高字段	标志低字段	INT 引脚(1)	转换就绪字段
结果寄存器高于上限寄存器达故障计数次。有关更多详细信息，请参阅结果寄存器和上限寄存器。	1	X	有效	1
结果寄存器低于下限寄存器达故障计数次。有关更多详细信息，请参阅结果寄存器和下限寄存器。	X	1	有效	1
转换完成，但不满足故障计数标准	X	X	有效	1
配置寄存器读取(3)	0	0	无效	0
配置寄存器写入，M[1:0] = 00b（关断）	X	X	X	X
配置寄存器写入，M[1:0] > 00b（非关断）	X	X	X	0
SMBus 警报响应协议	X	X	无效	X

请注意，当从转换结束模式转换为标准比较模式（即将 LE[3:2] 从 11b 编程为 00b）时，如果配置寄存器锁存字段 (L) 为 1，则随后需要向配置寄存器锁存字段 (L) 写入 0 才能正确清除 INT 引脚。如果需要，可以将锁存字段重新设置为 1。

6.4.2.4 转换结束和透明迟滞式比较模式

也可以同时对转换结束模式与透明迟滞式比较模式的组合进行编程。该组合的行为如表 6-5 所示。

表 6-5. 透明迟滞式比较模式下的转换结束模式：标志设置和清除总结 (2)

操作	标志高字段	标志低字段	INT 引脚(1)	转换就绪字段
结果寄存器高于上限寄存器达故障计数次。有关更多详细信息，请参阅结果寄存器和上限寄存器。	1	0	有效	1
结果寄存器低于下限寄存器达故障计数次。有关更多详细信息，请参阅结果寄存器和下限寄存器。	0	1	有效	1
转换完成，但不满足故障计数标准	X	X	有效	1
配置寄存器读取(3)	X	X	无效	0
配置寄存器写入，M[1:0] = 00b（关断）	X	X	X	X
配置寄存器写入，M[1:0] > 00b（非关断）	X	X	无效	0
SMBus 警报响应协议	X	X	X	X

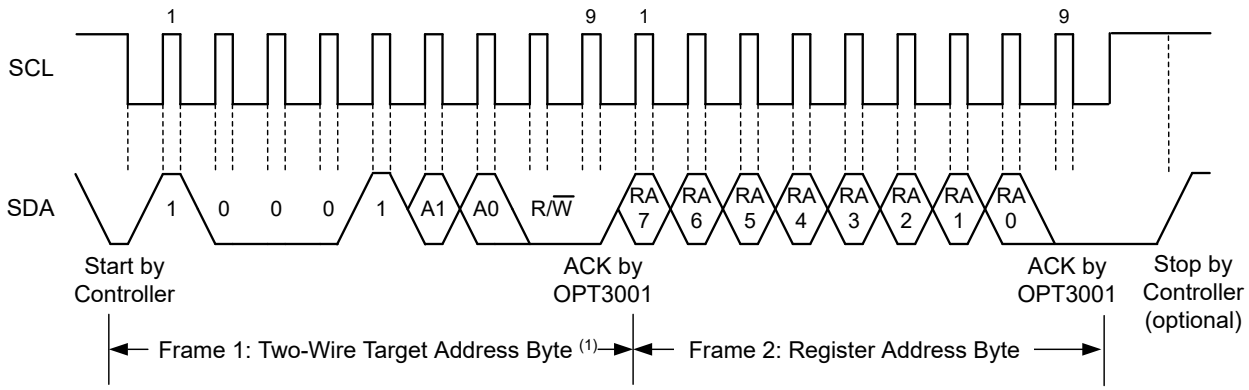
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5 编程

OPT3001-Q1 器件支持标准模式（高达 100kHz）、快速模式（高达 400kHz）和高速模式（高达 2.6MHz）的传输协议。快速和标准模式被描述为默认协议，称为 *F/S*。*节 6.5.1.1* 介绍了高速模式。

6.5.1 写入和读取

通过在 I²C 事务序列期间写入适当的寄存器地址，可访问 OPT3001-Q1 器件上的特定寄存器。有关寄存器和对应的寄存器地址的完整列表，请参阅表 7-1。寄存器地址的值（如图 6-1 所示）是在 R/W 位为低电平时目标地址字节之后传输的第一个字节。



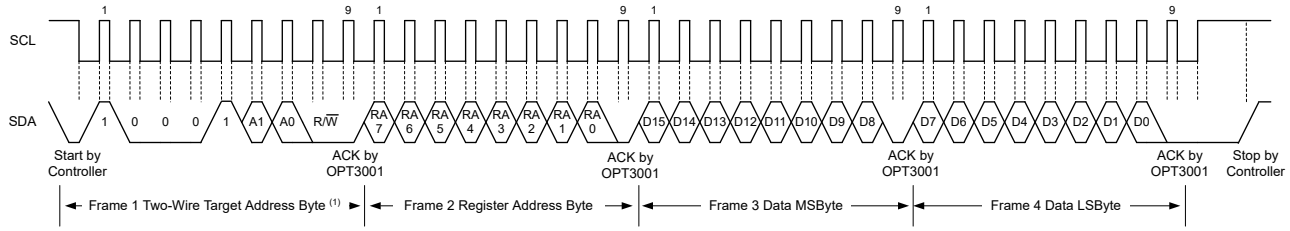
A. 目标地址字节的值由 ADDR 引脚设置决定；请参阅表 6-1。

图 6-1. 设置 I²C 寄存器地址

写入寄存器的过程从控制器传输的第一个字节开始。这个字节为目标地址，其中 R/W 位为低电平。然后，OPT3001-Q1 器件确认接收到有效地址。控制器发送的下一个字节是数据将要写入的寄存器的地址。下两个字节写入由寄存器地址进行寻址的寄存器。OPT3001-Q1 器件确认收到每个数据字节。控制器可以通过生成启动或停止条件来终止数据传输。

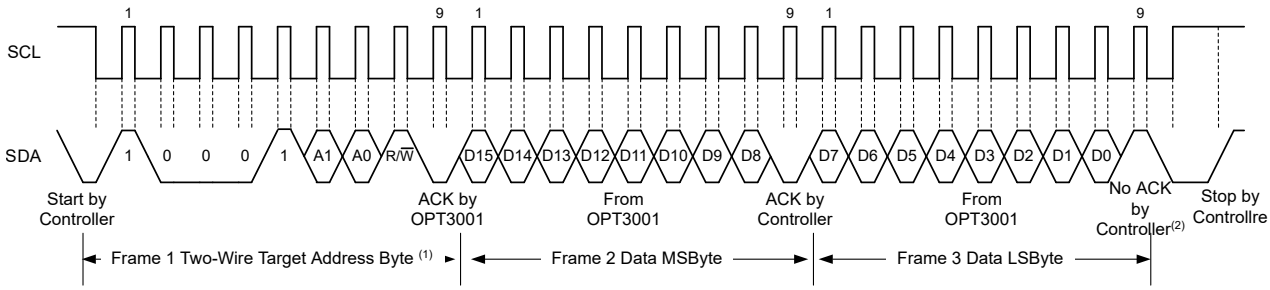
从 OPT3001-Q1 器件中读取时，写入操作存储在寄存器地址中的最后一个值将确定在读取操作期间应读取哪个寄存器。要为读取操作更改寄存器地址，必须启动新的部分 I²C 写入事务。要完成该部分写入，应在 R/W 位为低电平时发出一个目标地址字节，后跟寄存器地址字节和停止命令。然后，控制器生成一个启动条件，并在 R/W 位为高电平时发送目标地址字节，以启动读取命令。下一个字节由目标器件发送，是寄存器地址所指示寄存器的最高有效字节。该字节后跟一个来自控制器的确认；然后目标器件发送最低有效字节。控制器确认收到数据字节。控制器可在接收任何数据字节时生成非确认，或生成启动或停止条件，来终止数据传输。如果需要从同一寄存器进行重复的读取操作，则不必一直发送寄存器地址字节；OPT3001-Q1 器件将保留寄存器地址，直到该数字被下一次写入操作更改。

图 6-2 和图 6-3 分别显示了写入和读取操作时序图。请注意，首先发出的寄存器字节为最高有效字节，之后是最低有效字节。



A. 通过地址引脚的设置可确定目标地址字节的值；请参阅表 6-1。

图 6-2. I²C 写入示例



A. 目标地址字节的值由 ADDR 引脚设置决定；请参阅表 6-1。

B. 也可能发送控制器的 ACK。

图 6-3. I²C 读取示例

6.5.1.1 高速 I²C 模式

当总线空闲时，SDA 和 SCL 线路都被上拉电阻器或有源上拉器件拉至高电平。主器件生成一个启动条件，后跟一个有效的串行字节，其中包含高速 (HS) 主器件代码 0000 1XXXb。该传输可在标准模式或快速模式（高达 400kHz）下进行。OPT3001-Q1 器件不对 HS 主器件代码进行确认，但的确会识别该代码并切换其内部滤波器以支持 2.6MHz 运行。

然后，主器件生成一个重复的开始条件（一个重复的开始条件具有与开始条件一致的时序）。在这个重复的启动条件之后，协议与 F/S 模式一致，除非允许的传输速度高达 2.6MHz。不要使用停止条件，而是使用重复的启动条件将总线保持在 HS 模式。停止条件结束 HS 模式并切换 OPT3001-Q1 器件的所有滤波器以支持 F/S 模式。

6.5.1.2 通用广播复位命令

I²C 通用广播复位允许主机控制器使用一条命令来复位总线上响应通用广播复位命令的所有器件。可以通过对 I²C 地址 0 (0000 0000b) 进行写入来启动通用广播。当随后的第二个地址字节为 06h (0000 0110b) 时，将启动复位命令。通过此事务，器件发出一个确认位，并将所有寄存器设置为上电复位默认条件。

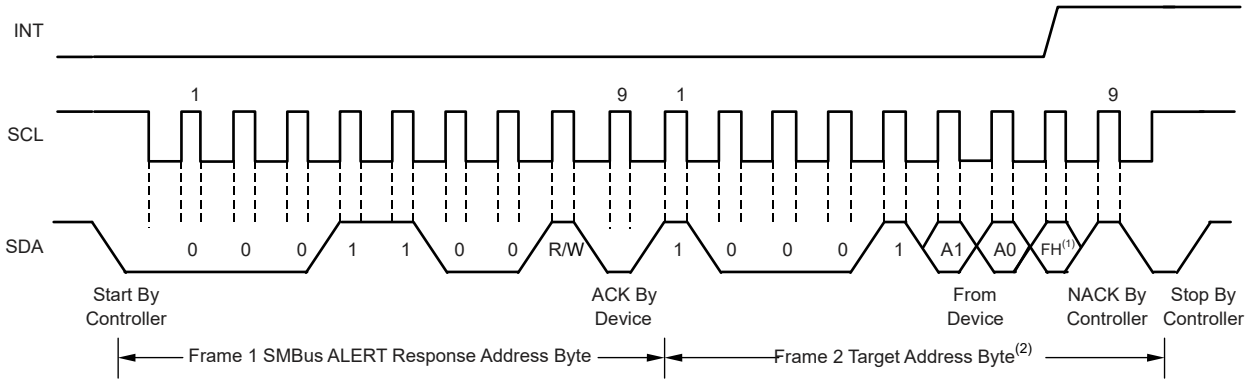
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5.1.3 SMBus 警报响应

SMBus 警报响应可快速识别发出中断的器件。如果没有该警报响应功能，当连接了多个目标器件时，处理器就不知道哪个器件拉取了中断线路。

OPT3001-Q1 器件用于在锁存窗口式比较模式下响应 SMBus 警报响应地址（配置寄存器，锁存字段 = 1）。在透明模式下，OPT3001-Q1 器件不会响应 SMBus 警报响应（配置寄存器，锁存字段 = 0）。

图 6-4 显示了 OPT3001-Q1 器件对 SMBus 警报响应的响应行为。当处理器的中断线路拉至活动状态时，控制器可以广播警报响应目标地址 (0001 1001b)。在该警报响应之后，生成警报的任何目标器件可以通过确认警报响应并在总线上发送相应的 I²C 地址来标识自己。该警报响应可同时激活多个不同的目标器件。如果多于一个目标器件试图进行响应，那么采用总线仲裁规则。具有最低地址的器件将在仲裁中胜出。如果 OPT3001-Q1 未在仲裁中胜出，器件将不会确认 I²C 事务，且 INT 引脚保持活动状态，提示 I²C 控制器处理器发出后续 SMBus 警报响应。当 OPT3001-Q1 器件在仲裁中胜出时，器件将确认该事务并将 INT 引脚设置为非活动状态。控制器可以再次发出相同的命令，根据需要多次清除 INT 引脚。有关如何控制标志和 INT 引脚的更多详细信息，请参阅 *节 6.4.2* 部分。控制器可以从上述过程中广播的地址获取有关 OPT3001-Q1 中断源的信息。标志高字段（配置寄存器，位 6）作为地址的最后一个 LSB 发送，目的是向控制器提供有关 OPT3001-Q1 中断原因的其他信息。如果控制器需要其他信息，可以查询结果寄存器或配置寄存器。SMBus 警报响应不会使标志高和标志低字段被清除。



A. FH 是配置寄存器中的标志高字段 (FH)（请参阅表 7-5）。

B. A1 和 A0 由 ADDR 引脚决定；请参阅表 6-1。

图 6-4. SMBus 警报响应时序图

7 寄存器映射

7.1 内部寄存器

该器件通过 I²C 总线使用包含配置、状态和结果信息的寄存器进行工作。所有寄存器的长度均为 16 位。

有四个主要寄存器：结果寄存器、配置寄存器、下限寄存器和上限寄存器。还有两个 ID 寄存器：制造商 ID 和器件 ID。表 7-1 列出了这些寄存器。

表 7-1. 寄存器映射

寄存器	地址（十六进制）(1)	位 15	位 14	位 13	位 12	位 11	位 10	位 9	位 8	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
结果	00h	E3	E2	E1	E0	R11	R10	R9	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	R0
配置	01h	RN3	RN2	RN1	RN0	CT	M1	M0	OVF	CRF	FH	FL	L	POL	ME	FC1	FC0
下限	02h	LE3	LE2	LE1	LE0	TL11	TL10	TL9	TL8	TL7	TL6	TL5	TL4	TL3	TL2	TL1	TL0
上限	03h	HE3	HE2	HE1	HE0	TH11	TH10	TH9	TH8	TH7	TH6	TH5	TH4	TH3	TH2	TH1	TH0
制造商 ID	7Eh	ID15	ID14	ID13	ID12	ID11	ID10	ID9	ID8	ID7	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0
器件 ID	7Fh	DID15	DID14	DID13	DID12	DID11	DID10	DID9	DID8	DID7	DID6	DID5	DID4	DID3	DID2	DID1	DID0

(1) 寄存器偏移和寄存器地址可互换使用。

7.1.1 寄存器说明

备注

寄存器偏移和寄存器地址可互换使用。

7.1.1.1 结果寄存器（偏移 = 00h）

该寄存器包含最近一次光/数转换的结果。该 16 位寄存器具有两个字段：一个 4 位指数和一个 12 位尾数。

图 7-1. 结果寄存器（只读）

15	14	13	12	11	10	9	8
E3	E2	E1	E0	R11	R10	R9	R8
R	R	R	R	R	R	R	R
7	6	5	4	3	2	1	0
R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	R0
R	R	R	R	R	R	R	R

说明：R = 只读

表 7-2. 结果寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:12	E[3:0]	R	0h	**指数。** 这些位是指数位。表 7-3 提供了更多详细信息。
11:0	R[11:0]	R	000h	**小数结果。** 这些位是直接二进制编码的结果（零至满标度）。

表 7-3. 作为指数水平的函数的满标量程和 LSB 大小

E3	E2	E1	E0	满标量程 (lux)	LSB 大小 (lux/LSB)
0	0	0	0	40.95	0.01
0	0	0	1	81.90	0.02
0	0	1	0	163.80	0.04
0	0	1	1	327.60	0.08

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-3. 作为指数水平的函数的满标量程和 LSB 大小（续）

E3	E2	E1	E0	满标量程 (lux)	LSB 大小 (lux/LSB)
0	1	0	0	655.20	0.16
0	1	0	1	1310.40	0.32
0	1	1	0	2620.80	0.64
0	1	1	1	5241.60	1.28
1	0	0	0	10483.20	2.56
1	0	0	1	20966.40	5.12
1	0	1	0	41932.80	10.24
1	0	1	1	83865.60	20.48

将该寄存器转换为 lux 的公式如方程式 1 所示：

$$lux = LSB_Size \times R[11:0] \tag{1}$$

其中：

$$LSB_Size = 0.01 \times 2^{E[3:0]} \tag{2}$$

LSB_Size 也可以从表 7-3 中获取。完整的 lux 计算公式如方程式 3 所示：

$$lux = 0.01 \times (2^{E[3:0]}) \times R[11:0] \tag{3}$$

表 7-4 给出了一系列结果寄存器输出示例及其对应的 LSB 权重和产生的 lux 值。请注意，许多指数 (E[3:0]) 和小数结果 (R[11:0]) 组合都可以映射到相同的 lux 结果，如表 7-4 中的示例所示。

表 7-4. 将结果寄存器解码为 lux 的示例

结果寄存器（位 15:0，二进制）	指数（E[3:0]，十六进制）	小数结果（R[11:0]，十六进制）	LSB 权重（lux，十进制）	结果 lux（十进制）
0000 0000 0000 0001b	00h	001h	0.01	0.01
0000 1111 1111 1111b	00h	FFFh	0.01	40.95
0011 0100 0101 0110b	03h	456h	0.08	88.80
0111 1000 1001 1010b	07h	89Ah	1.28	2818.56
1000 1000 0000 0000b	08h	800h	2.56	5242.88
1001 0100 0000 0000b	09h	400h	5.12	5242.88
1010 0010 0000 0000b	0Ah	200h	10.24	5242.88
1011 0001 0000 0000b	0Bh	100h	20.48	5242.88
1011 0000 0000 0001b	0Bh	001h	20.48	20.48
1011 1111 1111 1111b	0Bh	FFFh	20.48	83865.60

请注意，通过启用指数屏蔽（配置寄存器，ME 字段 = 1）并手动对满标量程（配置寄存器，RN[3:0] < 1100b (0Ch)）进行编程，可以禁用指数字段（设置为零），从而简化手动编程的满标度模式下的操作。要根据结果寄存器内容计算 lux，只需将结果寄存器乘以与特定编程满标量程相关的 LSB 权重（以 lux 为单位）（请参阅表 7-3）。有关详细信息，请参阅下限寄存器。

有关 lux 分辨率（作为转换时间的函数）的更多信息，请参阅配置寄存器转换时间字段（CT，位 11）说明。

7.1.1.2 配置寄存器（偏移 = 01h）[复位 = C810h]

该寄存器控制器件的主要运行模式。该寄存器具有 11 个字段，如下所述。如果在对配置寄存器进行写入时正在进行测量转换，则有效的测量转换会立即中止。如果新配置寄存器指示新的转换，该转换随后会启动。

图 7-2. 配置寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
RN3	RN2	RN1	RN0	CT	M1	M0	OVF
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R
7	6	5	4	3	2	1	0
CRF	FH	FL	L	POL	ME	FC1	FC0
R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读

表 7-5. 配置寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:12	RN[3:0]	R/W	1100b	**量程编号字段（读取或写入）。** 量程编号字段用于选择器件的满标度 lux 量程。该字段的格式与结果寄存器指数字段 (E[3:0]) 相同；请参阅表 7-3。当 RN[3:0] 被设置为 1100b (0Ch) 时，器件以自动满标量程设置模式运行，如 *节 6.4.1* 部分中所述。在该模式下，自动选择的量程在结果指数（寄存器 00h，E[3:0]）中进行报告。 该器件在自动满标度设置模式下以 1100 上电。代码 1101b、1110b 和 1111b（0Dh、0Eh 和 0Fh）保留供将来使用。
11	CT	R/W	1b	**转换时间字段（读取或写入）。** 转换时间字段决定光/数转换过程的时长。选项为 100ms 和 800ms。较长的积分时间可以实现较低的噪声测量。 转换时间还与数据转换过程的有效分辨率有关。800ms 转换时间可实现额定的 lux 分辨率。结果和配置寄存器中 E[3:0] 的满标量程高于 0101b 时的 100ms 转换时间也支持实现额定的 lux 分辨率。E[3:0] 的满标量程低于 0101b（含）时的 100ms 转换时间可以将有效结果分辨率降低最多三位，具体取决于所选的满标量程。量程 0101b 降低一位。量程 0100b、0011b、0010b 和 0001b 降低两位。量程 0000b 降低三位。结果寄存器格式和相关的 LSB 权重不会随转换时间的变化而变化。 0 = 100ms 1 = 800ms
10:9	M[1:0]	R/W	00b	**转换操作模式字段（读取或写入）。** 转换操作模式字段控制器件是在连续转换模式、单次转换模式还是低功耗关断模式下运行。默认值为 00b（关断模式），因此上电时，器件仅在被适当编程后才会消耗运行级别功率。 如果通过向该字段写入 01b 来选择单次转换模式，则当器件正在主动转换时，该字段将继续显示 01b。当单次转换完成时，转换操作模式字段自动设置为 00b，器件关断。 当器件通过完成单次转换或手动对配置寄存器进行写入进入关断模式时，报告标志（转换就绪、标志高电平、标志低电平）或 INT 引脚的状态没有变化。当该器件处于关断模式时，这些信号会被保留以便进行后续读取操作。 00 = 关断（默认设置） 01 = 单次转换 10、11 = 连续转换
8	OVF	R	0b	**溢出标志字段（只读）。** 溢出标志字段指示数据转换过程中何时发生溢出情况，该情况通常是因为照亮器件的光超出了器件的编程满标量程。在该情况下，OVF 被设置为 1，否则 OVF 保持为 0。每次测量时都会重新评估该字段。 如果手动设置了满标量程（RN[3:0] 字段 < 1100b），则可能会在结果寄存器报告的值小于满标度时设置溢出标志字段。如果输入光具有临时的高尖峰水平，该水平暂时使积分 ADC 转换器电路过载，但在转换完成之前恢复到量程内的水平，则会出现该结果。因此，溢出标志可能会在转换过程中报告错误。该行为在积分式转换器中很常见。 如果满标量程自动设置（RN[3:0] 字段 = 1100b），则设置溢出标志字段的唯一条件是输入光超出了整个器件的满标度水平。当存在溢出情况且满标量程不是最大值时，OPT3001-Q1 器件会中止当前转换，将满标度设置为更高的水平并开始新的转换。该标志在此过程结束时设置。该过程会一直重复，直到没有溢出情况或满标量程被设置为最大量程。
7	CRF	R	0b	**转换就绪字段（只读）。** 转换就绪标志指示转换何时完成。该字段在转换结束时被设置为 1，并在随后对配置寄存器进行读取或使用任何值（包含关断模式（运行模式字段 M[1:0] = 00b）的值除外）对其进行写入时被清除（被设置为 0）。写入关断模式不会影响该字段的状态；有关更多详细信息，请参阅 *节 6.4.2* 部分。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-5. 配置寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
6	FH	R	0b	**标志高字段（只读）。** 标志高字段 (FH) 表明转换结果大于指定的目标水平。如果经过由故障计数字段 (FC[1:0]) 定义的连续数量的测量，结果大于上限寄存器（寄存器地址 03h）中的水平，则 FH 被设置为 1。有关该字段的清除和其他行为的更多详细信息，请参阅 *节 6.4.2* 部分。
5	FL	R	0b	**标志低字段（只读）。** 标志低字段 (FL) 表明转换结果小于指定的目标水平。如果经过由故障计数字段 (FC[1:0]) 定义的连续数量的测量，结果小于下限寄存器（寄存器地址 02h）中的水平，则 FL 被设置为 1。有关该字段的清除和其他行为的更多详细信息，请参阅 *节 6.4.2* 部分。
4	L	R/W	1b	**锁存字段（读取或写入）。** 锁存字段控制中断报告机制的功能：INT 引脚、标志高字段 (FH) 和标志低字段 (FL)。该位在锁存窗口式比较和透明迟滞式比较之间选择报告样式。 0 = 器件在透明迟滞式比较操作中工作，其中三种中断报告机制直接反映结果寄存器与上限和下限寄存器的比较，没有用户控制的清除事件。有关更多详细信息，请参阅 *节 6.3.3* 部分。 1 = 器件在锁存窗口式比较操作中工作，锁存中断报告机制，直到发生用户控制的清除事件。
3	POL	R/W	0b	**极性字段（读取或写入）。** 极性字段控制 INT 引脚的极性或有效状态。 0 = INT 引脚报告低电平有效，在发生中断事件时将引脚拉至低电平。 1 = INT 引脚的运行反相，其中 INT 引脚报告高电平有效，在发生中断事件时变为高阻抗并允许 INT 引脚被拉至高电平。
2	ME	R/W	0b	**屏蔽指数字段（读取或写入）。** 当手动设置满标量程时，屏蔽指数字段会强制将结果寄存器指数字段（寄存器 00h，E[3:0]）设置为 0000b，这样可以在手动对满标量程进行编程时简化结果寄存器的处理。当屏蔽指数字段被设置为 1 且量程编号字段 (RN[3:0]) 被设置为小于 1100b 时，会发生该行为。请注意，只会针对结果寄存器执行屏蔽。当使用中断报告机制时，与下限和上限寄存器的结果比较不受 ME 字段的影响。
1:0	FC[1:0]	R/W	00b	**故障计数字段（读取或写入）。** 故障计数字段指示器件需要多少个连续故障事件才能触发中断报告机制：INT 引脚、标志高水平字段 (FH) 和标志低水平字段 (FL)。锁存字段 (L)、标志高字段 (FH) 和标志低字段 (FL) 说明中介绍了故障事件。 00 = 一个故障计数（默认设置） 01 = 两个故障计数 10 = 四个故障计数 11 = 八个故障计数

7.1.1.3 下限寄存器（偏移 = 02h）[复位 = C0000h]

该寄存器为以下中断报告机制设置比较下限：INT 引脚、标志高字段 (FH) 和标志低低端 (FL)，如 *节 6.4.2* 部分所述。

图 7-3. 下限寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
LE3	LE2	LE1	LE0	TL11	TL10	TL9	TL8
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
7	6	5	4	3	2	1	0
TL7	TL6	TL5	TL4	TL3	TL2	TL1	TL0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

说明：R/W = 读取/写入

表 7-6. 下限寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:12	LE[3:0]	R/W	0h	**指数。** 这些位是指数位。表 7-7 提供了更多详细信息。

表 7-6. 下限寄存器字段说明（续）

位	字段	类型	复位	说明
11:0	TL[11:0]	R/W	000h	**结果。** 这些位是直接二进制编码的结果（零至满标度）。

该寄存器的格式与结果寄存器中所述的结果寄存器的格式几乎相同。下限寄存器指数 (LE[3:0]) 与结果寄存器指数 (E[3:0]) 类似。下限寄存器结果 (TL[11:0]) 与结果寄存器指数 (R[11:0]) 类似。

方程式 4 给出了将此寄存器转换为 lux 阈值的公式，该公式类似于结果寄存器的计算公式，方程式 3。

$$\text{lux} = 0.01 \times (2^{LE[3:0]}) \times TL[11:0] \quad (4)$$

表 7-7 给出了应用于下限寄存器的满标量程和 LSB 大小。结果寄存器中给出的详细讨论和示例也适用于下限寄存器。

表 7-7. 作为指数水平的函数的满标量程和 LSB 大小

LE3	LE2	LE1	LE0	满标量程 (lux)	LSB 大小 (lux/LSB)
0	0	0	0	40.95	0.01
0	0	0	1	81.90	0.02
0	0	1	0	163.80	0.04
0	0	1	1	327.60	0.08
0	1	0	0	655.20	0.16
0	1	0	1	1310.40	0.32
0	1	1	0	2620.80	0.64
0	1	1	1	5241.60	1.28
1	0	0	0	10483.20	2.56
1	0	0	1	20966.40	5.12
1	0	1	0	41932.80	10.24
1	0	1	1	83865.60	20.48

备注

结果和限值寄存器都在内部转换为 lux 值以进行比较。这些寄存器可以具有不同的指数字段。但是，当使用手动设置的满标量程（配置寄存器，RN < 0Ch，屏蔽启用 (ME) 有效）时，可以将手动设置的满标量程编程到 LE[3:0] 和 HE[3:0] 字段中，从而简化对寄存器进行编程的选择。这种简化使用户只需考虑小数结果，而不用考虑结果的指数部分。

7.1.1.4 上限寄存器（偏移 = 03h）[复位 = BFFFh]

上限寄存器为以下中断报告机制设置比较上限：INT 引脚、标志高字段 (FH) 和标志低字段 (FL)，如 *节 6.3.3* 部分所述。该寄存器的格式几乎与下限寄存器（下限寄存器中对此进行了介绍）和结果寄存器（结果寄存器中对此进行了介绍）的格式相同。对于这种相似性，更详细而言，上限寄存器指数 (HE[3:0]) 与下限寄存器指数 (LE[3:0]) 和结果寄存器指数 (E[3:0]) 类似。上限寄存器结果 (TH[11:0]) 与下限结果 (TH[11:0]) 和结果寄存器结果 (R[11:0]) 类似。请注意，上限寄存器与结果寄存器的比较不受 ME 位的影响。

当在屏蔽启用 (ME) 有效的情况下使用手动设置的满标量程时，可以将手动设置的满标量程编程到 HE[3:0] 位中，从而简化需要编程到该寄存器中的值的选择。将该寄存器转换为 lux 的公式与方程式 4 类似。满标量程值与表 7-3 类似。

图 7-4. 上限寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
HE3	HE2	HE1	HE0	TH11	TH10	TH9	TH8

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

图 7-4. 上限寄存器（续）

R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
7	6	5	4	3	2	1	0
TH7	TH6	TH5	TH4	TH3	TH2	TH1	TH0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

说明：R/W = 读取/写入

表 7-8. 上限寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:12	HE[3:0]	R/W	Bh	**指数。** 这些位是指数位。
11:0	TH[11:0]	R/W	FFFh	**结果。** 这些位是直接二进制编码的结果（零至满标度）。

7.1.1.5 制造商 ID 寄存器（偏移 = 7Eh）[复位 = 5449h]

该寄存器用于帮助唯一地识别器件。

图 7-5. 制造商 ID 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
ID15	ID14	ID13	ID12	ID11	ID10	ID9	ID8
R	R	R	R	R	R	R	R
7	6	5	4	3	2	1	0
ID7	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0
R	R	R	R	R	R	R	R

说明：R = 只读

表 7-9. 制造商 ID 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:0	ID[15:0]	R	5449h	**制造商 ID。** 制造商 ID 显示 5449h。在 ASCII 代码中，该寄存器显示 *TI*。

7.1.1.6 器件 ID 寄存器（偏移 = 7Fh）[复位 = 3001h]

该寄存器还用于帮助唯一地识别器件。

图 7-6. 器件 ID 寄存器

15	14	13	12	11	10	9	8
DID15	DID14	DID13	DID12	DID11	DID10	DID9	DID8
R	R	R	R	R	R	R	R
7	6	5	4	3	2	1	0
DID7	DID6	DID5	DID4	DID3	DID2	DID1	DID0
R	R	R	R	R	R	R	R

说明：R = 只读

表 7-10. 器件 ID 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
15:0	DID[15:0]	R	3001h	**器件 ID。** 器件 ID 显示 3001h。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8 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。

8.1 应用信息

环境光传感器广泛用于需要根据环境光进行控制的各种应用。环境光传感器标称与人眼光谱响应相匹配，因此，当目标是为人类打造出色的体验时，这些传感器优于光电二极管。非常常见的应用包括显示器光强度控制和工业或家庭照明控制。

OPT3001-Q1 器件的接口分为两类：电气接口和光学接口。

8.1.1 电气接口

电气接口非常简单，如图 8-1 所示。将 OPT3001-Q1 I^2C SDA 和 SCL 引脚连接到应用处理器、微控制器或其他数字处理器的相同引脚。如果该数字处理器需要由 OPT3001-Q1 器件的相关事件产生中断，则将 INT 引脚连接到处理器的中断或通用 I/O 引脚。该中断有多种用途，包括向系统发出信号以从低功耗模式唤醒、在等待相关的环境光事件时处理其他任务、或向处理器发出警报以指明已准备好读取样片。在适用于数字通信的电源与 SDA 和 SCL 引脚之间连接上拉电阻器（因为这些电阻器具有开漏输出结构）。如果使用 INT 引脚，请将一个上拉电阻连接到 INT 引脚。这些上拉电阻器的典型阻值为 10kΩ。可以结合总线电容来优化电阻选择，以平衡系统速度、功率、抗噪性和其他要求。

节 8.4 部分讨论了电源和接地注意事项。

尽管 SDA 和 SCL 引脚电路中集成了峰值抑制功能，但应使用适当的布局实践来尽量减少进入通信线路的耦合量。一个可能引入噪声的来源是两条通信线路本身之间的电容耦合信号边沿。另一个可能引入噪声的来源是系统中存在的其他开关噪声源，尤其对于长通信线路而言。在嘈杂的环境中，将通信线路屏蔽可降低有害噪声耦合进入数字 I/O 线路而被错误解释的可能性。

8.1.2 光学接口

光学接口物理位于封装内，背对 PCB，如节 11 中的*传感器区域*所示。

塑料外壳和允许来自设计外部的光照亮传感器的窗口等物理元件（请参阅图 8-2）有助于保护 OPT3001-Q1 器件和相邻电路。有时使用深色或不透明的窗口，通过隐藏传感器来进一步增强设计的视觉吸引力。这种窗口材料通常是透明塑料或玻璃。

任何影响光传感器感应区域光照的物理元件也会影响光传感器的性能。因此，为了获得最佳性能，请务必了解并控制这些元件的影响。设计窗口的宽度和高度，使光线能够从足够大的视场照亮传感器。为了获得最佳性能，使用的视场应至少为 ±35°，理想情况下为 ±45° 或更大。有关如何理解和设计视场的进一步讨论，请参阅 *OPT3001：环境光传感器应用指南* 应用手册。

暗窗的可见光谱透射率通常在 5% 到 30% 之间，但也可能低于 1%。将可见光谱透射率指定为低至但不超过达到足够视觉吸引力所需的值，因为透射率降低会减少传感器测量的可用光量。通过在透明窗口材料上涂上墨水或在窗口材料中加入染料或其他光学物质，可以使窗口变暗。窗口可见光谱中的这种透射率衰减情况会在设计外部的光线与 OPT3001-Q1 器件测量的光线之间产生一个比率。要准确测量设计外部的光线，应按照该比率对 OPT3001-Q1 测量进行补偿；*节 8.2.2.2* 中提供了一个示例。

环境光传感器用于帮助为人类打造理想的照明体验；因此，传感器光谱响应与人眼光谱响应相匹配非常重要。人眼看不见红外光，当传感器缺乏红外抑制功能时，红外光会干扰可见光的测量。因此，可见光与干扰红外光的比率会影响任何代表人眼的实际系统的精度。OPT3001-Q1 器件对红外光的强烈抑制能力使得在高红外照明条件下（例如在白炽灯、卤素灯或太阳光源下）进行的测量能够符合人类的感知。

尽管暗窗的墨水和染料的主要目的是尽量降低可见光的透射率，但某些墨水和染料的红外光透射率也很高。使用这些墨水和染料会进一步降低可见光与红外光的比率，从而降低传感器测量精度。然而，由于 OPT3001-Q1 器件具有出色的红外抑制能力，因此可以尽可能地降低这种影响，在具有与图 8-3 所示情况相似的光谱响应的暗窗下能够获得良好效果。

为获得出色精度，除非设计人员充分了解光学效应，否则应避免采用格栅状窗口结构。这些格栅状窗口结构会在传感器处形成不均匀的照明图案，使光的测量结果随着放置容差和光的入射角而变化。如果需要格栅状窗口结构，那么 OPT3001-Q1 器件是理想的传感器之选，因为该器件对干扰测量过程的照明均匀性问题的敏感度极低。

光管看起来很有吸引力，可协助光机设计将光线投射到传感器上；但是，除非系统设计人员充分了解光管的光学物理特性在其整个设计和目标背景下的影响，否则请勿将光管与任何环境光传感器一起使用。

8.2 典型应用

本节介绍了如何在产品外壳中和暗窗下使用 OPT3001-Q1 器件测量环境光。图 8-1 显示了该设计的原理图。

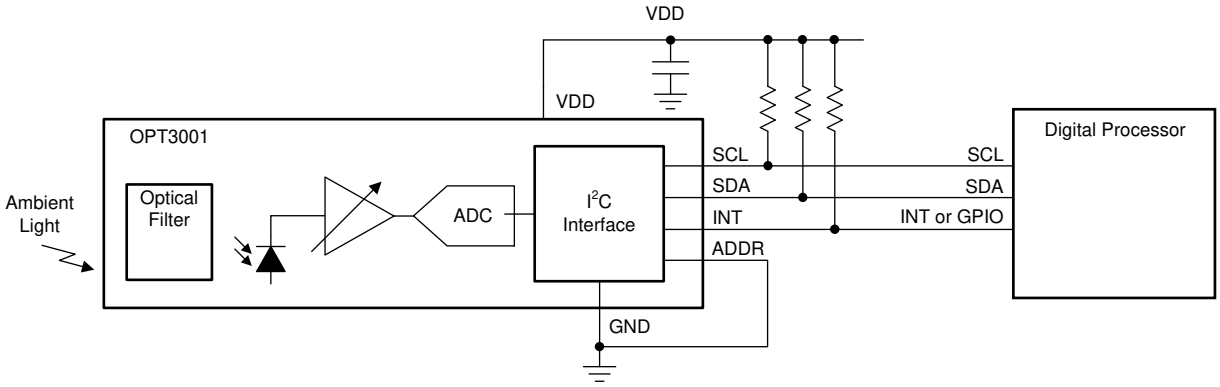


图 8-1. 在产品外壳中和暗窗后测量环境光

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.2.1 设计要求

该设计的基本要求如下：

- 传感器隐藏在深色玻璃下，因此传感器不明显可见。请注意，此要求取决于设计人员的偏好。
- 荧光灯的测量精度为 15%。
- 荧光灯泡、卤素灯泡和白炽灯泡之间的测量差异（也称为光源变化）应尽可能小。

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 光机设计

完成电气设计后，下一项任务就是光机设计。设计一个产品外壳，其中包含一个窗口，用于将光从产品外部透射到传感器，如图 8-2 所示。设计窗口宽度和窗口高度，以提供 ±45° 视场。视场的严格设计考虑了传感器区域的位置，如节 11 所示。OPT3001-Q1 有效传感器区域沿封装顶视图的一个轴居中，但在顶视图的另一个轴上有较小的偏移。有关窗口大小调整和放置的更详细讨论，请参阅 *OPT3001：环境光传感器应用指南* 应用手册。

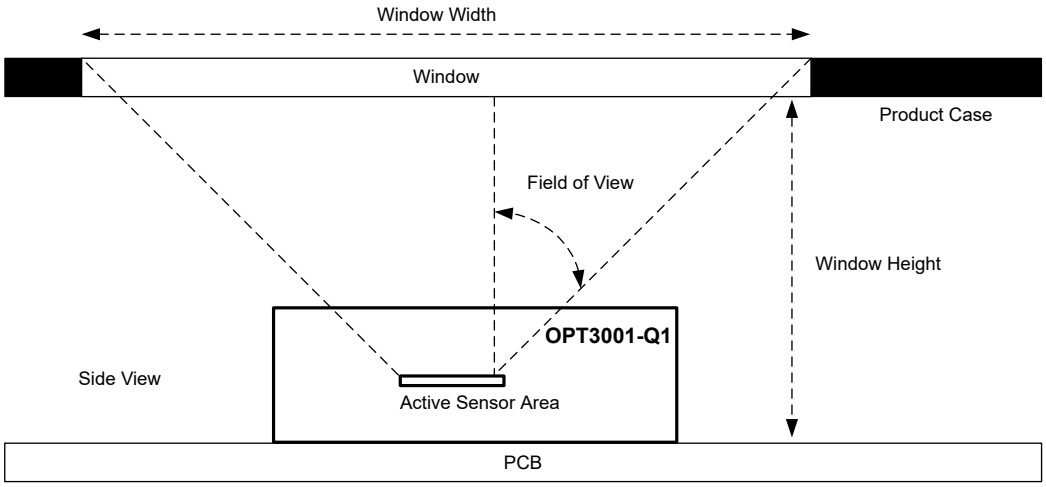


图 8-2. OPT3001-Q1 器件上方的产品外壳和窗口

8.2.2.2 暗窗选择和补偿

可以通过多种方法来选择和补偿暗窗。众多方法之一是本节中所述的方法。

对几个具有不同的暗度级别的窗口进行采样。选择一个足够暗的窗口，以优化器件美观性与传感器性能之间的平衡。请注意，美观性评估是设计人员的主观看法；与参考窗透射率相比，应优先选择观察物理设计上的窗口。确认所选窗口的亮度不低于绝对必要的亮度，因为较暗的窗口会使较少的光线照射到传感器上，从而影响传感器的准确性。

本应用示例选择的窗口较暗，在 550nm 时的透射率低于 7%。图 8-3 显示了光谱的归一化响应。请注意，用于测量透射频谱的设备无法测量暗窗样本的绝对精度（非归一化），而只能测量相对归一化光谱。另请注意，与介于 400nm 和 650nm 之间的可见光波长相比，该窗口对波长超过 700nm 的红外光的透射率更高。红外光和可见光之间的这种不平衡会降低传感器上的可见光与红外光的比率。虽然最好让窗口尽可能降低该比率（通过使窗口的可见光透射率与红外透射率接近），但 OPT3001-Q1 器件仍然表现良好，如图 8-6 所示。

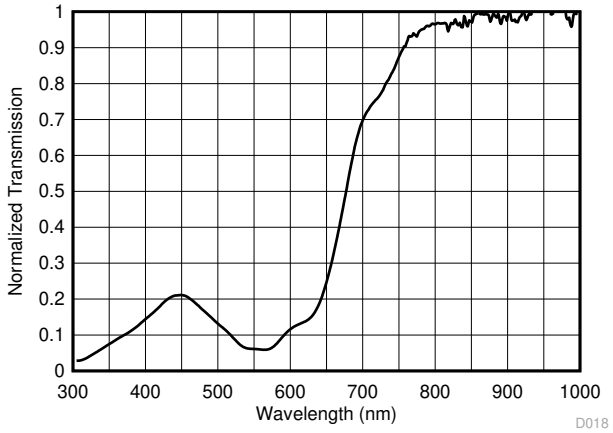


图 8-3. 所选暗窗的归一化透射光谱响应

选择暗窗口后，测量暗窗的衰减效应以进行后续补偿。要测量该衰减，请使用照度计测量荧光灯光源，然后在暗窗下使用 OPT3001-Q1 器件测量相同的光。为了准确测量，请使用适合照度计或包含 OPT3001-Q1 器件和暗窗的设计的固定装置，每个检测区域的中心位于完全相同的 *X*、*Y*、*Z* 位置，如图 8-4 所示。设计的 *Z* 位置（与光源的距离）是窗口顶部，而不是 OPT3001-Q1 器件。

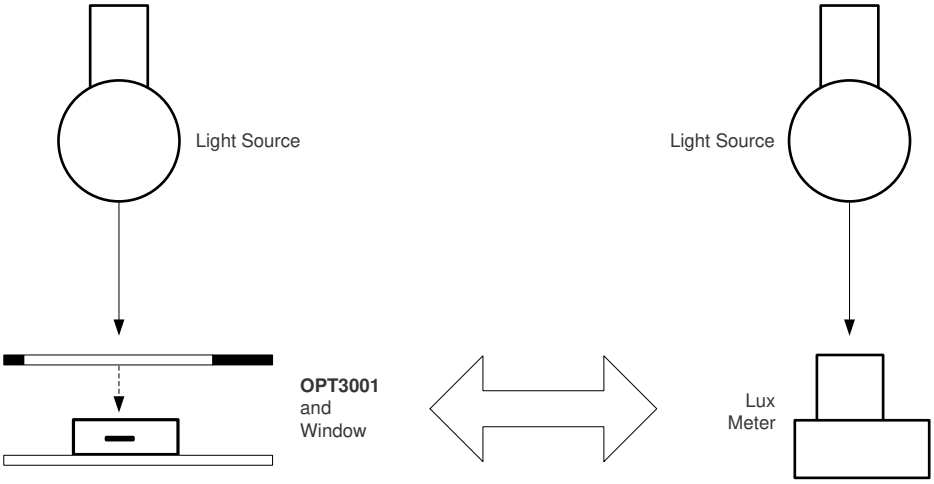


图 8-4. 具有一个光源的固定装置，可在完全相同的 X、Y、Z 位置适应照度计或设计（窗口和 OPT3001-Q1 器件）

该位置处的荧光灯使用照度计的测量结果为 1000lux，在应用内的暗窗下使用 OPT3001-Q1 器件的测量结果为 73lux。因此，该窗口对于荧光的有效透射率为 7.3%。7.3% 是整个光谱范围内的加权平均衰减，由照度计的光谱响应（或明视响应）进行加权。

对于此暗窗下的所有后续 OPT3001-Q1 测量，应用以下公式。

$$\text{Compensated Measurement} = \text{Uncompensated Measurement} / (7.3\%) \quad (5)$$

8.2.3 应用曲线

为了验证设计示例现在是否可以正确进行测量，请通过使用中性密度滤光片来衰减光，从而使用荧光灯创建连续的不同光强度。也通过改变光源和测量器件之间的距离来产生不同的光强度。然而，这两种改变光照水平的方法对准确性有轻微的影响，这超出了本文的讨论范围。使用照度计和窗口下的 OPT3001-Q1 器件测量每种强度，并使用方程式 5 进行补偿。结果如图 8-5 所示，其中显示应用准确报告了结果，与照度计的结果非常相似。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

尽管窗口的红外透射率与可见光透射率之比很大，但为了验证设计是否能正确测量各种光源，仍使用卤素灯泡和白炽灯泡来测量应用。使用用于荧光灯的物理位置和光衰减过程。图 8-6 所示为相关结果。

通过比较有窗口（图 8-6）和无窗口（图 5-3）的同一测量结果，可以看出添加暗窗会改变结果。即使在预期的变化之后，性能仍然很好。所有数据与正确答案的差异在 15% 以内，与其他灯泡测量值的差异也在 15% 以内。

由于 OPT3001-Q1 器件不会在所有光角度下都与照度计相匹配，因此结果可能在不同的光角度下会有所不同。

如果不同光源之间的测量值差异是不可接受的，请选择另一个可见光透射率与红外光透射率之比更接近的窗口。

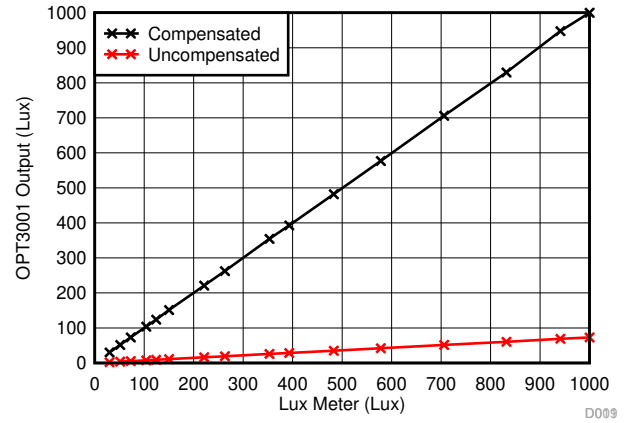


图 8-5. OPT3001-Q1 3 级器件在由荧光灯光源照明的暗窗下的未补偿和补偿输出

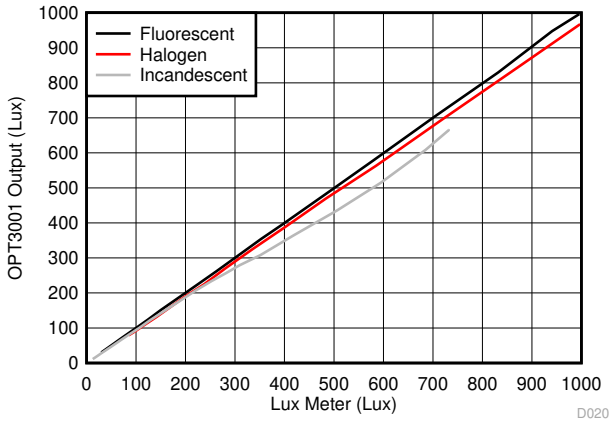


图 8-6. OPT3001-Q1 3 级器件在由荧光灯、卤素灯和白炽灯光源照明的暗窗下的补偿输出

8.3 最佳设计实践

与任何光学产品一样，处理 OPT3001-Q1 器件时必须特别小心。尽管 OPT3001-Q1 器件对灰尘和划痕的敏感性较低，但仍建议执行适当的光学器件处理程序。

无论是使用器件进行原型设计，还是在大规模生产制造过程中，器件的光学表面都必须保持清洁，以获得最佳性能。建议使用具有塑料或橡胶接触表面的镊子，以避免光学表面出现划痕。尽可能避免使用金属工具进行操作。必须使光学表面保持清洁，无指纹、灰尘和其他光学抑制污染物。

如果器件的光学表面需要清洁，建议使用去离子水或异丙醇。用软棉签轻轻擦拭几下即可。避免使用可能具有磨蚀性的清洁和操作工具，并避免用力过大而划伤光学表面。

如果 OPT3001-Q1 器件未达到最佳性能，请检查光学表面是否有污垢、划痕或其他光学伪影。

8.4 电源相关建议

尽管 OPT3001-Q1 器件对电源问题的敏感度较低，但始终建议采用良好的做法。为获得出色性能，OPT3001-Q1 的 V_{DD} 引脚必须具有稳定的低噪声电源，该电源有一个靠近器件并可靠接地的 100nF 旁路电容器。OPT3001-Q1 器件的电流消耗水平非常低，因此有许多供电选项可供选择。

8.5 布局

8.5.1 布局指南

OPT3001-Q1 器件的 PCB 布局设计需要考虑几个因素。通过靠近 OPT3001-Q1 器件放置的电容器旁路电源。请注意，元件的光学反射表面也会影响设计的性能。必须考虑传感器周围所有元件和结构的三维几何形状，以防止二次光学反射产生意外结果。将电容器和元件放置在至少是元件高度两倍的距离处通常就足够了。最佳光学布局是将所有近距离元件都放置在 PCB 上与 OPT3001-Q1 器件相对的一侧。然而，这种方法并不适合每种设计的约束条件。

建议将散热焊盘以电气方式接地。这种连接可以通过 PCB 布线或直接在散热焊盘上通过接地过孔来创建。如果散热焊盘包含过孔，建议使用较小的过孔直径 (< 0.2mm)，以防止过孔从适当的表面吸走焊料。

图 8-7 中显示了 OPT3001-Q1 器件的 PCB 布局示例。

8.5.2 布局示例

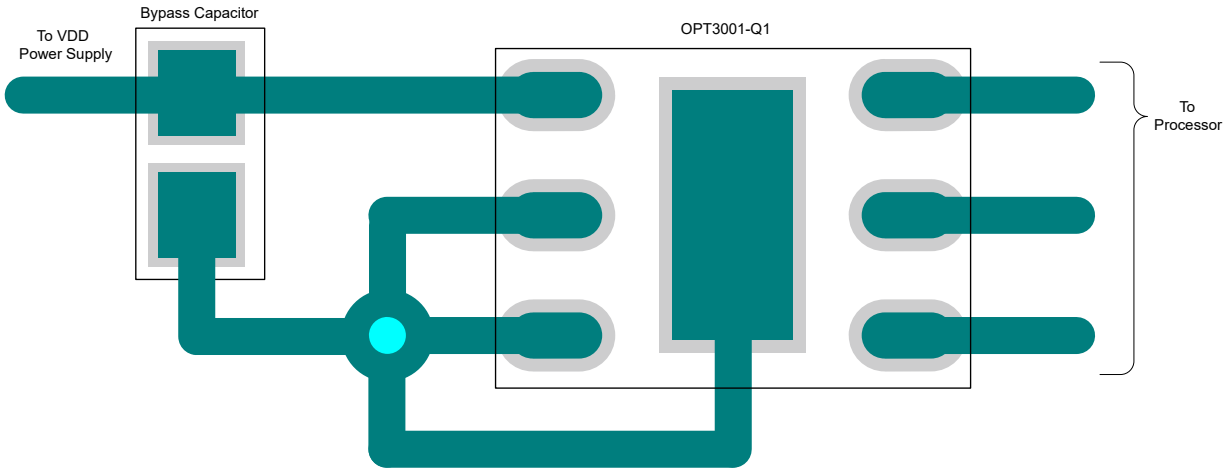


图 8-7. OPT3001-Q1 USON 布局示例

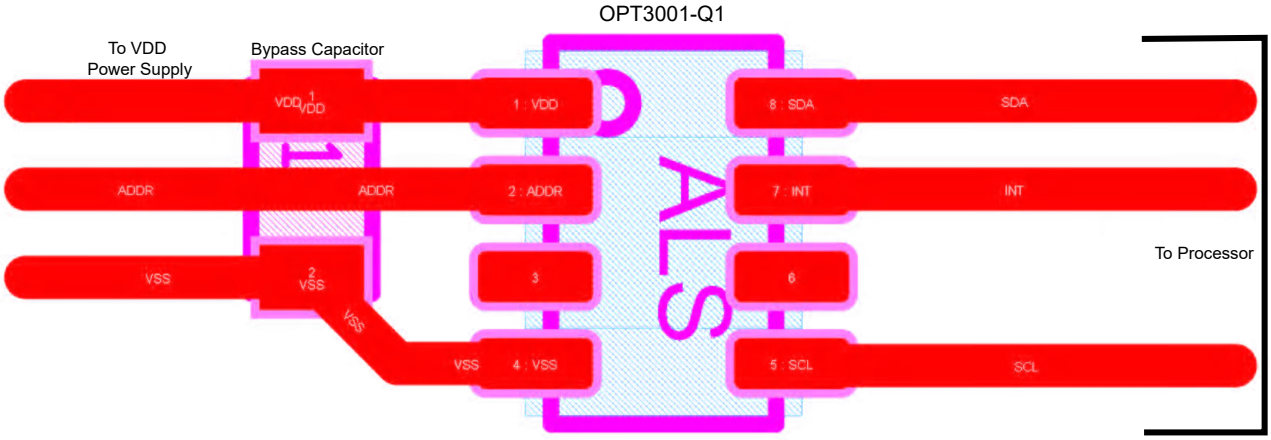


图 8-8. OPT3001-Q1 和 SOT-5X3 布局示例

9 器件和文档支持

9.1 文档支持

9.1.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，*OPT3001：环境光传感器应用指南* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*OPT3001EVM 用户指南*
- 德州仪器 (TI)，*QFN/SON PCB 连接*，应用手册

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9.2 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。点击右上角的*提醒我* 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。

9.3 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。

9.4 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。

9.5 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。

9.6 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。

10 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 2018) to Revision B (December 2024) — **Page**

- 添加了 SOT-5X3 型号的工作温度和封装尺寸 1
- 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式 2
- 向*串行接口* 部分中的*电气接口* 部分添加了缺失的链接 15
- 在 *节 8* 中添加了应用信息 29

Changes from Revision * (March 2017) to Revision A (December 2018) — **Page**

- 添加了器件温度 2 级：–40°C 至 105°C 环境工作温度 1
- 添加了器件温度 3 级：–40°C 至 85°C 环境工作温度 1
- 添加了工作温度范围（2 级）：-40°C 至 105°C 1
- 添加了*暗响应与温度间的关系（2 级）* 9
- 添加了*归一化响应与温度间的关系（2 级）* 9
- 添加了*电源电流与温度间的关系（2 级）* 9
- 添加了*关断电流与温度间的关系（2 级）* 9

11 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。如需获取此数据表的浏览器版本，请查看左侧的导航面板。

11.1 焊接和处理建议

OPT3001-Q1 器件通过 JEDEC JSTD-020 认证，适用于三种回流焊操作。

请注意：温度过高会导致器件褪色并影响光学性能。

有关焊接热曲线和其他详细信息，请参阅应用报告 *QFN/SON PCB 连接* (SLUA271)。如果必须从 PCB 上移除 OPT3001-Q1 器件，请丢弃此器件，不得重新连接。

处理 OPT3001-Q1 器件时需要像处理大多数光学器件那样谨慎操作，核实光学表面保持洁净无损伤。有关更多详细建议，请参阅*注意事项*部分。为获得最优光学性能，完成焊接后必须清理焊剂和任何其他碎屑。

11.2 DNP (S-PDSO-N6) 机械制图

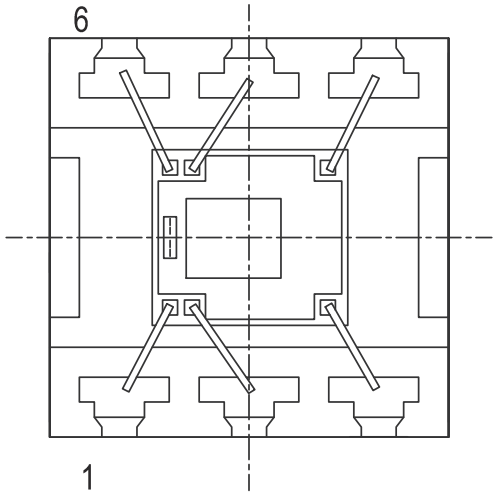


图 11-1. 引脚 1 的封装方向视觉基准（顶视图）

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

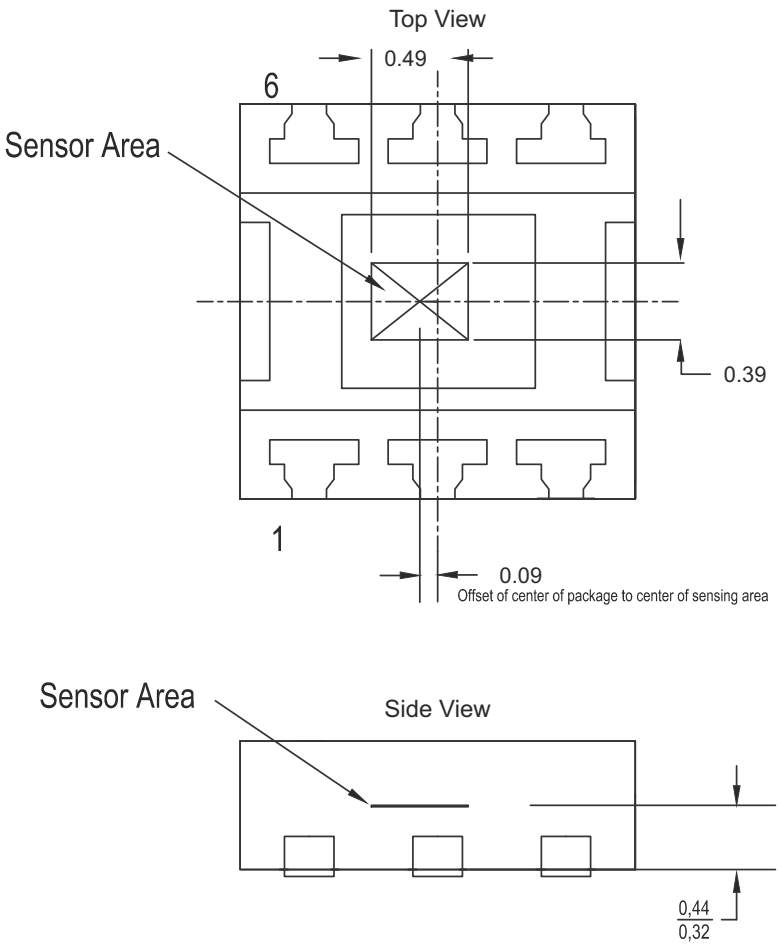


图 **11-2.** 显示检测区域位置的机械制图（顶视图和侧视图）

11.3 DTS (SOT-5X3) 机械制图

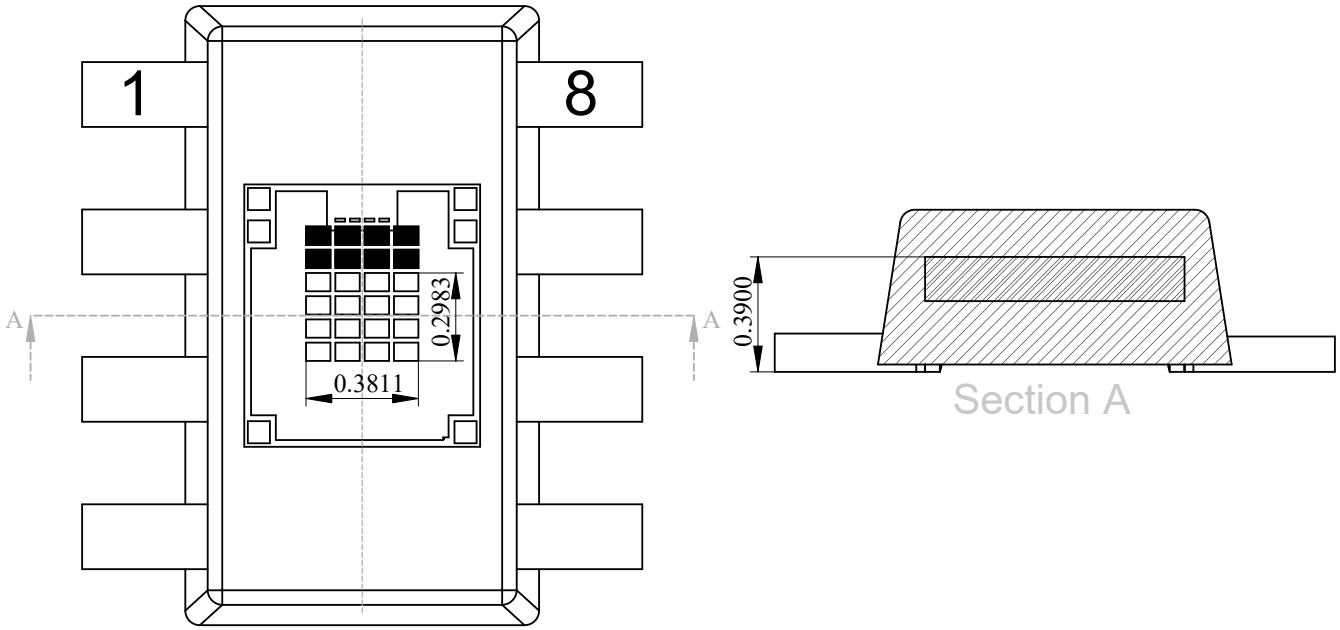


图 **11-3.** 引脚 **1** 的封装方向视觉基准（顶视图）和剖面视图

使用自动光学检测 (AOI) 系统识别 DTS 封装方向

自动光学检测 (AOI) 系统用于 PCB 组装过程，以在器件放置期间确定器件方向。通常，在非光学封装上，引脚 1 标记是黑色封装上的一个白点或凹痕。AOI 系统使用该标记来确定封装方向。光传感器 IC（例如 OPT3001-Q1）使用透明封装，以允许光进入封装并到达传感器。本节提供了有关如何在 DTS 封装上确定方向的说明。同样的方法也可应用于 DNP 封装。以下各图显示了如何从底部和顶部确定封装的方向。在底部，DTS 封装具有引脚 1 倒角。在顶部，有四个特征可用于确定器件的方向。

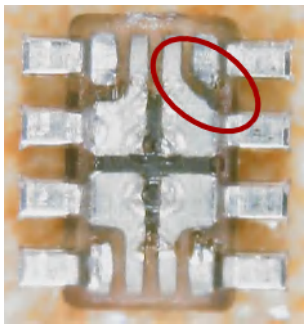
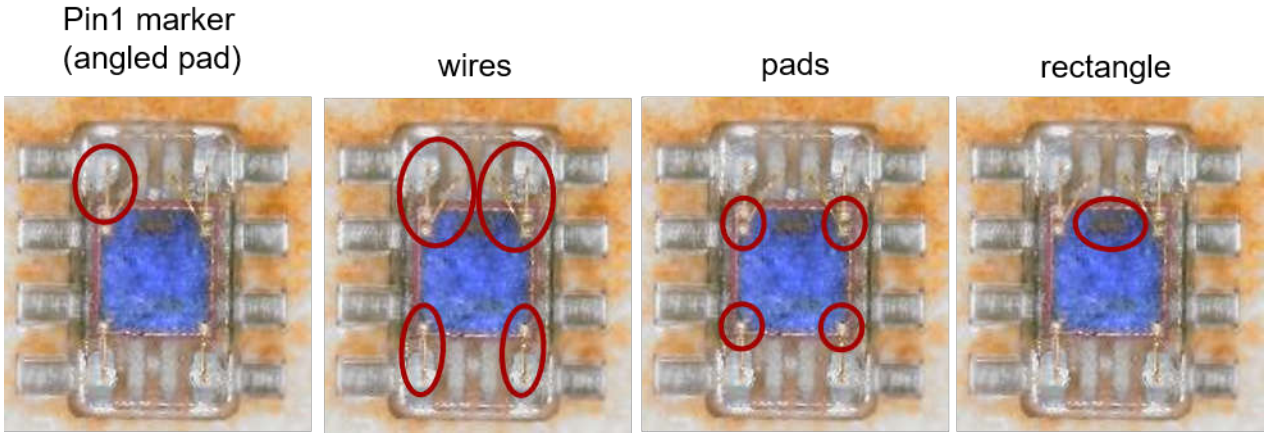


图 11-4. 识别 DTS 封装方向 - 背面



1. 可以在封装上看到引脚 1 倒角。
2. 也可以使用芯片上的键合线和接合焊盘。
3. 键合线和接合焊盘中的不对称性（顶部 4 处，底部 2 处）可用于确定器件的方向。
4. 芯片上的矩形特征可指示方向。

图 11-5. 识别 DTS 封装方向 - 顶部

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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)
OPT3001DNPRQ1	Active	Production	USON (DNP) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAUAG	Level-3-260C-168 HR	-40 to 105	ED
OPT3001DNPRQ1.A	Active	Production	USON (DNP) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAUAG	Level-3-260C-168 HR	-40 to 105	ED
OPT3001DNPRQ1.B	Active	Production	USON (DNP) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAUAG	Level-3-260C-168 HR	-40 to 105	ED
OPT3001IDNPRQ1	Active	Production	USON (DNP) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAUAG	Level-3-260C-168 HR	-40 to 85	ED
OPT3001IDNPRQ1.A	Active	Production	USON (DNP) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAUAG	Level-3-260C-168 HR	-40 to 85	ED
OPT3001IDNPRQ1.B	Active	Production	USON (DNP) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAUAG	Level-3-260C-168 HR	-40 to 85	ED
OPT3001IDNPTQ1	Obsolete	Production	USON (DNP) | 6	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 85	ED

(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.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF OPT3001-Q1 :

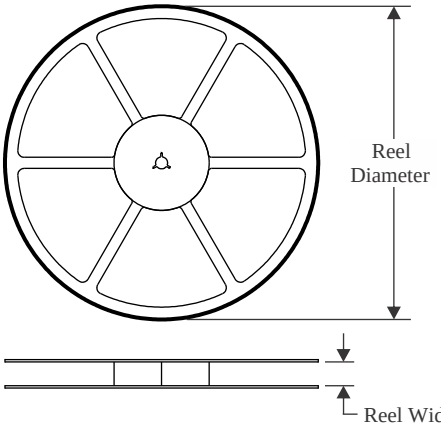
- Catalog : OPT3001

NOTE: Qualified Version Definitions:

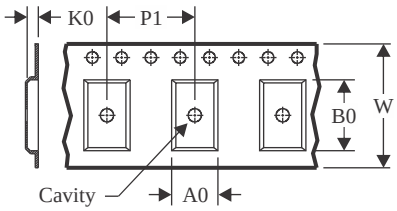
- Catalog - TI's standard catalog product

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

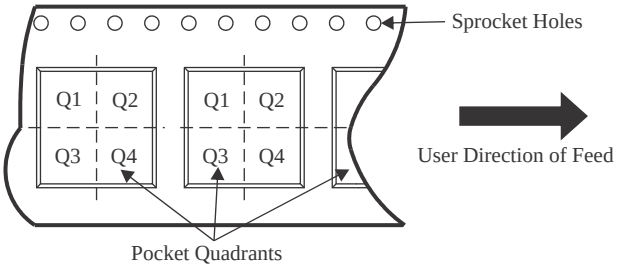


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

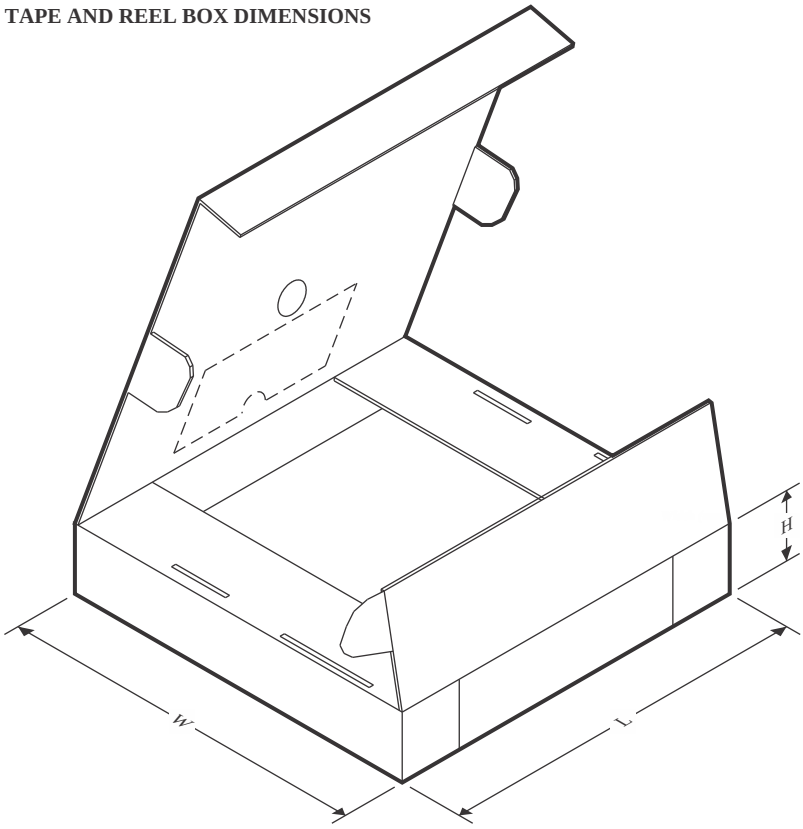
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

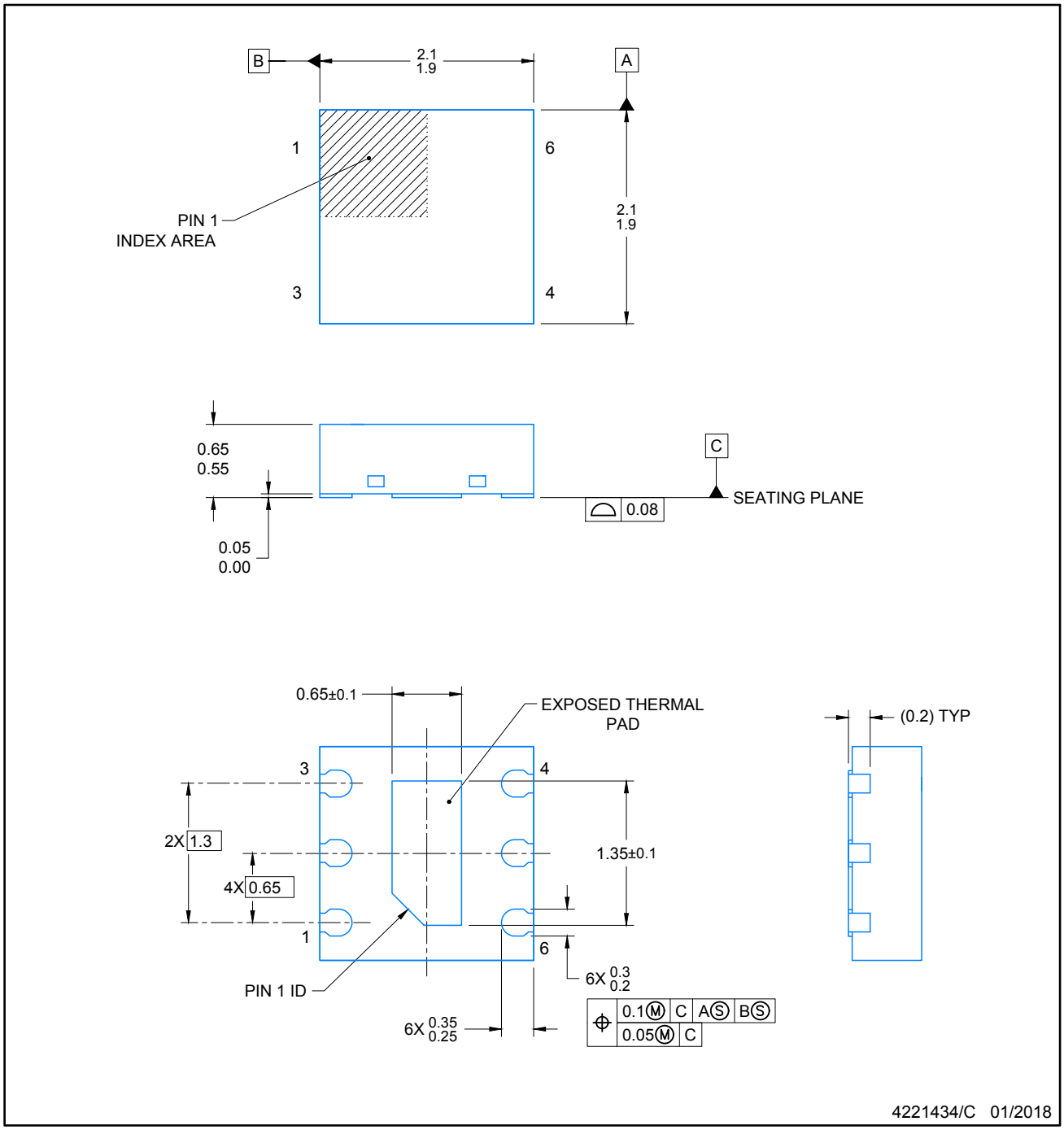
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
OPT3001DNPRQ1	USON	DNP	6	3000	330.0	12.4	2.3	2.3	0.9	8.0	12.0	Q1
OPT3001IDNPRQ1	USON	DNP	6	3000	330.0	12.4	2.3	2.3	0.9	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



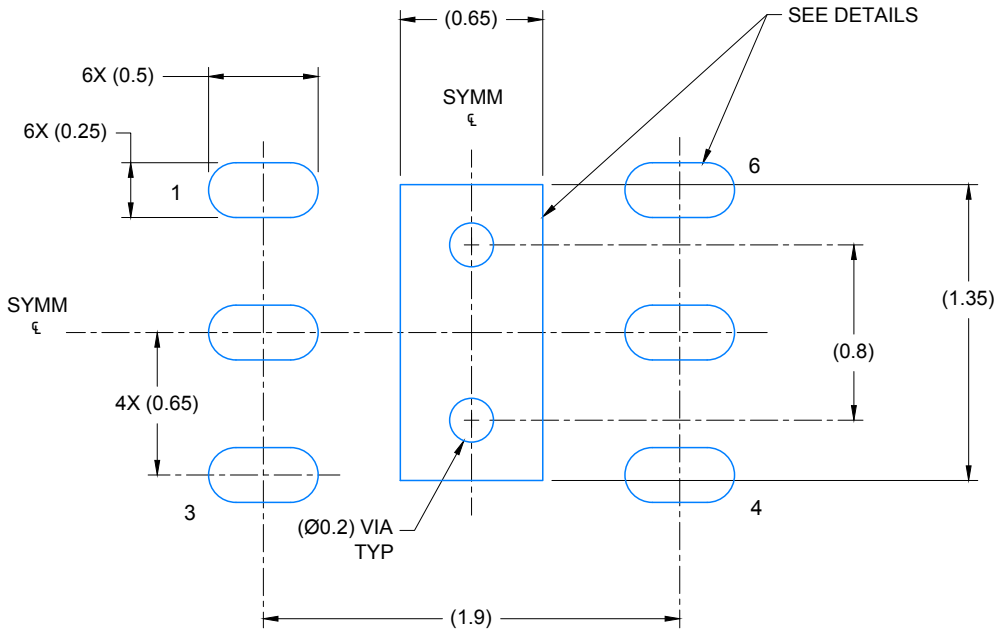
*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
OPT3001DNPRQ1	USON	DNP	6	3000	356.0	338.0	48.0
OPT3001IDNPRQ1	USON	DNP	6	3000	356.0	338.0	48.0

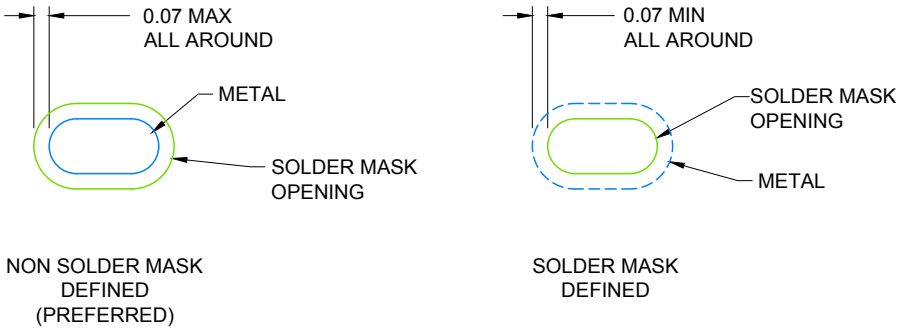


NOTES:

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.
4. Optical package with clear mold compound.



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE: 30X

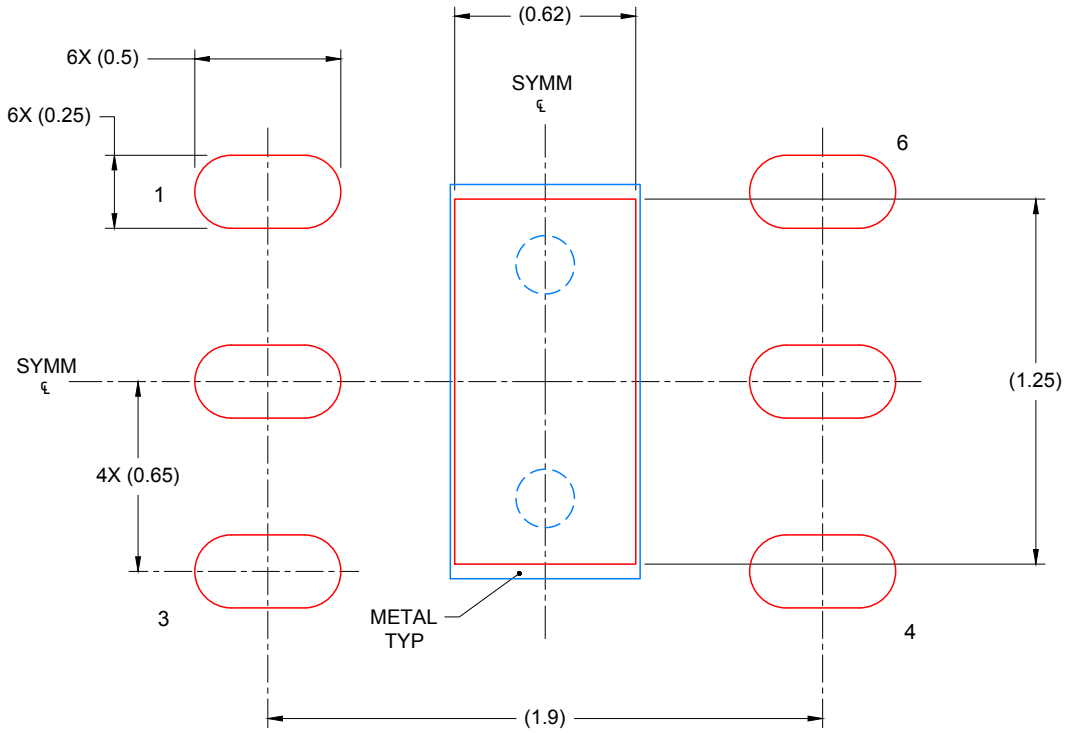


SOLDER MASK DETAILS

4221434/C 01/2018

NOTES: (continued)

5. 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) .



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD
88% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE: 40X

4221434/C 01/2018

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出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款或 ti.com 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司