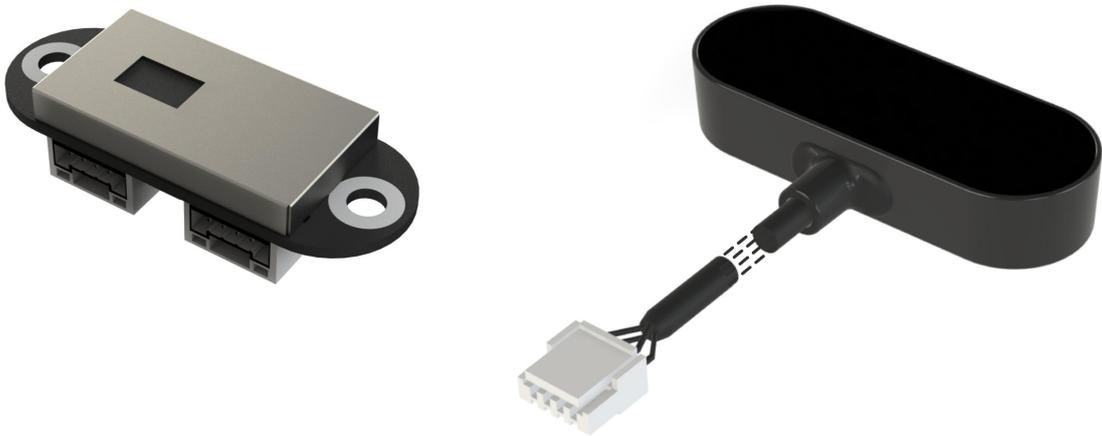


TOFSense 用户手册 V2.5



Language|语言: 简体中文

Firmware|固件版本: V2.0.4

NAssistant|N 助手版本: V4.4.0

Product Series|产品系列: TOFSense, TOFSense P, TOFSense PS

Content|目录

1 Introduction 介绍	5
2 UART Output 串口输出	5
2.1 Active Output 主动输出	5
2.2 Query Output 查询输出	5
3 Can Output CAN 输出	6
3.1 Active Output 主动输出	6
3.2 Query Output 查询输出	7
4 I/O Output I/O 输出	7
5 NAssistant Operations NAssistant 操作	8
5.1 Firmware Update 固件更新	8
5.2 Record, Replay and Export 录制、回放与导出	9
6 FOV 视场角	10
7 CascadeRanging 级联测距	11
8 Protocol Unpack 协议解析	11
8.1 Introduction 介绍	11
8.2 Example 示例	12
8.2.1 NLink_TOFSense_Frame0	12
8.2.2 NLink_TOFSense_Read_Frame0	12
8.2.3 NLink_TOFSense_CAN_Frame0	12
8.2.4 NLink_TOFSense_CAN_Read_Frame0	13
9 FAQ 常见问题	14
10 Reference 参考	16
11 Abbreviation and Acronyms 简写与首字母缩略	16
12 Update Log 更新日志	16
13 Further Information 更多信息	16

Life Support Policy|生命保障政策

Nooploop products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support) where a failure of the Nooploop product would cause severe personal injury or death. Nooploop customers using or selling Nooploop products in such a manner do so entirely at their own risk and agree to fully indemnify Nooploop and its representatives against any damages arising out of the use of Nooploop products in such safety-critical applications.

Nooploop 产品未被授权用于失效的安全关键应用（如生命支持），在这种应用中，Nooploop 产品的故障可能会导致严重的人身伤害或死亡。以这种方式使用或销售 Nooploop 产品的 Nooploop 客户完全自行承担风险，并同意对 Nooploop 及其代表在此类安全关键应用中使用 Nooploop 产品所造成的任何损害给予充分赔偿。

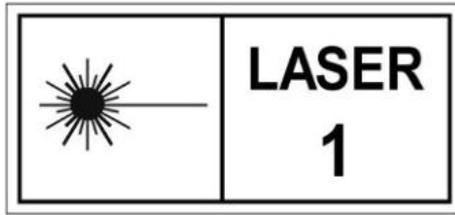
Regulatory Approvals|管理批准

The TOFSense series sensors, as supplied from Nooploop currently have the following laser product certifications. Users need to confirm whether these certifications are applicable according to the region where such products are used or sold. All products developed by the user incorporating the TOFSense series sensors must be approved by the relevant authority governing radio emissions in any given jurisdiction prior to the marketing or sale of such products in that jurisdiction and user bears all responsibility for obtaining such approval as needed from the appropriate authorities.

由 Nooploop 提供的 TOFSense 系列传感器目前获得的激光产品认证如下，用户需根据使用或销售此类产品的所在地区确认是否适用这些认证。用户开发的包含 TOFSense 系列传感器的所有产品必须在该管辖区内销售或销售此类产品之前，由管理任何给定管辖区激光产品的相关主管部门批准，并且用户应根据需要负责获得相关主管部门的批准。

认证说明:

- TOFSense 系列产品符合 IEC 60825-1:2014 第 3 版规定的 Class1 标准



1. Caution - Use of controls or adjustments or performance of procedures other than those specified herein may result in hazardous radiation exposure.
2. According to IEC 60825-1:2014 Safety of laser products - Part 1:Equipment classification and requirements. The maximum output laser power of the product is 50.5uW.

- TOFSense 系列产品符合 GB 7247.1-2012 规定的 1 类激光产品标准



1. 注意：若不按规定使用控制或调整装置、或执行各步操作，就可能引起有害的辐射照射。
2. 依据 GB 7247.1-2012 激光产品的安全 - 第 1 部分：设备分类、要求。产品的最大输出激光功率为 50.5uW。

1 Introduction|介绍

这份文档主要介绍如何使用 TOFSense、TOFSense P、TOFSense PS 系统以及使用过程中需要注意的事项，您可能需要参考以下资料辅助理解：

- TOFSense_Datasheet.pdf

2 UART Output|串口输出

2.1 Active Output|主动输出

UART 主动输出模式仅可在单模块时使用，该模式下 TOFSense 模块以 10Hz、TOFSense P/TOFSense PS 模块以 30Hz 的频率主动输出测量信息，输出格式遵循 NLink_TOFSense_Frame0 协议。

通过 USB 转 TTL 模块(线序和供电电压参考数据手册)连接 TOFSense 系列产品到 NAssistant 软件，识别成功后点击  进入设置页面，UART 主动输出模式配置如图 1，配置完参数后需要点击写入参数按钮来保存参数，写入参数成功后可以读取一次参数来确认参数是否写入成功。



图 1: UART 主动输出模式配置图

2.2 Query Output|查询输出

UART 查询输出模式可在单模块与级联时使用，该模式下通过控制器向期望查询模块发送包含该模块 ID 的查询指令，模块即可输出一帧测量信息。查询帧格式遵循协议 NLink_TOFSense_Read_Frame0，输出帧格式遵循协议 NLink_TOFSense_Frame0。

通过 USB 转 TTL 模块(线序和供电电压参考数据手册)连接 TOFSense 系列产品到 NAssistant 软件，识别成功后点击  进入设置页面，UART 查询输出模式配置如图 2，配置完参数后需要点击写入参数按钮来保存参数，写入参数成功后可以读取一次参数来确认参数是否写入成功。



图 2: UART 查询输出模式配置图

3 Can Output|CAN 输出

3.1 Active Output|主动输出

CAN 主动输出模式可在单模块与级联时使用，该模式下 TOFSense 模块以 10Hz、TOFSense P/TOFSense PS 模块以 30Hz 的频率主动输出测量信息，输出格式遵循协议 NLink_TOFSense_CAN_Frame0。

通过 USB 转 TTL 模块(线序和供电电压参考数据手册)连接 TOFSense 系列产品到 NAssistant 软件，识别成功后点击  进入设置页面，CAN 主动输出模式配置如图 3，配置完参数后需要点击写入参数按钮来保存参数。（如果之前已经切换到了 CAN 或 IO 模式无法直接识别，需按照 FAQ 的方式按住按键上电先配置为 UART 模式再更改参数）



图 3: CAN 主动输出模式配置图

3.2 Query Output|查询输出

CAN 查询输出模式可在单模块与级联时使用，该模式下通过控制器向期望查询模块发送包含该模块 ID 的查询指令，模块即可输出一帧测量信息。查询帧格式遵循协议 NLink_TOFSense_CAN_Read_Frame0，输出帧格式遵循协议 NLink_TOFSense_CAN_Frame0。

通过 USB 转 TTL 模块(线序和供电电压参考数据手册)连接 TOFSense 系列产品到 NAssistant 软件，识别成功后点击  进入设置页面，CAN 查询输出模式配置如图 4，配置完参数后需要点击写入参数按钮来保存参数。（如果之前已经切换到了 CAN 或 IO 模式无法直接识别，需按照 FAQ 的方式按住按键上电先配置为 UART 模式再更改参数）



图 4: CAN 查询输出模式配置图

4 I/O Output|I/O 输出

I/O 输出模式下，模块不能输出测距值，两根信号线的电平状态是相反的，只是在距离从小变大超过高阈值的时候或者从大到小低于低阈值的时候让 I/O 口电平反转。

模块处于 UART 模式时（注意 NAssistant 无法识别处于 I/O 模式下的模块），通过 USB 转 TTL 模块（线序和供电电压参考数据手册）连接 TOFSense 系列产品到 NAssistant 软件，识别成功后点击  进入设置页面，首先设置滞环起点 Band_Start 与滞环宽度 Bandwidth 确定滞环区间，I/O 输出模式配置如图 5；距离值通过滞环比较转换为高低电平输出，TX/CAN_L 与 RX/CAN_H 输出互补电平，滞环比较示意图如图 6 所示。该模式下不可级联。配置完参数后需要点击写入参数按钮来保存参数。

注：切换到 I/O 模式后，如果需要更改 Band_Start、Bandwidth 等参数，可以参考 FAQ 章节中的方式来更改回 UART 模式然后进行配置。

例如，Band_Start 和 Bandwidth 都设置成 500（单位：mm），则低阈值为 0.5 米，高阈值为 1 米。当测距值为 0.3 米时，RX 为高电平，TX 为低电平，测距值变大到 0.8 米，RX 为高，TX 为低，测距值超过 1 米时，电平反转，RX 为低，TX 为高。测距值从 1 米多降到 0.8 米，RX 为低，TX 为高，测距值降低到 0.5 米时，电平反转，RX 为高，TX 为低。

如果只需要一个阈值，则可以把 Bandwidth 设置为 0。另外需要注意：模块输出的高电平为 3.3V，且输出电流较小，驱动其它设备时需要注意是否能驱动，不能直接驱动则可以使用继电器等方式来进行驱动。



图 5: I/O 输出模式配置图

其中 Band_Start 与 Bandwidth 取值范围[0~5000], 单位:mm。

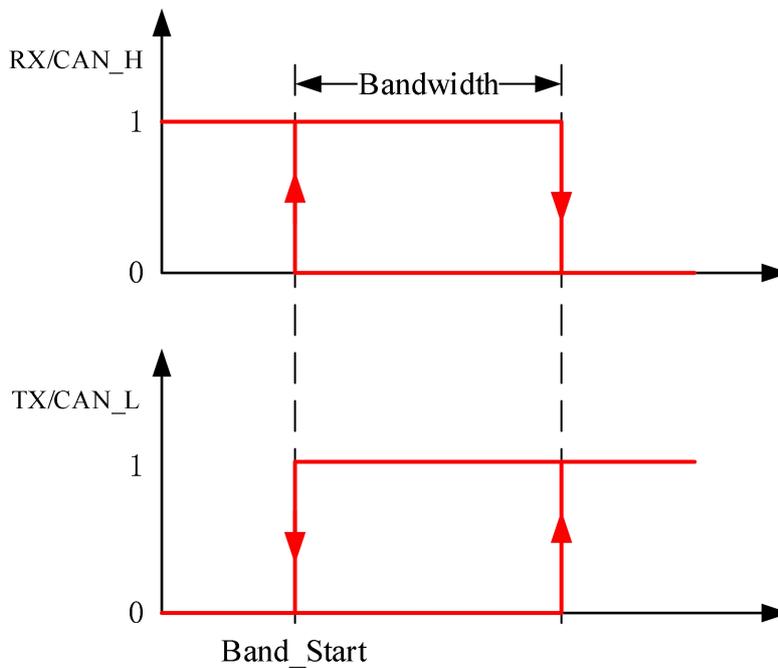


图 6: 滞环比较示意图

5 NAssistant Operations | NAssistant 操作

5.1 Firmware Update | 固件更新

固件升级需要一台可以联网的电脑安装 NAssistant 软件。固件主要分为两种，公开版本固件和测试版本固件。

固件更新、重刷和降级的步骤如下：

1. 点击软件主页面的**固件更新按钮**进入固件更新页面，会自动加载最新的公开版固件（切

换到其它固件后也可以点击“公开版固件”加载最新的公开版固件），点击“测试版固件”在弹出的窗口输入从 Nooploop 官方获取的固件测试码，点击“OK”后可以加载对应的测试版本固件。

2. 点击“固件更新”按钮进行更新（如果当前 NAssistant 连接的模块的固件版本低于或者等于当前加载的固件版本，则“固件更新”按钮处为灰色不可点击状态，即固件降级或者同版本重刷需要先点击“忽略版本”按钮）。

3. 等待进度条变为 100 且页面由灰色恢复正常，确认主页面显示的固件版本是否和加载的一致，一致则表示更新成功。



图 7：固件更新页面示意图

5.2 Record, Replay and Export | 录制、回放与导出

NAssistant 提供了方便的数据**录制**、**回放**及**导出**功能，用户可随时点击主页面菜单栏的  按钮开始实时原始数据录制，再次点击该按钮后将停止录制，并输出*.dat 文件，可通过点击  按钮打开默认存放路径提取录制的*.dat 文件用于数据分析，或者加载录制过的历史数据，软件配备了播放控制条，可调节播放速率、进度等（录制的数据为两次点击录制按钮这段时间之内 NAssistant 软件接收到的数据）。

实时状态或者回放状态均可通过点击  按钮，将开始导出文本数据到本地.xlsx 文件，再次点击该按钮将停止导出并自动打开文件所在文件夹，可用于后续数据分析，导出的数据为两次点击导出按钮这段时间之内 NAssistant 软件接收到的或者回放的.dat 的数据。

注：如果没有自动打开文件夹，则按照软件主页面左下角的 log 提示找到对应路径的文件夹中进行提取，或者点击菜单按钮，点击打开数据文件夹，在“export_data”文件夹中寻找。

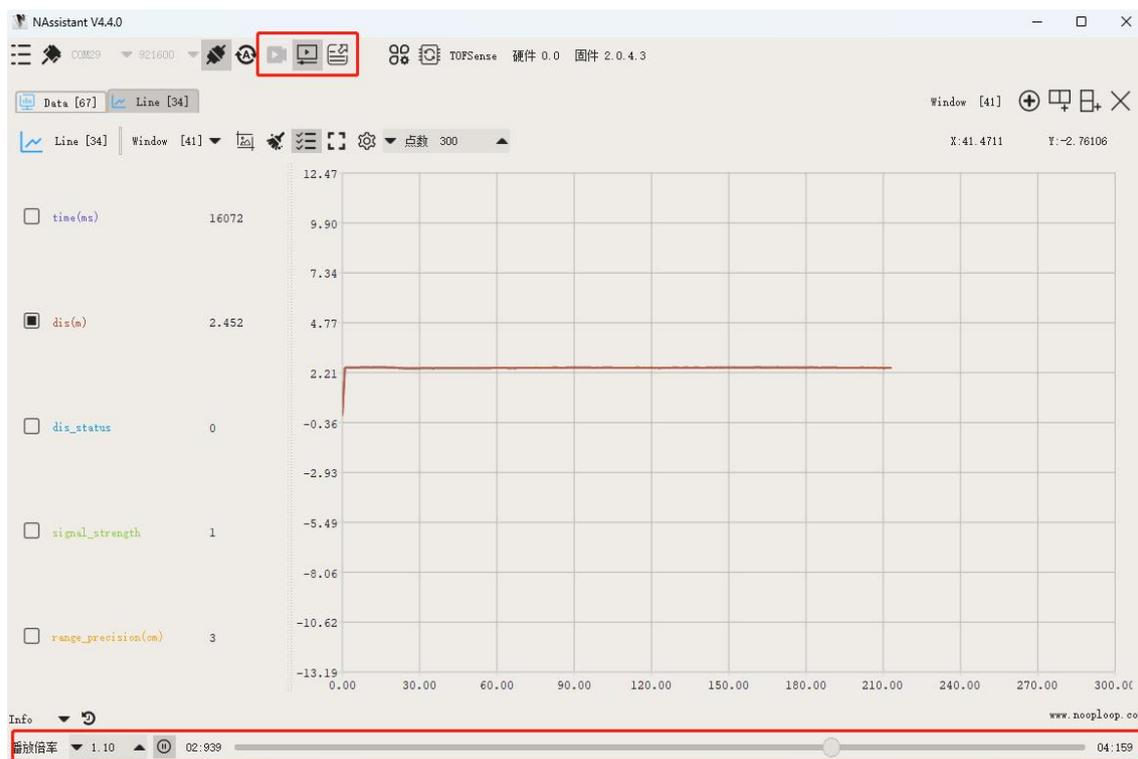


图 8：数据录制回放及导出

6 FOV|视场角

视场角参数代表的是模块发射测距光能够覆盖的角度。模块初始视场角参数 $fov.x=27^\circ$ 、 $fov.y=27^\circ$ 、 $fov.x_offset=0^\circ$ 、 $fov.y_offset=0^\circ$ 。通过设置 X 方向视场角 25° 、Y 方向视场角 15° 、X 方向偏移 1° 、Y 方向偏移 -1° 。可以将模块感兴趣区域变为图 7 右侧所示。

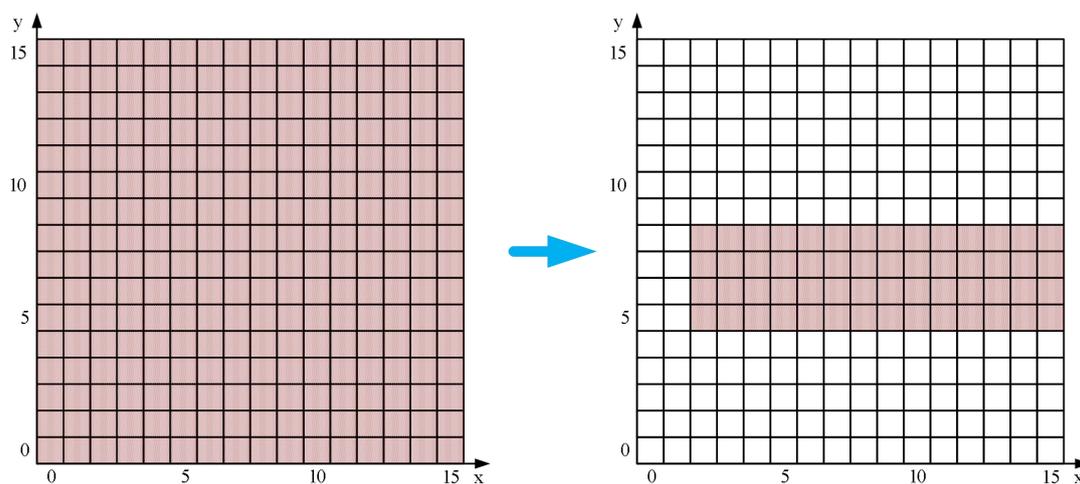


图 9：FOV 配置示意图

较小的 FOV 可以提高模块狭小空间以及小物体的探测性能,但是 FOV 视场角的改变也会对模块的最远测距距离产生影响,视场角越小,最远测距距离越小,TOFSense 某场景(室内、白色墙面背景)下最远测距距离与视场角 FOV 的关系如图 8,TOFSense P 和 TOFSense PS 暂时还未进行测量。用户需根据实际场景选择合适的视场角。

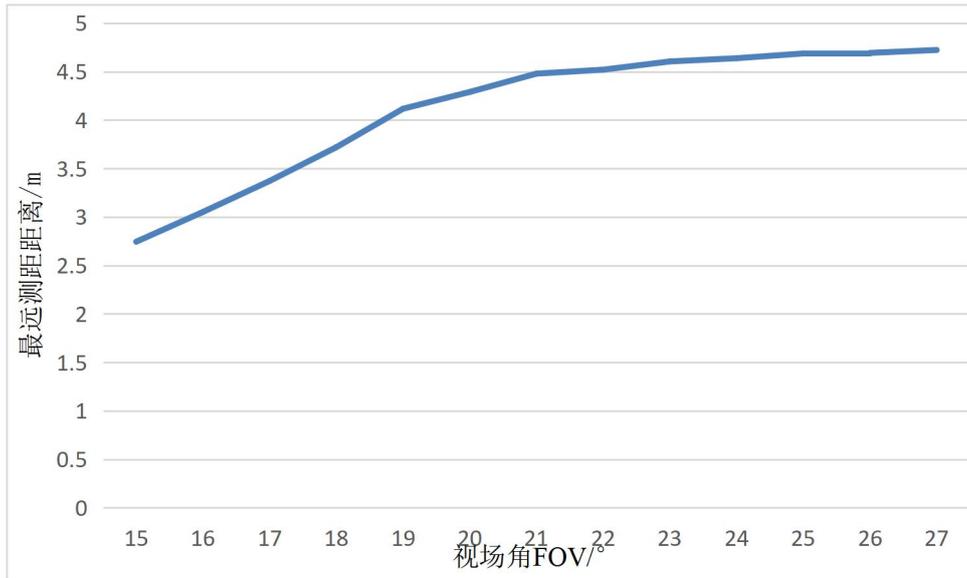


图 10: TOFSense 最远测距距离与视场角 FOV 关系

7 CascadeRanging|级联测距

将多个传感器配置为不同 ID 并串联起来，通过一个通信接口即可读取到所有传感器的测距信息。连接示意图如图 9 所示，TOFSense PS 只有一个通信接口，级联需自行转接。

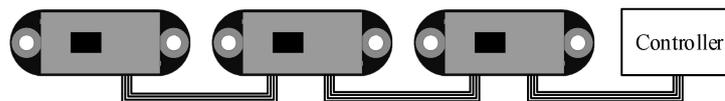


图 11: 级联测距示意图

级联测距下，适合 UART 查询、CAN 查询、CAN 主动输出三种方式。

8 Protocol Unpack|协议解析

8.1 Introduction|介绍

本章协议解析示例基于 NLink 协议，同时可以在官网下载基于 C 语言开发的 NLinkUnpack 示例解析代码，能够有效的减少用户开发周期。

根据 TOFSense 系列产品数据情况，为尽可能用更少的字节数表示更多数据，我们采用整形表示浮点数，通过协议帧传输，因此解包时整形数据但带有倍率的实际上为浮点型，需要对应除以协议中标识的倍率。

特别的，对于 int24 类型，我们需要先转换成 int32 类型，为了保持符号不变，采用左移后除以 256 方式。例如对于位置数据，我们采用 int24 表示，乘率为 1000，解析代码如下：

```
uint8_t byte[] = {0xe6,0x0e,0x00}; //代表十进制数值: 3.814
//uint8_t byte[] = {0xec,0xfb,0xff}; //代表十进制数值: -1.044
int32_t temp = (int32_t)(byte[0] << 8 | byte[1] << 16 | byte[2] << 24) / 256;
float result = temp/1000.0f;
```

目前协议校验主要为协议帧末尾单字节和校验，示例代码：

```
uint8_t verifyChecksum(uint8_t *data, int32_t length){
    uint8_t sum = 0;
    for(int32_t i=0;i<length-1;++){
```

```

        sum += data[i];
    }
    return sum == data[length-1];
}
    
```

8.2 Example|示例

本文中以单模块连续测距为应用场景。

8.2.1 NLink_TOFSense_Frame0

数据来源：将模块连接上位机，配置 UART 为主动输出模式，NLink_TOFSense_Frame0 协议，距离数据解析可以参考 FAQ。

原始数据：57 00 ff 00 9e 8f 00 00 ad 08 00 00 03 00 ff 3a

表 1: NLink_TOFSense_Frame0 解析表

Data	Type	Length (Bytes)	Hex	Result
Frame Header	uint8	1	57	0x57
Function Mark	uint8	1	00	0x00
reserved	uint8	1	...	*
id	uint8	1	00	0
System_time	uint32	4	9e 8f 00 00	36766ms
dis*1000	uint24	3	ad 08 00	2.221m
dis_status	uint8	1	00	0
signal_strength	uint16	2	03 00	3
reserved	uint8	1	...	*
Sum Check	uint8	1	3a	0x3a

8.2.2 NLink_TOFSense_Read_Frame0

数据来源：将模块连接上位机，配置为 UART 查询输出模式，id 为 0，通过上位机发送下列数据实现数据查询。如需查询其他 ID 的模块，更改 id 和校验和字节发送即可。

原始数据：57 10 FF FF 00 FF FF 63

表 2: NLink_TOFSense_Read_Frame0 解析表

Data	Type	Length (Bytes)	Hex	Result
Frame Header	uint8	1	57	0x57
Function Mark	uint8	1	10	0x10
reserved	uint16	2	...	*
id	uint8	1	00	0
reserved	uint16	2	...	*
Sum Check	uint8	1	63	0x63

8.2.3 NLink_TOFSense_CAN_Frame0

数据来源：模块配置为 CAN 主动输出模式，id 为 1，连接 CAN 接收设备。

原始数据： StdID:0x201 + Data: AD 08 00 00 03 00 FF FF

表 3: NLink_TOFSense_CAN_Frame0 解析表

Field name	Part	Level	Type	Length(bits)	Hex	Result
Start Of Frame	SOF		*	1	*	*
Arbitration Field	ID		*	11	0x200+id	0x201
	RTR		*	1	*	*
Control Field	IDE		*	1	*	*
	r0		*	1	*	*
	DLC		*	4	*	*
Data Field	dis*1000		uint24	24	ad 08 00	2.221m
	dis_status		uint8	8	00	0
	signal_strength		uint16	16	03 00	3
	reserved		uint16	16	...	*
CRC Field	CRC		*	15	*	*
	CRC_delimiter		*	1	*	*
ACK Field	ACK Slot		*	1	*	*
	ACK_delimiter		*	1	*	*
End Of Frame	EOF		*	7	*	*

	Dominant level
	Dominant or recessive level
	Recessive level

8.2.4 NLink_TOFSense_CAN_Read_Frame0

数据来源: 模块配置为 CAN 查询输出模式, id 为 1, 连接 CAN 查询设备, 查询设备 id_s 为 2。

原始数据: StdID:0x402 + Data: FF FF FF 01 FF FF FF FF

表 4: NLink_TOFSense_CAN_Read_Frame0 解析表

Field name	Part	Level	Type	Length(bits)	Hex	Result
Start Of Frame	SOF		*	1	*	*
Arbitration Field	ID		*	11	0x400+id_s	0x402
	RTR		*	1	*	*
Control Field	IDE		*	1	*	*
	r0		*	1	*	*
	DLC		*	4	*	*
Data Field	reserved		uint24	24	...	*
	id		uint8	8	01	id = 1
	reserved		uint32	32	...	*
CRC Field	CRC		*	15	*	*
	CRC_delimiter		*	1	*	*
ACK Field	ACK Slot		*	1	*	*
	ACK_delimiter		*	1	*	*
End Of Frame	EOF		*	7	*	*

	Dominant level
	Dominant or recessive level
	Recessive level

9 FAQ|常见问题

Q1. 室外（强光）条件下可以用吗？

模块受自然光影响。一般来说自然光越强，受影响越大，表现为测距距离变短、精度变差、波动变大。强光情况下（如太阳光）一般推荐在近距离检测场景使用。

Q2. 多个模块是否有干扰？

当多个模块同时工作时，即使相互之间的红外光线交叉或打到同一个位置，也不会影响实际测量。如果两个模块处于同一水平高度，且分别朝向对方时测量会对双方都有影响。

Q3. 为什么 TOFSense 没有数据输出？

各个模块均经过严格的测试后发货，没有数据时请先自行检查模式、接线（供电电压、线序是否正确，以及推荐使用万用表测试通信双方两端的引脚是否导通）、波特率等配置是否正确；对于 CAN 输出模式，请检查总线是否含有终端电阻（一般为 120Ω ）。对于 I/O 输出模式，请参考 I/O 模式相关章节介绍。

Q4. 安装时需要注意什么？

如果不希望检测到地面或其它反射面，安装时需避免 FOV 角度内有遮挡。另外需要注意与地面高度，应避免 FOV 内出现地面遮挡等类似反射面，如果安装高度离地面较近，可以考虑将模块稍微倾斜向上进行安装。

Q5. 模块的 UART 与 CAN 和 I/O 是同一个接口吗？

模块的 UART 接口与 CAN 接口公用相同的物理接口，针对不同的通讯模式转换对应线序即可，注意部分型号只支持一种通信方式。

Q6. 切换到 CAN 或 IO 模式后，为什么 NAssistant 软件识别不了模块？如何在不同通讯模式间进行切换？

目前 NAssistant 软件只支持识别 UART 模式下的模块。在 UART 模式下，通过上位机识别成功后进入设置页面可将模块配置为 CAN 或 IO 通讯模式；在 CAN 或 IO 通讯模式下，需按住按键然后将模块上电，当指示灯由快速闪烁变为慢速闪烁后松开按键，此时模块强制进入临时 UART 模式，再通过上位机进入设置页面选择 UART 模式写入参数即可。

对于 TOFSense-PS，在 CAN 模式下可以使用 USB 转 TTL 模块连接至上位机，将波特率更改为 921600 后连接 USB 转 TTL 模块对应端口，多次点击  识别按钮几下即可正常识别模块。

Q7. 固件更新注意哪些事项？

更新过程中不要断电或者拔插 USB 转 TTL，点击固件更新后等待指示灯由快闪变为慢闪后方可正常使用。

Q8. 模块输出的是最近距离、最远距离还是平均距离？

模块单次测量会得到 FOV 内的多组距离值，并由内部处理器处理得到占比最大的距离并输

出。

Q9. 模块是否支持输出点云信息？

模块单次只能输出一个距离，暂时不支持点云信息的输出。

Q10. 不同测距模式下距离量程以及超量程时距离如何输出？

TOFSense:

在短距模式下超量程时，距离输出固定值-0.01，十六进制 0xFFFFF6。

在中距模式下超量程时，距离输出 1~2m 随机跳变。此时可参考信号强度与距离状态进行判断。

在长距模式下超量程时，数据输出 1~2m 随机跳变。此时可参考信号强度与距离状态进行判断。

TOFSense P/TOFSense PS:

各个模式下，测距超量程时，数据会发生跳动，建议直接通过距离状态判断数据可用性，一般只有距离状态为 0 代表数据可用。

Q11. CAN 查询模式下查询不到数据是什么原因？

首先保证 CAN 设备之间线序正确。其次 TOFSense 系列端口不含 120R 匹配电阻，需保证查询设备端电阻匹配，最后检测发送的查询帧格式是否满足 NLink_TOFSense_CAN_Read_Frame0 协议，特别注意标准帧 ID 正确。

Q12. 按住按键无法进入 UART 配置模式是什么原因？

功能按键在出货之前均经过测试，无法进入 UART 模式则多试几次。注意按键需要在上电之前按下，灯慢闪之后松开。

Q13. 模块使用的串口通信端子型号是什么？飞控、单片机上没有这个端子的接口怎么办？

模块使用的是 GH1.25 的端子。可以自行购买 GH1.25 转其他端子的转接线，或者剪断产品附带的 GH1.25-GH1.25 接线，自行焊接其他的端子。线序、供电电压、信号线电平请参考数据手册。

Q14. 接收到的 ad 08 00 如何解算为距离值？

协议帧中的数据是小端模式存储的，而且编码时乘了一定的倍率，举例来说 ad 08 00 先恢复成 16 进制数据 0x0008ad 换算成 10 进制为 2221，除以 1000 为 2.221 米。

Q15. 校验和是怎么计算的？

校验和就是前面所有的字节相加然后取最低字节的数据，比如 55 01 00 ef 03 的校验和就是 $0x55+0x01+0x00+0xef+0x03=0x0148$ ，那校验和就是 48，所以这一帧的完整数据是 55 01 00 ef 03 48。

Q16. ROS 驱动包使用过程中编译出现报错或者没有数据怎么办？

用户使用 ROS 驱动包前，需要先阅读驱动包内的 README.MD 文档，按照文档的步骤和注意事项来使用，还可以参考官网的《ROS 驱动应用图文教程》来进行使用。

10 Reference|参考

[1] TOFSense 数据手册

11 Abbreviation and Acronyms|简写与首字母缩略

表 5: 简写与首字母缩略

Abbreviation	Full Title	中文
TOF	Time of Flight	飞行时间
FOV	Field of View	视场角
HW	Half Wave	半波
VCSEL	Vertical Cavity Surface Emitting Laser	垂直腔面发射

12 Update Log|更新日志

表 6: 更新日志

Version	Firmware Version	Data	Description
1.0	1.0.0	20190817	1. 发布初版手册
1.1	1.0.4	20190923	1. 增加通过 UART 对 FOV 设置的示例 2. 增加 FOV 设置说明 3. 增加 FAQ 4. 修改手册中的错误
1.2	1.0.6	20191213	1. 增加对 FOV 设置的说明 2. 修改手册中的错误
2.0	2.0.0	20200730	1. 增加 I/O 模式说明 2. 扩展 FAQ 3. 修改手册中的错误
2.1	2.0.0	20210623	1. 增加 TOFSense P、TOFSense PS 描述 2. 扩展 FAQ 3. 优化手册描述
2.2	2.0.3	20220211	1. 优化手册描述
2.3	2.0.4	20220924	1. 添加认证相关说明
2.4	2.0.4	20221205	1. 优化部分描述
2.5	2.0.4	20230404	1. 增加固件更新描述 2. 扩展 FAQ 并优化部分描述