

Benewake 北 醒

TF-NOVA 用户手册



前言

本用户手册包含 TF-NOVA 激光雷达的介绍、使用和维护等内容。正式使用前请仔细阅读本手册，使用过程请严格按照手册所述步骤执行，以避免产品损坏、财产损失、人身损害或/和违反产品保修条款。如在使用过程中遇到无法解决的问题，请联系北醒工作人员协助解决。

联系方式

官网地址：www.benewake.com

联系电话：400-880-9610

咨询技术问题，请联系：support@benewake.com

咨询销售事宜或索取介绍资料，请联系：bw@benewake.com

公司总部地址

北醒（北京）光子科技有限公司

北京市海淀区上地街道海国嘉业科技园 3 层

版权声明

本文档版权归©北醒所有，未经北醒的官方书面许可，请勿对本文档内容进行修改、删减或翻译。

免责声明

TF-NOVA 产品不断改进中，其规格参数会发生迭代变化，请以官网最新版本为准。

目录

1 激光安全信息.....	3
2 安装与维护.....	3
3 产品概述.....	4
3.1 工作原理.....	4
3.2 规格参数.....	4
3.3 结构外观.....	5
3.4 视场角.....	6
4 设备安装.....	6
4.1 机械安装.....	7
4.2 连接器	7
5 通信协议和数据格式.....	8
5.1 串口通讯.....	8
5.2 I ² C 通信.....	9
5.3 开关量模式.....	10
5.4 自定义配置指令	10
5.4.2 系统软件复位 ID_SOFT_RESET=0x02	12
5.4.3 设置输出频率 ID_SAMPLE_FREQ=0x03.....	12
5.4.4 设置输出格式 ID_OUTPUT_FORMAT=0x05	13
5.4.5 设置串口波特率 ID_BAUD_RATE=0x06	13
5.4.6 输出开关 ID_OUTPUT_EN=0x07	14
5.4.7 校验和开关 ID_FRAME_CHECKSUM_EN=0x08.....	15
5.4.8 通讯接口设置 ID_IF_PROTOCOL=0x0A.....	15
5.4.9 修改 I ² C 从机地址 ID_I ² C_SLAVE_ADDR=0x0B.....	16
5.4.10 恢复出厂设置 ID_RESTORE_DEFAULT=0x10.....	17
5.4.11 保存用户设置 ID_SAVE_SETTINGS=0x11	17
5.4.12 设置测距范围 ID_DIST_RANGE=0x3A	18

5.4.13 设置开关量输出模式 ID_ON_OFF_MODE=0x3B	18
附录 I ² C 寄存器列表.....	20

1 激光安全信息

CLASS 1 LASER PRODUCT

IEC 60825-1:2014

EN 60825-1:2014+A11:2021

激光雷达包含红外和可见激光点。红外激光：波长 905nm；

根据 IEC 60825-1:2014 / EN 60825-1:2014+A11:2021，该激光产品满足激光级别 1。



注意！

如使用此处所列以外的操作设备或校准设备或采取其他操作方式，可能带来 辐射危险。

2 安装与维护



注意！

该产品被归类为 1 类激光产品。当测距功能被激活时，激光雷达模块的激光发射器可能会发出激光辐射，因此激光雷达不应瞄准人类和动物，以确保安全。

本产品是为外露镜头安装而设计和校准的，如果需要在镜头前添加保护窗，则需要确保使用 905nm 波长高透射率和有抗反射涂层的材料。

避免检测现场存在烟雾和雾气。

避免冷凝。

避免直接接触湿气和水。

请勿使用粗糙的织物或脏毛巾或腐蚀性产品来清洁激光镜片。

请勿使用高于规格要求的最大电源电压为产品供电。

用压缩空气清洁激光镜片。需要时，只用柔软、干净的超细纤维布擦拭激光镜片。

确保传感器安装稳固，以防止错误读数或损坏。

只有经过培训和合格的人员才能安装、设置和维修激光雷达激光安全信息。

3 产品概述

本章主要介绍 TF-NOVA 的工作原理、规格参数、结构外观和视场角度。

3.1 工作原理

TF-NOVA 是一款基于脉冲时间飞行法测距 (PTof) 的传感器，发射端的激光器经过发射透镜准直发射出脉冲激光信号，经被测物体的反射，回波信号进入接收透镜，被接收端的探测器检测到。内部电路可计算发射与回波信号的时间差，根据光速即可计算被测物体与 LiDAR 之间的距离。

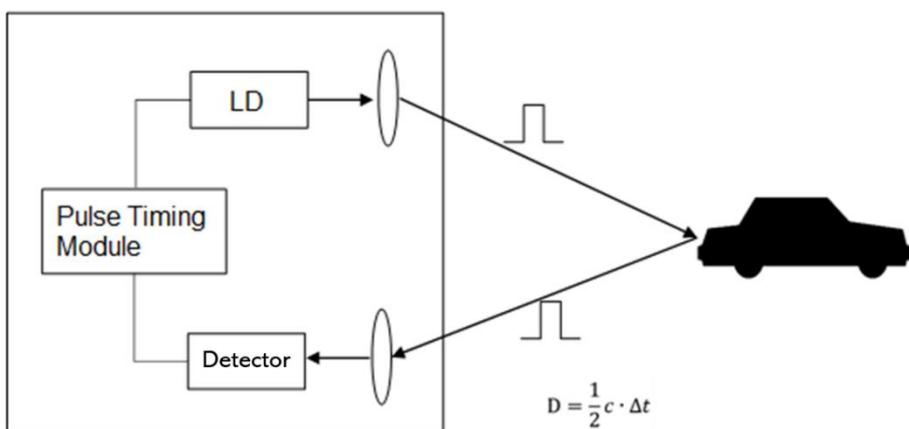


图 1 脉冲时间飞行法测距原理

3.2 规格参数

性能参数	
测量范围 ^①	≥3m @ 3% 反射率, 0Klux ≥7m @ 10% 反射率, 0Klux
盲区	≤ 0.1m
准确度 ^②	±5cm
精度	1cm (1 sigma)
距离分辨率	1cm
帧率	默认 100Hz, 1-500Hz 可定制
光学性能	

光源	VCSEL
中心波长	905nm
视场角	典型值 $14^\circ \times 1^\circ$
激光安全等级	Class 1 Eye-safe [EN60825] (设计保证, 当前样机暂未取得第三方认)
机械电气参数	
平均功耗	TBD
峰值电流	TBD
供电电压	DC $5\pm10\%$ V
工作温度	-25°C ~ +70°C
存储温度	-30°C ~ +80°C
尺寸	典型值 : 26.5x 21.05 x 12.0mm ³
重量	< 5g
硬件接口	1.25mm-5Pin
防护等级	N.A.
线缆长度	10cm
通信接口参数	
通信接口	UART, IIC, I/O
波特率	默认 115200
数据位	8
停止位	1
奇偶校验	None

表 1 主要参数



备注：

①该测量范围在 25°C, 全部光斑打在目标板上时测得, 条件变化可能会引起测量结果变化。

②该准确度为 25°C, 0Klux, 10%反射率背景板条件下测得, 条件变化可能会引起测量结果变化。

3.3 结构外观

雷达整体外观如下：



图 2 TF-NOVA 外观示意图

3.4 视场角

TF-NOVA 的视场角如下图所示，垂直视场角为 1° ，水平视场角为 14° 。

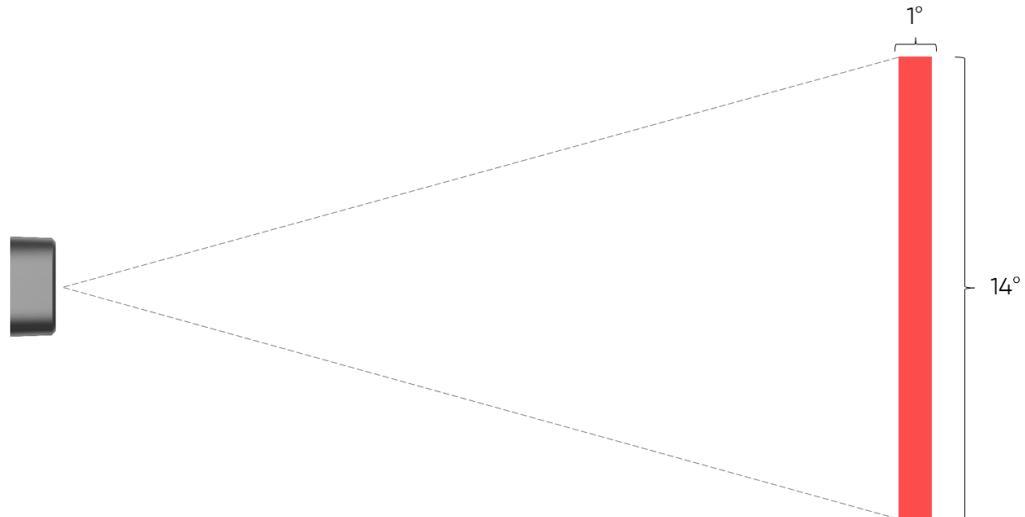


图 3 TF-NOVA 视场角示意图



备注:

14° 、 1° 是理论值。由于生产加工和安装误差，实际视场角与此理论值会存在一定偏差。

4 设备安装

本章主要介绍 TF-NOVA 的机械安装和连接器信息。

4.1 机械安装

TF-NOVA 有 2 个安装定位孔可供使用，如下图所示：

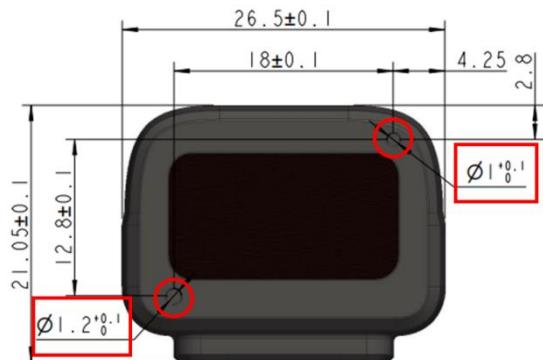


图 4 TF-NOVA 安装孔位示意图

4.2 连接器

连接器端子型号位 1.25mm-5P，如下图所示：

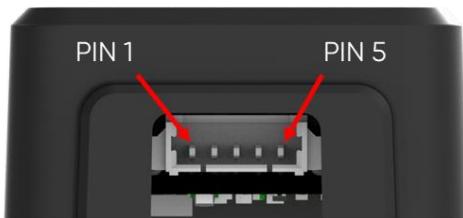


图 5 雷达连接器端子

表 2 端子引脚定义

Pin number	定义
PIN 1	VCC
PIN 2	GND
PIN 3	TXD(3.3V)/SDA
PIN 4	RXD(3.3V)/SCL
PIN 5	IO

5 通信协议和数据格式

5.1 串口通讯

要连接两个设备进行 TTL 通信，发射器的 TXD 应连接到接收器的 RXD，接收器的 TXD 应连接到发射器的 RXD。

雷达不含电源开关，当给雷达供电后，数据会开始自动传输。

表 3 UART 通信协议

字符	值	是否可配置
波特率	115200	可配置
数据位	8	不可配置
停止位	1	不可配置
奇偶校验	无	不可配置



备注：

波特率可以设置为 9600, 14400, 19200, 38400, 56000, 57600, 115200, 128000, 230400, 256000, 460800, 500000, 512000, 600000, 750000, and 921600。TF-NOVA 的默认波特率为 115200。

串口输出格式：

1.9 字节 cm (默认)

字节	0	1	2	3	4	5	6	7	8
描述	0x59	0x5	Dist_L	Dist_H	Peak_L	Peak_H	Temp	Confidence	Check_sum

Dist : cm。

Peak : 信号强度。

Temp : 芯片温度°C。

Confidence : 置信度 0-100

2.9 字节 mm

字节	0	1	2	3	4	5	6	7	8
描述	0x5 9	0x5 9	Dist_L	Dist_H	Peak_L	Peak_H	Temp	Confidence	Check_sum

Dist : mm。

Peak : 信号强度。

Temp : 芯片温度°C。

Confidence : 置信度 0-100

5.2 I²C 通信

TF-NOVA 启动为 I²C 通信模式，引脚 3 为数据线 SDA，引脚 4 为时钟线 SCL，TF-NOVA 做为 I²C 从机，默认从机地址为 0x10，支持最高 400kbps 的时钟频率。I²C 寄存器列表见[附录 I²C 寄存器列表](#)。

注意：本文档中的 I²C 从机地址是 7-bit 的数值，可用范围是[0x08, 0x77]，十进制[8, 119]。I²C 开始信号后发送的第一个字节，需要先将 7-bit 的地址左移一位（乘以 2），再补充最低位的读写标志。如 TF-NOVA 的默认从机地址为 0x10，写操作地址为 0x20，读操作地址为 0x21。

写寄存器时序：

Start	Slave Addr	W	Ack	Register Addr	Ack	Data1	Ack	...	DataN	Ack	Stop
-------	------------	---	-----	---------------	-----	-------	-----	-----	-------	-----	------

读寄存器时序：

Start	Slave Addr	W	Ack	Register Addr	Ack	...	DataN	Nack	Stop
-------	------------	---	-----	---------------	-----	-----	-------	------	------

Start	Slave Addr	R	Ack	Data1	Ack	...	DataN	Nack	Stop
-------	------------	---	-----	-------	-----	-----	-------	------	------

其中读寄存器时序中，主机可以不产生第一个 Stop 信号，直接产生第二个 Start 信号。最后一个 Nack 也可以是 Ack 信号。

通过 I²C 写寄存器后，TF-NOVA 需要一段时间进行处理才能生效，如果用户需要读回寄存器值进行验证，建议在写操作之后等待 100ms 再进行读操作。

5.3 开关量模式

当用户只关心某一距离范围内是否存在目标时，可以通过“5.4.13 设置开关量输出模式 ID_ON_OFF_MODE=0x3B”指令使能 TF-NOVA 的开关量模式。该模式下，探测信息由引脚 5 的高低电平表示。图 3-2 以近高远低模式为例，说明开关量模式的工作方式。

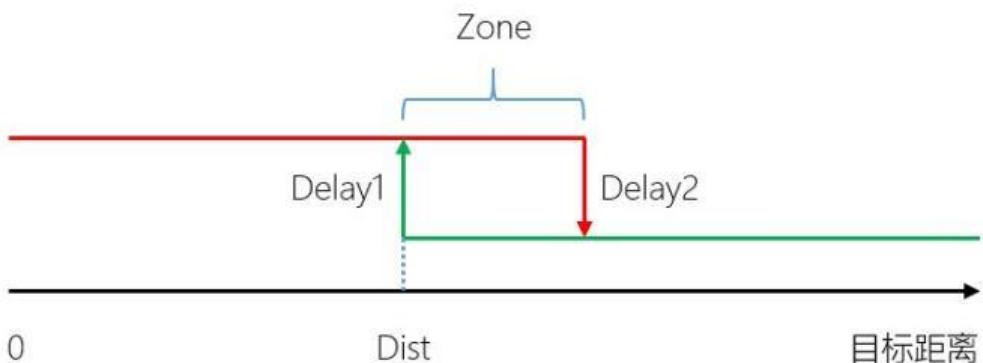


图 6 近高远低的开关量模式

当 Zone 设置为 0，目标距离小于 Dist 时引脚 5 输出高电平，目标距离大于 Dist 时引脚 5 输出低电平。如果目标距离恰好在 Dist 处，可能由于测距的波动性，导致引脚 5 电平频繁高低跳变。可以通过设置 Zone，构成一个滞回区间，避免该问题。当 Zone 不为 0，目标距离大于 Dist+Zone 时才会触发高电平到低电平的跳变，目标距离小于 Dist 时才会触发低电平到高电平的跳变。

开关量模式支持延时设置，当 Delay1 和 Delay2 不为 0，目标距离满足跳变条件时不会立即触发触引脚 5 的电平跳变，只有持续 Delay1 或 Delay2 ms 时间始终满足跳变条件，才会真正触发引脚 5 的电平跳变。

注意，默认设置下，当信号强度小于阈值时，测距值被赋值为 0，当用户使用开关量模式时，如果远距离没有目标，信号强度小于阈值，使得距离值为 0，导致引脚 5 的电平与近距有目标一致。

5.4 自定义配置指令

TF-NOVA 中的一些参数客户可以进行自定义配置，例如数据帧格式、帧率等，可以通过发送特定指令进行更改，所有参数在配置成功后均会保存在 Flash 中，重新上电时无须再次配置。

配置参数时请遵循特定格式和规则，避免发送随机的指令。

数据位	定义	描述
Byte 0	帧头	固定为 0x5A
Byte 1	帧长度	指令帧总长度 (包含 Head 和 Checksum , 单位为字节)
Byte 2	帧 ID	代表不同功能指令的解析方式
Byte 3~Byte N-2	Payload	数据段 , 根据 ID 进行解析 , 数据为小端格式 Opt : 非 1 读取 ; 1 , 写入
Byte N-1	Check sum	对从 Head 到 Payload 的所有字节进行求和计算 , 取低 8 位

5.4.1 获取版本号 ID_GET_VERSION=0x01

下行：

字节	0	1	2	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Check_sum

上行：

字节	0	1	2	3-5	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Version	Check_sum

Version：例如，第3、4、5字节分别为112、50、9，表示版本号9.50.112。

举例：指令 [5A 04 01 5F]

5.4.2 系统软件复位 ID_SOFT_RESET=0x02

下行：

字节	0	1	2	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Check_sum

上行：

字节	0	1	2	3	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Status	Check_sum

Status：0（成功）；非0（失败）。

说明：被修改但未执行“保存当前设置”操作的配置项，将被复原到初始状态。

举例：指令 [5A 04 02 60]

5.4.3 设置输出频率 ID_SAMPLE_FREQ=0x03

下行

字节	0	1	2	3~4	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	FPS	Check_sum
默认值				100	

Freq : 雷达实际实现的工作频率。

上行

字节	0	1	2	3~4	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	FPS	Check_sum

Freq : 雷达实际实现的工作频率。

举例 : 10Hz [5A 06 03 0A 00 6D]

5.4.4 设置输出格式 ID_OUTPUT_FORMAT=0x05

下行

字节	0	1	2	3	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Format	Check_sum
默认值				0x01	

Format : 0x01 (9 字节 cm 输出) , 0x06 (9 字节 mm 输出)

上行

字节	0	1	2	3	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Format	Check_sum

Format : 雷达实际配置成的输出格式。

举例 :

9 字节 mm 输出 [5A 05 05 06 6A]

5.4.5 设置串口波特率 ID_BAUD_RATE=0x06

下行

字节	0	1	2	3~6	Len-1

描述	Head(0x5A)	Len	ID	Baudrate	Check_sum
默认值				115200	

Baudrate : 雷达实际配置成的串口波特率。

说明：可配置的波特率范围[9600,921600]，保存后生效。

上行

字节	0	1	2	3~6	7	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Baudrate	Status 0:成功 !0 : 失败	Check_sum

举例：

9600 [5A 08 06 80 25 00 00 0D]

19200 [5A 08 06 00 4B 00 00 B3]

38400 [5A 08 06 00 96 00 00 FE]

57600 [5A 08 06 00 E1 00 00 49]

115200 [5A 08 06 00 C2 01 00 2B]

230400 [5A 08 06 00 84 03 00 EF]

460800 [5A 08 06 00 08 07 00 77]

921600 [5A 08 06 00 10 0E 00 86]

5.4.6 输出开关 ID_OUTPUT_EN=0x07

下行

字节	0	1	2	3	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Enable	Check_sum
默认值				1	

Enable : 0 (输出不使能)，1 (输出使能)。

上行

字节	0	1	2	3	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Enable	Check_sum

举例：

使能输出 [5A 05 07 01 67]

关闭输出 [5A 05 07 00 66]

5.4.7 校验和开关 ID_FRAME_CHECKSUM_EN=0x08

下行

字节	0	1	2	3	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Enable	Check_sum
默认值				0	

Enable : 0 (校验和不使能) , 1 (校验和使能) 。

说明：校验和不使能时，雷达不对下行数据帧的校验和做检查，上行数据帧中仍包含正确的校验和字节。

上行

字节	0	1	2	3	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Enable	Check_sum

举例：

开启校验和 [5A 05 08 01 68]

关闭校验和 [5A 05 08 00 67]

5.4.8 通讯接口设置 ID_IF_PROTOCOL=0x0A

下行

字节	0	1	2	3	4	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Opt	If_protocol	Check_sum

默认值					!1	
-----	--	--	--	--	----	--

Opt : !1:读取、1：写入

If_protocol : !1:串口 1 : I²C

上行

字节	0	1	2	3	4	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Status 0:成功 !0 : 失败	If_protocol	Check_sum

举例：

修改为 I²C [5A 06 0A 01 01 6C]

说明：保存后生效

5.4.9 修改 I²C 从机地址 ID_I²C_SLAVE_ADDR=0x0B

下行

字节	0	1	2	3	4	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Opt	I ² C_slave_addr	Check_sum
默认值					0x10	

Opt : !1:读取、1：写入

I²C_slave_addr : 范围[0x08, 0x77]；

上行

字节	0	1	2	3	4	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Status 0:成功 !0 : 失败	I ² C_slave_addr	Check_sum

举例：

修改为 0x20 [5A 05 0B 01 20 8B]

5.4.10 恢复出厂设置 ID_RESTORE_DEFAULT=0x10

下行

字节	0	1	2	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Check_sum

上行

字节	0	1	2	3	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Status	Check_sum

Status : 0 (成功) 非 0 (失败)。

举例：

指令 [5A 04 10 6E]

5.4.11 保存用户设置 ID_SAVE_SETTINGS=0x11

下行

字节	0	1	2	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Check_sum

上行

字节	0	1	2	3	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Status	Check_sum

Status : 0 (成功) 非 0 (失败)。

举例：

指令 [5A 04 11 6F]

5.4.12 设置测距范围 ID_DIST_RANGE=0x3A

下行

字节	0	1	2	3	4-5	6-7	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Opt	Min_dist	Max_dist	Check_sum
默认值					0	65535	

Opt : !1:读取、1：写入

Min_dist : 输出的最小距离值，单位 mm

Max_dist : 输出的最大距离值，单位 mm

上行

字节	0	1	2	3	4-5	6-7	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Status	Dist_min	Dist_max	Check_sum

Status : 0 (成功) 非 0 (失败)。

举例：

最小输出距离 200mm，最大输出距离 5000mm [5A 09 3A 01 C8 00 88 13 01]

5.4.13 设置开关量输出模式 ID_ON_OFF_MODE=0x3B

下行

字节	0	1	2	3	4-4	5-6	7-8	9-10	11-12	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Opt	Mode	Dist	Zone	Delay1	Delay2	Check_sum
默认值					0	0	0	0	0	

Opt : !1:读取、1：写入

Mode : 0 (数据输出模式) , 1 (开关量模式，近高远低) , 2 (开关量模式，近低远高)

Dist：临界值，滞回区间的近端点值，单位 cm

Zone：滞回区间大小，单位 cm。

Delay1：防抖延时时间 1，单位 ms。当距离由远变近超过近端阈值，且保持 Delay1 ms 一直小于近端阈值，才切换电平。

Delay2：防抖延时时间 2，单位 ms。当距离由近变远超过远端阈值，且保持 Delay2 ms 一直大于远端阈值，才切换电平。

上行

字节	0	1	2	3	44	5-6	7-8	9-10	11-12	Len-1
描述	Head(0x5A)	Len	ID	Status	Mode	Dist	Zone	Delay1	Delay2	Check_sum

举例：

近高远低，Dist=200cm，Zone=10cm，Delay1=Delay2=1000ms [5A 0E 3B 01 01 C8 00 0A 00 E8 03 E8 03 4D]



注意

请勿发送上述没有的指令。



备注:

发送指令时请按照以下步骤：

- 将参数值修改为十六进制
- 将十六进制数值放入某指令中
- 计算校验和，将低 8 位放入指令中

例如，将波特率修改为 460800，首先将 460800 更改为 HEX (0x00 07 08 00)，然后计算校验和为 0x77，可以得到如下指令-5A 08 06 00 08 07 00 77。

附录 I²C 寄存器列表

Address	R/W	Name	Initial Value	Description
0x00	R	DIST_LOW	--	cm
0x01	R	DIST_HIGH	--	
0x02	R	PEAK_LOW	--	
0x03	R	PEAK_HIGH	--	
0x04	R	TEMP_LOW	--	0.01 摄氏度
0x05	R	TEMP_HIGH	--	
0x06	R	TICK_LOW	--	时间戳
0x07	R	TICK_HIGH	--	
0x08	R	ERROR_LOW	--	错误状态码
0x09	R	ERROR_HIGH	--	
0x0A	R	VERSION_REVISION	--	修订版本
0x0B	R	VERSION_MINOR	--	次版本
0x0C	R	VERSION_MAJOR	--	主版本
0x0D	W/R	IIC_SLAVE_IO_SPEED	0x00	0 (2MHz) , 1 (10MHz) , 2 (50MHz)
0x0E	W/R	FITLER_DIST_LOW	--	距离过滤阈值
0x0F	W/R	FILTER_DIST_HIGH	--	
0x10-0x1D	R	SN	--	生产编码，ASCII 码，14 字节，0x10 存放第一个字节
0x1E	W/R	IF_PROTOCOL	0x00	0x00: 串口模式 0x01: IIC 模式 保存重启后生效
0x20	W	SAVE	--	写 0x01: 保存当前寄存器值
0x21	W	SHUTDOWN/REBOOT	--	写 0x02: 重启

0x22	W/R	SLAVE_ADDR	0x10	范围: [0x08, 0x77]
0x25	W/R	ENABLE	0x01	0x00: 雷达关闭 0x01: 雷达开启
0x26	W/R	FPS_LOW	0x64	帧率
0x27	W/R	FPS_HIGH	0x00	
0x29	W	RESTORE_FACTORY_DEFAULTS	--	写 0x01: 恢复出厂寄存器值
0x2A	W/R	PEAK_THR_LOW	--	PEAK 阈值
0x2B	W/R	PEAK_THR_HIGH	--	
0x2C	W/R	PEAK_THR_FILTER_LOW	--	PEAK 阈值过滤
0x2D	W/R	PEAK_THR_FILTER_HIGH	--	
0x2E	W/R	MIN_DIST_LOW	0x00	最小距离值 , mm , DUMMY_DIST 不受该限制
0x2F	W/R	MIN_DIST_HIGH	0x00	
0x30	W/R	MAX_DIST_LOW	0xFF	最大距离值 , mm , DUMMY_DIST 不受该限制
0x31	W/R	MAX_DIST_HIGH	0xFF	
0x32	W/R	ON_OFF_MODE_DIST_LOW	0x00	开关量输出模式相关寄存器 , 使用方式请参考 : 开关量模式。注意 IIC 寄存器中距离单位为 mm。 注 : 最低固件版本 V1.3.19
0x33	W/R	ON_OFF_MODE_DIST_HIGH	0x00	
0x34	W/R	ON_OFF_MODE_ZONE_LOW	0x00	
0x35	W/R	ON_OFF_MODE_ZONE_HIGH	0x00	
0x36	W/R	ON_OFF_MODE_DELAY1_LOW	0x00	
0x37	W/R	ON_OFF_MODE_DELAY1_HIGH	0x00	

0x38	W/R	ON_OFF_MODE_DELAY2_LOW	0x00	
0x39	W/R	ON_OFF_MODE_DELAY2_HIGH	0x00	
0x3A	W/R	ON_OFF_MODE_EN	0x00	
0x3C- 0x3F	R	SIGNATURE	--	'S' 'P' 'A' 'D'