

特点

- 全集成系统级封装模块
 - 尺寸：4.4 mm × 2.4 mm × 0.975 mm
 - 940 nm VCSEL 激光发射器
- 测距方法
 - 直接飞行时间测量
 - 直方图算法
 - 参考 SPAD
- 测距特性
 - 距离：最大 7.6 m
 - 测距频率：最大 90 Hz
 - 测量精度：±4%
 - 距离与置信度反馈
- 光学特性
 - 1 类激光产品
- 片上补偿
 - 环境光抑制
 - 玻璃罩校准
 - 玻璃罩污渍动态补偿
- 易于集成
 - 单电源供电
 - 系统级封装设计
 - I²C 通信接口

应用

- 激光检测自动对焦 (LDAF)
- 接近感应
- 避障与防撞
- 1D 手势识别
- 低功耗系统运行时的物体检测

产品概述

XL5300 直接飞行时间 (dToF) 传感器采用单模块封装设计，集成了单光子雪崩二极管 (SPAD) 接收阵列以及 VCSEL 激光发射器。该传感器可对物体进行精确的距离测量而不受物体颜色、反射率和纹理的影响，为市场上的微型 ToF 传感提供了紧凑的解决方案。利用自主研发的 SPAD 和独特的 ToF 采集与处理技术，快速测距频率可达 90 Hz。不加配套光学镜头情况下 XL5300 TOF 可实现最大 4 米的精确距离测量，加上配套光学镜头和 8k/rom, 64k/Flash 以上资源的 MCU 资源最大能做到 7.6m 的距离测距。

XL5300 TOF 7.6m 标定方法：在上电前对准 2m 的靶点单点标定，等待程序初始化完成，标定成功后即可正常使用。

该传感器内置了基于直方图的算法，能够对玻璃罩进行校准并补偿污渍或污染物，从而实现稳定可靠的运行。其采用了亚纳秒光脉冲和特殊的人眼安全控制电路，符合 1 类人眼安全标准的要求。该传感器通过窄带滤光片和内置的阳光抑制算法将环境光噪声降到最低，可用于室外阳光环境下的距离测量。

测量数据及系统配置信息通过 I²C 快速模式通信接口进行传输。该传感器易于系统集成，使用单电源供电，且不需要额外的光学元件。

目录

1	概述	5
1.1	技术规格	5
1.2	系统框图	5
1.3	引脚定义	6
2	产品尺寸图	7
3	电气特性	7
3.1	绝对最大额定值	7
3.2	推荐工作条件	8
3.3	ESD 性能	8
3.4	数字输入和输出	8
4	典型测距特性	9
5	功能描述	10
5.1	I ² C 接口	10
5.2	时序说明	13
5.2.1	测距时序	13
5.2.2	复位与上电时序	14
5.3	功耗	14
5.4	典型光学特性	14
6	应用说明	15
6.1	应用电路图	15
6.2	PCB 布线	16
6.3	PCB 焊盘尺寸	16
7	卷带尺寸	17
8	生产焊接与存储条件	18
8.1	生产焊接	18
8.2	存储说明	19
9	激光安全说明	20

10	订购信息.....	21
11	缩略语.....	22
12	修订记录.....	24

图目录

图 1 : 系统框图.....	5
图 2 : 引脚示意图 (底视图)	6
图 3 : XL5300 外形尺寸.....	7
图 4 : I ² C 总线数据传输.....	10
图 5 : XL5300 I ² C 器件地址 0xd8.....	10
图 6 : XL5300 写数据格式.....	11
图 7 : XL5300 读数据格式.....	11
图 8 : XL5300 连续写数据格式.....	11
图 9 : XL5300 连续读数据格式.....	12
图 10 : I ² C 时序特性.....	13
图 11 : 测距时序图	13
图 12 : XL5300 FoI/FoV	14
图 13 : XL5300 电路框图	15
图 14 : PCB 布线建议.....	16
图 15 : PCB 焊盘尺寸 (顶视图)	16
图 16 : 卷带尺寸图	17
图 17 : 推荐的回流焊温度曲线.....	18

表目录

表 1：技术规格参数.....	5
表 2：引脚定义.....	6
表 3：绝对最大额定值 ¹⁾	7
表 4：推荐工作条件.....	8
表 5：ESD 性能.....	8
表 6：数字输入和输出.....	8
表 7：测距特性参数.....	9
表 8：I ² C 接口 – 时序特性参数.....	12
表 9：测距时序参数.....	13
表 10：复位与上电时序参数.....	14
表 11：功耗.....	14
表 12：推荐的炉温测试控制要求.....	18
表 13：订购信息.....	21
表 14：缩略语.....	22
表 15：数据手册修订记录.....	24

1 概述

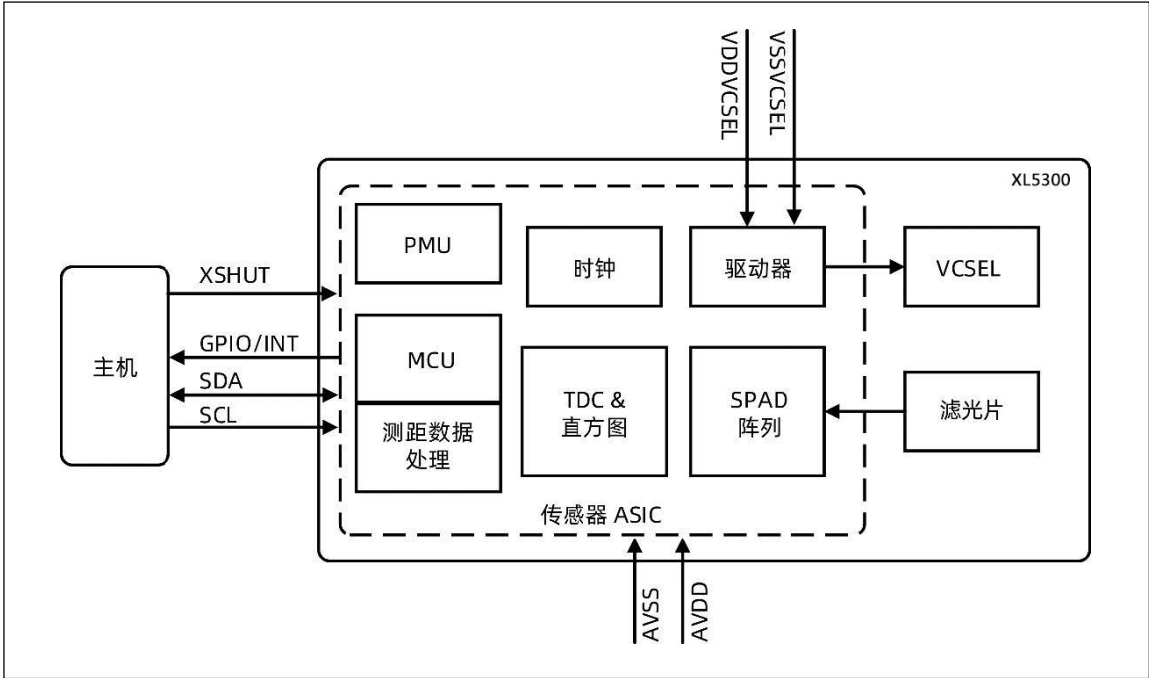
1.1 技术规格

表 1：技术规格参数

参数	值
封装形式	LGA 12
尺寸	4.4 mm × 2.4 mm × 0.975 mm
工作电压	3.2 V ~ 3.6 V
工作温度	-20℃ ~ 70℃
红外发射器	940 nm
I ² C 接口	最大 1 MHz 地址：0xd8

1.2 系统框图

图 1：系统框图



1.3 引脚定义

图 2 : 引脚示意图 (底视图)

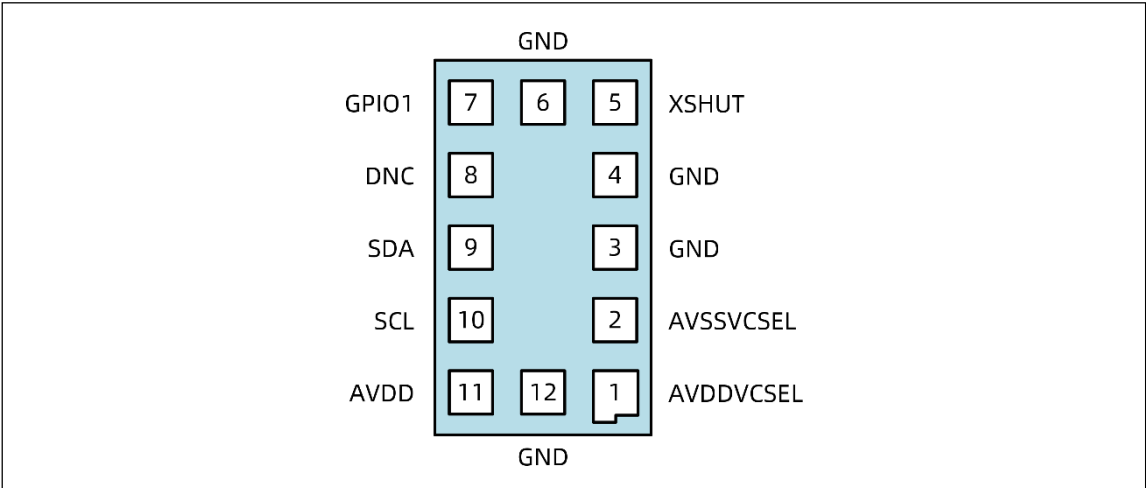
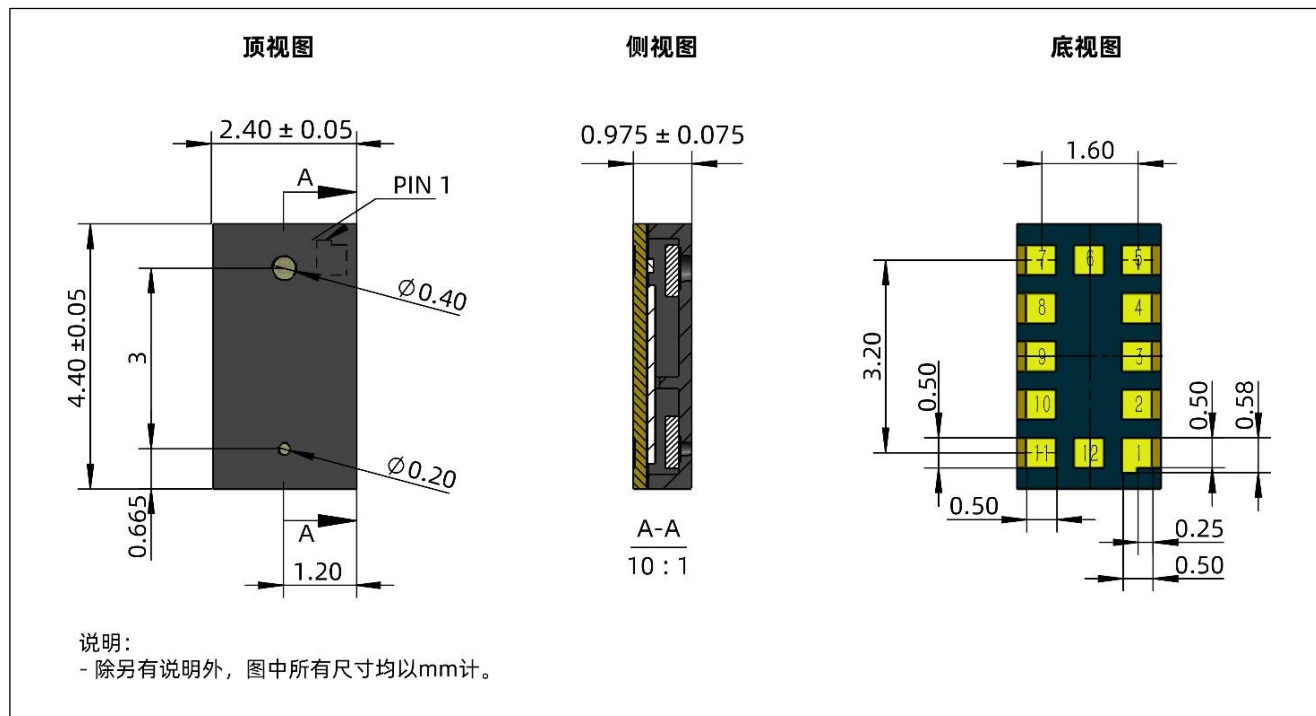


表 2 : 引脚定义

引脚序号	引脚名称	类型	说明
1	AVDDVCSEL	电源	3.2 V ~ 3.6 V DC
2	AVSSVCSEL	GND	接地
3	GND	GND	接地
4	GND	GND	接地
5	XSHUT	数字输入	硬件待机模式的复位输入端，低电平有效
6	GND	GND	接地
7	GPIO1	数字输出	中断输出，漏极开路
8	DNC	-	此引脚悬空
9	SDA	数字输入/输出	I ² C 串行数据
10	SCL	数字输入	I ² C 串行时钟输入
11	AVDD	电源	3.2 V ~ 3.6 V DC
12	GND	GND	接地

2 产品尺寸图

图 3 : XL5300 外形尺寸



3 电气特性

3.1 绝对最大额定值

表 3：绝对最大额定值 ¹⁾

参数	最小	典型	最大	单位
AVDD	-0.3	-	3.6	V
SCL, SDA, XSHUT 及 GPIO1	-0.3	-	3.6	V
存储温度	-40	-	85	°C
相对湿度（无冷凝）	-	-	85	%
潮湿敏感度等级 MSL	MSL.3 ²⁾			-

1) 超出表中所列的绝对最大额定值可能导致器件永久性损坏。上表中只是强调的额定值，不代表器件的正常工作条件。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

²⁾ 指在环境温度 $< 30^{\circ}\text{C}$ 且相对湿度 $< 60\%$ 的条件下, 器件的最大车间寿命为 168 h。

3.2 推荐工作条件

表 4：推荐工作条件

参数	最小	典型	最大	单位
电压 (AVDD)	3.2	3.3	3.6	V
IO (IOVDD) 1.8V 模式	1.7	1.8	1.9	V
IO (IOVDD) 3.3V 模式	3.0	3.3	3.6	V
环境温度 (正常工作)	-20	-	70	°C

3.3 ESD 性能

表 5：ESD 性能

参数	标准	条件
HBM (人体放电模型)	JS-001-2017	±2000 V
CDM (充电器件模型)	JS-002-2018	±500 V

3.4 数字输入和输出

表 6：数字输入和输出

符号	参数	最小	典型	最大	单位
中断引脚 (GPIO1)					
XL _L	低电平输入电压	-	-	0.3xIOVDD	V
XL _H	高电平输入电压	0.7xIOVDD	-	-	V
V _{OL}	低电平输出电压 (I _{OUT} = 4 mA)	-	-	0.4	V
V _{OH}	高电平输出电压 (I _{OUT} = 4 mA)	IOVDD-0.4	-	-	V
F _{GPIO}	工作频率 (C _{LOAD} = 20 pF)	68	75	83	MHz
I²C 接口 (SDA/SCL)					
XL _L	低电平输入电压	-	-	0.3xIOVDD	V
XL _H	高电平输入电压	0.7xIOVDD	-	-	V
V _{OL}	低电平输出电压 (I _{OUT} = 4 mA)	-	-	0.4	V
I _{IL/IH}	漏电流 ¹⁾	-	-	0.1	μA
	漏电流 ²⁾	-	-	1	μA

¹⁾ AVDD = 0 V

²⁾ AVDD = 3.3 V; I/O 电压 = 1.8 V

4 典型测距特性

为了达到下文所述的测距性能，需要执行算法校准。校准测试应在具有最小环境光且传感器视野范围 60 cm 内无目标物的封闭空间内进行。XL5300 会生成校准数据集永久存储在主机上。在 XL5300 每次上电时，主机会在执行任何算法前将校准数据通过 I2C 接口发送至 XL5300 (命令 =0x0A)。

下表的测距特性数据是在不带玻璃盖板、覆盖全视场角的条件下测得的，积分次数 131072。

表 7：测距特性参数¹⁾

参数	条件	最小	典型	最大	单位
最大距离检测， 1 m x 1 m 目标	350 lx 荧光灯照射目标，88% 反射率白卡	-	4000	-	mm
	350 lx 荧光灯照射目标，18% 反射率灰卡	-	2500	-	mm
	350 lx 荧光灯照射目标，10% 反射率黑卡	-	2000	-	mm
	700lx 卤素灯照射目标 ²⁾ ， 88%反射率白卡		1500		mm
	700lx 卤素灯照射目标 ²⁾ ， 18%反射率灰卡	-	1200	-	mm
	14000 lx 卤素灯照射目标 ³⁾ ， 18%反射率灰卡	-	480	-	mm
最小距离检测，18%反射率灰卡，1 m x 1 m 目标		-	25	-	mm
精度	目标距离 ≥ 250 mm	-	±4	-	%
	25 mm ≤ 目标距离 < 250 mm	-	±10	-	mm

1) 置信度大于 30，检出率 90%。

2) 700 lx 卤素灯光等同于 5k lx 阳光；光仅照射目标物体。增大积分次数、发射光功率可提高最大检测距离。

3) 14000 lx 卤素灯光等同于 100k lx 阳光；光仅照射目标物体。增大积分次数、发射光功率可提高最大检测距离。

5 功能描述

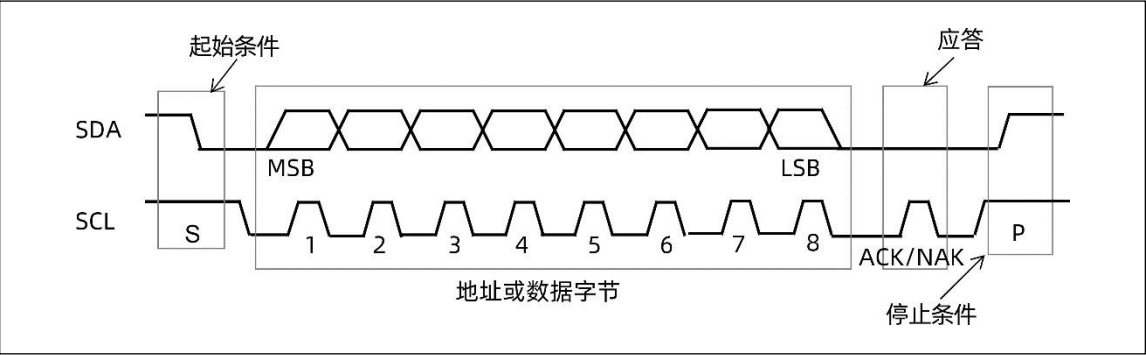
5.1 I²C 接口

I²C 接口使用两个信号：串行数据线（SDA）和串行时钟线（SCL）。每个连接到总线的器件使用一个唯一的地址，且相互之间存在一个简单的主/从关系。XL5300 提供标准的 I²C 接口，器件地址 0xd8（写地址 0xd8，读地址 0xd9），8 位地址和 8 位数据，用来配置寄存器。

SDA 和 SCL 线都是通过主机上的上拉电阻连接到正的电源电压。两条线路均只能主动拉低。当出现一个高电平的情况时，线路是浮动的，由上拉电阻把线拉高。当没有数据传输时，两条线路都是 高电平。

主机生成时钟信号（SCL）并启动数据传输。XL5300 的 I²C 总线最大传输速率为 1 Mbps。

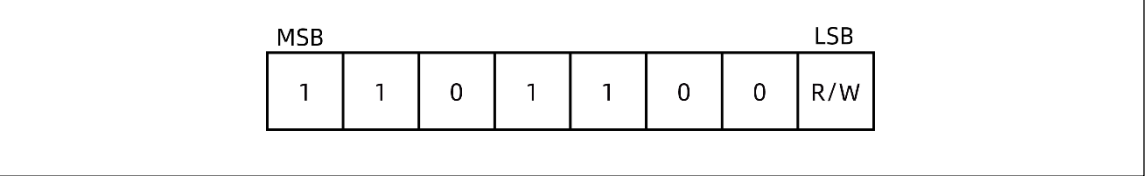
图 4：I²C 总线数据传输



传输的数据被打包在 8 位数据包（字节）中，在写数据时，XL5300 在 8 位数据包后会附带一个应答位（ACK）；在读数据时，主机在 8 位数据包后会附带一个非应答位（NAK）。SCL 上升沿时通过 SDA 采样生成内部数据。外部数据必须在 SCL 高电平期间保持稳定。SCL 保持高电平时存在一个例外情况，即 SDA 状态由高到低为起始信号，SDA 状态由低到高为停止信号。

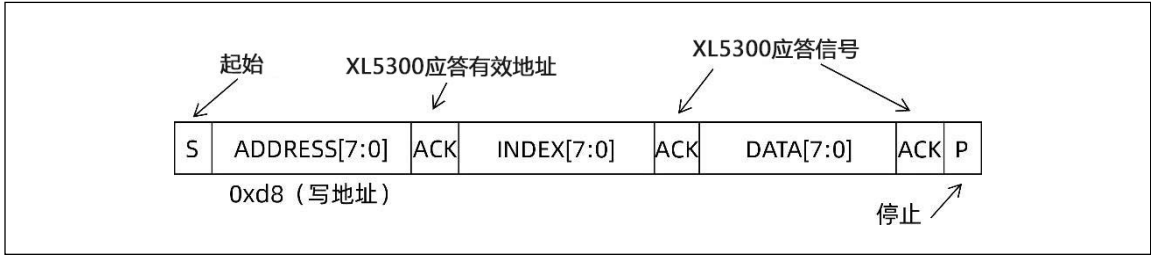
数据位的前面是起始条件，后面是停止条件或者重复起始条件（又一个起始条件，但前面没有停止条件），重复起始条件后面是下一次数据传输。第一个字节包含器件地址（0xd8），同时指定了数据方向。当最低有效位低电平时（即 0xd8）主机写数据到从机。当 LSB 高电平（即 0xd9）主机从从机读数据。

图 5：XL5300 I²C 器件地址 0xd8



XL5300 的串行通信必须以起始条件开始，通过拉低 SDA 线确认接收有效地址。读写位（地址字节的最低有效位）状态会被保存，然后开始解析从 SDA 采样的下一个数据字节。在写数据时，从机接收到的第二个字节会提供一个 8 位索引来指向内部的某个 8 位寄存器。

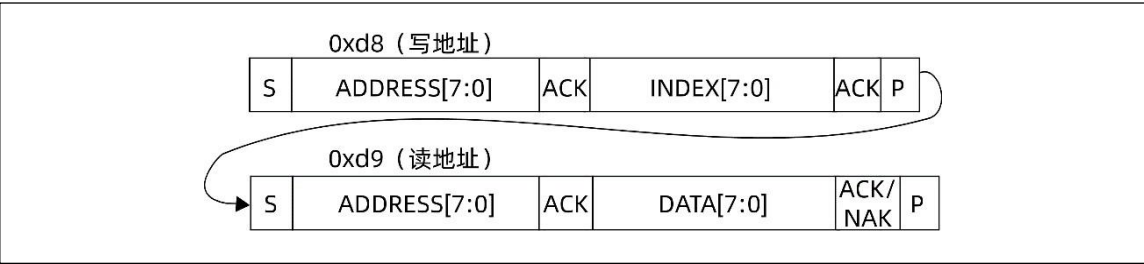
图 6 : XL5300 写数据格式



当从机接收到数据后会逐位写入串行/并行寄存器。从机在接收完所有数据字节后会生成应答信号，随后数据会被存储在由当前索引地址指向的内部寄存器中。

在读数据时，由当前索引寻址的寄存器中的内容会跟在器件地址字节后面按字节读出。该寄存器的内容被同步加载到串行/并行寄存器中，并在 SCL 下降沿时从设备输出。

图 7 : XL5300 读数据格式



写数据时，XL5300 会在每个字节的末尾输出应答信号。

数据传输只能由主机终止，主机在读数据时序中读取一个完整的字节后发送非应答信号（即 SDA 线不拉低）。

该接口还支持自动增量索引。在第一个数据字节传输完成后，索引自动增加 1。因此，主机可以连续向从机发送数据字节，直到从机未能给出应答或主机以停止条件终止写通信为止。如果使用了自动增量索引功能，则主机不必在发送数据字节时附带地址索引。

图 8 : XL5300 连续写数据格式

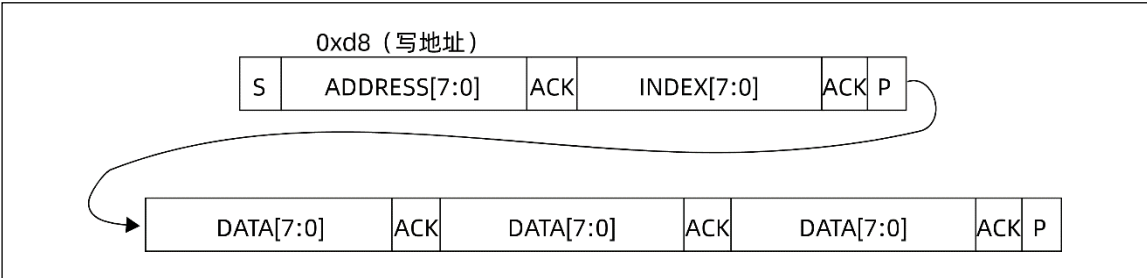


图 9 : XL5300 连续读数据格式

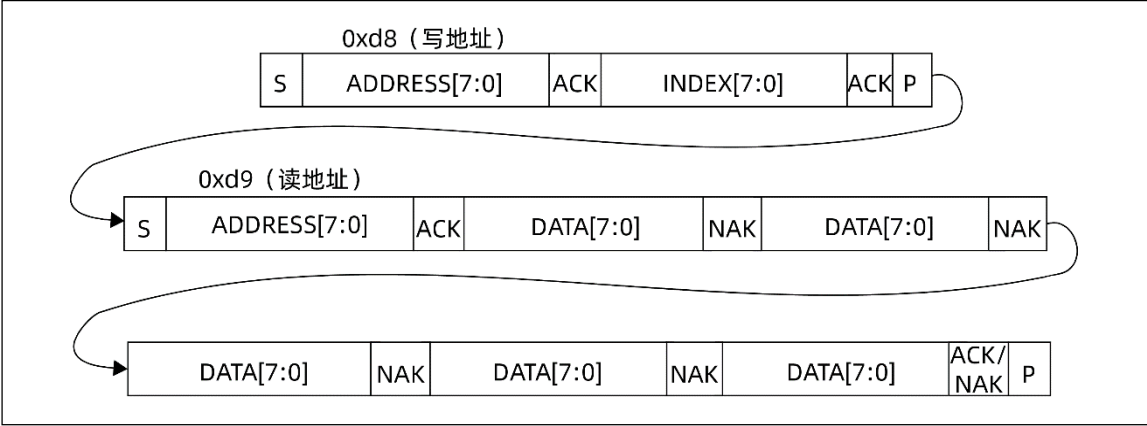
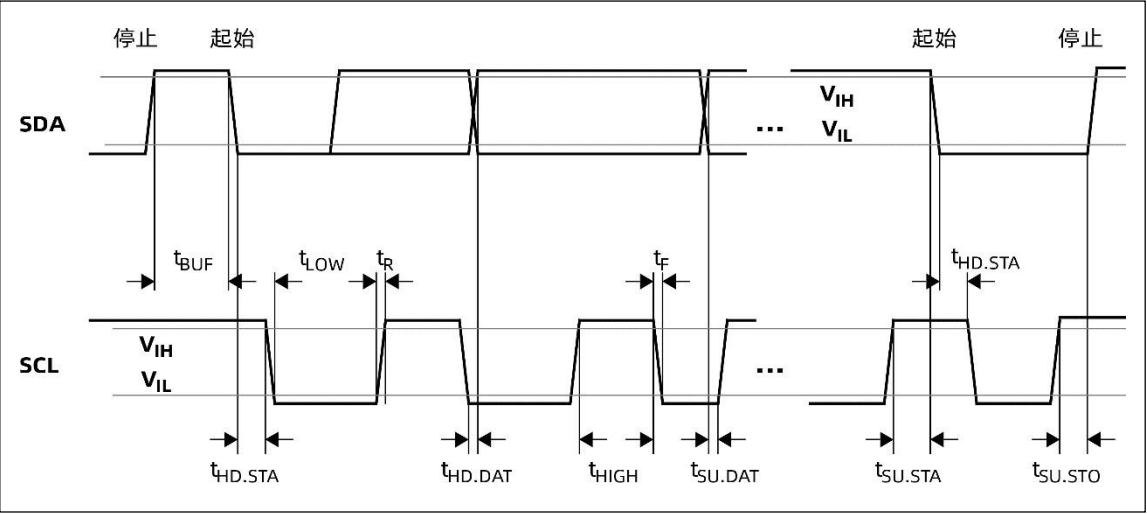


表 8 : I²C 接口 – 时序特性参数

对于下表中参数的含义请参见图 10。

符号	参数	最小	典型	最大	单位
F _{I2C}	工作频率	0	-	1	MHz
t _{LOW}	低电平时钟脉冲宽度	0.5	-	-	μs
t _{HIGH}	高电平时钟脉冲宽度	0.26	-	-	
t _{SP}	输入滤波器抑制的尖峰脉冲宽度	-	-	50	ns
t _{BUF}	数据传输间的总线空闲时间	0.5	-	-	μs
t _{HD.STA}	起始信号保持时间	0.26	-	-	μs
t _{SU.STA}	起始信号建立时间	0.26	-	-	
t _{HD.DAT}	数据输入保持时间	0	-	0.9	
t _{SU.DAT}	数据输入建立时间	50	-	-	ns
t _R	SCL/SDA 上升沿时间	-	-	120	
t _F	SCL/SDA 下降沿时间	-	-	120	
t _{SU.STO}	停止信号准备时间	0.26	-	-	μs
C _{i/o}	输入/输出电容 (SDA)	-	-	10	pF
C _{in}	输入电容 (SCL)	-	-	4	
C _L	负载电容	-	140	550	

图 10 : I²C 时序特性



所有时序均通过 XL_L 或 XL_H 测出。

5.2 时序说明

5.2.1 测距时序

图 11 : 测距时序图

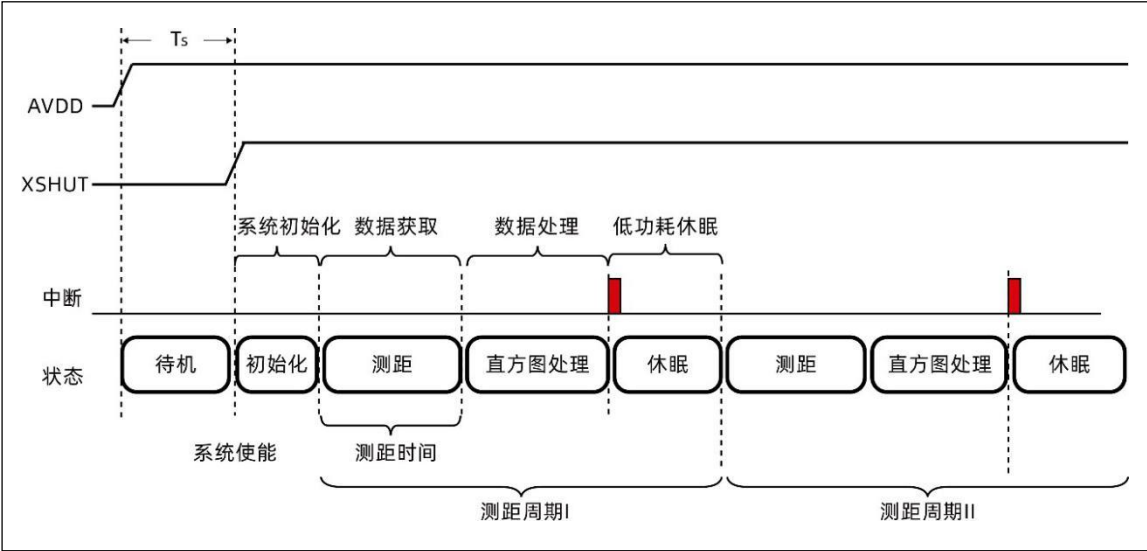


表 9 : 测距时序参数

参数	最小	典型	最大	单位
默认测距时间 ¹⁾	-	19.2	-	ms
测距初始化 (含电气校准) ²⁾	-	8	-	ms
测距周期 ³⁾	11	33	-	ms

¹⁾ 不同的工作模式下测距时间不同；

²⁾ 仅在启动时检测到温度与上一次校准不同时进行；

³⁾ 可通过接口配置。

5.2.2 复位与上电时序

表 10：复位与上电时序参数

参数	最小	典型	最大	单位
上电（启动时间）	-	5	-	ms
使能高电平到测量就绪时间 ¹⁾	-	2	-	ms
待机到工作时间	-	1	-	ms
工作到待机时间	-	1	-	ms
使能低电平到断电时间	-	1	-	ms

1) 不含校准数据下载时间

5.3 功耗

下表给出了芯片在正常工作模式下各个电源工作的典型值。

表 11：功耗

参数	最小	典型	最大	单位
硬件待机模式 ¹⁾	-	-	1	μA
软件待机模式 ²⁾ IOVDD 1.8V	6	8	20	μA
软件待机模式 ²⁾ IOVDD 3.3V	6	8	10	μA
主动测距平均功耗 ³⁾	-	15	-	mA

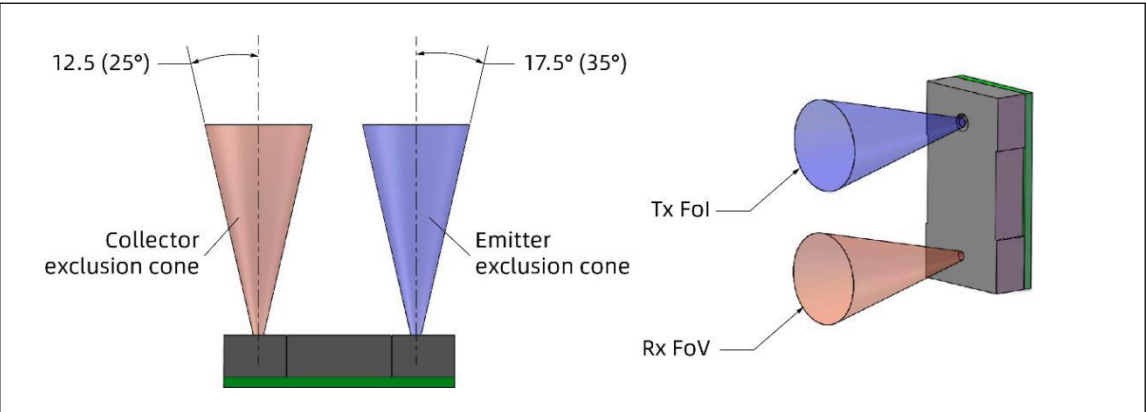
1) AVDD 3.3 V, XSHUT 低电平；

2) AVDD 3.3 V, XSHUT 高电平，I²C 通电；

3) 65536 x 2 次积分，数据上报帧率 30 fps。

5.4 典型光学特性

图 12：XL5300 FoI/FoV



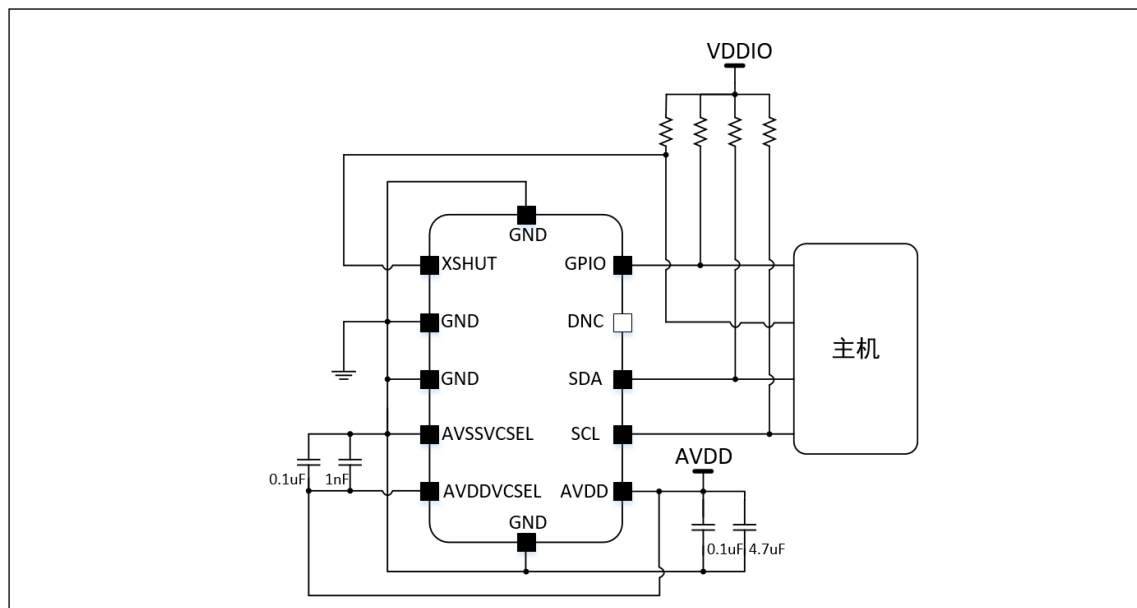
滤光片特性

- FWHM 45 nm
- 通带中心频率 940 nm
- 最小截通频率 917.5 nm
- 最大截通频率 962.5 nm

6 应用说明

6.1 应用电路图

图 13 : XL5300 电路框图

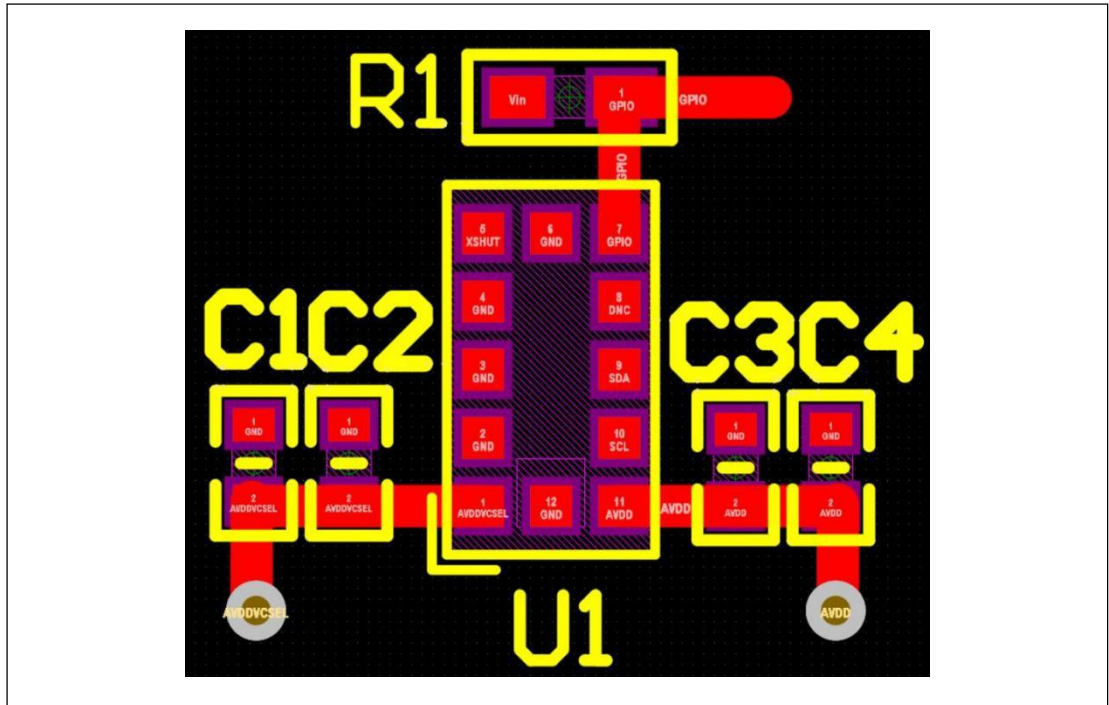


说明：

- 外部电源 AVDD 上的电容应尽可能靠近 AVDDVCSEL 和 AVSSVCSEL 引脚。
- 外部上拉电阻的值可参见 I²C 总线规范。每个 I²C 总线通常只在主机附近接一个上拉电阻。AVDD 为 3.3 V 且 I²C 时钟频率为 1M Hz 的上拉电阻推荐值为 1.0-1.5k Ω 。
- XSHUT 引脚必须始终驱动，以避免产生漏电流。如果主机状态未知，则需要上拉。
使用硬件待机模式（无 I²C 通信）需要 XSHUT 引脚拉低。
XSHUT 和 GPIO1 上拉电阻推荐值为 10 k Ω 。

6.2 PCB 布线

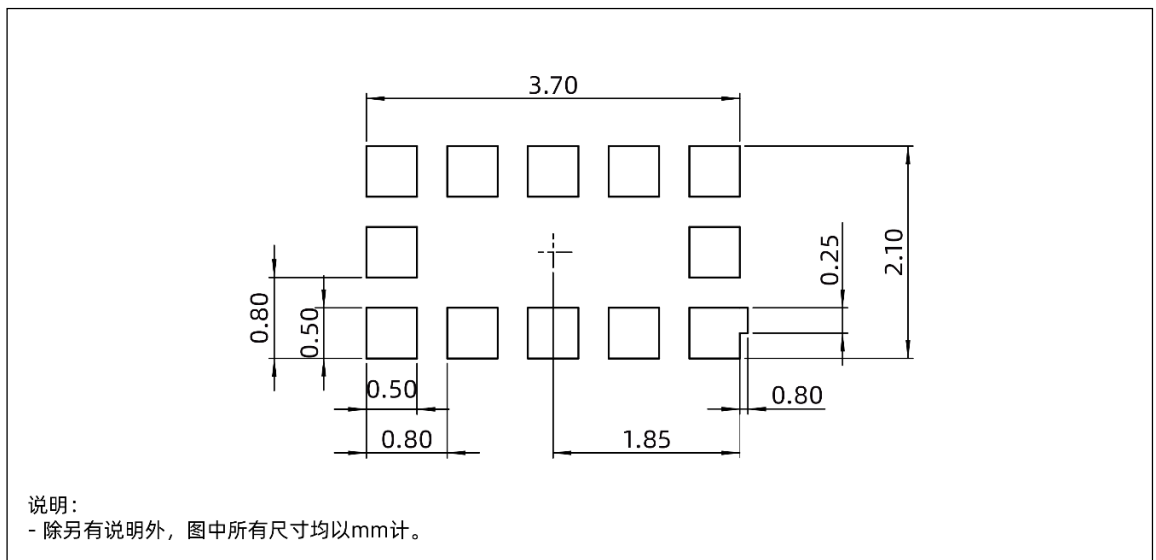
图 14：PCB 布线建议



C1 容值建议 100nF, C2 建议 1nF, C1、C2 尽量靠近 AVDDVCSEL pin。C3 容值建议 0.1uF, C4 容值建议 4.7uF, C3、C4 尽量靠近 AVDD pin。Pin 7 GPIO1 作为中断脚 需要上拉, 上拉电阻建议 10K Ω 。

6.3 PCB 焊盘尺寸

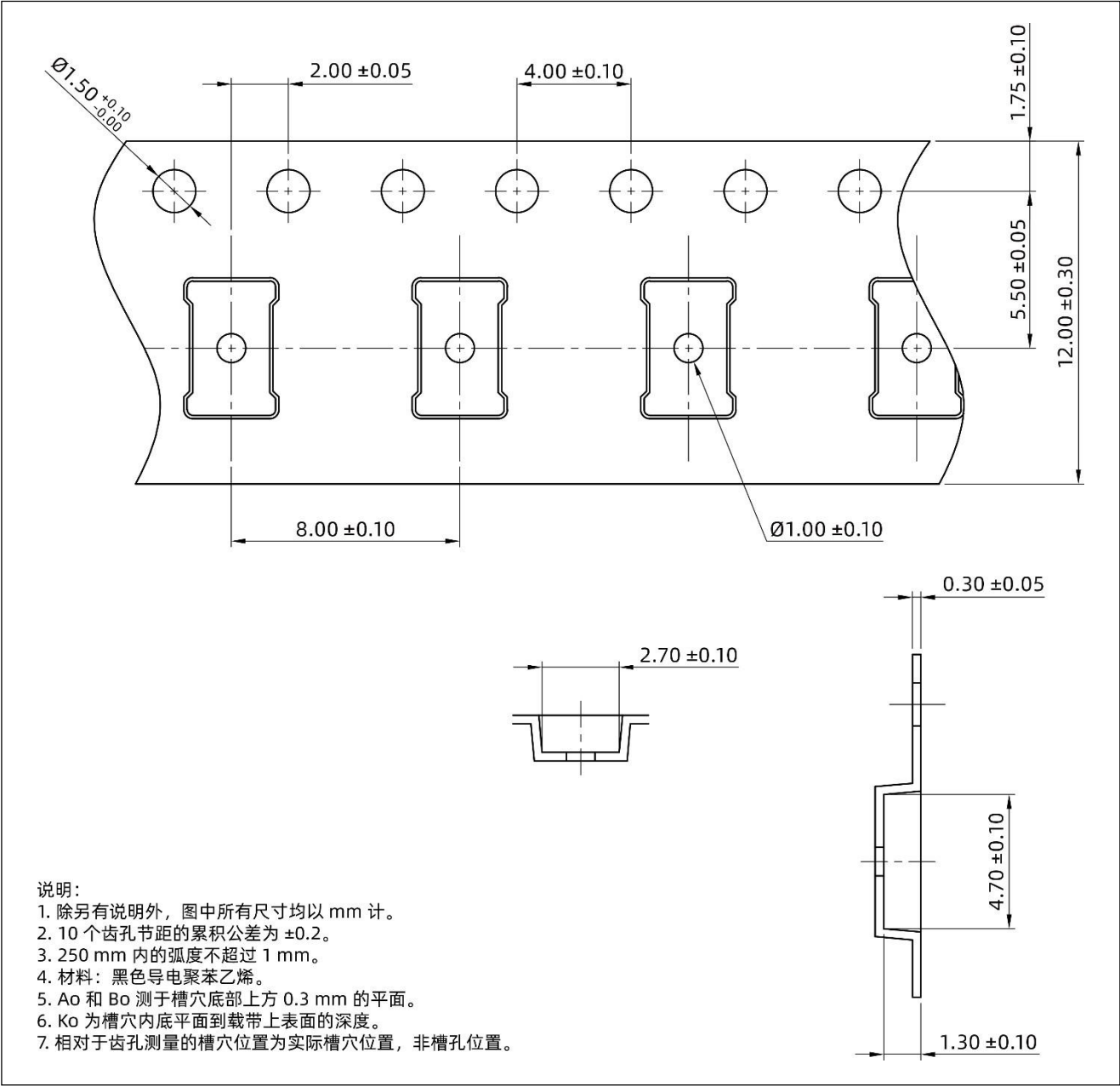
图 15 : PCB 焊盘尺寸 (顶视图)



7

卷带尺寸

图 16：卷带尺寸图



8 生产焊接与存储条件

8.1 生产焊接

推荐的回流焊峰值温度为 240℃ ~ 260℃，最高不能超过 260℃。推荐的炉温曲线图（无铅 SMT 回流焊）和相关参数如下：

图 17：推荐的回流焊温度曲线

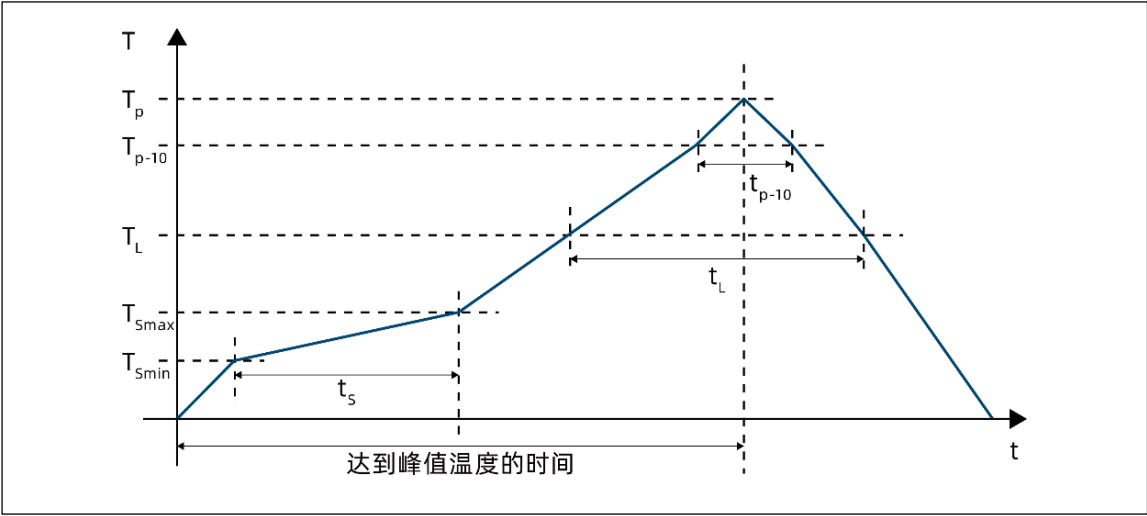


表 12：推荐的炉温测试控制要求

参数	推荐值	最大值	单位
最低温度 (T_{Smin})	130	150	°C
最高温度 (T_{Smax})	200	200	°C
t_S 时间 (T_{Smin} 到 T_{Smax})	90-110	60 - 120	s
温度 (T_L)	217	217	°C
时间 (t_L)	55-65	55 - 65	s
升温斜率	+2	+3	°C/s
温度 (T_{p-10})	-	250	°C
时间 (t_{p-10})	-	10	s
升温斜率	-	+3	°C/s
峰值温度 (T_p)	240	260 max.	°C
达到峰值温度的时间	300	300	s
降温斜率 (峰值温度到 T_L)	-4	-6	°C/s

说明：

- 上表中所列温度是在器件封装顶部测得的。
- 元器件的最大回流次数为三次。

8.2 存储说明

XL5300 以密封防潮袋的形式供货。器件的潮湿敏感度等级为 3 (MSL 3)。其存储需遵循以下说明：

潮湿敏感度

在焊接过程中，器件在包装时所吸收的湿气经释放和蒸发会对器件的光学特性产生不利的影响。为了确保包装内的潮湿度尽可能地低，每个器件在进行干燥包装前都要经过烘烤。干燥包装采用密封的镀铝防潮袋，以保护器件在运输和存储过程中不受环境湿度的影响。

货架寿命

密封防潮袋未打开时，器件在以下存储条件下的货架寿命为 12 个月（从包装袋上标示的日期开始计算）：

- 货架寿命：12 个月
- 环境温度：< 40°C
- 相对湿度：< 90%

若超过 12 个月的货架寿命，或者湿度指示卡显示器件的存储条件已超出允许的湿度范围，则需要对器件进行重新烘烤。

车间寿命

XL5300 的潮湿敏感度等级为 MSL 3，因此器件从防潮袋中取出后的车间寿命为自防潮袋打开时算起 168 小时，但前提是在以下条件存储：

- 车间寿命：168 小时
- 环境温度：< 30°C
- 相对湿度：< 60%

若超过车间寿命或上述温度/湿度条件，则必须在回流焊或干燥包装前对器件进行重新烘烤。

烘烤标准

如果器件需要重新烘烤，请在 125°C 下烘烤 8 小时。

9 激光安全说明

XL5300满足单一故障条件下 1 类安全等级激光发射极限要求，符合 IEC / EN 60825-1:2014 标准。该标准适用于芯岭技术提供的独立产品及其所含软件。在终端应用系统环境中，可能需要对系统进行测试以确保其符合上述标准。系统中不得包含任何额外用于集中激光束的透镜，也不得设置超出推荐操作条件的参数。在推荐操作条件之外使用模块或在开发过程中对模块进行任何结构性修改都可能导致危险的辐射暴露水平。

10

订购信息

表 13 : 订购信息

订购编码	封装类型	包装	最小包装
XL5300LDR-BAAZ	LGA_12 , 940 nm 滤光片	13 寸卷带包装	4500 pcs

11

缩略语

表 14：缩略语

缩写	英文全称	含义
ESD	Electrostatic discharge	静电放电
I ² C	Inter-integrated circuit (serial bus)	集成电路总线
SPAD	Single photon avalanche diode	单光子雪崩二极管
SPI	Serial Peripheral Interface	串行外设接口
VCSEL	Vertical caXLty surface emitting laser	垂直腔面发射激光器
ToF	Time of Flight	飞行时间
dToF	Direct Time of Flight	直接飞行时间
FoV	Field of XLew	视场角

12 修订记录

表 15：数据手册修订记录

版本	日期	更新说明
1.0	2020.09.03	初始发布版本。
1.1	2020.10.19	更新应用电路中 XSHUT 和 GPIO1 上拉推荐阻值。
1.2	2020.12.14	更新产品尺寸图与电气特性参数。
1.3	2021.04.09	更新电气参数、应用电路图、典型测距特性和最小包装数量
1.4	2021.5.11	1. 更新 XL5300 订购编码 2. 更新货架寿命对应的储存条件以及除湿烘烤条件 3. 参考新的国标 删除 ESD MM (机器模式) 。