



文档编号:00.13.005701

# YDLIDAR TSA QUA 开发手册



[www.ydlidar.cn](http://www.ydlidar.cn)

# 目录

|          |                               |          |
|----------|-------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>工作机制</b> .....             | <b>1</b> |
| 1.1      | 系统工作流程 .....                  | 1        |
| <b>2</b> | <b>系统通信</b> .....             | <b>2</b> |
| 2.1      | 通信机制 .....                    | 2        |
| 2.2      | 系统命令 .....                    | 2        |
| 2.3      | 系统报文 .....                    | 2        |
| <b>3</b> | <b>数据协议</b> .....             | <b>3</b> |
| 3.1      | 扫描命令 [A5 60].....             | 4        |
| 3.1.1    | 起始位解析.....                    | 4        |
| 3.1.2    | 距离解析.....                     | 5        |
| 3.1.3    | 信号质量解析.....                   | 5        |
| 3.1.4    | 角度解析.....                     | 5        |
| 3.1.5    | 校验码解析.....                    | 5        |
| 3.2      | 停止命令 [A5 65].....             | 6        |
| 3.3      | 设备信息 [A5 90].....             | 6        |
| 3.4      | 健康状态 [A5 92].....             | 6        |
| 3.5      | 扫描频率设置 [A5 09/0A/0B/0C] ..... | 7        |
| 3.6      | 扫描频率获取 [A5 0D].....           | 8        |
| 3.7      | 重启命令 [A5 40].....             | 8        |
| 3.8      | 速度控制 .....                    | 8        |
| <b>4</b> | <b>使用注意</b> .....             | <b>8</b> |
| <b>5</b> | <b>修订</b> .....               | <b>9</b> |

## 1 工作机制

YDLIDAR TSA（以下简称 TSA）的系统设置了 3 种工作模式：空闲模式、扫描模式、停机模式：

- **空闲模式：**TSA 上电时，默认为空闲模式，空闲模式时，TSA 的测距单元不工作，激光器不亮。
- **扫描模式：**当 TSA 进入扫描模式时，测距单元点亮激光器，开始工作，不断对外部环境进行激光采样，并经过后台处理后实时输出。
- **停机模式：**当 TSA 运行有错时，如开启扫描时，激光器不亮，电机不转等状况，TSA 会自动关闭测距单元，并反馈错误代码。

### 1.1 系统工作流程

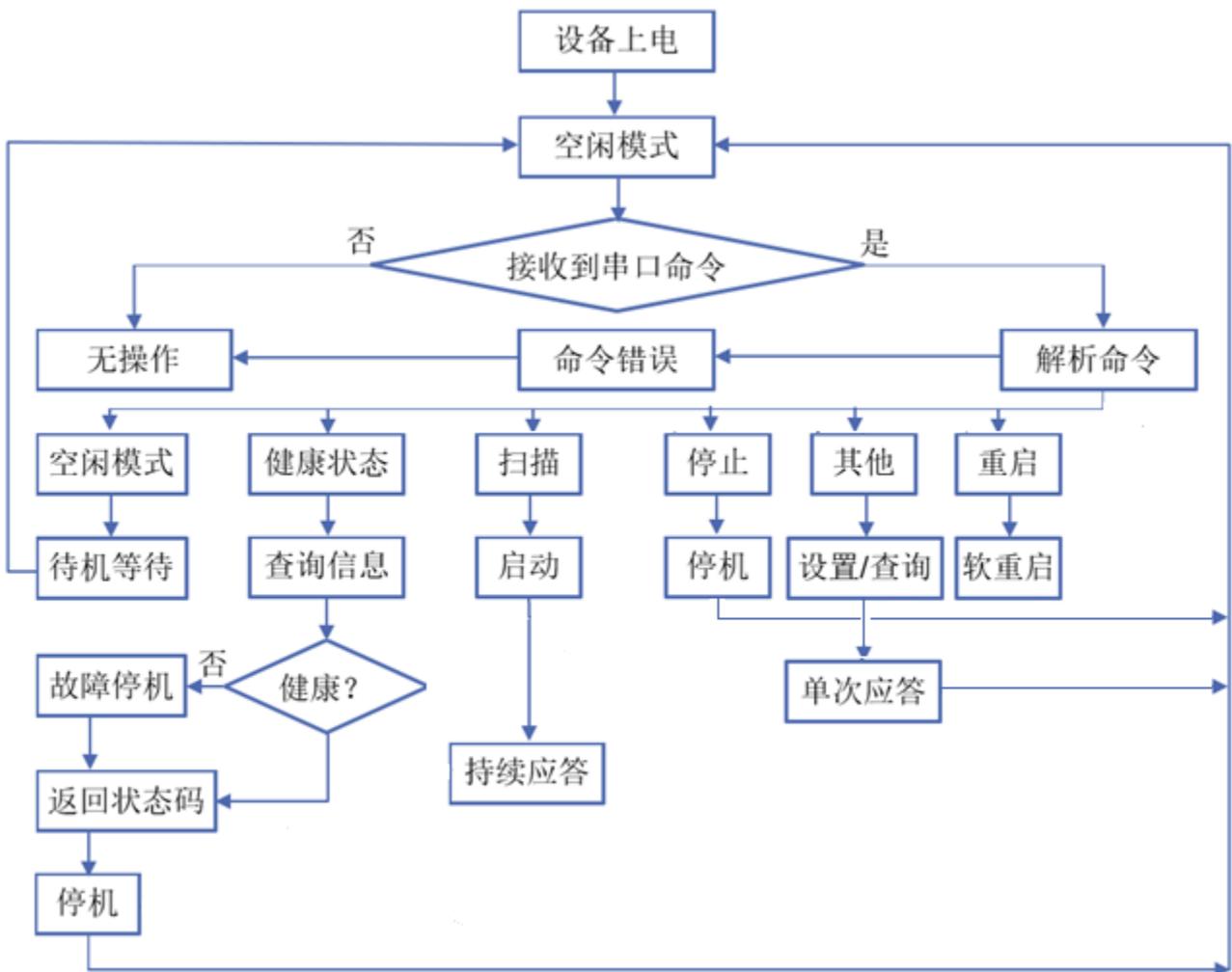


图 1 YDLIDAR TSA 系统工作流程图

## 2 系统通信

### 2.1 通信机制

TSA 是通过串口来和外部设备进行命令和数据的交互。当外部设备发送一个系统命令至 TSA，TSA 解析系统命令，会返回相应的应答报文，并根据命令内容，来切换相应的工作状态，外部系统根据报文内容，解析报文，便可获取应答数据。



图 2 YDLIDAR TSA 系统通信机制

### 2.2 系统命令

外部系统通过发送相关的系统命令，便可设置 TSA 相应的工作状态，获取相应的数据。TSA 的系统命令统一为 2 个字节，其中起始字节统一为 0xA5，第二个字节为命令内容。TSA 对外发布的系统命令如下：

**表 1 YDLIDAR TSA 系统命令**

| 系统命令         | 描述   | 模式切换               | 应答模式 |      |
|--------------|------|--------------------|------|------|
| 0xA5<br>(起始) | 0x60 | 开始扫描，输出点云数据        | 扫描模式 | 持续应答 |
|              | 0x65 | 停机，停止扫描            | 停机模式 | 无应答  |
|              | 0x90 | 获取设备信息（型号、固件、硬件版本） | 不切换  | 单次应答 |
|              | 0x92 | 获取设备健康状态           | 不切换  | 单次应答 |
|              | 0x09 | 增加 0.1Hz 当前设置的扫描频率 | 不切换  | 单次应答 |
|              | 0x0A | 减小 0.1Hz 当前设置的扫描频率 | 不切换  | 单次应答 |
|              | 0x0B | 增加 1Hz 当前设置的扫描频率   | 不切换  | 单次应答 |
|              | 0x0C | 减小 1Hz 当前设置的扫描频率   | 不切换  | 单次应答 |
|              | 0x0D | 获取当前设置的扫描频率        | 不切换  | 单次应答 |
|              | 0x40 | 设备软重启              | /    | 无应答  |

### 2.3 系统报文

系统报文时系统根据接收的系统命令反馈的应答报文，不同的系统命令，系统报文的应答模式和应答内容也不一样，其中应答模式有三种：无应答、单次应答、持续应答。

无应答表示系统不反馈任何报文；单次应答表示系统的报文长度是有限的，应答一次即结束；持续应答表示系统的报文长度是无限长的，需要持续发送数据，如进入扫描模式时。

单次应答和持续应答的报文采用同一个数据协议，其协议内容为：起始标志、应答长度、应答模式、类型码和应答内容，通过串口 16 进制输出。

**表 2 YDLIDAR TSA 系统报文数据协议**

| 起始标志   | 应答长度   | 应答模式  | 类型码   | 应答内容 |
|--------|--------|-------|-------|------|
| 16bits | 30bits | 2bits | 8bits | /    |

字节偏移：

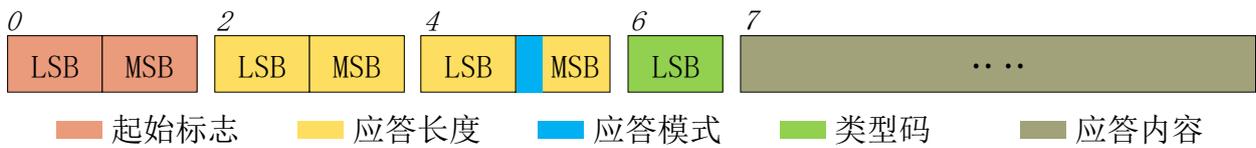


图 3 YDLIDAR TSA 系统报文数据协议示意图

- **起始标志：**TSA 的报文标志统一为 0xA55A；
- **应答长度：**应答长度表示的是应答内容的长度，但当应答模式为持续应答时，长度应为无限大，因此该值失效；
- **应答模式：**该位只有 2bits，表示本次报文是单次应答或持续应答，其取值和对应的模式如下：

**表 3 YDLIDAR TSA 应答模式取值和对应应答模式**

| 应答模式取值 | 0x0  | 0x1 | 0x2 | 0x3 |
|--------|------|-----|-----|-----|
| 应答模式   | 单次应答 | 持续  | 未定义 |     |

- **类型码：**不同的系统命令，对应不同的类型码；
- **应答内容：**不同的系统命令，反馈不同的数据内容，其数据协议也不同。

注 1：TSA 的数据通信采用的是小端模式，低位在前。

注 2：应答报文中，第 6 个字节的低 6 位属于应答长度，高 2 位属于应答模式。

### 3 数据协议

不同的系统命令，有着不同报文的报文内容。而不同类型码的报文中，其应答内容的数据协议也不尽相同。因此，用户需要根据相应的数据协议，来解析应答内容中的数据，如点云数据、设备信息等。

### 3.1 扫描命令 [A5 60]

当外部设备向 TSA 发送扫描命令时，TSA 会进入扫描模式，并反馈点云数据。其应答报文为：

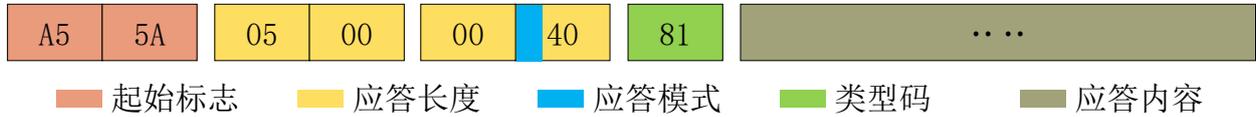


图 4 YDLIDAR TSA 扫描报文示意图

其中第 6 个字节高 2 为 01，因此应答模式取值为 0x1，为持续应答，忽略应答长度，类型码为 0x81；

应答内容为系统扫描的点云数据，其按照以下数据结构，以 16 进制向串口发送至外部设备。

字节偏移：

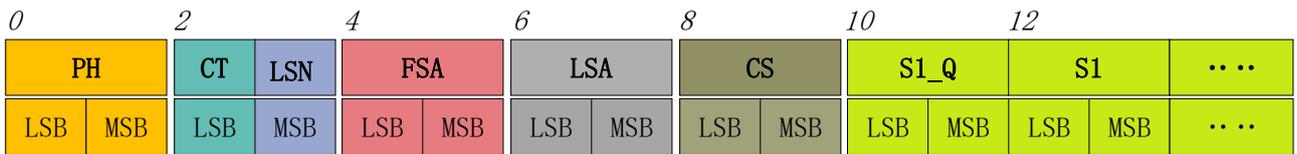


图 5 扫描命令应答内容数据结构示意图

**表 4 扫描命令应答内容数据结构描述**

| 内容       | 名称   | 描述  |
|----------|------|---|
| PH(2B)   | 数据包头 | 长度为 2B，固定为 0x55AA，低位在前，高位在后   |
| CT(1B)   | 包类型  | 表示当前数据包的类型，CT[bit(0)]=1 表示为一圈数据起始，CT[bit(0)]=0 表示为点云数据包，CT[bit(7:1)]为预位 |
| LSN(1B)  | 采样数量 | 表示当前数据包中包含的采样点数量；起始数据包中只有 1 个起始点的数据，该值为 1                               |
| FSA(2B)  | 起始角  | 采样数据中第一个采样点对应的角度数据  |
| LSA(2B)  | 结束角  | 采样数据中最后一个采样点对应的角度数据   |
| CS(2B)   | 校验码  | 当前数据包的校验码，采用双字节异或对当前数据包进行校验   |
| Si_Q(2B) | 信号质量 | 接收信号质量信息，值越大表示信号质量越好  |
| Si(2B)   | 采样数据 | 系统测试的采样数据，为采样点的距离数据   |

#### 3.1.1 起始位解析

当检测到 CT&0x01 = 1 时，表明该包数据为起始数据包，表示一圈数据的开头，该数据包中 LSN=1，即 Si 的数量为 1；

当检测到 CT&0x01 = 0 时，表明该包数据为一圈数据内中间数据包，非一圈数据的起始点。

其距离、角度的具体值解析参见下文。

### 3.1.2 距离解析

距离解算公式： $Distance_i = Si$

其中， $Si$  为采样数据。设采样数据为 44 1A，由于本系统是小端模式，所以本采样点  $S = 0x1A\ 44$ ，带入到距离解算公式，得  $Distance=6724.00mm$ 。

### 3.1.3 信号质量解析

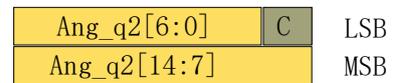
信号质量解算公式： $Quality_i = Si_Q$

其中， $Si_Q$  为信号质量数据。设采样数据为 6F 00，由于本系统是小端模式，所以本采样点  $S = 0x00\ 6F$ ，带入到信号质量解算公式，得  $Quality = 111$ 。

### 3.1.4 角度解析

角度数据保存在 FSA 和 LSA 中，每一个角度数据有如下的数据结构，C 是校验位，其值固定为 1。具体过程如下：

起始角解算公式： $Angle_{FSA} = \frac{Rshiftbit(FSA,1)}{64}$



结束角解算公式： $Angle_{LSA} = \frac{Rshiftbit(LSA,1)}{64}$

图 6 角度数据结构示意图

中间角解算公式： $Angle_i = \frac{diff(Angle)}{LSN-1} * (i - 1) + Angle_{FSA} \quad (i = 2,3, \dots, LSN - 1)$

$Rshiftbit(data, 1)$ 表示将数据 data 右移一位。 $diff(Angle)$ 表示起始角（未修正值）到结束角（未修正值）的顺时针角度差，LSN 表示本帧数据包采样数量。

### 3.1.5 校验码解析

校验码采用双字节异或，对当前数据包进行校验，其本身不参与异或运算，且异或顺序不是严格按照字节顺序，其异或顺序如图所示，因此，校验码解算公式为：

$$CS = XOR_1^{end}(C_i) \quad i = 1,2, \dots, end$$

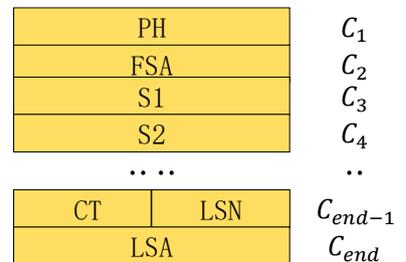


图 7 CS 异或顺序示意图

$XOR_1^{end}$ 为异或公式，表示将元素中从下标 1 到 end 的数进行异或。但异或满足交换律，实际解算中可以无需按照本文异或顺序。

### 3.2 停止命令 [A5 65]

当系统处于扫描状态时，TSA 一直在对外发送点云数据，若此时需要关闭扫描，可以发送此命令，令系统停止扫描。发送停止命令后，系统会处于待机状态，此时，设备的测距单元处于低功耗模式，激光器不亮。

该命令是无响应的，因此系统在接收到该命令后，不会有任何报文应答。

### 3.3 设备信息 [A5 90]

当外部设备向 TSA 发送获取设备信息命令 (A5 90) 时，TSA 会反馈设备的型号、固件版本和硬件版本，以及设备出厂序列号。其应答报文为：



图 8 YDLIDAR TSA 设备信息报文示意图

按照协议解析：应答长度 =0x00000014，应答模式 =0x0，类型码 =0x04。

即应答内容字节数为 20；本次应答为单次应答，类型码为 04，该类型应答内容满足以下数据结构：

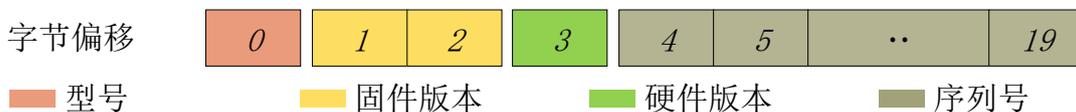


图 9 YDLIDAR TSA 设备信息应答内容数据结构示意图

- **型号：**1 个字节设备机型，如 TSA 的机型代号是 130；
- **固件版本：**2 个字节，低字节为主版本号，高字节为次版本号；
- **硬件版本：**1 个字节，代表硬件版本；
- **序列号：**16 个字节，唯一的出厂序列号。

### 3.4 健康状态 [A5 92]

当外部设备向 TSA 发送获取设备健康状态命令 (A5 92) 时，TSA 会反馈设备的状态码。其应答报文为：



图 10 YDLIDAR TSA 设备健康状态报文示意图

按照协议解析：应答长度 =0x00000003，应答模式 =0x0，类型码 =0x06。

即应答内容字节数为 3；本次应答为单次应答，类型码为 06，该类型应答内容满足以下数据结构：

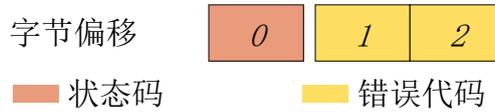


图 11 YDLIDAR TSA 设备健康状态应答内容数据结构示意图

- **状态码：**1 个字节，0x0 表示设备运行正常，0x1 表示设备运行警告，0x2 表示设备运行错误
- **错误代码：**2 个字节，当出现警告或者错误状态时，具体的错误代号会被记录在该字段当中 0x00 表示设备运行无报错。

### 3.5 扫描频率设置 [A5 09/0A/0B/0C]

TSA 提供了多个扫描频率设置的命令接口，用于增加或减少系统的扫描频率，具体如下：

**表 5 扫描频率设置命令描述**

| 系统命令  | 描述                 |
|-------|--------------------|
| A5 09 | 增加 0.1Hz 当前设置的扫描频率 |
| A5 0A | 减小 0.1Hz 当前设置的扫描频率 |
| A5 0B | 增加 1Hz 当前设置的扫描频率   |
| A5 0C | 减小 1Hz 当前设置的扫描频率   |

上述命令是同一类型命令，有着相同的报文结构。扫描频率设置命令有如下报文结构：



图 12 YDLIDAR TSA 扫描频率设置报文示意图

按照协议解析：应答长度 =0x00000004，应答模式 =0x0，类型码 =0x04。

即应答内容字节数为 4；本次应答为单次应答，类型码为 04。其应答内容表示的是当前设置的扫描频率（单位：Hz），其解算公式为：

$$F = \frac{\text{AnswerData}}{100}$$

其中，AnswerData为应答内容（小端模式）换算成十进制数据，单位为赫兹（Hz）。

### 3.6 扫描频率获取 [A5 0D]

该命令用于获取设置的扫描频率（注意不是实时频率），其报文结构和应答内容和扫描频率设置命令一致，用户可参见[扫描频率设置\[A5 09/0A/0B/0C\]](#)，本节不作阐述。

### 3.7 重启命令 [A5 40]

当外部设备向 TSA 发送获取重启设备命令 (A5 40) 时，TSA 会进入软重启，系统重新启动。该命令无应答。

### 3.8 速度控制

TSA 将系统的速度控制集成到系统的命令接口上，并不是硬件接口上。用户可通过调节扫描频率，来改变电机的转速。具体参见[扫描频率设置](#)章节，本节不作详细阐述。

## 4 使用注意

在和 TSA 系列雷达进行命令交互时，除了停止扫描命令 (A5 65)，其他命令不能在扫描模式下进行交互，这样容易导致报文解析错误。

TSA 上电不会旋转，需要发送命令 A5 60 让其进入扫描模式，发送 A5 65 让其停止扫描；

## 5 修订

| 日期         | 版本  | 修订内容 |
|------------|-----|------|
| 2020-12-02 | 1.0 | 初撰   |