

M1C1_Mini

开发手册



目 录

- 1、 雷达工作方式
- 2、 雷达指令格式
 - 2.1 雷达控制指令格式
 - 2.2 雷达信息指令格式

1、雷达工作方式

- a) M1C1_Mini 激光雷达上电默认处于静止状态，通过串口发送指令可控制雷达启动和停止，转动方向为顺时针方向。
- b) M1C1_Mini 激光雷达上电后需等待转速稳定才输出数据，在转速调整过程中，伴随部分 0xFE 或 0xFF 的单字节速度调整指令，转速调整时间小于 3 秒。
- c) M1C1_Mini 激光雷达自带电机调速功能，外设可以通过指令控制，实现 5.5Hz 及 7Hz 转速切换。

2、雷达指令格式

雷达指令包括控制指令和信息指令两种，其中控制指令用于激光雷达的转动动作控制，包括启动和停止两种状态模式，运动状态包括低曝光和高曝光两种模式。

2.1 雷达控制指令

2.1.1 Send 发送格式



AA	55
----	----

 : 包头(固定)

XX

 : 功能模式(包含启动 0xF0、低曝光 0xF1、高曝光 0xF2、停止 0xF5)

ZZ

 : 校验和，除了此字段外所有字节的异或，按 1 个字节长度进行

2.1.2 ACK 答复格式



A5	5A
----	----

 : 包头(固定)

XX

 : 功能模式对应

YY

 : 数据区长度，默认为 0x07

--	--	--	--	--	--	--

 : 数据区，默认为 0

ZZ

 : 校验和，除了此字段外所有字节的异或，按 1 个字节长度进行

2.1.3 实例

a) 启动控制指令

Send: AA 55 F0 0F

ACK: A5 5A 50 07 03 00 00 00 00 00 00 AB

其中第 5 个字节 03 表示当前固件版本号为 V3.0。后续软件版本更改，该点将自动变更不赘述

b) 低曝光控制指令

Send: AA 55 F1 0E

ACK: NC

c) 高曝光控制指令

Send: AA 55 F2 0D

ACK: NC

d) 停止控制指令

Send: AA 55 F5 0A

ACK: A5 5A 55 07 00 00 00 00 00 00 00 AD

2.2 雷达信息指令

2.2.1 雷达信息指令格式



A5	5A
----	----

 : 包头

XX	XX
----	----

 : 长度, 低位在前, 如 05 00 代表长度 5

YY	YY
----	----

 : 校验和, 除了此字段外所有字节和

ZZ

 : 包类型, 0x81=上传雷达数据; 0x01=上传雷达信息

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 : 数据区

2.2.2 雷达信息指令

雷达产品信息上传，本条指令为雷达上电后发出的第一条信息指令，上传指令详细描述了 M1C1_Mini 激光雷达的基本产品信息。

A5	5A	14	00	02	04	01	数据区
----	----	----	----	----	----	----	-----

其中数据区长度为 20 个字节, 以下为具体数据:

字节偏移:

1	3	5	7	9	11	13	15	17	19										
4D	31	43	31	5F	4D	69	6E	69	00	00	00	0C	00	00	01	00	00	00	04

第 1-12 字节为激光雷达型号。其中，第 1-9 字节为 M1C1_Mini 的 ASCII 码；第 10 字节为 0x00，代表结束。

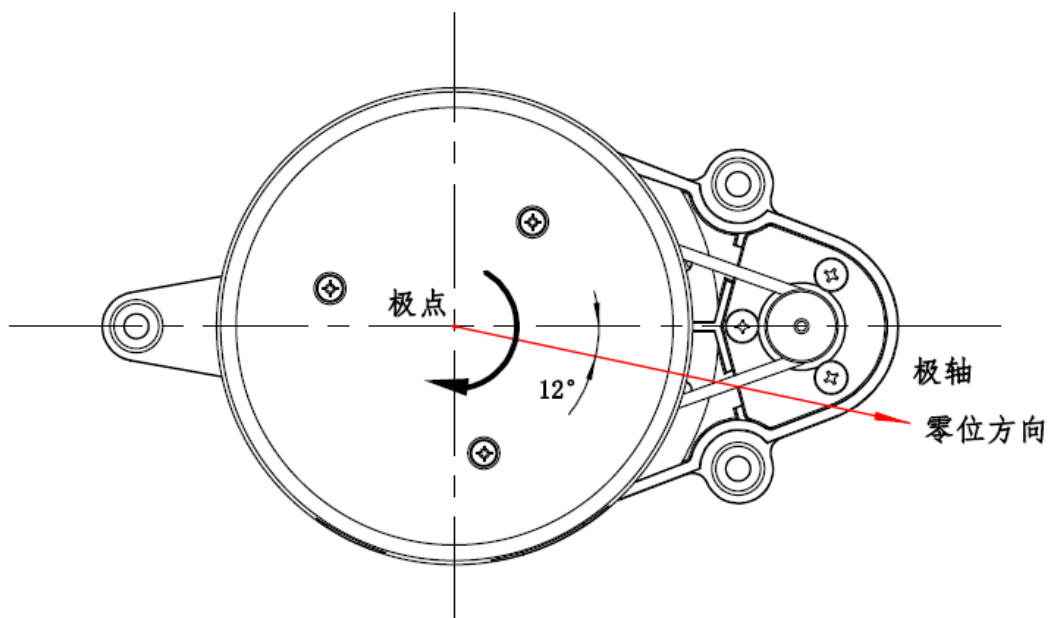
第 13-14 字节为 0C 00，代表雷达数据零度角与下图标注零度角的夹角为 12°，顺时针方向，低位在前。

第 15 字节为 0x00，代表雷达旋转方向为顺时针。

第 16 字节为 0x01，表示需要在扫地机的驱动代码中实现角度矫正。

第 17-19 字节预留，默认为 0。

第 20 字节为 0x04，表示当前的软件版本号为 Rev 4，后续软件版本更新将不再赘述。



2.2.3 雷达数据指令

开始扫描，在开始扫描前固定发送，本条指令为雷达数据正常发送的起始。

A5	5A	00	00	80	01	81	数据区
----	----	----	----	----	----	----	-----

其中，0x80 0x01 为检验和，0x81 位类型码。

数据区为系统扫描的点云数据，统一数据格式如下。

PHL	PHH	M&T	LSN	FSAL	FSAH	LSAL	LSAH	CSL	CSH	SI_L	SI_2 nd	SI_H	S2_L	S2_2 nd	S2_H	...
AA	55															

点云数据格式解析

标识	定义	描述
PH(2B)	数据包头	固定为 0x55AA, 小端模式。
M&T(1B)	扫描频率、固件客户版本及数据包类型	M_bit1: 表示当前雷达的扫描频率或者固件客户版本, 起始数据包以及第一个正常包中该值为有效标识, 其余点云数据包中, 默认为 0; T_bit0: 表示当前数据包的类型; 0x00: 点云数据包 0x01: 起始数据包。
LSN(1B)	采样点数量	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)	起始角度	采样数据中第一个采样点对应的角度数据, 小端模式。
LSA(2B)	结束角度	采样数据中最后一个采样点对应的角度数据, 小端模式。
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(3B)	采样数据	系统测试的采样数据, 为采样点的距离值、强度值

M&T 解析:

M: 在起始包中, 表示当前的扫描频率, $M = \frac{M\&T \gg 1}{10}$; 在起始包后第一个正常包中, $M\&T \gg 1$ 表示

固件客户版本;

T: 表示数据包类型; $T = (M\&T) \& 0x01$; 当检测到 $T=1$ 时, 表明该包数据为起始数据包, 表示激光雷达一圈点云数据的开头, 该数据包中 $LSN = 1$, 即 Si 的数量为 1;

Si 解析:

Si 信息包含采样点的距离值、强度值、曝光模式等信息。具体格式定义如右下图所示。

其中, Exp_M 代表曝光模式, 包含高曝光和低曝光两种, 雷达上电的默认状态为高曝光模式。具体动作定义为:

Intensity[5:0]	Exp_M	Si_L
Distance[5:0]	Intensity[7:6]	Si_2 nd
Distance[13:6]		Si_H

- 1) 高曝光转低曝光模式，转动频率低于 6Hz，而且持续 3 圈以上持续转速，转换时间小于 2 秒；
- 2) 低曝光转高曝光模式，转动频率高于 6.5Hz，而且持续 3 圈以上持续转速，转换时间小于 2 秒。

Exp_M 为 Si_L[1:0]，长度为 2bit，具体表达：

Exp_M=1，表示为高曝光模式；Exp_M=2，表示为低曝光模式。

强度解析：

强度表示为采样点对应采样光斑的有效强度，用于提示该采样点的置信度，表达为 Intensity，长度为一个字节（8bit）。

$$\text{Intensity} = (\text{Si_2}^{\text{nd}} \&0x03) * 64 + (\text{Si_L} \gg 2);$$

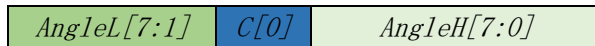
距离解析：

距离表示为采样点对应的测距信息，长度为 14bit，单位为 mm。

$$\text{Distance} = \text{Si_H} * 64 + (\text{Si_2}^{\text{nd}} \gg 2);$$

角度解析：

角度数据保存在 FSA 和 LSA 中，分别表示起始角度和结束角度，每一个角度数据有如下的数据结构，采用小端模式。



其中，C 是校验位，其值固定为 1。角度解析具体过程如下：

起始角 FSA 解算公式：Angle_fsa = (FSA >> 1) / 64 - AngCorrect_i;

结束角 LSA 解算公式：Angle_lsa = (LSA >> 1) / 64 - AngCorrect_{LSN};

中间角解算公式：Angle(i) =

$$(\text{FSA} \gg 1) / 64 + \frac{(\text{LSA} \gg 1) / 64 - (\text{FSA} \gg 1) / 64}{\text{LSN} - 1} * (i - 1) - \text{AngCorrect}_i; \quad [i=2, 3 \dots \text{LSN}-1]$$

其中，AngCorrect 为具体角度修正值，公式如下：

if Distance_i == 0

AngCorrect_i = 0

else

$$\text{AngCorrect}_i = \arctan\left(19.16 * \frac{\text{Distance}_i - 90.15}{90.15 * \text{Distance}_i}\right)$$

假设点云数据包中，BYTE 1~BYTE 8为：AA 55 00 19 39 18 97 23

所以，LSN = 0x19 = 25; FSA = 0x1839; LSA = 0x2397;

带入角度解算公式，得：

$$\text{Angle_fsa} = 48.4375^\circ - 10.9442^\circ = 37.4933^\circ$$

$$\text{Angle_lsa} = 71.1718^\circ - 11.8653^\circ = 59.3065^\circ$$

$$\text{Angle}(i) = 48.4375^\circ + 0.9473^\circ * (i-1) - \text{AngCorrect}_i$$

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，需要注意的是，由于采样数据 S_i 有 3 个字节，需要将 S_i 第一个字节的高 8 位补零再异或。

因此，校验码解算公式为：

$$CS = \text{XOR}_1^n(D_i) \quad [i=1, 2, \dots, n]$$

$\text{XOR}_1^n(D_i)$ 为异或累计公式，表示将 $D_1, D_2 \dots D_n$ 元素进行异或，异或运算与元素顺序无关。