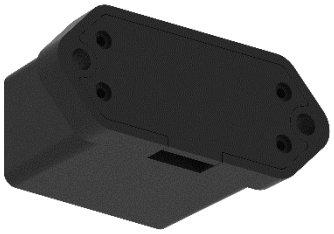
XT-S1

激光测距雷达

产品手册

2023-10



© 芯探（上海）科技有限公司

关于说明书

■ 使用提示

- 使用产品前请务必仔细阅读本说明书，并遵循说明书指示操作产品。

  以避免导致产品损坏、财产损失、人身损害或违反产品保修条款。

- 本说明书不包含产品认证信息，请查看产品底部铭牌上的认证信息，并查询相应的认证警语。

- 如果将此激光雷达产品作为您产品的一部分，请务必向您产品的预期使用者提供本说明书，或提供说明书的获取方式。

■ 获取渠道

可通过以下方式获取说明书最新版本：

- 联系芯探科技销售人员或对应销售渠道销售人员
- 联系芯探科技技术支持：info@toffuture.com

■ 技术支持

如果遇到说明书无法解决的问题，请通过以下方式联系我们：

info@toffuture.com

■ 图例

警示：务必遵循的安全指示或正确操作方法

注意：补充信息，以便更好地使用产品

© 芯探（上海）科技有限公司

安全提示

■ 激光安全

	激光安全
	该产品在工作过程中会发射不可见激光，应在使用过程中避免损害人眼。产品发出的激光，目前该产品**非 Class1 激光安全产品**，在使用过程中可能会对对人眼人体造成危害。 请注意必须正确本使用产品！切勿近距离直视激光雷达。

注：本产品**非 Class1 激光安全产品**，使用是请注意避免激光照射对人眼安全产生影响。

■ 异常停用

以下列举的任一情形下，请立即停止使用产品：

- 怀疑产品已出现故障或受损，例如，察觉到产品有明显噪声、气味或冒烟
- 自身或周围环境中的人员感受到任何不适
- 周围环境中的设备出现运行异常

同时，请联系芯探科技或其授权服务商处理疑似故障或受损产品，联系方式参见“关于说明书”章节。

■ 禁止拆卸

未经芯探科技明确书面同意，禁止拆卸本产品。

© 芯探（上海）科技有限公司

目录

关于说明书 2
■ 使用提示 2
■ 获取渠道 2
■ 技术支持 2
■ 图例 2
安全提示 3
■ 激光安全 3
■ 异常停用 3
■ 禁止拆卸 3
产品简介 5
1 产品参数(T=25℃，VCC=+5V，90%反射率被测物，室内环境) 5
1.1 基本参数表 5
1.2 电气参数表 6
1.3 被测物最小边长与被测物距离对应关系 6
1.4 测距方式的选择 7
1.5 滤波处理方式的选择 7
2 接口线序及功能说明 7
3 典型应用回路 8
3.1 UART 通讯方式 8
3.2 IIC 通讯方式 8
4 通信协议 9
4.1 UART 通信配置参数 9
4.2 IIC 通信配置参数 9
4.3 通信协议(UART) 9
4.4 Register Map 模块 12
4.5 IIC 通讯 15
4.6 通信时序 16
4.7 噪声去除和滤波处理 18
5 注意事项 18

© 芯探（上海）科技有限公司

产品简介

产品是一个基于 TOF（Time Of Flight）原理，采用 940nm VCSEL 光源，配合独特的光学、电子、结构设计而成的测距模组，可以实现高速高精度测距需求。

采用 UART 以及 IIC 通讯的方式，可以获取到测量距离的信息。也可以配置成 IO 方式，从而进行物体一定范围内物体有无的判定。

因为受限于光学特性以及功率等参数，在白纸反射率 90%的条件下，测量距离的有效范围最大为 30 米，最小为 30cm 范围。

1 产品参数(T=25℃，VCC=+5V)

1.1 基本参数表

项目	规格
产品名称	XT-S1
测试距离	0.3～30m(室内/室外@90%反射率)①
	0.3～30m(室内/室外@50%反射率)
	0.3～24m(室外)/0.3~30m 室内@10%反射率)
电压适用范围	4.8～5.2V
模组测距方式	主动连续测量② 被动单次测量
接收视野角	半角：1°
发送视野角	半角：2° ③
背景光	100kLux
曝光时间	20us ～ 2000us
测距精度	30～250cm ±5cm 250～3000cm ±2%
噪声抖动(1σ)	2cm
红外光源质心波长	940nm
外形尺寸	长 43mm 宽 17.5mm 高 24mm
工作温度	-10℃～60℃(非凝露)
保存温度	-20℃～70℃
通讯方式	UART、IIC、IO
最小分辨率	1cm
测试频率	Max 50(Hz)
重量	9g

© 芯探（上海）科技有限公司

注意：

① ：0～0.3m 内为盲区，测试数据不建议采用。

② ：产品出厂默认为被动测量模式。

主机发送一次测量指令才会进行一次测量动作。

③ ：30 米处的光斑边长约为 1m。若被测物体相对较小，则测量的结果偏差会比较大。

距离：m	5	10	20	30
光斑面积 单位：㎡	0.03	0.12	0.49	1.10

距离与光斑面积的对应关系

如果目标距离较远或者反射率低，因为模块内部的多帧处理，实际输出的帧率可能会变慢。

1.2 电气参数表

项目	符号	典型值	单位
输入电压	DC	5	V
平均电流	I	100	mA
平均功率	P	400	mW
峰值电流	I_{max}	500	mA
UART 电平	V_{TTL}	3.3	V
IIC 电平	V_{TTL}	3.3	V

1.3 被测物最小边长与被测物距离对应关系

被测物距离/单位：m	1	5	10	15	20
被测物最小边长/单位：cm	4	17	34	51	68

注意：一般被测物体的边长应大于最小边长，模组输出数据才可信；

当被测物体的边长小于最小边长时，模组输出数据的偏差会增大。

© 芯探（上海）科技有限公司

1.4 测距方式的选择

主动连续测量：

主机通过通讯端口设定模组的输出频率，在开启测量后，模组将以固定的频率进行连续测量，完成一次测量后立刻输出当前的结果，主机端等待接收测量的结果就可以。

当不需要测量的时候，主机发送连续测量关闭指令，模块则进入待机状态。

被动单次测量：

主机通过通讯端口给出测距指令，模组完成一次采样后便停止测试，并返回本次测量的距离信息。

1.5 滤波处理方式的选择

针对模组的测量距离输出，针对不同的场景，终端客户可以选择不同的方式。

由于滤波算法处理的存在，输出的数据和当前实际测量值在时域上会有一定的偏差。

为了得到更高的响应速度的话，则可以选择没有滤波的方式。终端用户再根据测量值进行进一步的处理。

在模组滤波有效的情况下，则可以提升帧率来减少时域上的输出延迟。

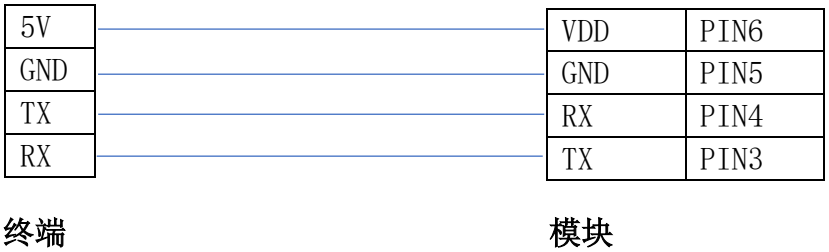
2 接口线序及功能说明

Pin NO	定义	功能说明
6	VCC	5V 电源
5	GND	地线
4	RX/SDA	在 UART 的方式下，为 Rx 通讯线 在 IIC 方式下，为 SDA 通讯线
3	TX/SCL	在 UART 的方式下，为 Tx 通讯线 在 IIC 方式下，为 SCL 通讯线
2	GPIO/ DATA READY	物体检测开关 当在范围内检测到物体存在的时候，则输出高电平。 否则输出为低电平 在 IIC 方式下，该端口复用为中断通知功能。
1	Mode	模式选择,根据不同电平状态选择不同的通讯接口, 1：UART 方式（默认模式） 0：IIC 方式

© 芯探（上海）科技有限公司

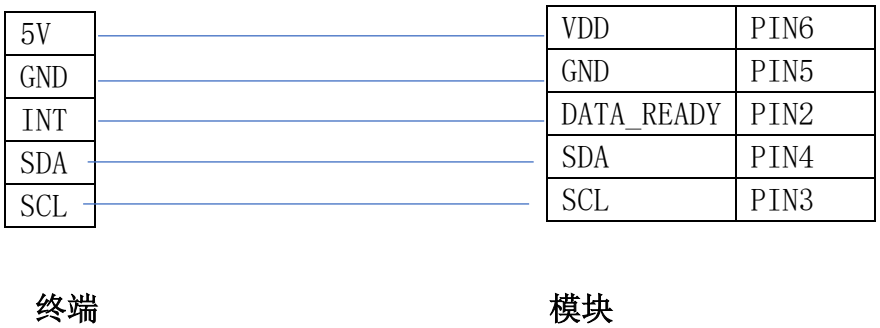
3 典型应用回路

3.1 UART通讯方式



采用单电源，以 UART 的通讯方式，模块内部针对 TX/RX 已经有上拉电阻，终端无需再追加额外电路。
UART 的通讯参数，参考 **4.1 UART 通信配置参数**

3.2 IIC通讯方式



采用单电源，以 IIC 的通讯方式，DATA_READY 为模块通知终端设备数据可读的接口。
当数据可以读取时，该端口由低电平变成高电平。
因此主机端需要设定为输入状态，否则可能会出现异常。
针对 SDA/SCL 通讯线上，已经有上拉电阻，终端无需再追加额外电路。
IIC 的通讯参数，参考 **4.2 IIC 通信配置参数** ***以及*** **4.7 通信时序。**

© 芯探（上海）科技有限公司

4 通信协议

4.1 UART通信配置参数

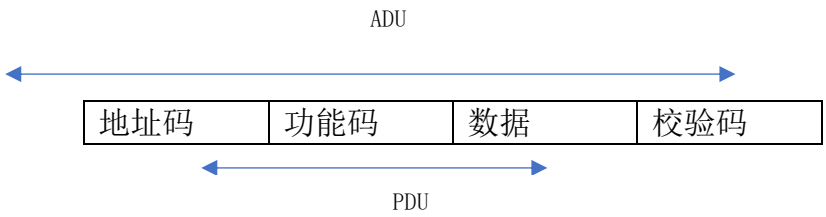
参数	数值	单位	备注
波特率	115200	Bit/s	
起始位	1	Bit	低电位
停止位	1	Bit	
数据位	8	Bit	高电位
校验位	None		

4.2 IIC通信配置参数

参数	设定值	单位
主从模式	从机模式	
波特率	400K	Bps
地址	0x20	7 位

4.3 通信协议(UART)

UART 通讯遵守 Modbus 协议，支持修改模组的地址，更方便用户进行多模块的级联通讯。



一帧数据由地址码/功能码/数据/校验码四个部分组成。
数据部分的具体内容根据功能码的差异而有所不同。
ADU 的最大长度是 256 字节，因此 PDU 的最大长度是 253 字节。

4.3.1 功能码一览

功能码	名称	功能描述
0x03	READ HOLDING REGISTER	读保持寄存器
0x04	READ INPUT REGISTER	读输入寄存器
0x06	WRITE SINGLE REGISTER	写单个寄存器
0x10	WRITE MULTIPLE REGISTER	写多个寄存器
0x17	READ/WRITE MULTIPLE REGISTERS	写多个寄存器，再回读多个寄存器

© 芯探（上海）科技有限公司

4.3.2 功能码 0x03 读保持寄存器

- 主机请求

功能码	1Byte	0x03
起始地址	2Byte	-
寄存器数量	2Byte	1~125(max)

- 从机应答

功能码	1Byte	0x03
数据长度	1Byte	N * 2
寄存器值	N * 2Byte	

- 错误代码

功能码	1Byte	0x83
异常代码	1Byte	

4.3.3 功能码 0x04 读输入寄存器

- 主机请求

功能码	1Byte	0x04
起始地址	2Byte	-
寄存器数量	2Byte	1~125(max)

- 从机应答

功能码	1Byte	0x04
数据长度	1Byte	N * 2
寄存器值	N * 2Byte	

- 错误代码

功能码	1Byte	0x84
异常代码	1Byte	

4.3.4 功能码 0x06 写单个寄存器

- 主机请求

功能码	1Byte	0x06
寄存器地址	2Byte	
寄存器数据	2Byte	

- 从机应答

功能码	1Byte	0x06
寄存器地址	2Byte	
寄存器数据	2Byte	

- 错误代码

功能码	1Byte	0x86

© 芯探（上海）科技有限公司

异常代码	1Byte	

4.3.5 功能码 0x10 写多个寄存器

- 主机请求

功能码	1Byte	0x10
寄存器起始地址	2Byte	-
寄存器数量	2Byte	1~123(max)
数据长度	2Byte	N * 2
寄存器数据	N * 2 Byte	

- 从机应答

功能码	1Byte	0x10
寄存器起始地址	2Byte	
寄存器数量	2Byte	1~123(max)

- 错误代码

功能码	1Byte	0x90
异常代码	1Byte	

4.3.6 功能码 0x17 写多个寄存器，再回读多个寄存器

- 主机请求

功能码	1Byte	0x17
读起始地址	2Byte	-
读寄存器长度	2Byte	1~125(max)
写起始地址	2Byte	
写寄存器长度	2Byte	1~121
写数据长度	1Byte	N * 2
写寄存器数据	N * 2Byte	

- 从机应答

功能码	1Byte	0x17
数据长度	1Byte	N * 2
寄存器值	N * 2Byte	

- 错误代码

功能码	1Byte	0x97
异常代码	1Byte	

© 芯探（上海）科技有限公司

4.4 Register Map 模块

4.4.1 功能描述

IIC 以及 Modbus 通讯接口共用同一个寄存器列表，这样能够实现统一控制。
外部接口通过读写寄存器来完成模块的控制，以及数据获取。

4.4.2 寄存器说明

index	起始		功能	说明	读/写	长度
0	0	0x00	测距电流选择	0x01 为小电流状态 0x02 为大电流状态 在自动积分时间下，会指示当前的实际电流模式。 在固定积分时间下，则按照设定电流进行测量，传感器自身不进行电流的切换。	W/R	2
1	2	0x02	积分时间设定	0x00 为自动积分时间(默认) 0x001~0xFFFF 为设定的积分时间，以 us 为单位	W/R	2
2	4	0x04	模块工作时额外延时时间设定	低字节为 DLL 长度设定，0-49,默认是 0 高字节为 PLL 长度设定，0-12,默认是 0	W/R	2
3	6	0x06	测距指令	0x00,无视 0x01,开启测量,在单次测量中，在测量完成后，该寄存器会变成 0x00. 0x02,关闭测量(在连续测量中，设定 0x02 关闭测量)	W/R	2
4	8	0x08	芯片寄存器操作	0x00,没有操作 0x01,写寄存器 0x02,读寄存器 当执行写操作的时候，会把寄存器 9 的数据写入到寄存器 8 所对应芯片地址的寄存器里面。 当执行读操作的时候，会把寄存器 8 所对应地址的数据读回到寄存器 9 的位置。	W/R	2
5	10	0x0A	寄存器地址	低字节为芯片寄存器地址，0x00-0xFF。 高字节为芯片寄存器数据，	W/R	2
6	12	0x0C	FLASH 操作指令	0x00,无视 0x01,把 RAM 的数据写入到 FLASH 中 0x02,把 FLASH 中的数据读回到 RAM 中	W/R	2
7	14	0x0E	寄存器写保护开关	0x5AA5：为可以写寄存器，否则不能写只读寄存器	W/R	2
8	16	0x10	预留		W/R	16

© 芯探（上海）科技有限公司

16	32	0x20	系统错误代码	0x00000001 ：SPI 通讯出错 0x00000002 ：像素饱和 0x00000004 ：采样值上溢出 0x00000008 ：采样值下溢出 0x00000010 ：预留 0x00000020 ：信号太强 0x00000040 ：信号太弱 0x00000080 ：预留 0x00000100 ：灰度图像异常 0x00000200 ：温度图像异常 0x00000400 ：TOF 图像异常 0x00000800 ：没有发现物体，即最大积分时间，AMP 还是不满足判定要求 0x00001000 ：感光过曝，即最小积分时间，AMP 还是过曝了。	R	4
22	44	0x2C	当前测距积分时间	UFS 模式下,当前的曝光时间，以 us 为单位	R	2
23	46	0x2E	距离信息	UFS 模式下，当前的距离信息，以 cm 为单位 -1(65535)：SPI 通讯出错 -2(65534)：像素饱和 -3(65533)：采样值上溢出 -4(65532)：采样值下溢出 -5(65531)： -6(65530)：信号太强 -7(65529)：信号太弱 -8(65528)： -9(65527)：灰度图像异常 -10(65526)：温度图像异常 -11(65525)：TOF 图像异常 -12(65524)：没有发现物体，即最大积分时间，AMP 还是不满足判定要求 -13：感光过曝，即最小积分时间，AMP 还是过曝了。	R	2
24	48	0x30	温度值	以 0.1° 为单位	R	2

© 芯探（上海）科技有限公司

index	起始		功能	说明	读/写	长度
25	50	0x32	信号幅度值	UFS 模式下，当前测试的信号幅度，以 LSB 为单位	R	2
26	52	0x34	背景光	UFS 模式下，当前测试环境的背景光幅度，以 LSB 为单位	R	2
59	118	0x76	wafer ID	EPC611 芯片，WaferID	R	2
60	120	0x78	chip ID	EPC611 芯片，CHIP ID	R	2
61	122	0x7A	使能串口输出	0：根据指令进行应答， 1：自动输出数据 输出格式如 01 04 04 00 82 10 a2 d7 d5 00 82 为距离信息， 10 a2 为温度信息	R	2

index	起始		功能	说明	读/写	长度
64	128	0x80	IIC 地址 +UART 地址	低字节为 IIC 的通讯地址，默认是 0X20。 高字节为 modbus 的通讯地址，默认是 0x01	W/R	2
65	130	0x82	模块工作方式	低字节 0x00, 高字节 0x00,被动测量，在收到主机的测距指令后，执行一次测量，随后进入待机状态。(默认) 0x01,主动测量，以设定的测量周期进行不间断的测量，并把结果输出。	W/R	2
66	132	0x84	连续测量周期	在主动测量模式中，以该寄存器的设定值进行周期性测量，单位是 ms。	W/R	2
86	172	0xAC	UFS 模式下的 AMP 值	UFS 模式下，判定数据是否合法的阈值，只有当 AMP 大于设定值，检测的距离值才有效		2
87	174	0xAE	UFS 模式下最适的 AMP 值	UFS 模式下，调整曝光时间，使得 AMP 值在合适的区间内		2

© 芯探（上海）科技有限公司

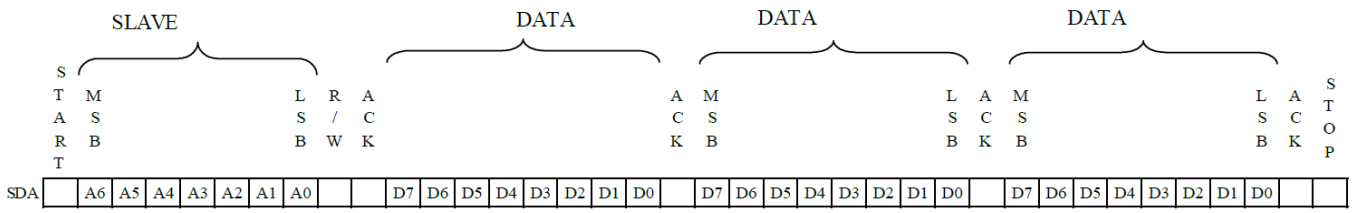
index	起始		功能	说明	读/写	长度
304	608	0x260	工厂出荷代码	矫正时候写入芯片的 SN	R	16
312	624	0x270	预留		R	12
318	636	0x27C	客户代码	低字节为，用于区分不同的客户 0x00-0xFF 高字节为预留	R	2
319	638	0x27E	主版本号+次版本号	低字节为，软件主版本 0x00-0xFF 高字节为，软件次版本 0x00-0xFF	R	2

4.5 IIC 通讯

4.5.1 接口参数

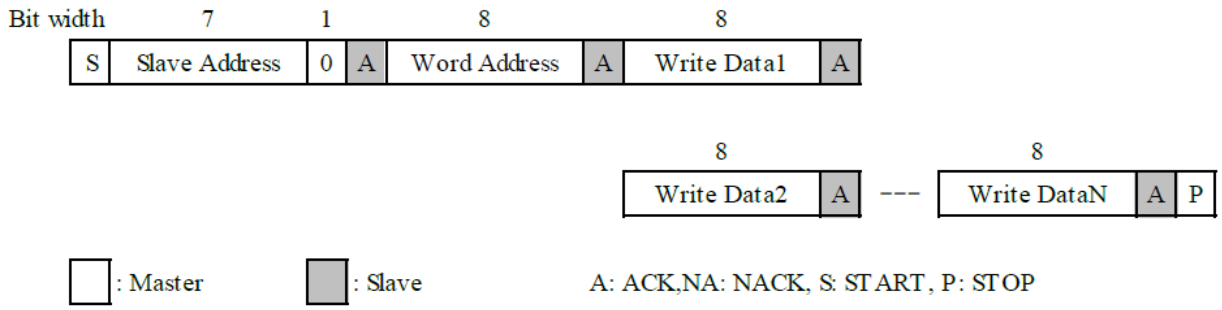
项目	参数
IIC 速度	100 kbps
IIC 电平	硬件上拉(VCC)
默认通讯地址	0x20(7bit)

基本通讯格式如下



4.5.2 IIC 写数据

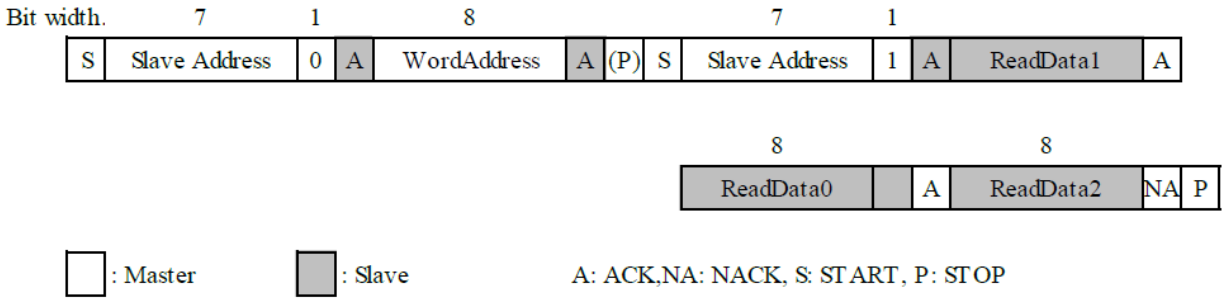
IIC 写数据格式参考如下，可以单个数据也可以写多个数据，每个寄存器对应 2Byte 数据，合计为 16bit。
在地址匹配的时候，传感器会对主机进行握手，并在每次收到数据后进行 ACK 的应答。



© 芯探（上海）科技有限公司

4.5.3 IIC 读数据

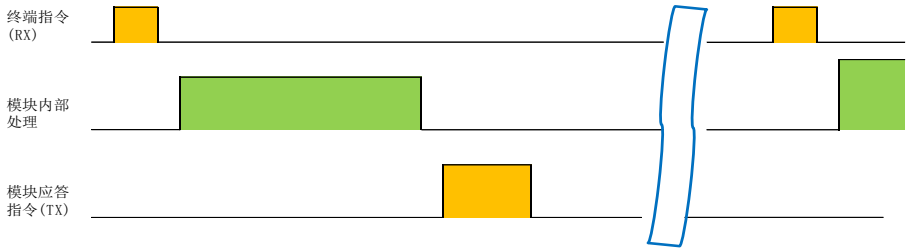
在每次读取寄存器数据的时候，首先设定寄存器的地址，然后再次进行读操作。主机响应传感器的数据，当后续还是继续读，以 ACK 进行响应；若后续停止读，则以 NACK 进行响应。



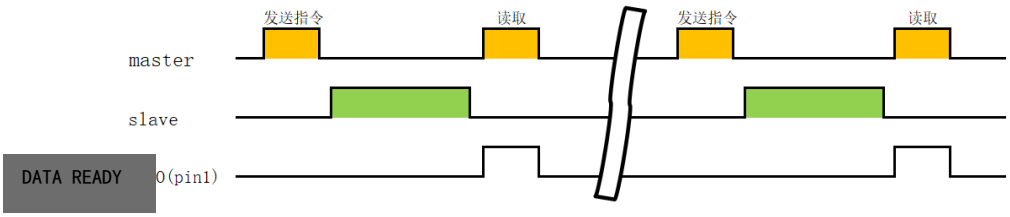
4.6 通信时序

在主机通过 UART 或者 IIC 对模组进行测距请求时，终端主机发送指令与测距模块应答主机指令的时许如下图所示。

1) UART 时序



2) IIC 时序



备注：

当 IIC 读取测量数据的时候，模块在测量结束的时候，PIN5 会由低置高，

从而通知主机进行数据的读取。在数据读取完成后 PIN 又会变成低电平。

因此在以 IIC 进行通讯的时候，请使用该端口，主机端设定为读状态或者外部触发方式。

© 芯探（上海）科技有限公司

4.7 UART测量输出数据说明

- **自动连续模式： 上电的默认模式**

参考数据 01 04 04 08 02 0f 79 9c 36

01	04 04	08 02	0f 79	9c 36
1 号设备	固定	距离 0x0802 = 2050mm	温度 0x0f79=39.61℃	前面 7 字节的 CRC 计算值

- **主动读取方式：**

主动发命令读取寄存器数据，寄存器地址参考 4.4 Register Map 章节

1. 读取和测量结果相关所有寄存器

发送的命令数据 01 04 00 12 00 09 90 09 ，最后 2 字节 为 CRC 数值

这个的意思是从 index 18 (0x12=18)开始的 9 个寄存器数据,每个寄存器数据 2 个字节，

所以获取的数据包含 18 个字节的寄存器数据。

参考数据 01 04 12 10 45 08 f9 ef f4 f7 80 00 5c 08 46 0f 57 12 5e 00 1a ff 90

01	04	12	10 45 08 f9 ef f4 f7 80	00 5c	08 46	0f 57	12 5e	00 1a
1 号设备	读取操作	数据长度 18 字节	内部数据，客户无需关心	积分时间	距离 2118mm	温度	信号幅度	内部数据

其中有些寄存器对客户来说没有任何意义，所以可以减少读取的寄存器长度

2. 只读取距离、温度、和信号强度三个寄存器

发送的命令数据 01 04 00 17 00 03 00 0f ，读取从 23 寄存器开始的 3 个寄存器数据

参考数据 01 04 06 08 46 0f 57 12 5e d7 88

01	04	06	08 46	0f 57	12 5e
1 号设备	读取操作	数据长度 6 字节	距离 2118mm	温度	信号幅度

3. 常用命令数据

设置测量周期 50ms： 01 06 00 42 00 32 a8 0b

设置主动上报： 01 06 00 3d 00 01 d9 c6

© 芯探（上海）科技有限公司

设置被动读取模式:　01 06 00 3d 00 00 18 06
开始测量命令:　01 06 00 03 00 01 b8 0a
停止测量命令:　01 06 00 03 00 02 f8 0b

4. CRC16 算法代码

```
uint16_t crc16(const std::vector<uint8_t> data)
{
	std::uint16_t crc = 0xFFFF;
	for (std::size_t i = 0; i < data.size(); ++i)
	{
		crc ^= static_cast<std::uint16_t>(data[i]);
		for (std::size_t j = 0; j < 8; ++j)
		{
			if (crc & 0x0001)
				crc = (crc >> 1) ^ 0xA001;
			else
				crc >>= 1;
		}
	}
	return crc;
}
```

4.8 噪声去除和滤波处理

本模组是通过 3D TOF 成像方式进行测距。距离噪声受限于被测物体的轮廓以及深度，这个噪声也被称为时间噪声，随着每次测量的不同而变化。由于该噪声是一个统计值，可以通过滤波来减少其影响。本模组模块出厂默认状态是直接输出测量结果，未经过任何滤波处理,以保证最快的动态测量响应

5 注意事项

为避免损坏设备，应小心操作。

在存储，处理，装配和测试的所有阶段，应防止产品跌落碰撞，并采取 ESD 静电防护以及灰尘防护措施。

© 芯探（上海）科技有限公司

版本变更

版本	描述	日期
V1.0	创建	20230117
V1.1	修订：寄存器	20230510
V1.2	增加新功能	20230621
V1.3	添加“测量数据解释说明”	20231017

© 芯探（上海）科技有限公司