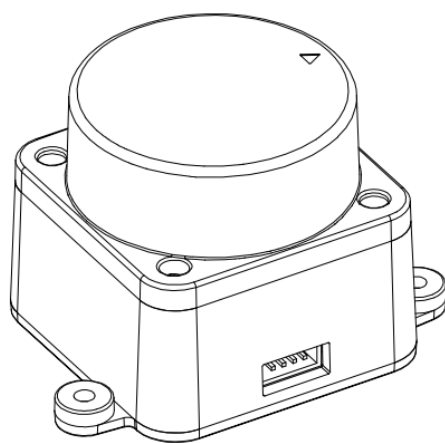


LDROBOT

Move Smarter

激光雷达传感器 LD19

开发手册



COPYRIGHT@2022 SHENZHEN LDROBOT CO.,LTD.

深圳乐动机器人有限公司
SHENZHEN LDROBOT CO.,LTD.

目录

1.	产品描述	3
2.	通讯接口	4
3.	通讯协议	5
3.1.	数据包格式	5
3.2.	测量数据解析	8
3.3.	参考示例	9
4.	坐标系	10
5.	开发套件使用说明	11
5.1.	评估工具的使用方法	11
5.1.1.	硬件线材连接及说明	11
5.1.2.	windows 下驱动程序安装	12
5.1.3.	LdsPointCloudViewer 软件使用	14
5.2.	产品 3D 模型文件	15
5.3.	Linux 下基于 ROS 的使用操作	15
5.3.1.	ROS 环境介绍与安装	15
5.3.2.	获取功能包源码	16
5.3.3.	设置设备权限	16
5.3.4.	编译与环境设置	17
5.3.5.	运行程序并 Rviz 显示雷达点云	18
5.4.	Linux 下基于 ROS2 的使用操作	19
5.4.1.	ROS2 环境介绍与安装	19
5.4.2.	获取功能包源码	20
5.4.3.	设置设备权限	20
5.4.4.	编译与环境设置	21
5.4.5.	运行程序并 Rviz2 显示雷达点云	22
5.5.	Linux 下 SDK 使用说明	23
5.5.1.	获取 SDK 源码	23
5.5.2.	设置设备权限	23
5.5.3.	编译源码	24
5.5.4.	运行程序	24
5.6.	Raspberry Pi SBC 下基于 ROS 的使用说明	25
6.	修订记录	26

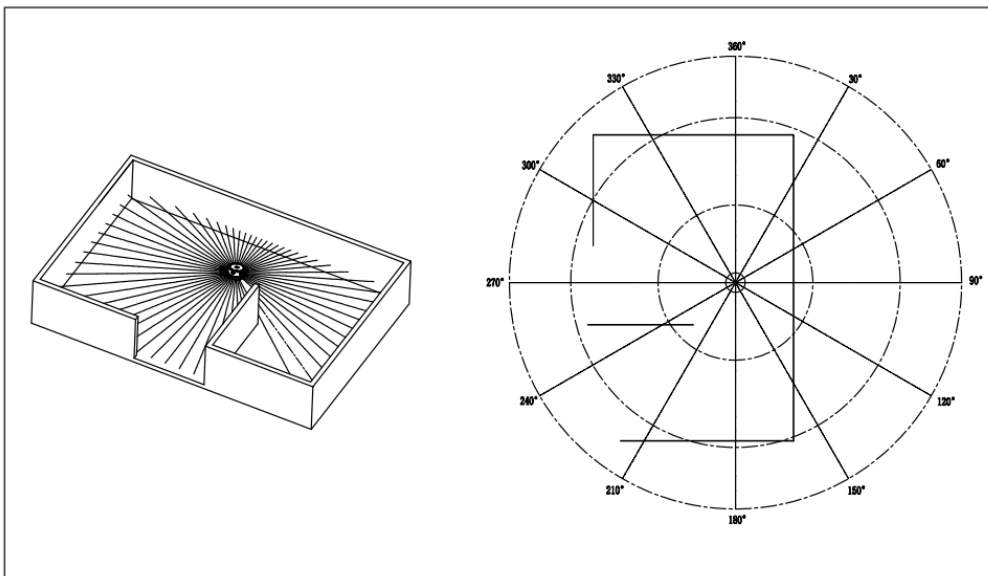
1. 产品描述

LD19 主要由激光测距核心，无线传电单元，无线通讯单元，角度测量单元、电机驱动单元和机械外壳组成。

LD19 测距核心采用 DTOF 技术，可进行每秒 4500 次的测距。每次测距时，LD19 朝前发射出红外激光，激光遇到目标物体后被反射到单光子接收单元。由此，我们获取到了激光的发出时间和单光子接收单元收到激光的时间，两者的时间差即光的飞行时间，飞行时间再结合光速即可解算出距离。

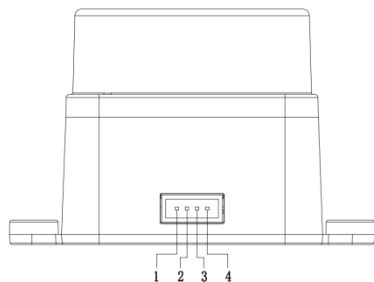
获取到距离数据后，LD19 会融合角度测量单元测量到的角度值组成点云数据，然后通过无线通讯将点云数据发送到外部接口。LD19 支持内部控速，上电后 3 秒内转速可稳定至 $10 \pm 0.1\text{Hz}$ 。同时提供 PWM 外部输入接口，支持外部控速，外部控制单元获取到转速后，通过 PID 算法闭环控制，输入 PWM 信号使 LD19 达到指定的转速。

LD19 点云数据形成的环境扫描图示，如下所示：



2. 通讯接口

LD19 使用 ZH1.5T-4P 1.5mm 连接器与外部系统连接，实现供电和数据接收，具体接口定义和参数要求见下图/表：



序号	信号名	类型	描述	最小值	典型值	最大值
1	Tx	输出	雷达数据输出	0V	3.3V	3.5V
2	PWM	输入	电机控制信号	0V	-	3.3V
3	GND	供电	电源负极	-	0V	-
4	P5V	供电	电源正极	4.5V	5V	5.5V

LD19 具有可无级调速的电机驱动器，支持内部控速和外部控速。在 PWM 引脚接地时，默认为内部调速，默认转速为 $10 \pm 0.1\text{Hz}$ 。外部控速需要在 PWM 引脚接入方波信号，可通过 PWM 信号占空比控制电机的启、停和转速。触发外部控速的条件：a、输入 PWM 频率 20-50K，推荐 30K；b、占空比在(45%, 55%)区间内(不包含 45%和 55%)，且最少 100ms 持续输入时间。触发外部控速后就一直处于外部控速状态，除非断电重启才会恢复内部控速；同时可以通过调节 PWM 占空比进行转速控制。由于每个产品电机的个体差异，占空比设置为典型值时实际转速可能会有差异，如要精确控制电机转速，需根据接收数据中的转速信息进行闭环控制。**注：不使用外部控速时，必须将 PWM 引脚接地。**

LD19 的数据通讯采用标准异步串口(UART)单向发送，其传输参数如下表所示：

波特率	数据长度	停止位	奇偶校验位	流控制
230400bit/s	8 Bits	1	无	无

3. 通讯协议

3.1. 数据包格式

LD19 采用单向通讯，稳定工作后，即开始发送测量数据包，不需要发送任何指令。测量数据包格式如下图所示。

起始符	VerLen	雷达转速		起始角度		数据	结束角度		时间戳		CRC 校验
54H	1 Byte	LSB	MSB	LSB	MSB	.....	LSB	MSB	LSB	MSB	1 Byte

- **起始符**: 长度 1 Byte，值固定为 0x54，表示数据包的开始；
- **VerLen**: 长度 1 Byte，高三位表示帧类型，目前固定为 1，低五位表示一个包的测量点数，目前固定为 12，故该字节值固定为 0x2C；
- **雷达转速**: 长度 2 Byte，单位为度每秒；
- **起始角度**: 长度 2 Byte，单位为 0.01 度；
- **数据**: 一个测量数据长度为 3 个字节，详细解析请见下一小节；
- **结束角度**: 长度 2 Byte，单位为 0.01 度；
- **时间戳**: 长度 2 Byte，单位为 ms，最大为 30000，到达 30000 会重新计数；
- **CRC 校验**: 前面所有数据的校验和；

数据结构参考如下：

```
#define POINT_PER_PACK 12

#define HEADER 0x54

typedef struct __attribute__((packed)) {

    uint16_t distance;

    uint8_t intensity;

} LidarPointStructDef;

typedef struct __attribute__((packed)) {
```

```
uint8_t      header;  
uint8_t      ver_len;  
uint16_t     speed;  
uint16_t     start_angle;  
LidarPointStructDef point[POINT_PER_PACK];  
uint16_t     end_angle;  
uint16_t     timestamp;  
uint8_t      crc8;  
  
}LiDARFrameTypeDef;
```

CRC 校验计算方式如下：

```
static const uint8_t CrcTable[256]={  
0x00, 0x4d, 0x9a, 0xd7, 0x79, 0x34, 0xe3,  
0xae, 0xf2, 0xbf, 0x68, 0x25, 0x8b, 0xc6, 0x11, 0x5c, 0xa9, 0xe4, 0x33,  
0x7e, 0xd0, 0x9d, 0x4a, 0x07, 0x5b, 0x16, 0xc1, 0x8c, 0x22, 0x6f, 0xb8,  
0xf5, 0x1f, 0x52, 0x85, 0xc8, 0x66, 0x2b, 0xfc, 0xb1, 0xed, 0xa0, 0x77,  
0x3a, 0x94, 0xd9, 0x0e, 0x43, 0xb6, 0xfb, 0x2c, 0x61, 0xcf, 0x82, 0x55,  
0x18, 0x44, 0x09, 0xde, 0x93, 0x3d, 0x70, 0xa7, 0xea, 0x3e, 0x73, 0xa4,  
0xe9, 0x47, 0x0a, 0xdd, 0x90, 0xcc, 0x81, 0x56, 0x1b, 0xb5, 0xf8, 0x2f,  
0x62, 0x97, 0xda, 0x0d, 0x40, 0xee, 0xa3, 0x74, 0x39, 0x65, 0x28, 0xff,  
0xb2, 0x1c, 0x51, 0x86, 0xcb, 0x21, 0x6c, 0xbb, 0xf6, 0x58, 0x15, 0xc2,  
0x8f, 0xd3, 0x9e, 0x49, 0x04, 0xaa, 0xe7, 0x30, 0x7d, 0x88, 0xc5, 0x12,  
0x5f, 0xf1, 0xbc, 0x6b, 0x26, 0x7a, 0x37, 0xe0, 0xad, 0x03, 0x4e, 0x99,  
0xd4, 0x7c, 0x31, 0xe6, 0xab, 0x05, 0x48, 0x9f, 0xd2, 0x8e, 0xc3, 0x14,  
0x59, 0xf7, 0xba, 0x6d, 0x20, 0xd5, 0x98, 0x4f, 0x02, 0xac, 0xe1, 0x36,  
0x7b, 0x27, 0x6a, 0xbd, 0xf0, 0x5e, 0x13, 0xc4, 0x89, 0x63, 0x2e, 0xf9,  
0xb4, 0x1a, 0x57, 0x80, 0xcd, 0x91, 0xdc, 0x0b, 0x46, 0xe8, 0xa5, 0x72,  
0x3f, 0xca, 0x87, 0x50, 0x1d, 0xb3, 0xfe, 0x29, 0x64, 0x38, 0x75, 0xa2,
```

```
0xef, 0x41, 0x0c, 0xdb, 0x96, 0x42, 0x0f, 0xd8, 0x95, 0x3b, 0x76, 0xa1,
0xec, 0xb0, 0xfd, 0x2a, 0x67, 0xc9, 0x84, 0x53, 0x1e, 0xeb, 0xa6, 0x71,
0x3c, 0x92, 0xdf, 0x08, 0x45, 0x19, 0x54, 0x83, 0xce, 0x60, 0x2d, 0xfa,
0xb7, 0x5d, 0x10, 0xc7, 0x8a, 0x24, 0x69, 0xbe, 0xf3, 0xaf, 0xe2, 0x35,
0x78, 0xd6, 0x9b, 0x4c, 0x01, 0xf4, 0xb9, 0x6e, 0x23, 0x8d, 0xc0, 0x17,
0x5a, 0x06, 0x4b, 0x9c, 0xd1, 0x7f, 0x32, 0xe5, 0xa8
};

uint8_t CalCRC8(uint8_t *p, uint8_t len){
    uint8_t crc = 0;
    uint16_t i;
    for (i = 0; i < len; i++){
        crc = CrcTable[(crc ^ *p++) & 0xff];
    }
    return crc;
}
```

3.2. 测量数据解析

每个测量数据点由 2 个字节长度的距离值和 1 个字节长度的置信度值组成，如下图所示。

起始符	VerLen	雷达转速		起始角度		数据	结束角度		时间戳		CRC 校验
54H	2CH	LSB	MSB	LSB	MSB	.....	LSB	MSB	LSB	MSB	1Byte



测量点 1			测量点 2			...	测量点 n		
距离值		信号强度	距离值		信号强度		距离值		信号强度
LSB	MSB	1 Byte	LSB	MSB	1 Byte	...	LSB	MSB	1 Byte

距离值的单位为 mm。信号强度值反映的是光反射强度，强度越高，信号强度值越大；强度越低，信号强度值越小。6m 以内的白色物体，信号强度值的典型值在 200 左右。

每个点的角度值是通过起始角度和结束角度线性插值得来，其角度计算方法如下：

$$step = (end_angle - start_angle) / (len - 1);$$
$$angle = start_angle + step * i;$$

其中 len 为一个数据包의 测量点数，i 的取值范围为 [0, len)。

3.3. 参考示例

假设我们收到了如下所示的一段数据

54 2C 68 08 AB 7E E0 00 E4 DC 00 E2 D9 00 E5 D5 00 E3 D3 00 E4 D0 00 E9 CD
00 E4 CA 00 E2 C7 00 E9 C5 00 E5 C2 00 E5 C0 00 E5 BE 82 3A 1A 50

我们对其解析如下：

起始符	VerLen	雷达转速		起始角度		数据	结束角度		时间戳		CRC 校验
54H	2CH	68H	08H	ABH	7EH	.....	BEH	82H	3AH	1AH	50H

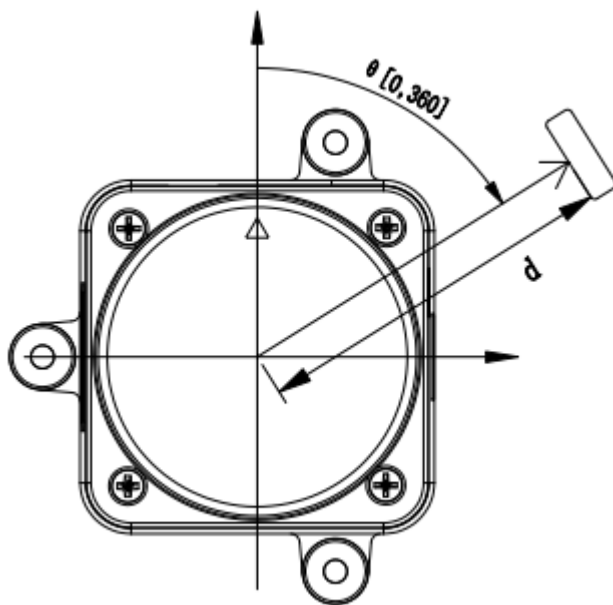


测量点 1			测量点 2			...	测量点 12		
距离值		信号强度	距离值		信号强度		距离值		信号强度
E0H	00H	E4H	DCH	00H	E2H	...	B0H	00H	EAH

字段信息	解析
雷达转速	0868H = 2152 度/s;
起始角度	7EABH = 32427, 即 324.27 度
结束角度	82BEH = 33470, 即 334.7 度
测量点 1-距离值	00E0H = 224mm
测量点 1-信号强度	E4H = 228
测量点 2-距离值	00DCH = 200mm
测量点 2-信号强度	00E2H = 226
...	...
测量点 12-距离值	00B0H = 176mm
测量点 12-信号强度	EAH = 234

4. 坐标系

LD19 使用左手坐标系，旋转中心为坐标原点，传感器的正前方定义为零度方向，旋转角度沿着顺时针方向增大，具体如下图所示。



5. 开发套件使用说明

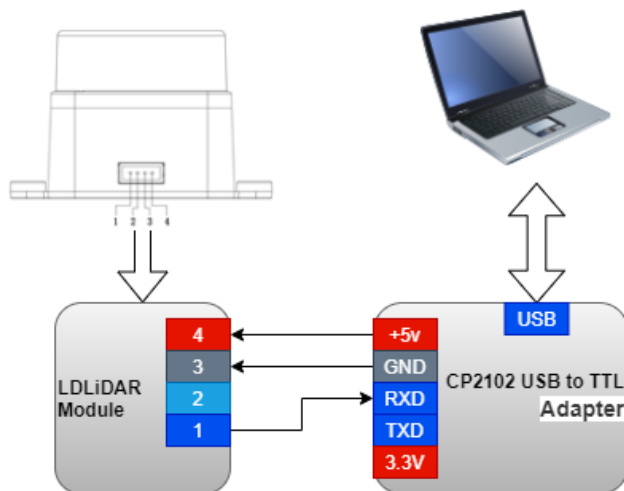
5.1. 评估工具的使用方法

5.1.1. 硬件线材连接及说明

1) 产品、线材、USB 转接板，如下图所示：



2) 连接示意，如下图所示：



5.1.2. windows 下驱动程序安装

在 windows 下对本公司产品进行评估时，需要安装 USB 转接板的串口驱动程序，原因是本公司提供的开发套件中 USB 转接板采用了 CP2102 USB 转串口信号芯片，其驱动程序可以从 Silicon Labs 的官方网站上进行下载：

<https://www.silabs.com/developers/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers>

或者从本公司开源仓库中进行下载：

https://github.com/ldrobotSensorTeam/ld_desktop_tool/releases

解压 CP210x_Universal_Windows_Driver 驱动程序包后，执行驱动程序安装包目录下的 exe 文件，根据 Windows 系统版本，选择 X86(32 位)或者 X64(64 位)。

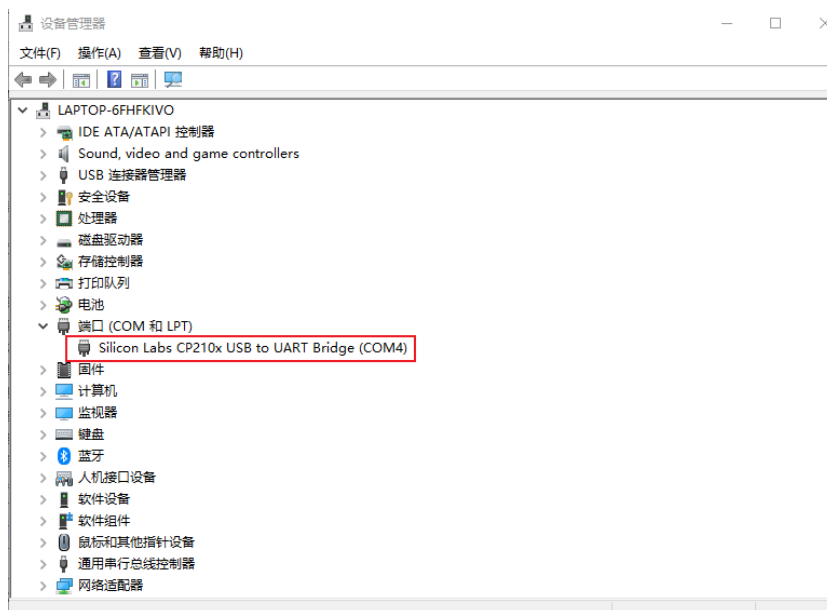
名称	修改日期	类型	大小
arm	2018/12/8 0:06	文件夹	
arm64	2018/12/8 0:06	文件夹	
x64	2018/12/8 0:06	文件夹	
x86	2018/12/8 0:06	文件夹	
CP210x_Universal_Windows_Driver_ReleaseNotes...	2018/12/7 23:53	TXT 文件	20 KB
CP210xVCPInstaller_x64.exe	2018/5/8 6:05	应用程序	1,026 KB
CP210xVCPInstaller_x86.exe	2018/5/8 6:05	应用程序	903 KB
dpinst.xml	2018/5/8 5:46	XML 文件	12 KB
silabser.cat	2018/12/4 2:17	安全目录	13 KB
silabser.inf	2018/12/4 2:17	安装信息	10 KB
SLAB_License_Agreement_VCP_Windows.txt	2016/4/27 22:26	TXT 文件	9 KB

双击 exe 文件，按提示进行安装操作。



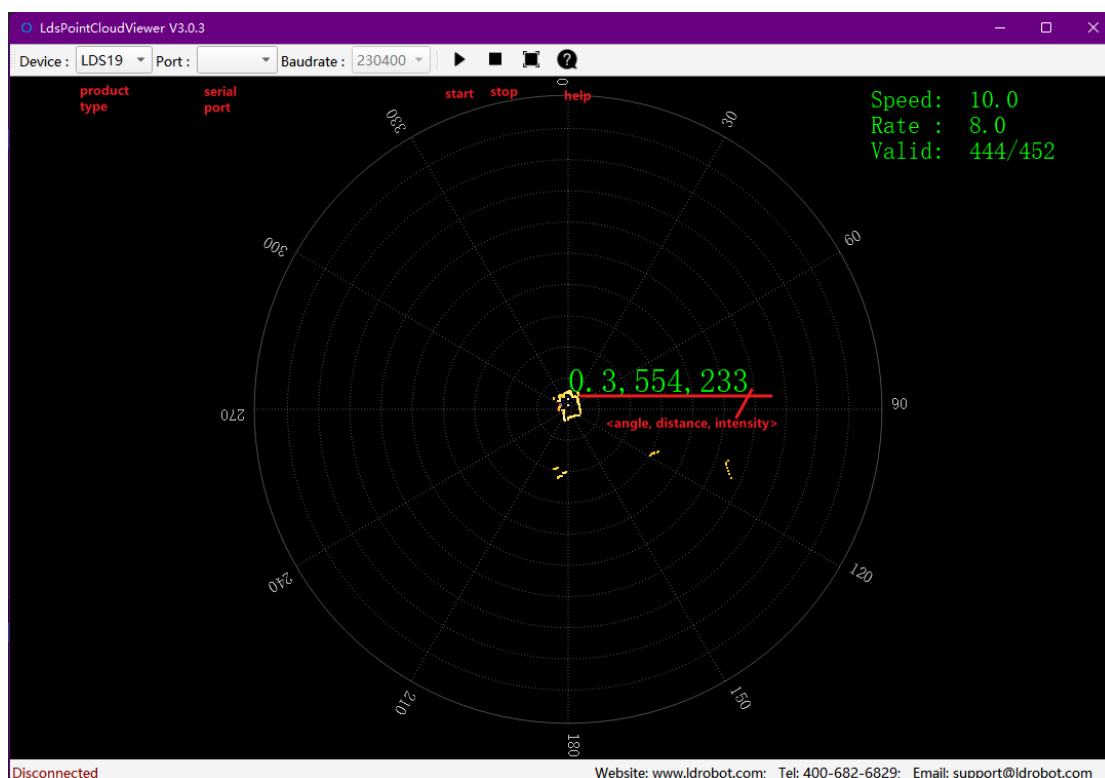
安装完成后，将开发套件中 USB 转接板与电脑相连，可以右键点击【我的

电脑】，选择【属性】，在打开的【系统】界面下，选择左边菜单中的【设备管理器】进入到设备管理器，展开【端口】，可看到识别到的 CP2102 USB 适配器所对应的串口号，即驱动程序安装成功，下图为 COM4。



5.1.3. LdsPointCloudViewer 软件使用

本公司提供了本产品实时扫描的点云可视化软件 LdsPointCloudViewer，开发者可使用该软件直观地观察本产品的扫描效果图。在使用该软件前要确保本产品的 USB 转接板的驱动程序已安装成功，并将本产品与 Windows 系统 PC 的 USB 口互连，然后双击 LdsPointCloudViewer.exe，选择对应的产品型号与端口号，点击启动点云刷新按钮，如下图所示。



上图中，Speed 表示激光雷达扫描频率，单位：Hz；Rate 表示激光雷达数据包解析速率；Valid 表示激光雷达测量一圈的有效点。

LdsPointCloudViewer 软件二进制包可以访问本公司开源仓库进行下载：

https://github.com/ldrobotSensorTeam/ld_desktop_tool/releases

5.2. 产品 3D 模型文件

本公司向开发者提供了本产品的 stp 格式的 3D 模型文件，可以访问本公司开源仓库进行下载：

https://github.com/ldrobotSensorTeam/Product_3D_model/releases

5.3. Linux 下基于 ROS 的使用操作

5.3.1. ROS 环境介绍与安装

ROS（Robot Operating System，简称“ROS”）是一个适用于机器人的开源的元操作系统和建立在 Linux 系统之上的中间件。它提供了操作系统应有的服务，包括硬件抽象，底层设备控制，常用函数的实现，进程间消息传递，以及包管理。它也提供用于获取、编译、编写、和跨计算机运行代码所需的工具和库函数。ROS 各个版本的安装步骤，请参考 ROS 官方网址：<http://wiki.ros.org/ROS/Installation>

本产品的 ROS 功能包，支持的版本环境如下：

- ROS Kinetic(Ubuntu16.04);
- ROS Melodic(Ubuntu18.04);
- ROS Noetic(Ubuntu20.04).

5.3.2. 获取功能包源码

本产品 ROS 功能包源码托管在 Github 和 Gitee 的仓库上,可以通过访问仓库网络链接的方式下载 master 或者 main 分支的源码,或者通过 git 工具下载。

1) 仓库网站地址

- https://gitee.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_ros
- https://github.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_ros

2) git 工具方式下载操作

```
# 首先打开终端界面, 可以通过 ctrl+alt+t 快捷键的方式
# 如果你所使用的 Ubuntu 系统没有安装 git 工具, 可以通过如下方式进行安装:
$ sudo apt-get install git
# 下载产品 ROS 功能包源码:
$ cd ~
$ mkdir -p ldlidar_ros_ws/src
$ cd ~/ldlidar_ros_ws/src
$ git clone https://gitee.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_ros.git
# 或者
$ git clone https://github.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_ros.git
```

5.3.3. 设置设备权限

首先, 将雷达接上我们的转接模块(CP2102 串口转接模块), 模块接入电脑。然后, 在 ubuntu 系统下打开一个终端, 输入 `ls /dev/ttyUSB*` 查看串口设备是否接入。若检测到串口设备, 则使用 `sudo chmod 777 /dev/ttyUSB*` 命令给其赋予最高权限, 即给文件拥有者、群组、其他用户读写和执行权限, 如下图所示。


```
linux@ubuntu: ~  
linux@ubuntu:~$ ls /dev/ttyUSB*  
/dev/ttyUSB0  
linux@ubuntu:~$ sudo chmod 777 /dev/ttyUSB*  
[sudo] password for linux:  
linux@ubuntu:~$
```

最后，修改~/ldlidar_ros_ws/src/ldlidar_stl_ros/launch/目录下 ld19.launch 文件中的 port_name 值，以雷达挂载在系统中设备号为/dev/ttyUSB0 为例，如下所示。

```
$ nano ~/ldlidar_ros_ws/src/ldlidar_stl_ros/launch/ld19.launch
```

```
linux@ubuntu: ~  
GNU nano 2.5.3 File: ...lidar_stl_ros/launch/ld06.launch  
  
<launch>  
<node name="LD06" pkg="ldlidar_stl_ros" type="ldlidar_stl_ros_node"$  
<param name="product_name" value="LDLiDAR_LD06"/>  
<param name="topic_name" value="LiDAR/LD06"/>  
<param name="port_name" value="/dev/ttyUSB0"/>  
<param name="frame_id" value="lidar_frame"/>  
</node>  
</launch>
```

Linux nano 编辑器：Ctrl + O 对编辑文件进行保存；Ctrl + X 退出编辑界面。

5.3.4. 编译与环境设置

1) 使用 catkin 编译系统，编译与构建产品功能包：

```
$ cd ~/ldlidar_ros_ws  
$ catkin_make
```

2) 功能包环境变量设置：

编译完成后需要将编译生成的相关文件加入环境变量，便于 ROS 环境可以识别，执行命令如下所示，该命令是临时给终端加入环境变量，意味着您如果重新打开新的终端，也需要重新执行如下命令。

```
$ cd ~/ldlidar_ros_ws  
$ source devel/setup.bash
```

为了重新打开终端后，永久不用执行上述添加环境变量的命令，可以进行如

下操作。

```
$ echo source ~/ldlidar_ros_ws/devel/setup.bash >> ~/.bashrc  
$ source ~/.bashrc
```

5.3.5. 运行程序并 Rviz 显示雷达点云

利用 roslaunch 工具启动雷达节点，执行如下命令。

```
$ roslaunch ldlidar_stl_ros ld19.launch
```

启动激光雷达节点并在 Rviz 上显示激光雷达点云数据，执行如下命令：

```
# if ROS_DISTRO in 'kinetic' or 'melodic'  
$ roslaunch ldlidar_stl_ros viewer_ld19_kinetic_melodic.launch  
  
# if ROS_DISTRO in 'noetic'  
$ roslaunch ldlidar_stl_ros viewer_ld19_noetic.launch
```

5.4. Linux 下基于 ROS2 的使用操作

5.4.1. ROS2 环境介绍与安装

ROS（Robot Operating System，简称“ROS”）是一个适用于机器人的开源的元操作系统和建立在 Linux 系统之上的中间件。它提供了操作系统应有的服务，包括硬件抽象，底层设备控制，常用函数的实现，进程间消息传递，以及包管理。它也提供用于获取、编译、编写、和跨计算机运行代码所需的工具和库函数。自 ROS 于 2007 年启动以来，机器人和 ROS 社区发生了很大变化。ROS2 项目的目标是适应这些变化，利用 ROS1 的优点并改进不足之处。ROS2 安装步骤，请参考 ROS2 官方网址: <https://docs.ros.org/en/foxy/Installation.html>

本产品的 ROS2 功能包，支持在 ROS2 foxy 版本及以上环境下使用。

5.4.2. 获取功能包源码

本产品 ROS2 功能包源码托管在 Github 和 Gitee 的仓库上，可以通过访问仓库网络链接的方式下载 master 或者 main 分支的源码，或者通过 git 工具下载。

1) 仓库网站地址

- https://gitee.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_ros2
- https://github.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_ros2

2) git 工具方式下载操作

```
# 首先打开终端界面，可以通过 ctrl+alt+t 快捷键的方式
# 如果你所使用的 Ubuntu 系统没有安装 git 工具，可以通过如下方式进行安装
$ sudo apt-get install git
# 下载产品 ROS2 功能包源码：
$ cd ~
$ mkdir -p ldlidar_ros2_ws/src
$ cd ~/ldlidar_ros2_ws/src
$ git clone https://gitee.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_ros2.git
# 或者
$ git clone https://github.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_ros2.git
```

5.4.3. 设置设备权限

首先，将雷达接上我们的转接模块(CP2102 串口转接模块)，模块接入电脑。然后，在 ubuntu 系统下打开一个终端，输入 `ls /dev/ttyUSB*` 查看串口设备是否接入。若检测到串口设备，则使用 `sudo chmod 777 /dev/ttyUSB*` 命令给其赋予最高权限，即给文件拥有者、群组、其他用户读写和执行权限，如下图所示。

```
linux@ubuntu: ~  
linux@ubuntu:~$ ls /dev/ttyUSB*  
/dev/ttyUSB0  
linux@ubuntu:~$ sudo chmod 777 /dev/ttyUSB*  
[sudo] password for linux:  
linux@ubuntu:~$
```

最后，修改~/ldlidar_ros2_ws/src/ldlidar_stl_ros2/launch/目录下 ld19.launch.py 文件中的 port_name 值，以雷达挂载在系统中设备号为/dev/ttyUSB0 为例，如下所示。

```
$ nano ~/ldlidar_ros2_ws/src/ldlidar_stl_ros2/launch/ld19.launch.py
```

```
linux@ubuntu: ~  
...gfs/hmd ubuntu/ldlidar_stl_ros2_ws/src/ldlidar_stl_ros2/launch/ld06.launch.py  
#!/usr/bin/env python3  
from launch import LaunchDescription  
from launch_ros.actions import Node  
  
def generate_launch_description():  
    return LaunchDescription([  
        Node(  
            package='ldlidar_stl_ros2',  
            executable='ldlidar_stl_ros2_node',  
            name='LD06',  
            output='screen',  
            parameters=[  
                {'product_name': 'LDLIDAR_LD06'},  
                {'topic_name': 'lidar/LD06'},  
                {'port_name': '/dev/ttyUSB0'},  
                {'frame_id': 'lidar_frame'}  
            ]  
        )  
    ])  
}
```

Linux nano 编辑器：Ctrl + O 对编辑文件进行保存；Ctrl + X 退出编辑界面。

5.4.4. 编译与环境设置

- 1) 使用 colcon 编译系统，编译与构建产品功能包:

```
$ cd ~/ldlidar_ros2_ws
```

```
$ colcon build
```

- 2) 功能包环境变量设置:

编译完成后需要将编译生成的相关文件加入环境变量，便于 ROS2 环境可以识别，执行命令如下所示，该命令是临时给终端加入环境变量，意味着您如果重新打开新的终端，也需要重新执行如下命令。

```
$ cd ~/ldlidar_ros2_ws
```

```
$ source install/setup.bash
```

为了重新打开终端后，永久不用执行上述添加环境变量的命令，可以进行如下操作。

```
$ echo source ~/ldlidar_ros2_ws/install/setup.bash >> ~/.bashrc  
$ source ~/.bashrc
```

5.4.5. 运行程序并 Rviz2 显示雷达点云

利用 `ros2 launch` 工具启动雷达节点，执行如下命令。

```
$ ros2 launch ldlidar_stl_ros2 ld19.launch.py
```

启动激光雷达节点并在 **Rviz2** 上显示激光雷达点云，执行如下命令。

```
$ ros2 launch ldlidar_stl_ros2 viewer_ld19.launch.py
```

5.5. Linux 下 SDK 使用说明

5.5.1. 获取 SDK 源码

本产品 Linux SDK 源码托管在 Github 和 Gitee 的仓库上，可以通过访问仓库网络链接的方式下载 master 或者 main 分支的源码，或者通过 git 工具下载。

1) 仓库网站地址

- https://gitee.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_sdk
- https://github.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_sdk

2) git 工具方式下载操作

```
# 首先打开终端界面，可以通过 ctrl+alt+t 快捷键的方式
# 如果你所使用的 Ubuntu 系统没有安装 git 工具，可以通过如下方式进行安装:
$ sudo apt-get install git
# 下载源码:
$ cd ~
$ mkdir ldlidar_ws
$ cd ~/ldlidar_ws
$ git clone https://gitee.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_sdk.git
# 或者
$ git clone https://github.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_sdk.git
```

5.5.2. 设置设备权限

首先，将雷达接上我们的转接模块(CP2102 串口转接模块)，模块接入电脑。然后，在 ubuntu 系统下打开一个终端，输入 `ls /dev/ttyUSB*` 查看串口设备是否接入。若检测到串口设备，则使用 `sudo chmod 777 /dev/ttyUSB*` 命令给其赋予最高权限，即给文件拥有者、群组、其他用户读写和执行权限，如下图所示。

```
linux@ubuntu: ~  
linux@ubuntu:~$ ls /dev/ttyUSB*  
/dev/ttyUSB0  
linux@ubuntu:~$ sudo chmod 777 /dev/ttyUSB*  
[sudo] password for linux:  
linux@ubuntu:~$
```

5.5.3. 编译源码

源码采用 C++11 标准的 C++ 语言和 C99 标准的 C 语言编码，使用 CMake、GNU-make、GCC 等工具编译构建源码，如果你使用 Ubuntu 系统没有安装上述工具，可执行如下命令完成安装。

```
$ sudo apt-get install build-essential cmake
```

如果上述指明的工具已在系统中存在，则执行如下操作。

```
$ cd ~/ldlidar_ws/ldlidar_stl_sdk  
$ mkdir build # 若ldlidar_stl_sdk 目录下不存在 build 文件夹则需创建  
$ cd build  
$ cmake ../  
$ make
```

5.5.4. 运行程序

```
$ cd ~/ldlidar_ws/ldlidar_stl_sdk/build  
$ ./ldlidar_stl <serial_number>  
# 例如 ./ldlidar_stl /dev/ttyUSB0
```


5.6. Raspberry Pi SBC 下基于 ROS 的使用说明

详见手册《LDRobot_LD06 Raspberry Pi Raspbian User manual_V2.9.pdf》，此手册适用于本公司产品型号为 LD06、LD19。

此外，我们为本产品提供了树莓派定制镜像，其使用教程访问如下链接：

https://github.com/ldrobotSensorTeam/ldlidar_stl_ros/wiki/raspbian-customization-cn

6. 修订记录

版本	修订日期	修订内容
1.0	2020-09-01	初始创建
1.1	2021-01-15	删除 Transform()函数
2.0	2022-02-27	增加了开发套件使用说明的内容
2.1	2022-03-06	增加文档平面设计，对内容格式进行修订
2.2	2022-03-09	修改文档封面标题以及部分内容
2.3	2022-03-15	修改文档中存在问题的陈述
2.4	2022-04-02	1) 修改 LOGO; 2) 增加 3D 模型文件资源介绍; 3) 增加树莓派定制镜像使用介绍; 4) 修复文档叙述错误.
2.5	2022-06-25	1) 增加对 ROS2 Humble 版本支持说明; 2) 修改 Rviz、Rviz2 显示激光点云的相关内容; 3) 修改 Windows 点云上位机的相关内容