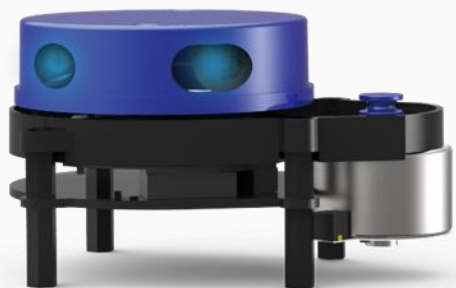


YDLIDAR X4

开发手册



目录

1	工作机制.....	1
1.1	系统工作流程.....	1
2	系统通信.....	2
2.1	通信机制.....	2
2.2	系统命令.....	2
2.3	系统报文.....	2
3	数据协议.....	3
3.1	扫描命令 [A5 60].....	3
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 91].....	7
3.5	重启命令 [A5 80].....	7
4	功耗控制.....	8
4.1	待机控制.....	8
4.2	速度控制.....	8
5	修订.....	9

1 工作机制

YDLIDAR X4（以下简称 X4）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：**X4 上电时，默认为空闲模式，空闲模式时，X4 的测距单元不工作，激光器不亮。
- **扫描模式：**当 X4 进入扫描模式时，测距单元点亮激光器，开始工作，不断得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 X4 运行有错时，如开启扫描时，激光器不亮，电机不转等状况，X4 会自动关闭测距单元，并反馈错误代码。

1.1 系统工作流程

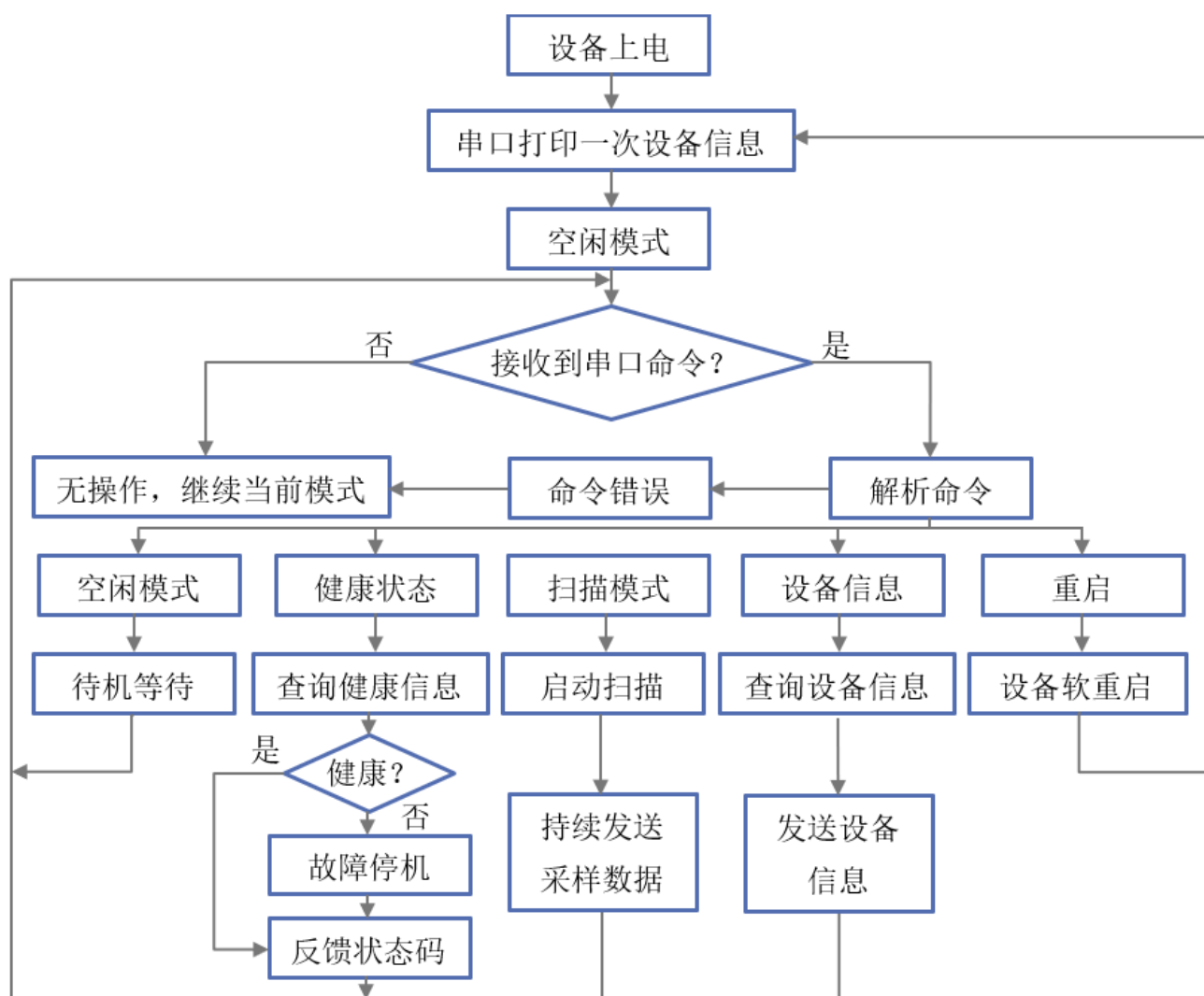


图 1 YDLIDAR X4 系统工作流程图

2 系统通信

2.1 通信机制

X4 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 X4，X4 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 X4 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 X4 相应的工作状态，获取相应的数据。X4 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。X4 对外发布的系统命令如下：

表 1 YDLIDAR X4 系统命令

系统命令	描述	模式切换	应答模式
0xA5 (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
	0x91 获取设备健康状态	不切换	单次应答
	0x80 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。

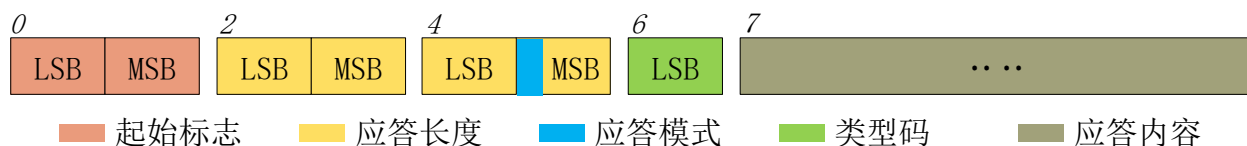
无应答表示系统不反馈任何报文；单次应答表示系统的报文长度是有限的，应答一次即结束；持续应答表示系统的报文长度是无限长的，需要持续发送数据，如进入扫描模式时。

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 X4 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:



- **起始标志:** X4 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 X4 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: X4 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 X4 发送扫描命令时, X4 会进入扫描模式, 并反馈点云数据。其应答报文为:



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：

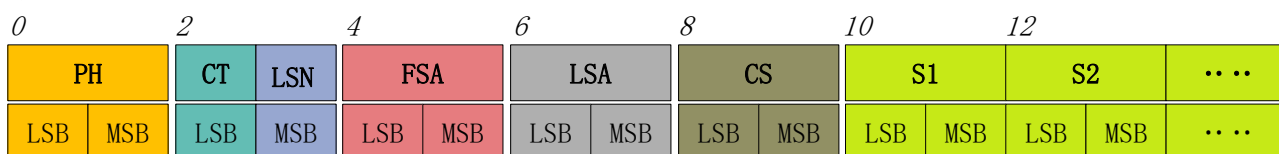


表 4 扫描命令应答内容数据结构描述

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)]为预留位
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(2B)	采样数据	系统测试的采样数据，为采样点的距离数据

➤ 起始位&扫描频率解析

当检测到 CT[bit(0)]=0 时，表明该包数据为点云数据包；

当检测到 CT[bit(0)]=1 时，表明该包数据为起始数据包，表示一圈数据的起始，该数据包中 LSN = 1，即 Si 的数量为 1；其距离、角度的具体值解析参见下文；同时，起始数据包中，CT[bit(7:1)]扫描频率信息， $F = CT[bit(7:1)]/10$ （当 CT[bit(7:1)] = 1 时）。

注：当 CT[bit(7:1)] = 0 时，CT[bit(7:1)]为预留位，未来版本会用作其他用途，因此在解析 CT 过程中，只需要对 bit(0)位做起始帧的判断。

➤ 距离解析

$$\text{距离解算公式: } \text{Distance}_i = \frac{Si}{4}$$

其中， Si 为采样数据。设采样数据为 E5 6F，由于本系统是小端模式，所以本采样点 $S = 0x6FE5$ ，带入到距离解算公式，得 $\text{Distance} = 7161.25\text{mm}$ 。

➤ 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。角度解析有两个等级：一级解析和二级解析。一级解析初步得到角度初值，二级解析对角度初值进行修正，具体过程如下：

一级解析：

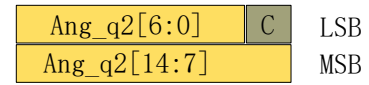


图 6 角度数据结构示意图

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

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

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

$\text{Rshiftbit}(\text{data}, 1)$ 表示将数据 data 右移一位。 $\text{diff}(\text{Angle})$ 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。

二级解析：

$$\text{角度修正公式: } \text{Angle}_i = \text{Angle}_i + \text{AngCorrect}_i \quad (i = 1, 2, \dots, LSN)$$

其中，AngCorrect 为角度修正值，其计算公式如下， tand^{-1} 为反三角函数，返回角度值：

$$\text{IF } \text{Distance}_i == 0 \quad \text{AngCorrect}_i = 0$$

$$\text{ELSE} \quad \text{AngCorrect}_i = \text{tand}^{-1}\left(21.8 * \frac{155.3 - \text{Distance}_i}{155.3 * \text{Distance}_i}\right)$$

设数据包中，第 4~8 字节为 28 E5 6F BD 79，所以 $LSN = 0x28 = 40(\text{dec})$ ， $FSA = 0x6FE5$ ， $LSA = 0x79BD$ ，带入一级解算公式，得：

$$\text{Angle}_{FSA} = 223.78^\circ, \text{Angle}_{LSA} = 243.47^\circ, \text{diff}(\text{Angle}) = 19.69^\circ$$

$$\text{Angle}_i = \frac{19.69^\circ}{39} * (i-1) + 223.78^\circ \quad (i = 2, 3, \dots, 39)$$

假设该帧数据中， $\text{Distance}_1 = 1000$ ， $\text{Distance}_{LSN} = 8000$ ，带入二级解算公式，得：

$AngCorrect_1 = -6.7622^\circ$, $AngCorrect_{LSN} = -7.8374^\circ$, 所以:

$$Angle_{FSA} = Angle_1 + AngCorrect_1 = 217.0178^\circ$$

$$Angle_{LSA} = Angle_{LSA} + AngCorrect_{LSA} = 235.6326^\circ$$

同理, $Angle_i$ ($i = 2, 3, \dots, LSN - 1$), 可以依次求出。

➤ 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:

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

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。

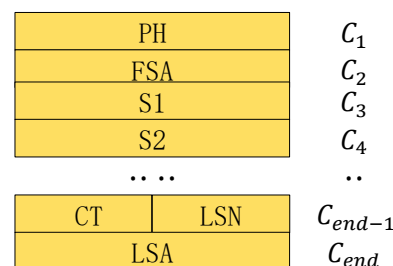


图 7 CS 异或顺序示意图

3.2 停止命令 [A5 65]

当系统处于扫描状态时, X4 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 X4 发送获取设备信息命令 (A5 90) 时, X4 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:

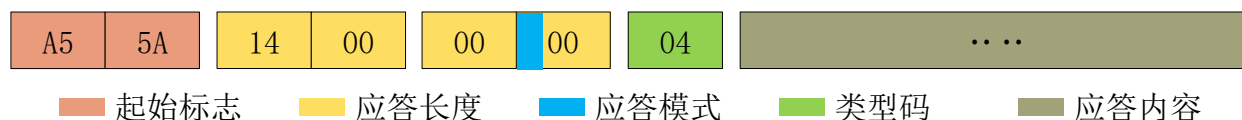


图 8 YDLIDAR X4 设备信息报文示意图

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一下数据结构:

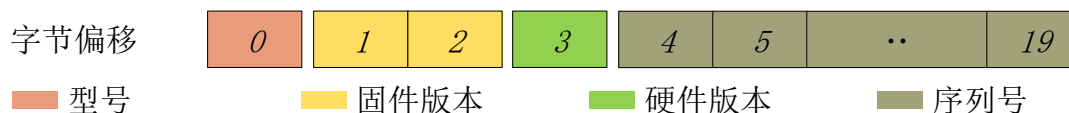


图 9 YDLIDAR X4 设备信息应答内容数据结构示意图

- **型号**：1 个字节设备机型，如 X4 的机型代号是 06；
- **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 91]

当外部设备向 X4 发送获取设备健康状态命令 (A5 91) 时，X4 会反馈设备的状态码。其应答报文为：

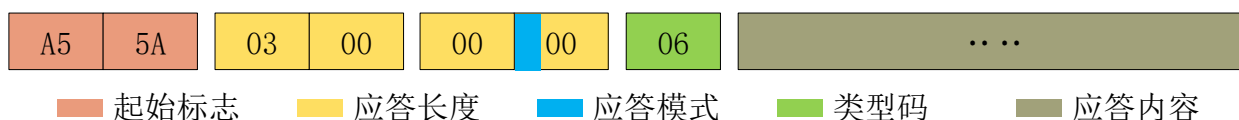


图 10 YDLIDAR X4 设备健康状态报文示意图

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：

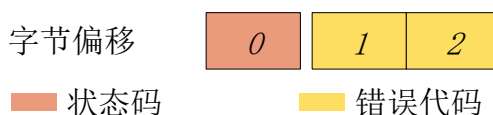


图 11 YDLIDAR X4 设备健康状态应答内容数据结构示意图

- **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 重启命令 [A5 80]

当外部设备向 X4 发送获取设备重启命令 (A5 80) 时，X4 会进入软重启，系统重新启动。该命令无应答。

4 功耗控制

X4 的对外接口中，提供了电机的相关控制接口 (M_EN, M_SCTP) 和功耗的控制接口 (DEV_EN)，用户可设置该三个控制信号来控制设备的功耗。

4.1 待机控制

为了方便用户快速使用，X4 控制信号的默认值（请参考数据手册）没有实现最低功耗，因此，当用户需要调试出最低功耗的待机状态，需要进一步对 M_EN、DEV_EN 进行如下调控：
 $M_EN = 0V$ ， $DEV_EN = 0V$ 。

以此便关闭了电机的使能和测距使能，整个系统便处于最低功耗的待机状态。

4.2 速度控制

同时，用户可以根据实际需要，改变扫描频率来满足需求。通过改变 M_SCTR 管脚输入电压，或改变输入的 PWM 信号的占空比，来调控电机转速（具体控制方法，请参考数据手册）。

5 修订

日期	版本	修订内容
2017-12-01	1.0	初撰
2017-12-26	1.1	优化排版，修订扫描命令内容细节
2017-12-29	1.2	数据协议中，距离解析和角度解析内容修订
2018-01-15	1.3	数据协议中，距离解析和角度解析内容修订，新增角度修正值
2018-02-05	1.4	重启命令修正为 A5 80，同时兼容 A5 40
2018-08-06	1.5	专业术语修改：LL—LSB，HH—MSB
2019-03-21	1.6	更改文档编码：01.13.000001