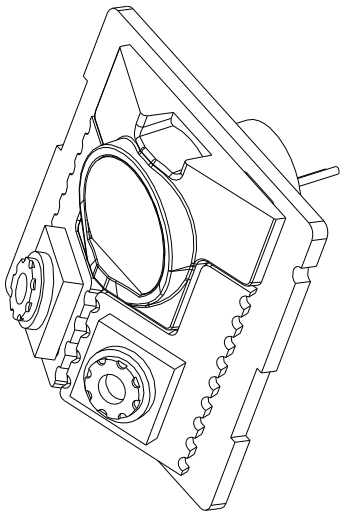
乐动机器人
MOVE SMARTER

LD07 LiDAR

Principle of structured light

Small size , low cost , long working life



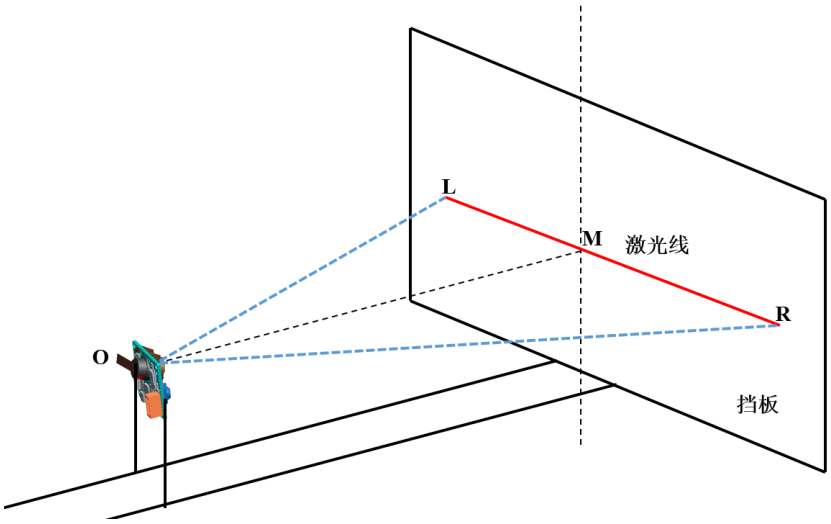
开发手册 v1.3

目录

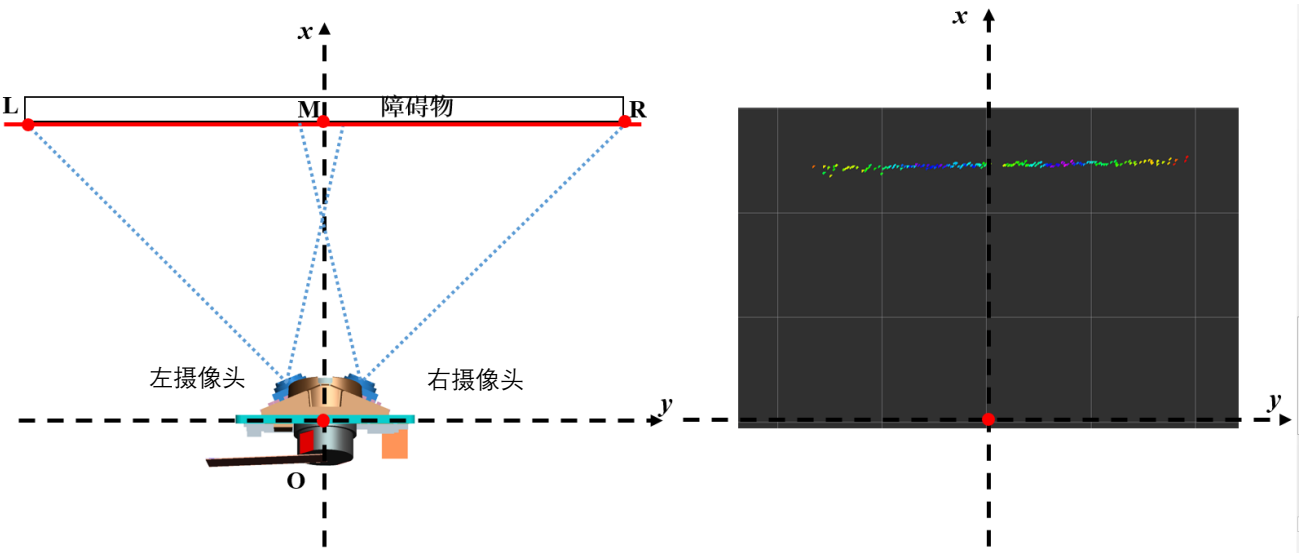
sales@ldrobot.com

1. 测量原理

LD07 是一款近距离固态雷达，测距范围为 30-300mm。主要由由一字线激光器和摄像头构成。一字线激光器发出激光后，被摄像头捕捉到，根据激光器与摄像头的固定结构，结合三角测距原理，我们便可算出物体到 LD07 的距离。再根据摄像头标定后的参数，可以知道被测物体在雷达坐标系中的角度值。由此，我们便获取到了被测物体完整的测量数据。



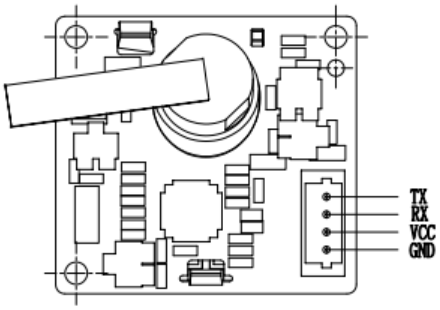
下图为 LD07 测量的示意图。O 点为坐标原点，蓝色虚线所是范围表示雷达实际能测量到的区域。



sales@ldrobot.com

2. 通讯接口

LD07 使用 ZH1.5T-4P 1.5mm 连接器与外部系统连接，实现供电和数据的接收，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	GND	供电	电源地	-	0	-
2	VCC	供电	供电	3.1V	3.3V	3.63V
3	RX	输入	UART RX	0V	2.8V	3.63V
4	TX	输出	UART TX	0V	2.8V	3.63V

LD07 的数据通讯采用标准异步串口(UART)通讯，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
921600	8 Bits	1	无	无

3. 通讯协议

上电后，LD07 处于待机状态，需要发送特定的指令才能进入工作状态。LD07 串口收发的数据包格式如下表所示：

起始符				设备地址	命令码	整包偏移地址		数据长度域		数据域	校验码
AAH	AAH	AAH	AAH	设备地址	命令码	LSB	MSB	LSB	MSB	DATA	CS

- 起始符：0xAAAAAAAA，标识数据包的开始，占 4 个字节；
- 设备地址：低三位可用，A0-A2 位可用，其它位保留，每个设备占用地址字节中的一个位。

  当前最多支持设置三个设备级联；

保留	保留	保留	保留	保留	A2	A1	A0

- 命令码：常用命令码参考如下

宏	值	说明
PACK_GET_DISTANCE	0x02	获取测量数据

sales@ldrobot.com

PACK_STOP	0x0F	停止测量数据传输
PACK_GET_COE	0x12	获取校正参数
PACK_CONFIG_ADDRESS	0x16	地址配置包括设备数量
PACK_ACK	0x10	应答码

- 整包偏移地址: 数据过长时会拆分成多个块, 分块发送, 这里表示块在整个包的偏移地址;
- 数据长度域：表示数据段的长度，范围 0-800;
- 数据域：传输数据信息;
- 校验码：除去数据协议头后的数据的校验和;

起始符				设备地址	命令码	整包偏移地址		数据长度域		数据域	校验码
AAH	AAH	AAH	AAH	设备地址	命令码	LSB	MSB	LSB	MSB	DATA	CS

4 字节　　6 字节

下面是校验码的计算过程，data 为数据包首地址，除去数据协议头，因此校验的首地址为 data+4，data_len 为数据长度域得到的值，因此校验的数据长度为 data_len+6。

```
uint8_t checksum = CalCheckSum(data + 4, 6+ data_len);

uint8_t CalCheckSum(const uint8_t *data, uint16_t len)
{
    uint8_t checksum = 0;
    std::size_t i = 0;
    for (i = 0; i < len; i++)
    {
        checksum += *data++;
    }
    return checksum;
}
```

3.1. 配置地址命令

如果只连接了一个 LD07 设备，则无需发送配置地址命令，该设备的地址默认为 0x01。如果级联了多个 LD07 设备，则需要发送配置地址指令，配置地址指令如下:

sales@ldrobot.com

设备地址：device_address = 0x00

命令码：PACK_CONFIG_ADDRESS= 0x16

偏移地址：chunk_offset = 0x00

数据长度：data_len = 0x0000

参考测试指令发送：

起始符				设备地址	命令码	偏移地址		数据长度		CS
AAH	AAH	AAH	AAH	00	16H	00	00	00	00	16H

参考接收：

如果只接一个设备： AA AA AA AA 01 16 00 00 00 00 17

如果接了两个设备： AA AA AA AA 03 16 00 00 00 00 19

如果接了三个设备： AA AA AA AA 07 16 00 00 00 00 1D

3.2. 获取校正参数命令

在获取测量数据之前，需要获取用于校正的参数。每一台 LD07 设备具有不一样的校正参数。

设备地址：device_address 是获取的设备数量。

保留	保留	保留	保留	保留	A2	A1	A0

001 仅获取 1 号设备
010 仅获取 2 号设备
100 仅获取 3 号设备
111 获取 1、2、3 号设备

命令码：PACK_GET_COE = 0x12

偏移地址：chunk_offset = 0x00

数据长度：data_len = 0x0000

sales@ldrobot.com

参考测试指令发送：

起始符				设备地址	命令码	偏移地址		数据长度		CS
AAH	AAH	AAH	AAH	01H	12H	00	00	00	00	13H

参考接收：

起始符				设备地址	命令码	偏移地址		数据长度		coe_k[0]				coe_k[1]				coe_b[0]				coe_b[1]				点数		CS
AA	AA	AA	AA	01	12	00	00	12	00	7B	00	00	00	79	00	00	00	81	13	00	00	84	15	00	00	50	00	BA

0000007BH=123　00000079H=121 00001381H=4993 00001584H=5508 0050H= 80

换算成用于距离计算的系数：

```
double k0 = (double)coe_k[0]/10000 = 0.0123;
double k1 = (double)coe_k[1]/10000 = 0.0121;
double b0 = (double)coe_b[0]/10000 = 0.4993;
double b1 = (double)coe_b[1]/10000 = 0.5508;
```

k0 和 b0 为左摄像头距离计算系数；k1 和 b1 为右摄像头距离计算系数；80 为单个摄像头测量到的距离数据点个数，表明在两个摄像头共有 160 个数据点。

3.3. 获取测量数据命令

设备地址：device_address （同上）

命令码：PACK_GET_DISTANCE = 0x02

偏移地址：chunk_offset = 0x00

数据长度：data_len = 0x0000

起始符				设备地址	命令码	偏移地址		数据长度		CS
AAH	AAH	AAH	AAH	07H	02H	00	00	00	00	09H

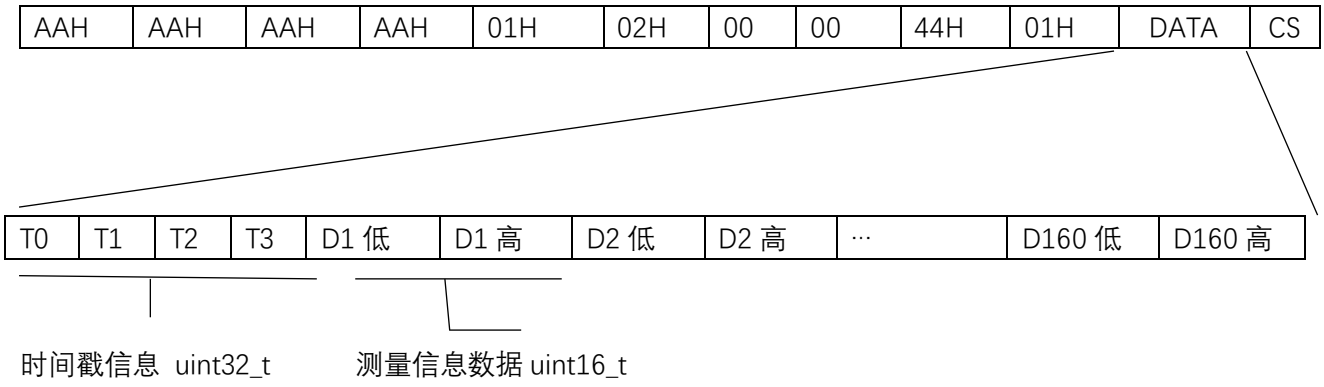
sales@ldrobot.com

参考接收：

AA AA AA AA 01 02 00 00 44 01 + 数据（长度 0x144） + 校验和

AA AA AA AA 02 02 00 00 44 01 + 数据（长度 0x144） + 校验和

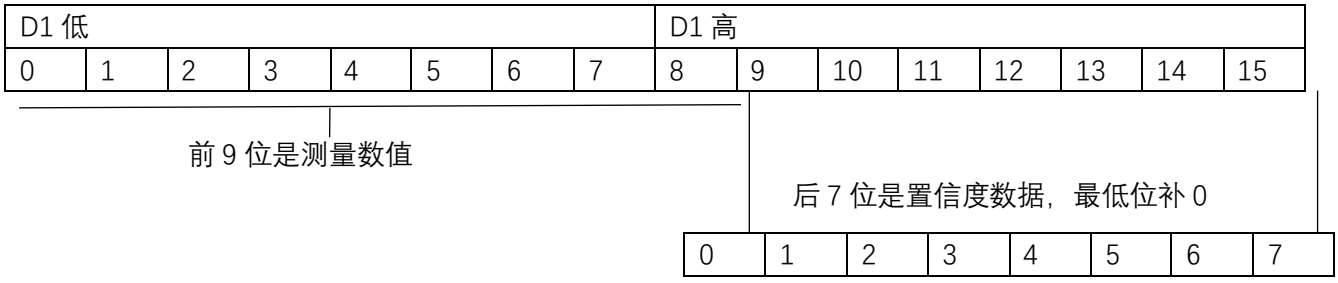
AA AA AA AA 04 02 00 00 44 01 + 数据（长度 0x144） + 校验和



0xT3T2T1T0 构成 32 位时间戳信息

D1-D80 代表右摄像头数据，D81-D160 代表左摄像头数据。

测量信息数据 uint16_t 具体含义如下：



3.4. 停止命令

获取测量数据后，LD07 会一直持续工作，并发送测量数据，断电前不会停止。如果用户想中途停止接收测量数据，需要发送停止测量发送命令。

设备地址：device_address（同上）

sales@ldrobot.com

命令码：PACK_STOP = 0x0F

偏移地址：chunk_offset = 0x00

数据长度：data_len = 0x0000

参考测试指令发送：

起始符				设备地址	命令码	偏移地址		数据长度		CS
AAH	AAH	AAH	AAH	01H	0FH	00	00	00	00	10H

参考接收：

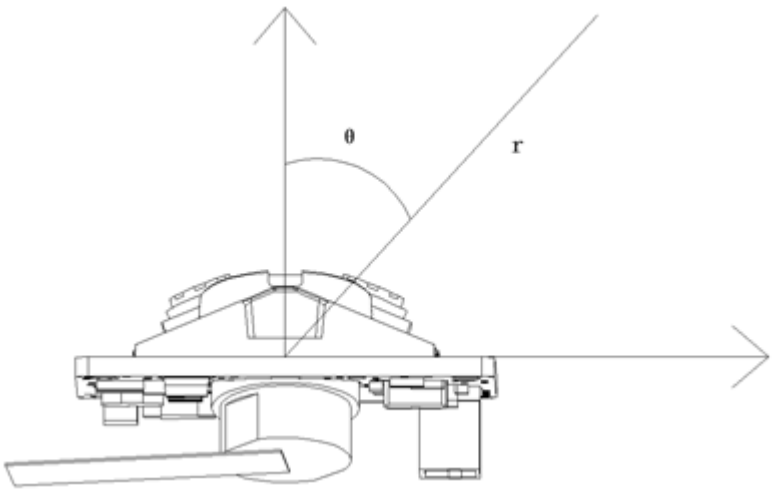
AAH	AAH	AAH	AAH	01H	10H	00	00	02H	00	0FH	01H	22H

发送完停止命令后，设备处于待机状态。接收单元以及激光器都会停止工作。

sales@ldrobot.com

4. 坐标换算

LD07 的坐标系如下图所示，将激光的出射方向作为传感器的前方，将激光圆心在 PCB 平面的投影作为坐标原点，以 PCB 平面法线为 0 度方向建立极坐标系。顺时钟方向，角度逐渐增大。



雷达传输的原始数据转换到上图坐标系中，需要进行一系列的计算，转换函数如下（详细请参考 SDK）：

```
int data_amount = pack->data.size() - 4 ;
int n = 0;
for(uint i=0;i<data_amount;i+=2,n++)
{
    data.index = n;
    data.confidence = n;
    uint16_t value = *(uint16_t *)(pack->data.data() + i+4);
    data.confidence = (value>>9)<<1;
    value &= 0x1ff;
    int center_dis = value;
    data.distance= center_dis;
    if(data.distance > 0)
    {
        angTransform(data.distance,n,&data.angle,&data.distance);
    }
}

void angTransform(uint16_t dist, int n, double *dstTheta, uint16_t *dstDist)
```


sales@ldrobot.com

```
{
    const double k0 = (double)config->coe[0] / 10000;
    const double k1 = (double)config->coe[1] / 10000;
    const double b0 = (double)config->coe[2] / 10000;
    const double b1 = (double)config->coe[3] / 10000;
    const double pi = 3.14159265;
    double pixelU = n, Dist, theta, tempTheta, tempDist, tempX, tempY;

    if (pixelU > 79)
    {
        pixelU = 159- pixelU ;
        if (b0 > 1)            {
            tempTheta = k0 * pixelU - b0;
        }
        else
        {
            tempTheta = atan(k0 * pixelU - b0) * 180 / pi;
        }
        tempDist = (dist - 1.22) / cos((22.5 - (tempTheta)) * pi / 180);
        tempTheta = tempTheta * pi / 180;
        tempX = cos(22.5 * pi / 180) * tempDist * cos(tempTheta) + sin(22.5 * pi / 180) * (tempDist *
sin(tempTheta));
        tempY = -sin(22.5 * pi / 180) * tempDist * cos(tempTheta) + cos(22.5 * pi / 180) * (tempDist *
sin(tempTheta));
        tempX = tempX + 1.22;
        tempY = tempY - 5.315;
        Dist = sqrt(tempX * tempX + tempY * tempY);
        theta = atan(tempY / tempX) * 180 / pi;
    }
    else
    {
        pixelU = 79 - pixelU;
        if (b1 > 1)
        {
            tempTheta = k1 * pixelU - b1;
        }
        else
        {
            tempTheta = atan(k1 * pixelU - b1) * 180 / pi;
        }
        tempDist = (dist - 1.22) / cos((22.5 + (tempTheta)) * pi / 180);
        tempTheta = tempTheta * pi / 180;
        tempX = cos(-22.5 * pi / 180) * tempDist * cos(tempTheta) + sin(-22.5 * pi / 180) * (tempDist *
```


sales@ldrobot.com

```
sin(tempTheta));
            tempY =  -sin(-22.5 * pi / 180) * tempDist * cos(tempTheta) + cos(-22.5 * pi / 180) * (tempDist *
sin(tempTheta));
            tempX = tempX + 1.22;
            tempY = tempY + 5.315;
            Dist = sqrt(tempX * tempX + tempY * tempY);
            theta = atan(tempY / tempX) * 180 / pi;
        }
        if (theta < 0)
        {
            theta += 360;
        }
        *dstTheta = theta;
        *dstDist = Dist;
}
```


sales@ldrobot.com

5. ROS SDK 使用说明

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。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/kinetic/Installation

本手册使用的是 ubuntu16.04 系统，安装的 ROS 版本为 kinetic。

5.1. 设置权限

首先，将雷达接上我们的转接模块(CP2102 串口转接模块)，将模块接入电脑。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。

```
pi@pi:~$ ls /dev/ttyUSB*
/dev/ttyUSB0
pi@pi:~$ sudo chmod 777 /dev/ttyUSB*
pi@pi:~$
```

5.2. 编译 sdk

进入 sdk_ld07_ros 文件夹，然后使用 catkin_make 编译源文件，编译过程如下图所示。

```
pi@pi: ~/sdk_ld07_ros
pi@pi:~$ cd sdk_ld07_ros/
pi@pi:~/sdk_ld07_ros$ catkin_make
Base path: /home/pi/sdk_ld07_ros
Source space: /home/pi/sdk_ld07_ros/src
Build space: /home/pi/sdk_ld07_ros/build
Devel space: /home/pi/sdk_ld07_ros/devel
Install space: /home/pi/sdk_ld07_ros/install
Creating symlink "/home/pi/sdk_ld07_ros/src/CMakeLists.txt"
s/kinetic/share/catkin/cmake/toplevel.cmake"
####
#### Running command: "cmake /home/pi/sdk_ld07_ros/src -DCA
me/pi/sdk_ld07_ros/devel -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=/home/pi/sd
 Unix Makefiles" in "/home/pi/sdk_ld07_ros/build"
####
-- The C compiler identification is GNU 5.4.0
-- The CXX compiler identification is GNU 5.4.0
-- Check for working C compiler: /usr/bin/cc
-- Check for working C compiler: /usr/bin/cc -- works
-- Detecting C compiler ABI info
-- Detecting C compiler ABI info - done
```


sales@ldrobot.com

编译成功后会显示如下界面：

```
Scanning dependencies of target ldlidar
[ 20%] Building CXX object ldlidar/CMakeFiles/ldlidar.dir/src/trnet.cpp.o
[ 40%] Building CXX object ldlidar/CMakeFiles/ldlidar.dir/src/rtrnet.cpp.o
[ 60%] Building CXX object ldlidar/CMakeFiles/ldlidar.dir/src/main.cpp.o
[ 80%] Building CXX object ldlidar/CMakeFiles/ldlidar.dir/src/cmd_interface_linux.cpp.o
[100%] Linking CXX executable /home/pi/sdk_ld07_ros/devel/lib/ldlidar/ldlidar
[100%] Built target ldlidar
```

5.3. 运行程序

编译完成后需要将编译的文件加入环境变量，命令为 source devel/setup.bash，该命令是临时给终端加入环境变量，意味着您如果另外打开新的终端，也需要进入 sdk_ld07_ros 路径下之执行添加环境变量命令。添加环境变量后，roslaunch 命令则可以找到相应的 ros 包和 launch 文件，运行命令为 roslaunch ldlidar ld07.launch。

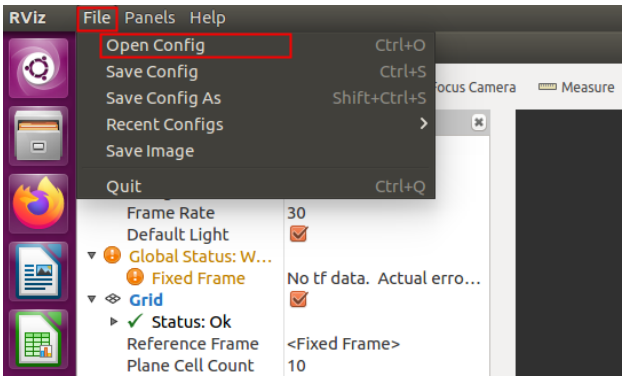
```
pi@pi:~/sdk_ld07_ros$ source devel/setup.bash
pi@pi:~/sdk_ld07_ros$ roslaunch ldlidar ld07.launch
... logging to /home/pi/.ros/log/94aaabde-ddf3-11ea-b307-000c29fc5655/roslaunch-pi-2958.log
Checking log directory for disk usage. This may take awhile.
Press Ctrl-C to interrupt
Done checking log file disk usage. Usage is <1GB.

started roslaunch server http://pi:42129/

SUMMARY
========

PARAMETERS
 * /rosdistro: kinetic
 * /rosversion: 1.12.14

NODES
  /
    ld07 (ldlidar/ldlidar)

auto-starting new master
process[master]: started with pid [2969]
ROS_MASTER_URI=http://localhost:11311

setting /run_id to 94aaabde-ddf3-11ea-b307-000c29fc5655
process[rosout-1]: started with pid [2982]
started core service [/rosout]
process[ld07-2]: started with pid [2985]
/dev/ttyUSB0    CP2102 USB to UART Bridge Controller
FOUND LiDAR_LD07
get param successfull!!
k0=131  k1=120  b0=5482  b1=3361
Picture pixels: 192*80
get param successfull!!
SEND PACK_GET_DISTANCE CMD
get param successfull!!
k0=131  k1=120  b0=5482  b1=3361
Picture pixels: 192*80
```

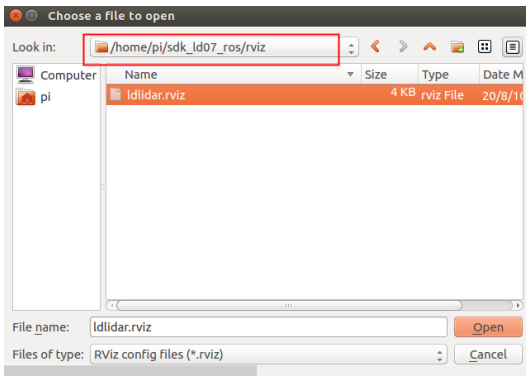

sales@ldrobot.com

LD07 启动后，看到如上红色方框信息。程序首先找到 ld07 设备，然后发送获取测量参数指令，获取成功后发送获取测量命令。

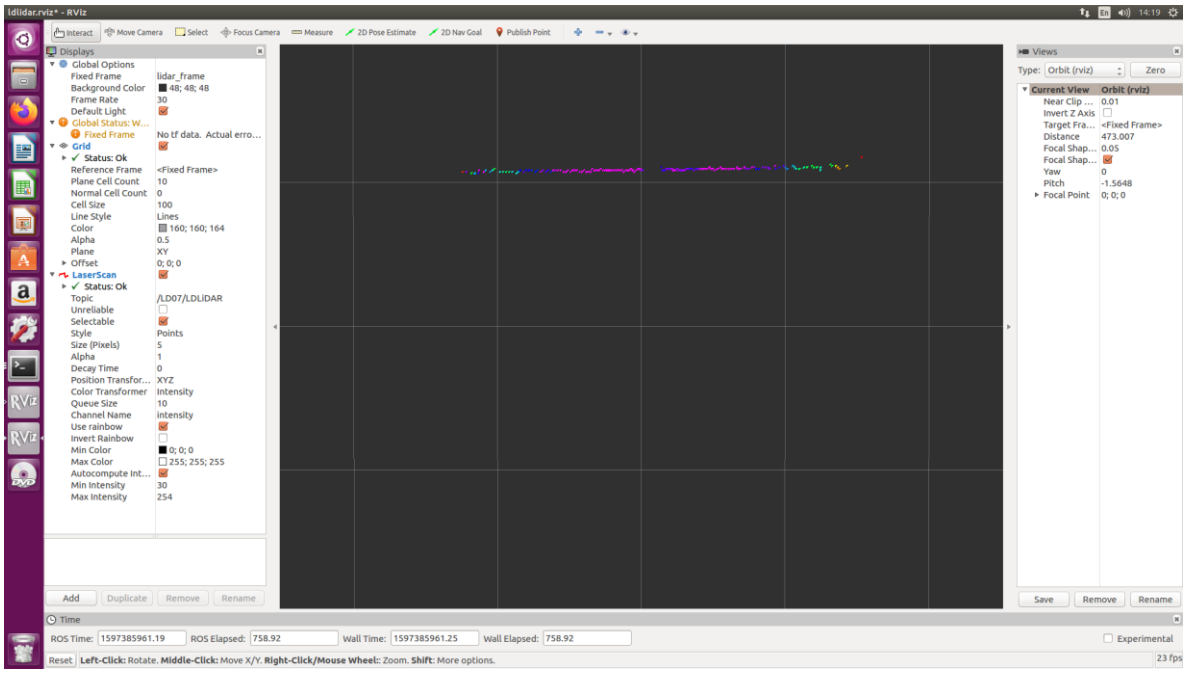
5.4. rviz 显示

rviz 是 ROS 下一款常用的 3D 可视化工具，雷达数据可以在其中展现。在 roslaunch 运行成功后，打开新的终端，输入 rosrun rviz rviz,依次点击 file->open->Config ,然后选择 sdk_ld07_ros/rviz/ldlidar.rviz 文件。



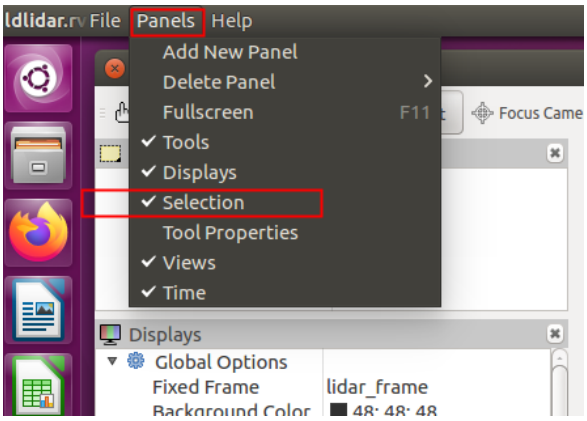


这样 LD07 的雷达图在 rivz 正常显示。

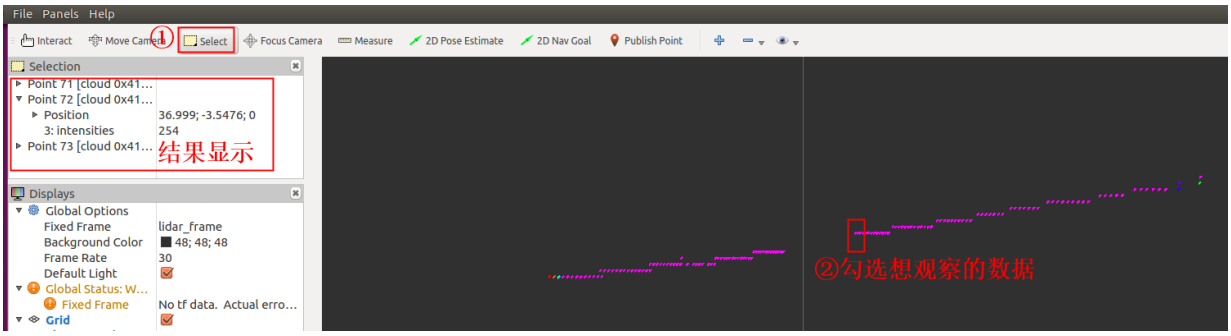


如果您需要观察雷达图中特定点的数据，您可以依次点击 Panel->Selection。

sales@ldrobot.com



然后点击 select，勾选想要观察的数据，左上角窗口会显示当前点的坐标值(Position)和置信度(intensities)信息。



sales@ldrobot.com

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	2020-09-15	修改命令描述
1.2	2020-12-08	修改坐标示意图及转换函数
1.3	2021-02-23	修改了测量原理中的测距范围

sales@ldrobot.com