激光雷达通讯协议

目录

[1. 版本以及修订历史 2](#_Toc454800633)

[2. 基本通讯模式 3](#_Toc454800634)

[1.1标准的单次请求-单次应答模式 3](#_Toc454800635)

[1.2单次请求-多次应答模式 3](#_Toc454800636)

[1.3单次请求/无应答模式 3](#_Toc454800637)

[2. 请求报文格式 4](#_Toc454800638)

[2.1请求命令列表 4](#_Toc454800639)

[3. 应答报文格式 5](#_Toc454800640)

[3.1 起始应答报文 5](#_Toc454800641)

[3.2 数据应答报文 5](#_Toc454800642)

[4. 请求命令详解 6](#_Toc454800643)

[4.1停止扫描(STOP)命令请求 6](#_Toc454800644)

[4.2 测距核心软重启(RESET)命令请求 6](#_Toc454800645)

[4.3 开始扫描采样(SCAN)命令请求与回应数据格式 6](#_Toc454800646)

[4.4 高速扫描（FAST\_SCAN）命令请求与回应数据格式 7](#_Toc454800647)

[4.5强制扫描采样(FORCE\_SCAN)命令请求与回应数据格式 8](#_Toc454800648)

[4.6 设备信息获取（GET\_INFO）命令请求与回应格式 8](#_Toc454800649)

[4.7 设备状态获取（GET\_HEALTH）命令请求与回应格式 9](#_Toc454800650)

[5. 计算SELIDAR的扫描转速 10](#_Toc454800651)

# 版本以及修订历史

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 版本 | 修订内容 | 修订人 | 日期 |
| 0.1 |  |  |  |
| 0.2 |  |  |  |
| 0.3 | 修改高速扫描报文 | 郭俊钊 | 20160612 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

# 基本通讯模式

SELIDAR的通讯采用非文本形式的二进制数据报文进行，且每个数据报文均具有统一的报头数据格式。每次的通讯过程均由外部系统（MCU、PC主机等）发起，SELIDAR的测距核心在通电工作后，不主动向通讯接口另一侧的外部系统发送数据。

外部系统发送至SELIDAR测距核心的数据报文称为：请求(request)，将由SELIDAR测距核心发送回外部系统的数据报文称为：应答(response)。

在收到来自外部系统的请求数据报文后，SELIDAR将执行对应的处理。如果对应的请求期望SELIDAR做出回应，则会发送应答报文。SELIDAR的扫描测距操作同样采用这里定义的请求/应答模式。只有在外部系统发送了开始扫描测距请求后，SELIDAR才开始扫描工作，并连续发送应答数据至外部系统。

按照不同的请求类型，SELIDAR具有三种不同的请求/应答模式：

* 1. 单次请求-单次应答模式
  2. 单次请求-多次应答模式
  3. 单次请求-无应答模式

## 1.1标准的单次请求-单次应答模式

该模式用于外部系统向SELIDAR获取相关信息的通讯中。SELIDAR在收到这类请求后，将在必要的操作后通过单个应答包发送外部系统需要的数据。外部系统应避免在该通讯模式中，SELIDAR还未对前一次请求做出应答前再次发送请求。否则第二次的请求数据可能将被SELIDAR丢弃。

## 1.2单次请求-多次应答模式

该通讯模式用于SELIDAR进行扫描测距的模式下。外部系统在发送开始扫描的请求后，SELIDAR将开始连续的扫描测距。在每次测距操作完成后，对应的测距采样点的信息（距离、角度等）将通过一个独立应答包的形式发送至外部系统。在这个模式下，外部系统只需要发送单次的请求，并开始连续接受来自SELIDAR的多个应答数据文报。

当工作在多次应答通讯模式时，外部系统可以通过发送停止请求或者其他类型的请求模式要求SELIDAR离开多次应答模式。在离开多次应答模式后，SELIDAR将继续处理本次的外部系统请求。如果在发送了测距请求报文后，外部系统再次发送测距请求报文，SELIDAR也将先退出扫描测距模式，离开多次应答模式。并再一次按照外部系统要求进入扫描测距模式。

## 1.3单次请求/无应答模式

对于停止扫描、重启测距核心这类请求命令，SELIDAR采用单次请求，但不做应答的通讯模式。此时外部系统需要在发送请求后的等待一定的时间，待SELIDAR完成了上一次请求操作后方可继续执行下一次请求。否则第二次的请求将可能被SELIDAR丢弃。

# 请求报文格式

所有从外部系统发送至SELIDAR的请求报文均采用如下的格式进行发送，字节发送顺序上采用小字端(little endian)模式。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 起始标志（SOF） | 请求命令（CMD） | 负载长度（LEN） | 数据（Payload） | 校验 （CRC） |
| 0xA5 | 1Byte | 1Byte | 0-255 Bytes | 1Byte |

每个请求报文均以固定的0xA5作为开始字节，SELIDAR将以此识别一个新的请求报文的开头。此外，所有请求报文都必须包含一个字节长度的请求命令字段。如果该请求命令需要额外附带有其他数据，则请求报文还需要附带一个字节的负载数据长度信息、负载数据本身以及一个字节的校验和作为结尾。

其中校验和的值按照如下公式计算得出：

checksum=0 ⨁0𝑥𝐴5 ⨁𝐶𝑚𝑑𝑇𝑦𝑝𝑒 ⨁𝑃𝑎𝑦𝑙𝑜𝑎𝑑𝑆𝑖𝑧𝑒 ⨁𝑃𝑎𝑦𝑙𝑜𝑎𝑑[0]⨁… ⨁𝑃𝑎𝑦𝑙𝑜𝑎𝑑[𝑛]

一个完整的请求报文必须在5秒内完全发送至SELIDAR。如果当前正在发送的请求报文已经花费了5秒以上，SELIDAR协议栈将认为通讯超时。此时该请求报文将被强制丢弃

## 2.1请求命令列表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 命令 | 命令代码 | 命令数据 | 应答模式 | 命令解析 |
| STOP | 0x81 | NA | 无 | 离开扫描状态，进入空闲状态 |
| RESET | 0x82 | NA | 无 | 重启测距核心 |
| SCAN | 0x41 | NA | 多次 | 进入扫描状态 |
| FORCE\_SCAN | 0x42 | NA | 多次 | 进入扫描状态，强制数据输出 |
| FAST\_SCAN | 0x43 | NA | 多次 | 进入高速扫描 |
| CAL\_SCAN | 0x4F | NA | 多次 | 发送CCD像素数据 |
| GET\_INFO | 0x21 | NA | 单次 | 获取设备信息 |
| GET\_HEALTH | 0x22 | NA | 单次 | 获取设备状态 |

# 应答报文格式

应答报文分为起始应答报文和数据应答报文两类。如果当前接收到的请求报文需要发送应答报文，则SELIDAR首先发送起始应答报文，随后按照通讯模式，发送一次或者任意多次的数据应答报文。在一次请求/应答的通讯过程中，起始应答报文只会发送一次，它用以描述后续的数据应答报文的相关信息。

## 3.1 起始应答报文

报文格式：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 起始标志1（SOF1） | 起始标志2（SOF2） | 报文数据 | | 数据类型 |
| 0xA5 | 0x5A | [31:30] | [29:0] | 1Byte |
| 应答模式 | 数据报文长度 |

应答模式：

|  |  |
| --- | --- |
| 应答模式数值 | 模式定义 |
| 0x0 | 单次应答 |
| 0x1 | 多次应答 |
| 0x2 | NA |
| 0x3 | NA |

数据类型表示了数据应答报文发送内容的类型，它与SELIDAR接收到的请求报文类型所对应。外部系统可以通过起始应答报文的信息来确定后续数据应答报文的接收策略。

## 3.2 数据应答报文

与起始应答报文不同，数据应答报文没有统一的格式。不同的数据应答报文的格式

请参考后文具体的应答类型描述。对于同一类数据应答报文，他们具有相同的格式。

# 请求命令详解

## 4.1停止扫描(STOP)命令请求

在外部系统发送了请求命令字段为停止扫描(STOP, 0x25)的请求报文后，SELIDAR将退出正在进行的扫描采样状态，关闭测距系统和激光器，进入空闲模式。如果SELIDAR先前已经工作在空闲状态或者保护停机状态下，则该命令则会被忽略。SELIDAR不会为该请求发送回应报文。建议外部系统需要在发送该请求命令后，延迟1ms以上时间后发送下一次请求。

报文样例：

A5 25

## 4.2 测距核心软重启(RESET)命令请求

在外部系统发送了RESET请求后，测距核心将进行软重启操作。软重启将测距系统恢复到与通电后一样的状态下。当SELIDAR因为故障进入了保护性停机后，外部系统就可以尝试发送RESET命令尝试将SELIDAR恢复至正常工作状态。SELIDAR不会为该请求发送回应报文。建议外部系统需要在发送该请求命令后，延迟2ms以上时间后发送下一次请求。

报文样例：

A5 40

## 4.3 开始扫描采样(SCAN)命令请求与回应数据格式

SELIDAR工作在空闲状态时，在外部系统发送了该请求后，将开始进入测距采样。每个测距采样点将使用数据应答报文发送至外部系统。如果SELIDAR先前已经工作在测距采样状态，则SELIDAR首先将停止正在进行的测距采样功能，并重新开始新一轮的测距采样操作。当SELIDAR进入保护性停机后，该命令请求将被忽略。SELIDAR会在接受该请求后立刻发送起始应答报文，表示SELIDAR接受了进入扫描采样状态的请求。扫描采样的数据应答报文将在SELIDAR的扫描电机稳定旋转后不断的发送给外部系统，直到外部系统发送新的请求而停止扫描采样

报文样例：

请 求： A5 20

起始应答： A5 5A 05 00 00 40 81

0x40000005 -> 0b01 + 0x00000005 多次应答，5Bytes

数据应答：

SELIDAR使用下的数据应答报文结构：

7 6 5 4 3 2 1 0 Bit of 1Byte

B0 ： Q ^S S

B1 : Angle\_q6[6:0] C

B2 : Angle\_q6[14:7]

B3 : Distance\_q2[7:0]

B4 : Distance\_q2[15:8]

解释：

S 扫描起始标志位

^S 扫描起始标志位,取反

C 1

Q 采样点信号质量

Angle\_q6 测距点相对于SELIDAR朝向夹角，实际角度=Angle\_q6/64.0 Deg

Distance\_q2 测距点相对于SELIDAR圆心的距离（mm），使用定点小数表示，测不到距离是显示0，实际距离=Distance\_q2/4.0

## 4.4 高速扫描（FAST\_SCAN）命令请求与回应数据格式

SELIDAR工作在空闲状态时，在外部系统发送了该请求后，将开始进入高速测距采样。每个测距采样点将使用数据应答报文发送至外部系统。如果SELIDAR先前已经工作在测距采样状态，则SELIDAR首先将停止正在进行的测距采样功能，并重新开始新的高速测距采样操作。当SELIDAR进入保护性停机后，该命令请求将被忽略。SELIDAR会在接受该请求后立刻发送起始应答报文，表示SELIDAR接受了进入扫描采样状态的请求。扫描采样的数据应答报文将在SELIDAR的扫描电机稳定旋转后不断的发送给外部系统，直到外部系统发送新的请求而停止扫描采样

报文样例：

请 求： A5 22

起始应答： A5 5A 54 00 00 40 81

0x40000054 -> 0b01 + 0x00000054 多次应答，84Bytes

起始应答：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 起始标志1（SOF1） | 起始标志2（SOF2） | 报文数据 | CRC |
| 0xA5 | 0xB5 |  | 1Byte |

报文数据：

|  |  |
| --- | --- |
| B0 | 起始角度低位 (单位为0.125度) |
| B1 | [7] 表示新的一圈数据  [6:0]起始角度高位 |
| B2 | N0距离值低位（单位为毫米） |
| B3 | N0距离值高位 |
| B4 | N1距离值低位 |
| B5 | N1距离值高位 |
| B6 | [7:4]N0角度偏离值  [3:0]N1角度偏离值 |
| 。。。 |  |
| B77 | N30距离值低位（单位为毫米） |
| B78 | N30距离值高位 |
| B79 | N31距离值低位 |
| B80 | N31距离值高位 |
| B81 | [7:4]N30角度偏离值（0.125度）  [3:0]N31角度偏离值（0.125度） |

2Hz\*360 / 4000 = 0.18 度/点

5Hz\*360 / 4000 = 0.45 度/点 –》 精度0.125 \* 16 = 2度

10Hz\*360 / 4000 = 0.9 度/点

15Hz\*360 / 4000 = 1.35 度/点

82\*10\*4000/32=102500 bps

84\*10\*4000/32=105000 bps

85\*10\*4000/32=106250 bps

角度计算方式： AngleN=AngleS+Dn

Total: 250uS / 4K采样

E1: 110uS

RD: 30uS 1570数 MCLK=100MHz PCLK=50MHz -》 31.4uS

E2: 110uS

## 4.5强制扫描采样(FORCE\_SCAN)命令请求与回应数据格式

强制扫描采样(FORCE\_SCAN)使得SELIDAR忽略当前扫描电机的工作状态而强行进行扫描测距并发送数据应答。该请求可以用于设备测试。SELIDAR采用与开始扫描采样(SCAN)命令类似的处理逻辑来响应强制扫描采样请求。起始应答报文与数据应答报文均与针对SCAN的应答报文一致。

## 4.6 设备信息获取（GET\_INFO）命令请求与回应格式

RPLIDAR在收到外部系统发送该请求后，将自身诸如序列号、固件/硬件版本等信息作为应答发送回外部系统。

报文样例：

请求报文： A5 50

起始应答： A5 5A 14 00 00 00 04 //回复20字节

数据报文：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Byte0 | Byte1 | Byte2 | Byte3 | Byte[15:0] |
| Model | FW\_Minor | FW\_Major | HW | SerialNum |

Model SELIDAR 型号

FW\_Minor Firmware 号 小数部分

FM\_Major Firmware 号 整数部分

HW Hardware 号

SerialNum 16字节序列号

## 4.7 设备状态获取（GET\_HEALTH）命令请求与回应格式

外部系统可以通过发送该请求了解RPLIDAR测距核心的工作状态。如果RPLIDAR因为内部故障进入了保护性停机模式，则会在该请求的应答中发送对应的错误代号。

报文样例：

请求报文： A5 52

起始应答： A5 5A 03 00 00 00 06 //回复3字节

数据报文：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Byte0 | Byte1 | Byte2 |
| Status | Error\_Code[7:0] | Error\_Code[15:8] |

状态：

0： 状态良好

1： 警告

2： 错误

错误：

出现警告或错误时，这个字段会写入相应的错误号

# 计算SELIDAR的扫描转速

大部分情况下外部系统无需关心SELIDAR的实际扫描速度。SELIDAR内部具有扫描转速检测系统，可以实时的适应当前的转动速度，保证测距结果的准确。对于高精度场合，外部系统可以通过PWM驱动等方式，使用计算得到的SELIDAR扫描速度实时控制电机转速，达到恒定扫描频率的作用。

图：通过计算扫描转速结合PWM方式的扫描电机驱动实现扫描转速稳定

外部系统可以自SELIDAR开始测距采样后，记录两个起始标志位为1(S=1)的数据应答报文的接收时间间隔ΔT。它表示了当前SELIDAR测距核心旋转一周的时间。则实际转速可用下列公式得出：

RPM=1/Δ𝑇∗60

通过上述计算，外部系统可将转速信息用作扫描电机的控制反馈。