



PLS-SP20

单点 dToF 传感器小型模组

产品描述

PLS-SP20 是一款全集成单通道 dToF 测距小型模组，集成自研的高灵敏红外增强 SPAD 传感器，量程可达 20m。采用全集成方案、直方图统计算法以及快速 TDC 架构等，实现高精度测距的同时，实现 12m@100KLux 的抗阳光能力，并具有反射率校正功能。

PLS-SP20 集成电源模块，采用 3.3V 电源供电，内置温度补偿功能。支持 I²C、UART 接口，易于集成和使用，并采用紧凑可靠的光学封装，且尺寸小、重量轻，是微小型 dToF 应用的绝佳选择。

产品特点

- 高集成度 dToF 测距小型模组方案
- 超小结构尺寸，仅有 21×15×7.87 毫米
- 超轻的重量，仅为 1.35 克
- ±6cm@0.2m~6m; ±1%@>6m 精度；最大量程 20m
- 集成直方图统计算法，双目标探测
- 时间相关单光子计数 (TCSPC) 算法，具备 12m@100KLux 抗环境光能力
- TDC 时间窗可配置，适应不同应用场景需求
- 具备反射率校正功能

应用领域

- AGV 避障
- 定高和避障
- 接近检测
- 有无感知

目录

| | |
|----------------------------|----|
| 产品描述 | 1 |
| 产品特点 | 1 |
| 应用领域 | 1 |
| 1 产品参数 | 3 |
| 2 接口电性参数 | 3 |
| 3 使用条件 | 3 |
| 4 系统框图 | 4 |
| 5 管脚及功能描述 | 4 |
| 6 包装图纸 | 5 |
| 7 使用注意事项 | 5 |
| 7.1 光学盖片的选型与安装建议 | 5 |
| 7.2 光斑尺寸 | 6 |
| 8 接口介绍 | 6 |
| 9 接口协议内容 | 7 |
| 9.1 UART 协议内容 | 7 |
| 9.1.1 协议总表 | 7 |
| 9.1.2 协议帧格式 | 8 |
| 9.1.3 命令及解析 | 8 |
| 9.2 I ² C 协议内容 | 13 |
| 10 逻辑时序 | 13 |
| 10.3 UART 总线时序 | 13 |
| 10.4 I ² C 总线时序 | 13 |
| 11 寄存器描述 | 15 |
| 12 版本信息 | 15 |

1 产品参数

| 参数 | 数值 |
|---------|----------------------------|
| 封装尺寸 | 21mm×15mm×7.87mm |
| 连接器引脚数量 | 6 |
| 接口类型 | I ² C、UART |
| 工作电压 | 典型: 3.3V 最小: 3.0V 最大: 3.6V |
| FOI | <2° |
| 多目标探测 | 双目标检测 |
| 温度补偿 | 有 |
| 反射率校正 | 有 |
| 激光波长 | 905nm |
| 模组重量 | 1.35g |

2 接口电性参数

| 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------------|--|-----|--------|-----|
| 量程 | 0.2 | - | 20 | m |
| 帧率 | 50 | 100 | 250 | fps |
| 精度 | $\pm 6\text{cm}$ @0.2m~6m; $\pm 1\%$ @>6m (对应靶面反射率 18%~88%) | | | - |
| 抗阳光性能 (@100Klux 阳光) | - | 12 | - | m |
| I ² C 接口速率 | - | - | 400k | bps |
| UART 接口速率 | - | - | 921600 | bps |
| 待机功耗 | - | 160 | - | mW |
| 工作功耗 | - | 329 | - | mW |

3 使用条件

| 参数 | 数值 | 单位 |
|---------|-------------------|----|
| 工作温度范围 | -20 ~ 50 | °C |
| 存储温度范围 | -40 ~ 85 | °C |
| 抗静电等级 3 | 人体模型抗静电等级 (HBM) | V |
| | 机器模型抗静电等级 (MM) | V |
| | 充电器件模型抗静电等级 (CDM) | V |

参考标准: HBM: JESD22-A114; CDM: JESD22-C101; MM: JESD22-A115

4 系统框图

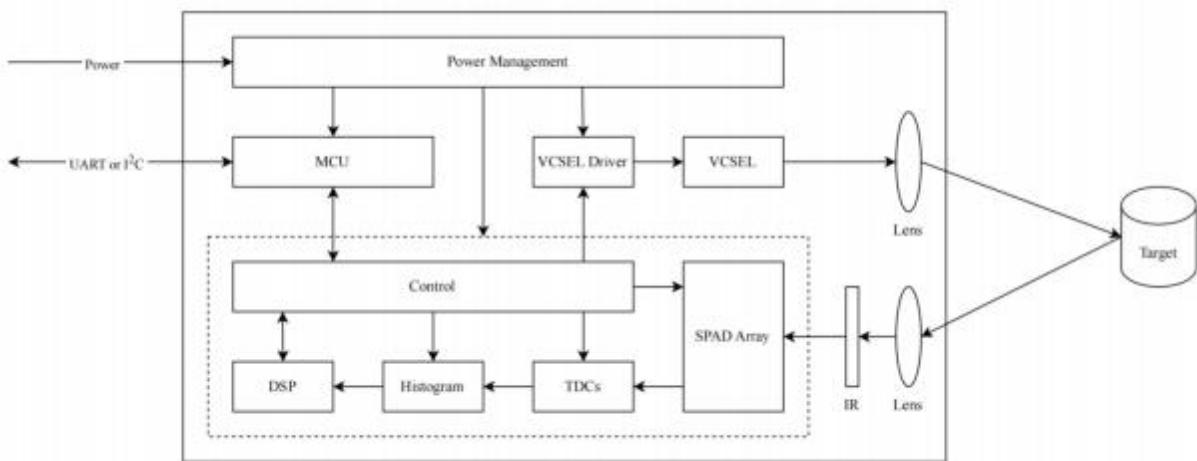


图1 PLS-SP20 系统示意图

5 管脚及功能描述

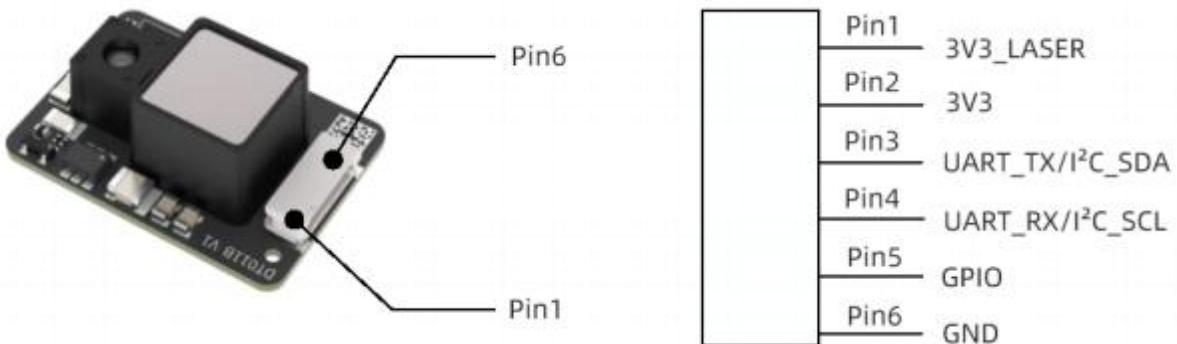


图2 引脚示意图

各引脚的功能描述如下：

| 序号 | 端口名称 | 端口功能描述 |
|----|------------------------------|---|
| 1 | 3V3_LASER | 模组激光器升压电路供电, 电压 3.3V |
| 2 | 3V3 | 模组低压电路供电, 电压 3.3V |
| 3 | UART_TX/I ² C_SDA | 模组支持 UART 和 I ² C 两种通信模式, 使用 GPIO(端口 5)外部上下拉模式来选择通信模式。 1) 当工作在 UART 模式下时, 此端口用作 UART 的 TX 端口, 即模组通信输出管脚; 2) 当工作在 I ² C 模式下时, 此端口用作 I ² C 总线的 SDA 信号; |
| 4 | UART_RX/I ² C_SCL | 模组支持 UART 和 I ² C 两种通信模式, 使用 GPIO(端口 5)外部上下拉模式来选择通信模式。 1) 当工作在 UART 模式下时, 此端口用作 UART 的 RX 端口, 即模组通信输入管脚; 2) 当工作在 I ² C 模式下时, 此端口用作 I ² C 总线的 SCL 信号; |
| 5 | GPIO | 模组支持 UART 和 I ² C 两种通信模式。 1) GPIO 端口在外部下拉状态启动后, 模组工作在 UART 模式下, 此模式下 GPIO 管脚无功能; 2) GPIO 端口在外部上拉或悬空状态启动后, 模组工作在 I ² C 模式下, 此时 GPIO 端口作为中断输出管脚, 在一帧测量完成后输出高脉冲指示; |
| 6 | GND | 接地 |

注：3、4、5 接口为复用接口，UART、I²C，两种模式，详见硬件接口使用说明。

6 包装图纸

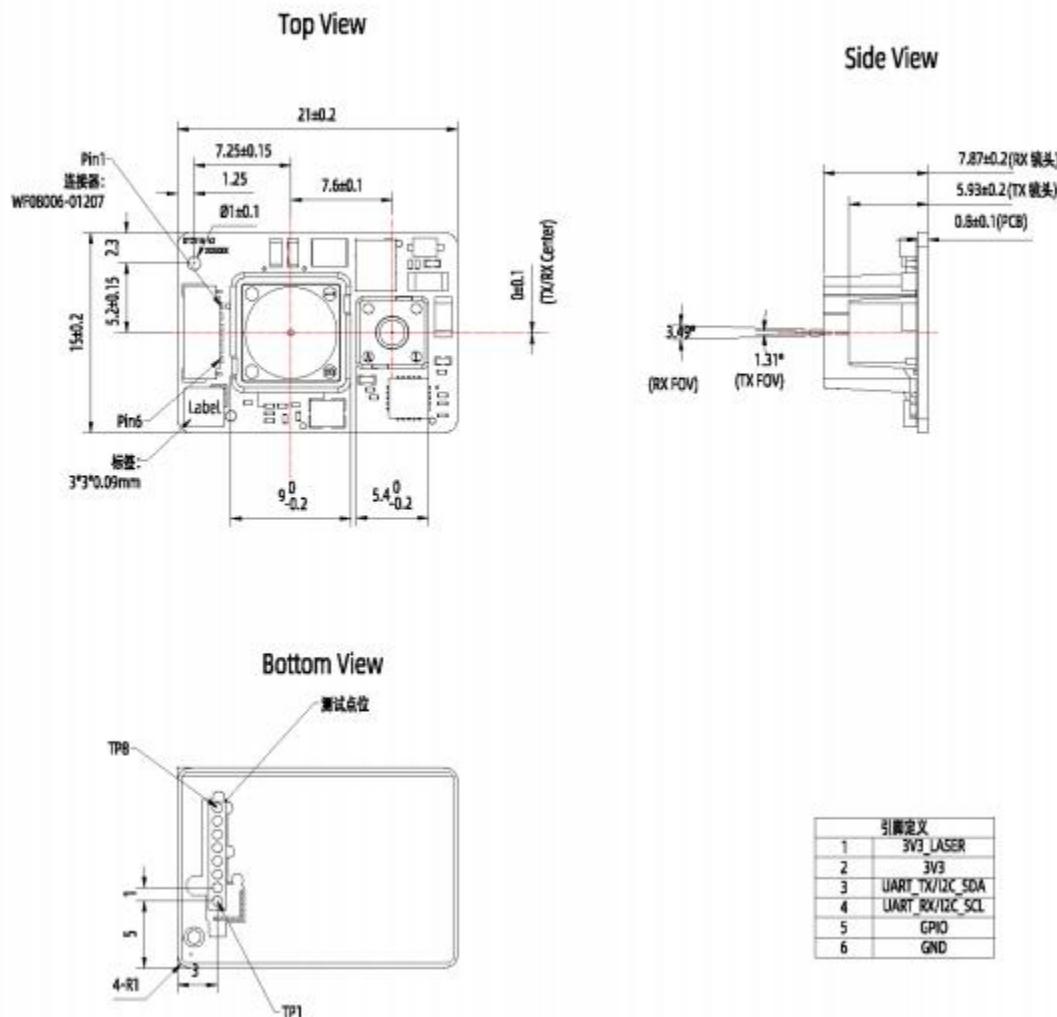


图 3 模组结构图

7 使用注意事项

7.1 光学盖片的选型与安装建议

面板选型建议

- 面板材质对 905nm 波段穿透率 95%以上, 雾度 5%以下。
- 面板上下表面平滑平行, 材质颜色不拘。
- 面板最好小于 0.5mm, 最厚不要超过 2mm。
- 面板表面平整度小于 0.03mm。

面板安装建议

- 面板和模组相互间隙 0.1mm-0.2mm 为宜。
- 面板和模组组装后面板表面与模组端面的平行度小于 0.05mm。
- 如有防雾/防盐碱需要, 面板和模组之间间隙可用黑色胶套阻隔间隙防止镜面起雾或结晶。

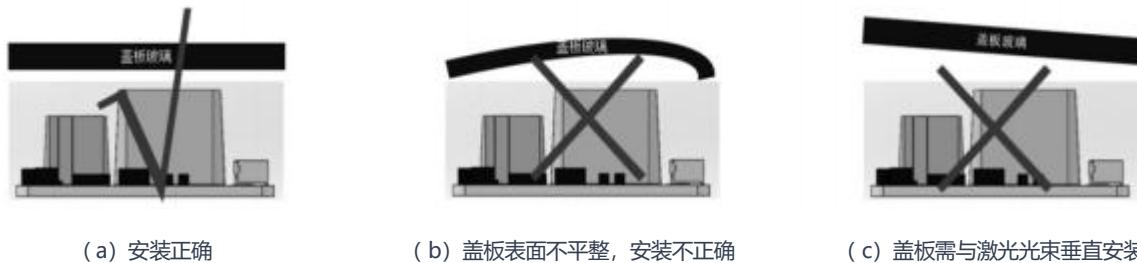


图 4 玻璃盖片安装示意图

7.2 光斑尺寸

PLS-SP20 激光具有一定发散角, 不同距离光斑尺寸不同, 光斑尺寸参考下方示意图:

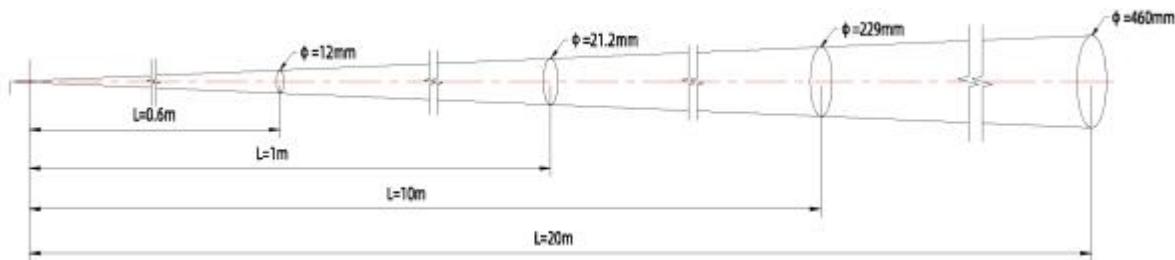


图 5 光斑尺寸示意图

8 接口介绍

模组支持 UART, I²C 两种通讯方式, 但上电时, 只能选择其中一种接口运行。

使用 UART 时, 上电可将 GPIO 管脚接地; 使用 I²C 接口, 上电时 GPIO 管脚需要上拉一个 4.7K 的电阻或者直接悬空; 如图 6 所示;

UART_TX/I²C_SDA 和 UART_RX/I²C_SCL 两个管脚在模组内部均已配备 2.2K 上拉电阻, 外部可以不额外增加上拉电阻, 如图 7 所示。

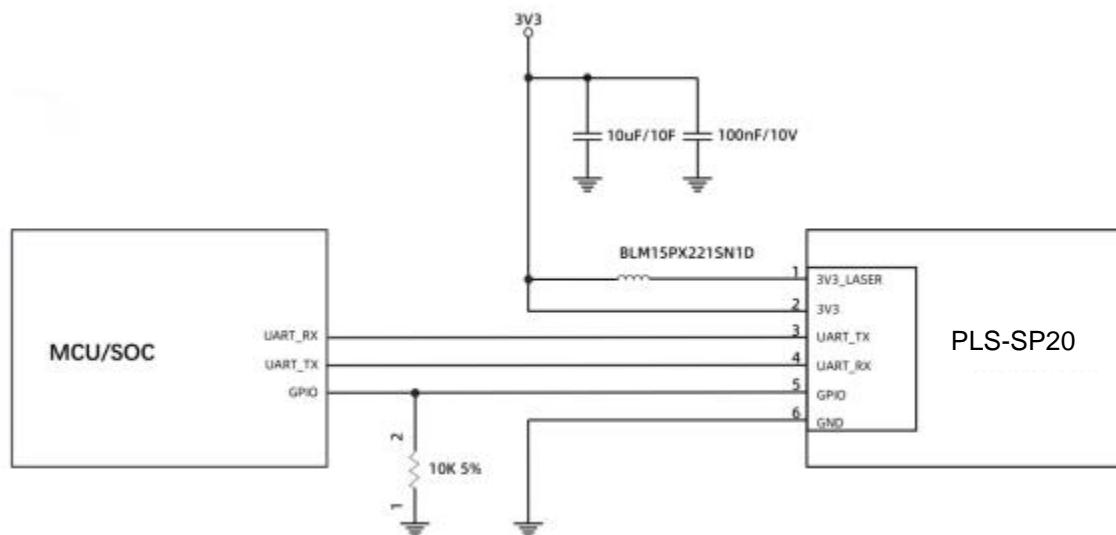
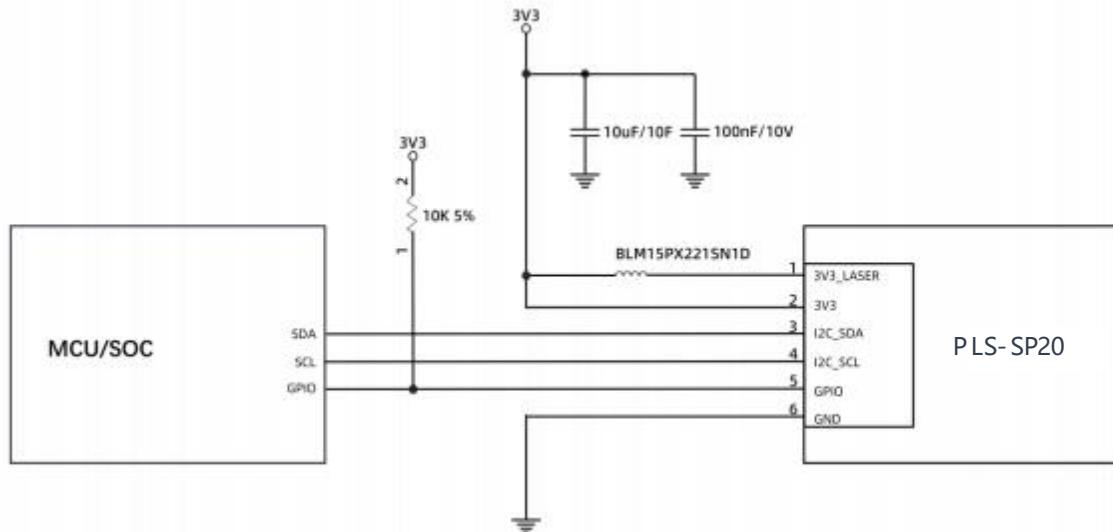


图 6 UART 通讯模式电路图

图 7 I²C 通讯模式电路图

9 接口协议内容

9.1 UART 协议内容

本协议采用主从通信模式，其规定：主机端为上位机，本模组为下位机。上位机向下位机传送数据称之为发送，下位机向上位机传送数据称之为应答。

本协议的默认通信速率为：921600 bps。

本文采用的硬件通信格式：1 位起始位，8 位数据位和 1 位停止位，其他无。

本文中对每帧数据进行 CRC16 数据计算，该计算中包含除校验外的所有数据。

CRC-16 校验采用 modbus 的校验方式。具体参数如下：

- 多项式为：0×8005
- 初始值为：0×ffff
- 结果异或值：0×0000
- 输入数据反转：是
- 输出数据反转：是

9.1.1 协议总表

| 编号 | 命令名称 | 命令代码 |
|----|------------------------|------|
| 1 | 开始流 | 0×01 |
| 2 | 结束流 | 0×02 |
| 3 | 版本号 | 0×0A |
| 4 | 设置波特率 | 0×10 |
| 5 | 获取波特率 | 0×11 |
| 6 | 设置 I ² C 地址 | 0×12 |
| 7 | 获取 I ² C 地址 | 0×13 |

| | | |
|---|------|------|
| 8 | 配置帧率 | 0x1A |
| 9 | 获取帧率 | 0x1B |

9.1.2 协议帧格式

整个协议内容有两种形式的通讯方式：

命令 0x02, 0x0A, 0x10, 0x11, 0x12, 0x13, 0x1A, 0x1B 都是采用上位机问-下位机回复（即一问一答），命令 0x01 采用的上位机问-下位机周期回复（根据设置的帧率周期性回复）。

发送帧格式

| 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1byte | 1 byte | 1 byte | 1 byte | 1 byte | 2 byte | N byte | 2 byte |

应答帧格式

| 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1byte | 1 byte | 1 byte | 1 byte | 1 byte | 2 byte | N byte | 2 byte |

- 包头：为 1 个字节，即为 0xA5。
- 设备号：为 1 个字节，即为 0x03。
- 设备类型：为 1 个字节，根据下位机评估板的类型而定，为 0x20。
- CMD：为 1 个字节，命令功能码，是上位机要下位机执行的功能。
- 保留位：为 1 个字节，以留后续使用。
- 长度：为 2 个字节，是 data 区数据的长度（高位在前，低位在后）。
- Data[0]-Data[N-1]：为 N 个字节，根据每个命令解析。
- CRC16：为 2 个字节，所有数据的 CRC16 校验结果（高位在前，低位在后）。
- 命令码对应的功能如下表所示，其中命令码为十六进制表示。其中，应答帧中的“命令”与发送帧中的命令一致，即发送什么命令则应答同样的命令。

9.1.3 命令及解析

发送命令和和对应的应答命令——匹配，表格中或者带 0x 的数据均为十六进制。

9.1.3.1 开始测量命令 0x01

命令格式

| 方向 | 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|----|------|------|------|------|------|-----------|------|--------|
| 发送 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x01 | 0x00 | 0x00 0x00 | 0 字节 | 根据实际计算 |
| 接收 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x01 | 0x00 | 0x00 0x01 | 1 字节 | |

上位机发送：

命令码区：0x01

Data 区：无

下位机应答：

示例: 0xA5 0x03 0x20 0x01 0x00 0x00 0x0E 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0x4B 0x03 0x5E 0x00 0x24 0x23 0x01 0x00 0xBB 0xD8

- 0x01: 为命令开流 (发送一次后, 下位机周期性自动应答)
- 0x00: 保留字节
- 0x00 0x0E: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0x4B 0x03 0x5E 0x00 0x24 0x23 0x01 0x00: 数据区
- 0xFF 0xFF: 次目标距离
- 0xFF 0xFF: 次目标校正
- 0xFF 0xFF: 次目标强度
- 0x4B 0x03: 主目标距离 (距离结算为低字节在前, 高字节在后, 距离换算为 034B = 843mm)
- 0x5E 0x00: 主目标校正
- 0x24 0x23: 主目标强度
- 0x01 0x00: 阳光基底
- 0xBB 0xD8: 16 位 CRC 校验 (高字节在前低字节在后)
- 注: 以上均为低位在前, 高位在后。

9.1.3.2 查询版本号 0x0A

命令格式

| 方向 | 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|----|------|------|------|------|------|-----------|------|--------|
| 发送 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x0A | 1 字节 | 0x00 0x00 | 无 | 根据实际计算 |
| 接收 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x0A | 1 字节 | 0x00 0x01 | 1 字节 | |

上位机发送:

命令码区: 0x0a

Data 区: 无数据

下位机应答:

示例: 0xA5 0x03 0x20 0x0A 0x00 0x00 0x12 0x44 0x54 0x53 0x36 0x30 0x31 0x32 0x5F 0x41 0x50 0x50 0x5F 0x56 0x31 0x2E 0x32 0x36 0x43 0x0F 0x0B

- 0x0A: 查询版本命令
- 0x00: 保留位
- 0x00 0x12: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0x44 0x54 0x53 0x36 0x30 0x31 0x32 0x5F 0x41 0x50 0x50 0x5F 0x56 0x31 0x2E 0x32 0x36 0x43: 版本号为 DTS6012_APP_XXXXX
- 0x0F 0x0B: 16 位 CRC 校验 (高字节在前低字节在后)

9.1.3.3 结束测量任务 0x02

命令格式

| 方向 | 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|----|------|------|------|------|------|-----------|------|--------|
| 发送 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x02 | 1 字节 | 0x00 0x00 | 无 | 根据实际计算 |
| 接收 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x02 | 1 字节 | 0x00 0x01 | 1 字节 | |

上位机发送:

命令码区: 0×02

Data 区: 无数据

下位机应答:

示例: 0xA5 0x03 0x20 0x02 0x00 0x00 0x01 0x00 0x7C 0xC6

- 0×02: 结束测量命令
- 0×00: 保留位
- 0x00 0x01: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0x00: 数据区。返回一个字节变量。返回 0 表示设置成功, 返回 1 表示设置失败。
- 0x7C 0xC6: 16 位 CRC 校验 (高字节在前低字节在后)

9.1.3.4 设置波特率 0×10

命令格式

| 方向 | 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|----|------|------|------|------|------|-----------|-------|--------|
| 发送 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x10 | 1 字节 | 0x00 0x01 | 对应选择码 | 根据实际计算 |
| 接收 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x10 | 1 字节 | 0x00 0x04 | 4 字节 | |

上位机发送:

命令码区: 0×10, 波特率设置命令。

Data 区: 共 1 个字节, 0-12 波特率选择码。

下位机应答:

示例: 0xA5 0x03 0x20 0x10 0x00 0x00 0x04 0x00 0x0E 0x10 0x00 0x2B 0xE0

- 0×10 : 设置波特率命令
- 0×00 : 保留位
- 0x00 0x04: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0x00 0x0E 0x10 0x00: 波特率为 921600 (高字节在前低字节在后)
- 0x2B 0xE0: 16 位 CRC 校验 (高字节在前低字节在后)
- 波特率选择码与波特率对应关系:

| 波特率选择码 | 波特率 |
|--------|--------|
| 0x00 | 9600 |
| 0x01 | 14400 |
| 0x02 | 19200 |
| 0x03 | 38400 |
| 0x04 | 43000 |
| 0x05 | 57600 |
| 0x06 | 76800 |
| 0x07 | 115200 |
| 0x08 | 128000 |
| 0x09 | 230400 |
| 0x0A | 256000 |
| 0x0B | 460800 |

| | |
|------|--------|
| 0x0C | 921600 |
|------|--------|

9.1.3.5 获取波特率 0×11

命令格式

| 方向 | 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|----|------|------|------|------|------|-----------|------|--------|
| 发送 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x11 | 1 字节 | 0x00 0x00 | 无 | 根据实际计算 |
| 接收 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x11 | 1 字节 | 0x00 0x04 | 4 字节 | |

上位机发送:

命令码区: 0×11, 波特率获取命令。

Data 区: 无

下位机应答:

示例: 0xA5 0x03 0x20 0x11 0x00 0x00 0x04 0x00 0x0E 0x10 0x00 0xE7 0x21

- 0x11获取波特率命令
- 0x00: 保留位
- 0x00 0x04: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0x00 0x0E 0x10 0x00: 波特率为 921600 (高字节在前低字节在后)
- 0xE7 0x21: 16 位 CRC 校验 (高字节在前低字节在后)

9.1.3.6 设置 I²C 地址 0×12

命令格式

| 方向 | 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|----|------|------|------|------|------|-----------|------|--------|
| 发送 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x12 | 1 字节 | 0x00 0x01 | 1 字节 | 根据实际计算 |
| 接收 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x12 | 1 字节 | 0x00 0x01 | 1 字节 | |

上位机发送:

命令码区: 0×12, I²C 地址设置命令。

Data 区: 共 1 个字节, Data[0]为 I²C 器件地址(7bit<<1+0)。

下位机应答:

示例: 0xA5 0x03 0x20 0x12 0x00 0x00 0x01 0xA2 0x06 0x86

- 0x12:设置 I²C 地址命令
- 0x00: 保留位
- 0x00 0x01: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0xA2: 设置的 I²C 地址
- 0x06 0x86: 16 位 CRC 校验 (高字节在前低字节在后)

9.1.3.7 获取 I²C 地址 0×13

命令格式

| 方向 | 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|----|----|-----|------|-----|-----|----|------|-------|
|----|----|-----|------|-----|-----|----|------|-------|

| | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|-----|----------|-----|--------|
| 发送 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x13 | 1字节 | 0x000x00 | 无 | 根据实际计算 |
| 接收 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x13 | 1字节 | 0x000x01 | 1字节 | |

上位机发送:

命令码区: 0x13, I²C 地址获取命令。

数据区: 无

下位机应答:

示例: 0xA5 0x03 0x20 0x13 0x00 0x00 0x01 0xA2 0xC6 0xBB

- 0x13: 获取 I²C 命令
- 0x00: 保留位
- 0x00 0x01: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0xA2: 获取的 I²C 地址
- 0xC6 0xBB: 16 位 CRC 校验 (高字节在前低字节在后)

9.1.3.8 设置帧率 0x1A

命令格式

| 方向 | 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|----|------|------|------|------|------|----------|------|--------|
| 发送 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x1A | 0x00 | 0x000x01 | 1字节 | 根据实际计算 |
| 接收 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x1A | 0x00 | 0x000x01 | 1字节 | |

上位机发送:

命令码区: 0x1A, 设置帧率命令。

Data 区: 1 个字节, 0x00: 50FPS 0x01: 100FPS 0x02: 250FPS。

下位机应答:

示例: 0xA5 0x03 0x20 0x1A 0x00 0x00 0x01 0x01 0xBE 0x27

0x1A: 设置帧率命令

- 0x00: 保留位
- 0x00 0x01: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0x01: 返回设置的帧率
- 0x00 0x01: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0x01: 1 字节, 0x00: 50FPS 0x01: 100FPS 0x02: 250FPS。
- 0xBE 0x27: 16 位 CRC 校验 (高字节在前低字节在后)

9.1.3.9 获取帧率 0x1B

命令格式

| 方向 | 包头 | 设备号 | 设备类型 | CMD | 保留位 | 长度 | Data | CRC16 |
|----|------|------|------|------|------|----------|------|--------|
| 发送 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x1B | 0x00 | 0x000x00 | 无 | 根据实际计算 |
| 接收 | 0xA5 | 0x03 | 0x20 | 0x1B | 0x00 | 0x000x01 | 1字节 | |

上位机发送:

命令码区: 0×1B, 获取帧率命令。

Data 区: 无

下位机应答:

示例: 0xA5 0x03 0x20 0x1B 0x00 0x00 0x01 0x01 0x7E 0x1A

- 0×1B: 获取帧率命令
- 0×00: 保留字节
- 0×00 0×01: 数据区长度 (高字节在前低字节在后)
- 0×01: 1 字节, 0×00: 50FPS 0×01: 100FPS 0×02: 250FPS。
- 0×7E 0×1A: 16 位 CRC 校验 (高字节在前低字节在后)

注意: 在未设置帧率信息时, 获取值为默认 0×FF, 配置为默认 100FPS。

9.2 I²C 协议内容

I²C 控制器地址为 7bit, 0×51, 0 位为读写位, (0×51<<1) | (w/r)。

10 逻辑时序

10.1 UART 总线时序

UART 总线时序如下图所示:



图 8 UART 总线时序图

10.2 I²C 总线时序

I²C 总线时序如下图所示:



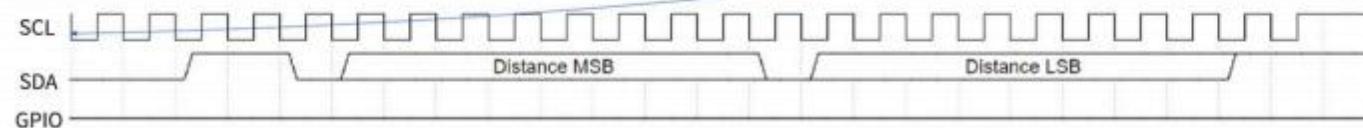
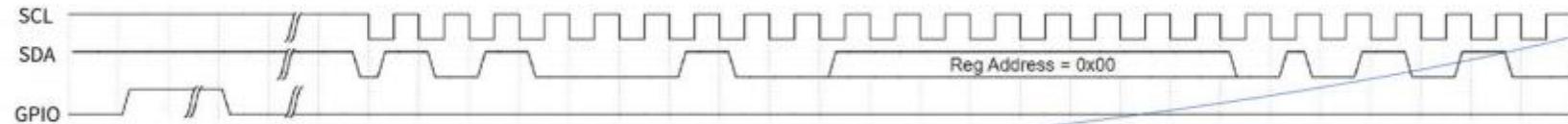
a) I²C总线协议格式



b) I²C总线单字节写操作



c) I²C总线单字节读操作



d) 典型的测距数据读取操作

图9 I²C 总线时序图

11 寄存器描述

| 地址 | 寄存器含义 | 读写属性 | 备注 |
|------|------------------------|------|---|
| 0x00 | 测量距离高 8 位 | RO | 距离使用 2byte 表示 (单位 mm) |
| 0x01 | 测量距离低 8 位 | RO | 距离使用 2byte 表示 (单位 mm) |
| 0x02 | 开始/结束测量命令 ^② | RW | 写 1 开始测量, 激光开启, 距离数据开始刷新, 写 0 结束测量激光关闭。 |
| 0x03 | 测试寄存器 | RO | 默认值 0x3B |

注: 固件版本不同, 可能存在不需要开始测量命令即可输出距离信息

12 版本信息

| 日期 | 版本 | 修改内容 |
|------------------|-----|----------------------------------|
| 2023 年 9 月 7 日 | 1.0 | 初始发布 |
| 2023 年 9 月 11 日 | 1.1 | 增加 UART 协议内容 |
| 2023 年 11 月 9 日 | 1.2 | 更新结构尺寸 |
| 2023 年 11 月 27 日 | 1.3 | 新增接口使用说明, I ² C 寄存器说明 |
| 2024 年 1 月 15 日 | 1.4 | 新增串口波特率、I ² C 地址修改说明 |
| 2024 年 4 月 23 日 | 1.5 | 新增精度数据、新增光学盖板设计参考、新增帧率切换说明 |
| 2024 年 7 月 26 日 | 1.6 | 修改系统框图和参考电路图, 新增协议逻辑时序图 |