

# 移动机器人开发技术（激光SLAM版）配套教学PPT

## 序 章

### 机器人操作系统

### 机器人硬件平台

### 机器人核心技术

### 机器人应用实战

第1课 移动机器人的过去、现在及未来

第2课 初识ROS

第3课 ROS编程初步

第4课 机器人的坐标变换

第5课 机器人仿真环境

第6课 TurtleBot3仿真环境实战

第7课 自主搭建机器人小车

### 感知

第08课 环境感知基础  
第09课 感知数据融合

### 建图与定位

第10课 机器人的移动控制  
第11课 SLAM基础  
第12课 SLAM实战

### 路径规划与导航

第13课 导航基础  
第14课 ROS中的导航包  
第15课 ROS导航实战

### 送餐

- 1 送餐机器人结构设计
- 2 送餐机器人环境搭建
- 3 送餐机器人建图
- 4 送餐机器人导航

### 物流（专题讲座）

- 1 物流机器人结构设计
- 2 物流机器人环境模拟
- 3 物流机器人关键技术
- 4 大规模多机器人调度

### 图书盘点（专题讲座）

- 1 图书盘点机器人结构
- 2 图书盘点机器人环境
- 3 图书盘点机器人工作模式
- 4 图书盘点中的视觉分析

移动机器人开发技术（激光SLAM版）配套教学PPT

## 第七课 自主搭建机器人小车



北京邮电大学

Beijing University of Posts and Telecommunications

移动机器人与智能技术实验室编

宋桂岭 明安龙 2021.11

expsong@qq.com

# 第7课 自主搭建机器人小车

北邮移动机器人与智能技术实验室 编

1

平台架构

2

硬件组成

3

软件环境

4

运行实验

## 第7课 自主搭建机器人小车

---

北邮移动机器人与智能技术实验室 编

### 1 移动机器人平台架构

# 1.1 TurtleBot回顾

**Original TurtleBot**  
(Discontinued)



**TurtleBot 2 Family**



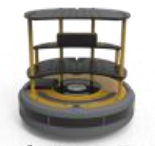
TurtleBot 2



TurtleBot 2i



TurtleBot 2e



TurtleBot Euclid

**TurtleBot 3 Family**

**Burger**



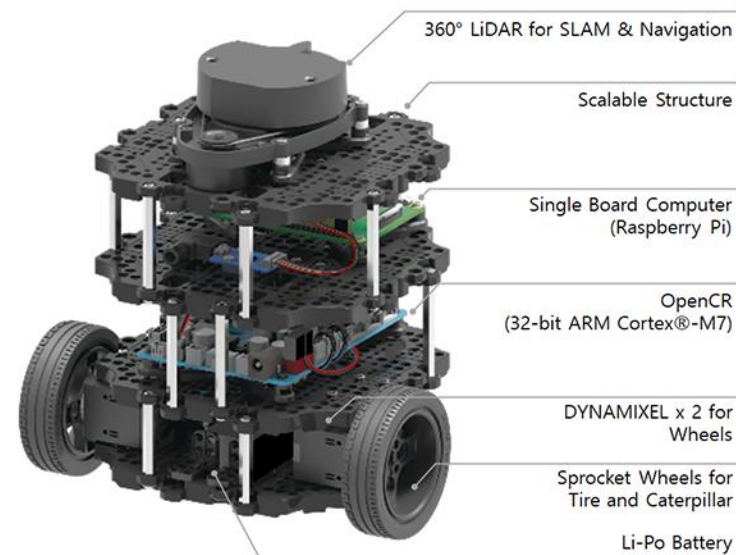
**Waffle**



**Waffle Pi**

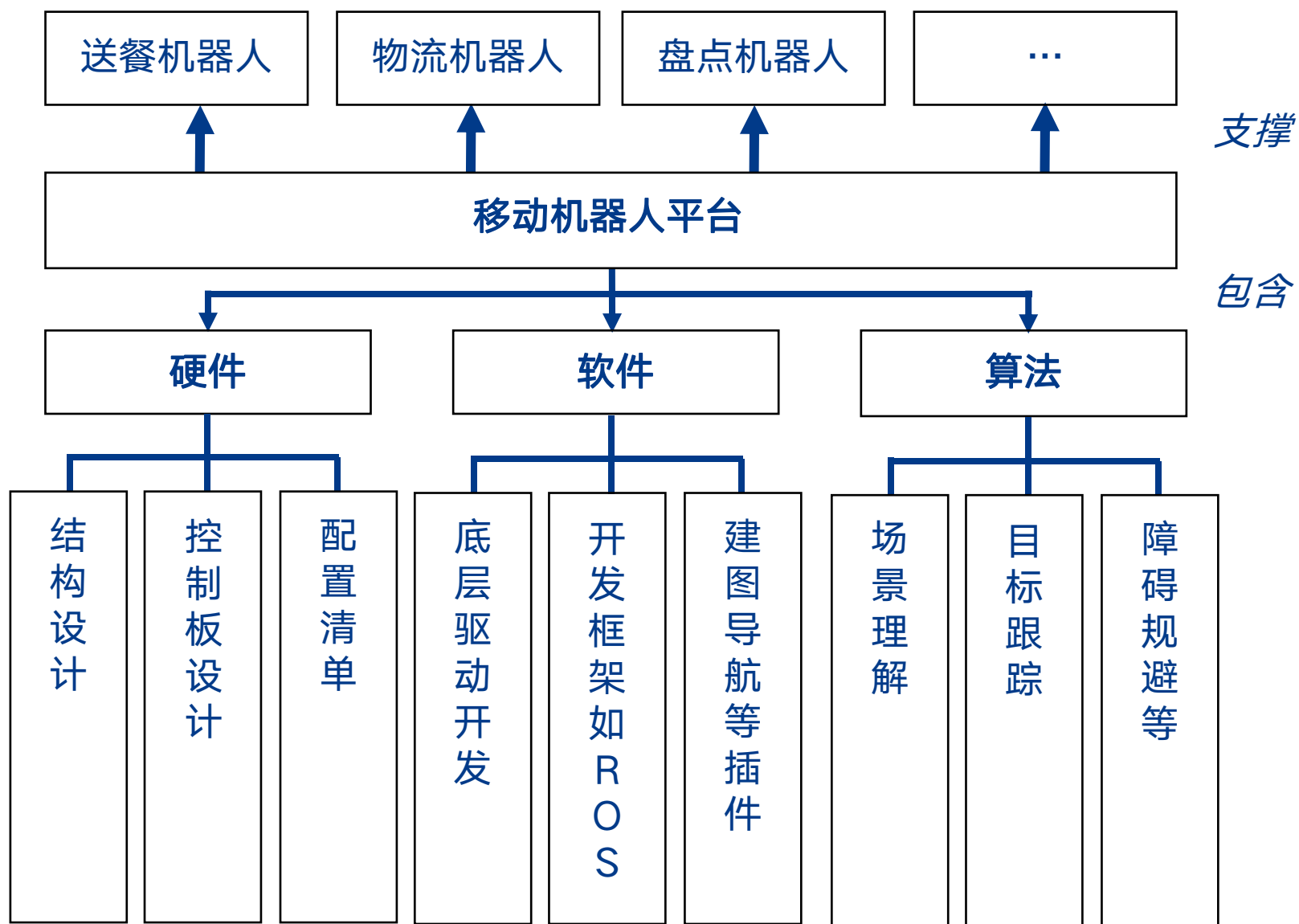


*TurtleBot3 Burger*

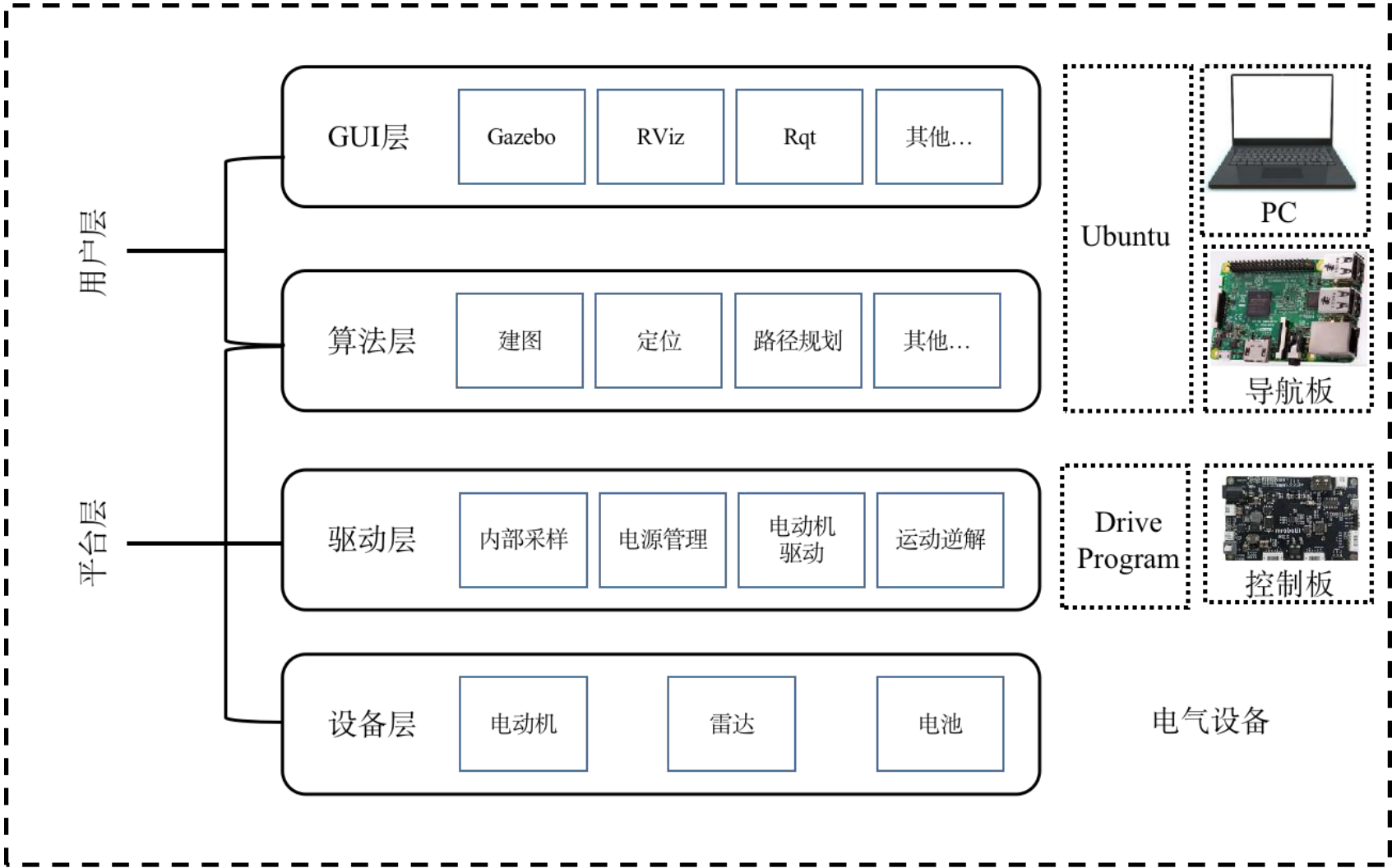


普及度高的本质：低成本与知识共享

## 1.2 移动机器人平台架构



# 1.3 平台层次划分



## 平台层

分为设备层、驱动层与算法层三层。设备层是平台最基础的部分，包含了如电机、雷达以及电池等底层硬件设备；驱动层隐藏了各种底层硬件的适配细节，通过预安装在控制板上的驱动程序（Driver Program）为上层提供接口；算法层提供了如Karto SLAM、AMCL、Move Base等，以及专门用于驱动平台控制板、雷达等设备的SDK。

## 用户层

包含算法层与GUI层。用户层中的算法层能够用来运行开发者编写的各种算法及其程序，如建图算法、定位算法等。GUI层则由多个ROS开发软件或者工具包组成，如Gazebo、RViz等，方便开发人员查看或调试程序。

# 第7课 自主搭建机器人小车

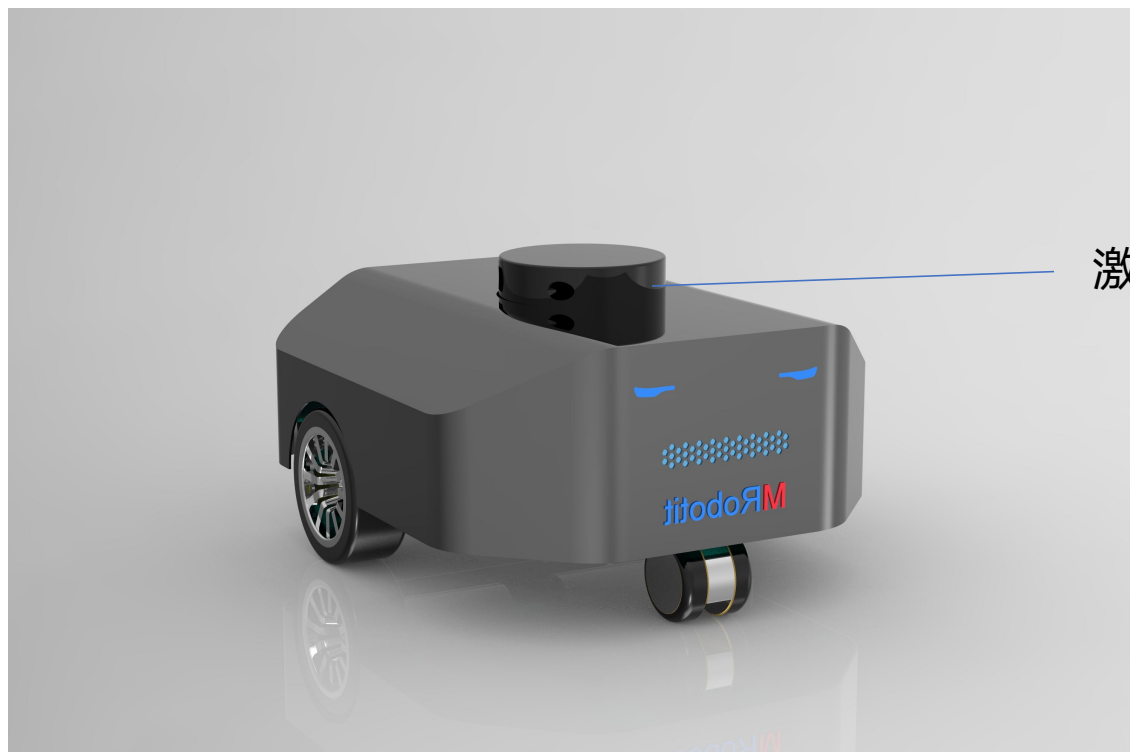
---

北邮移动机器人与智能技术实验室 编

## 2 硬件组成



## 2.1 外观设计

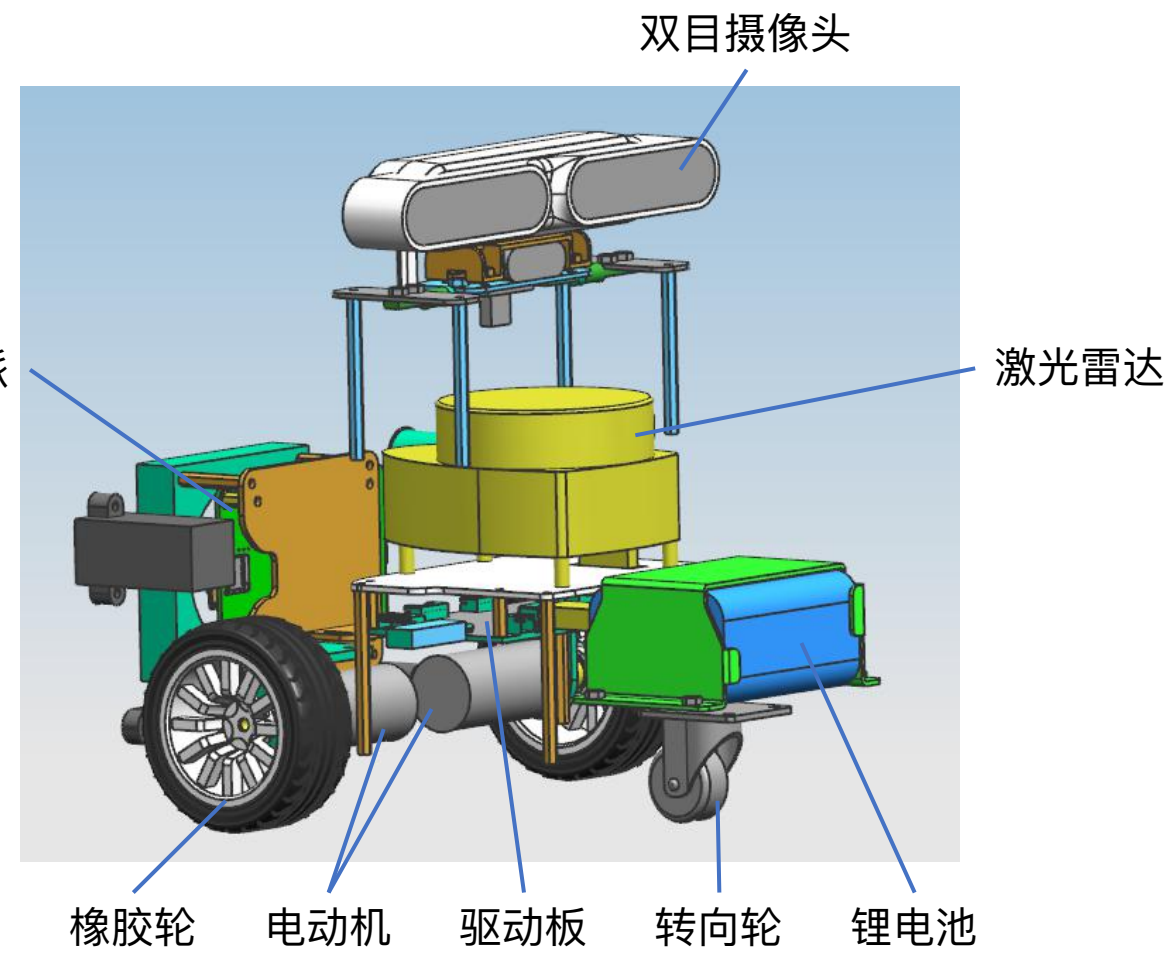
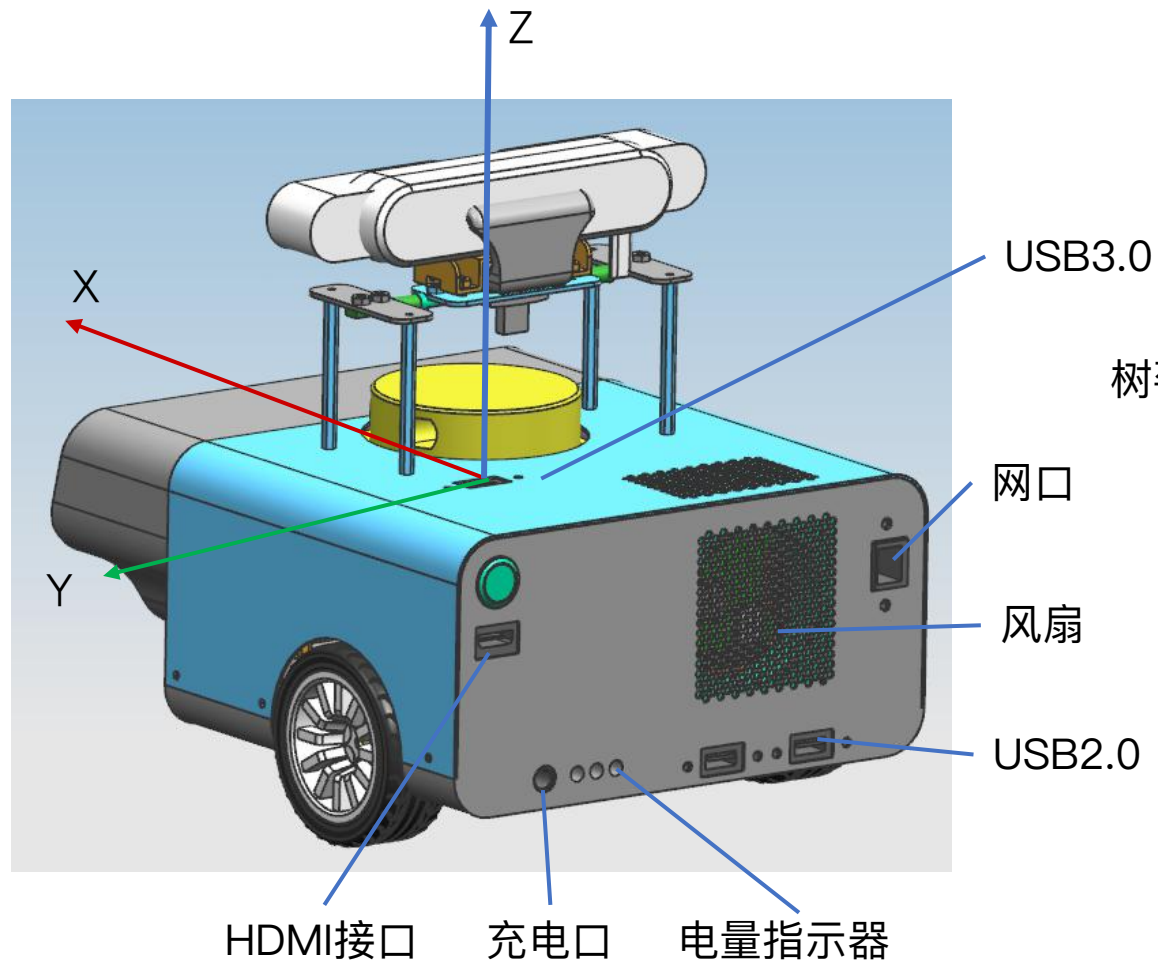


**mRobotit初代**  
不支持视觉建图导航



**mRobotit二代**  
支持视觉建图导航

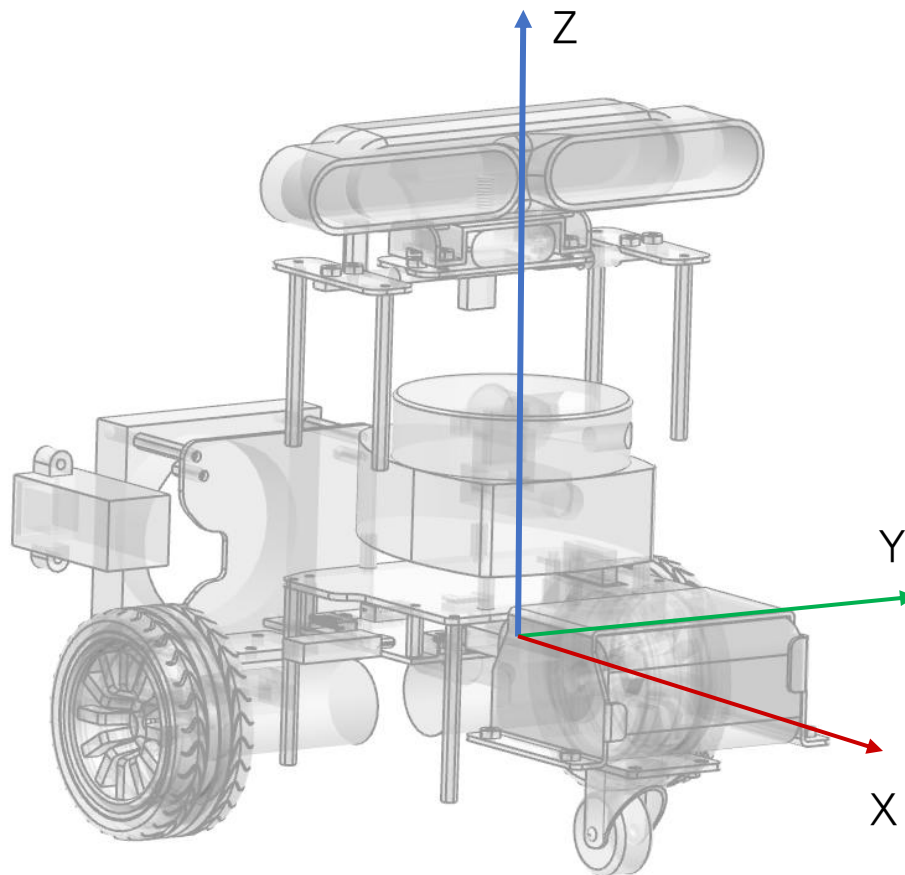
## 2.2 结构设计



## 2.3 设计理念

### 中轴线设计

IMU为坐标原点、雷达、深度摄像头垂直居中



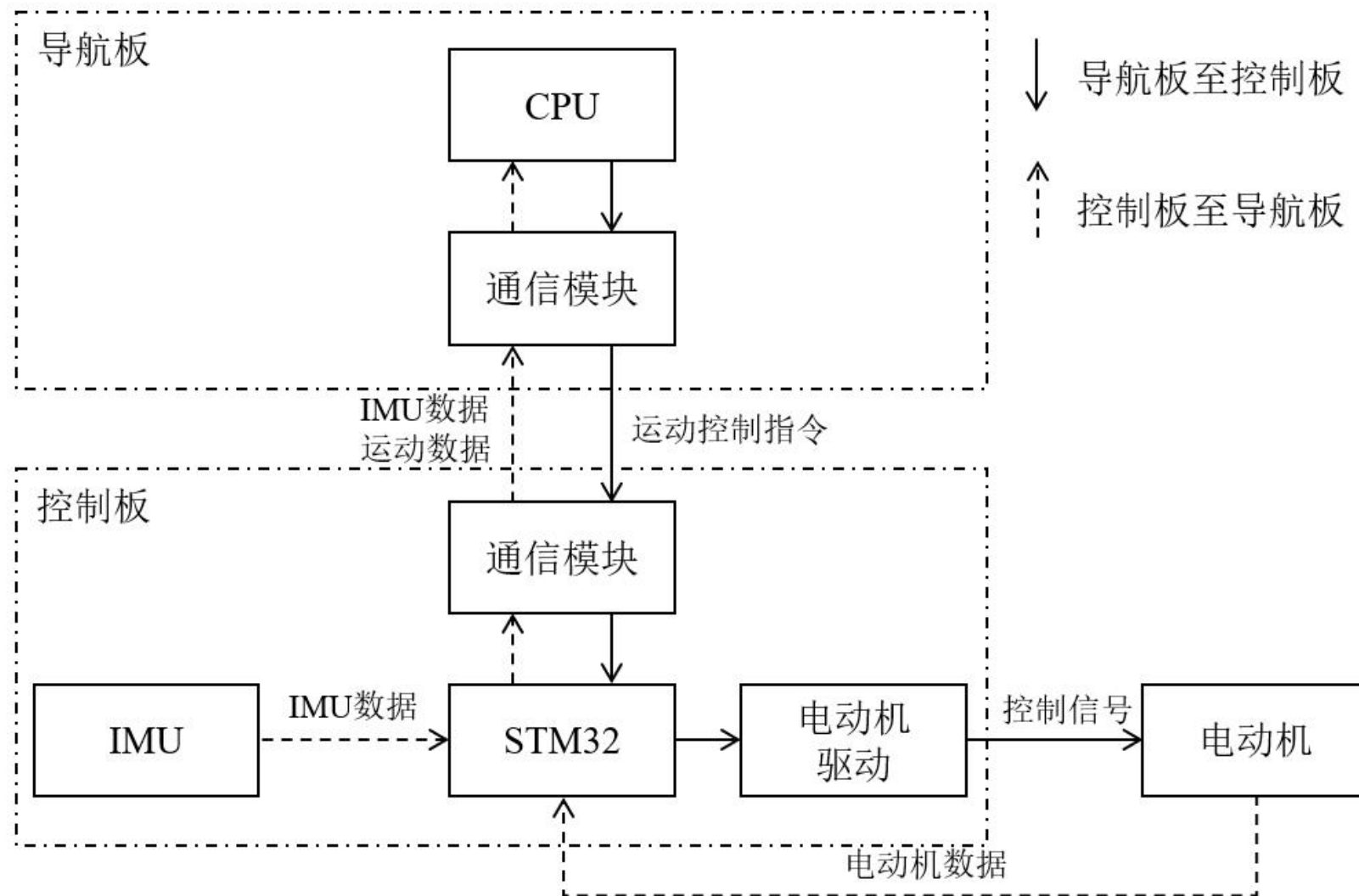
### 可拆卸组合

深度摄像头采用可拆卸阻尼式支架，俯仰角度可调

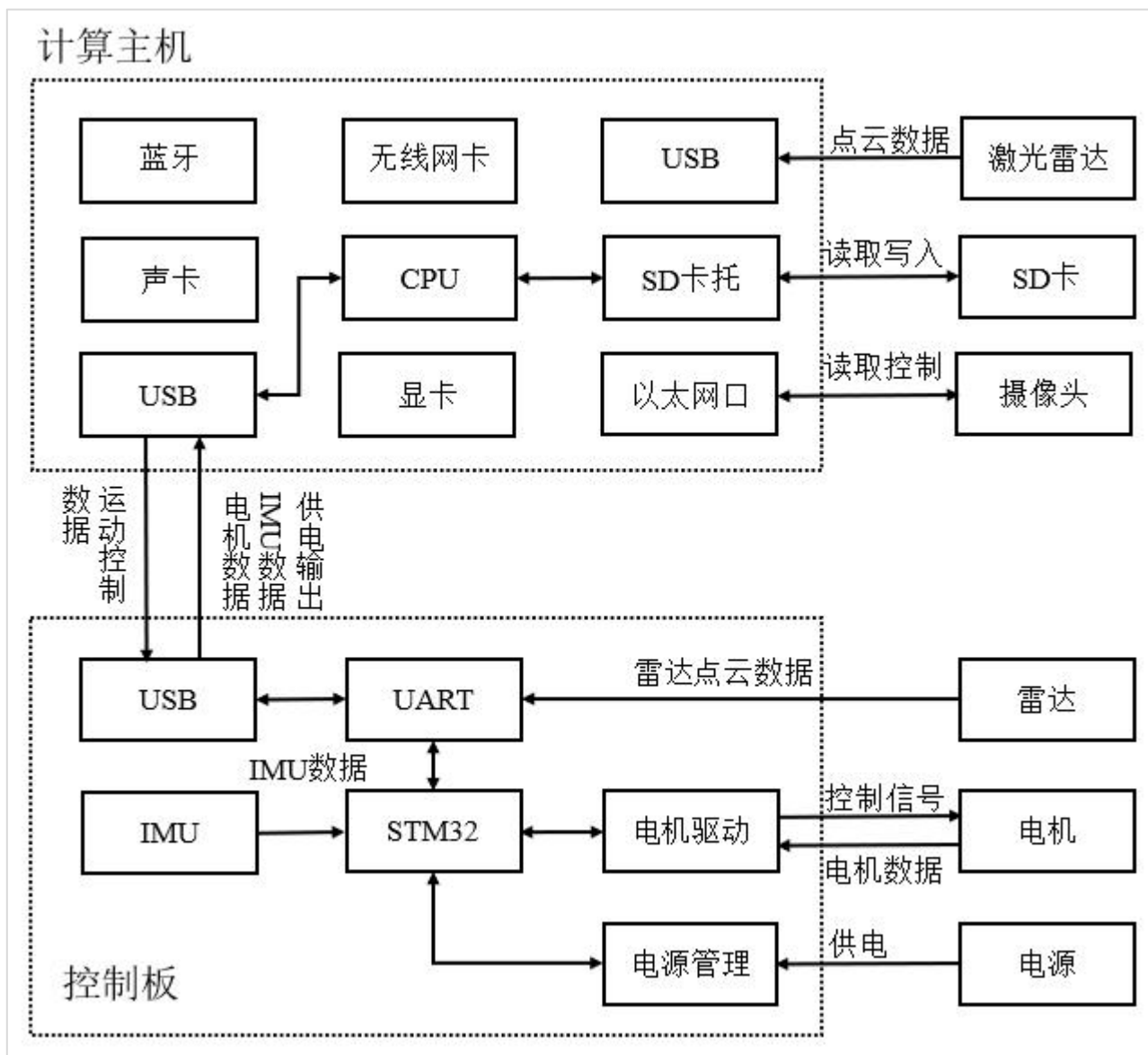
## 2.4 通信架构

导航板一般为树莓派、  
工控机、英伟达  
Jeston等微型计算机

控制板一般为Arm板



## 2.5 结构分解



# 硬件结构

①底盘

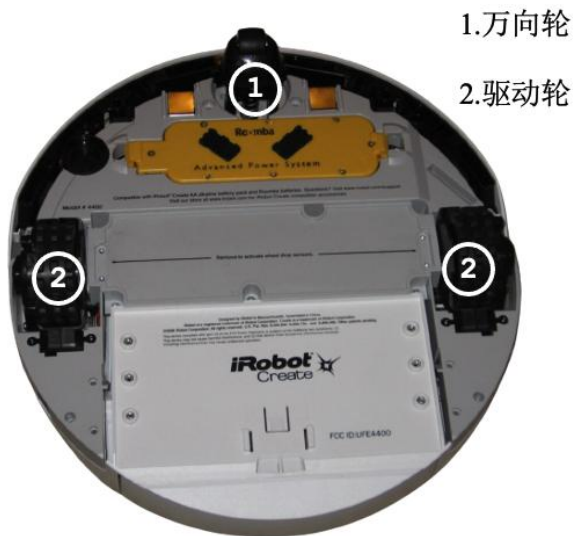
③计算主机

②控制板

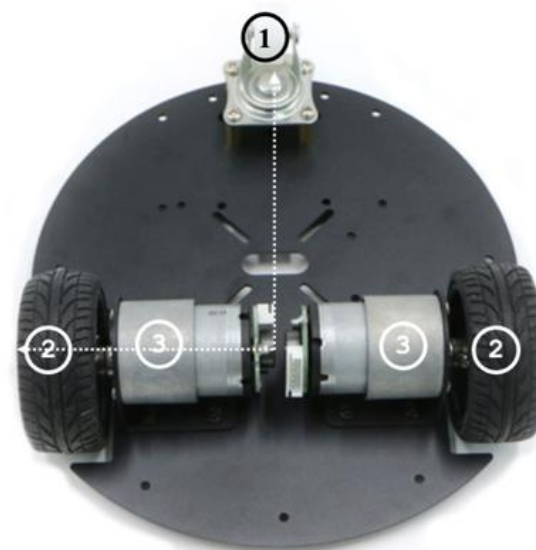
④外设

## 2.5 结构分解

### 底盘



iRobot Create底盘结构



mRobotit底盘结构

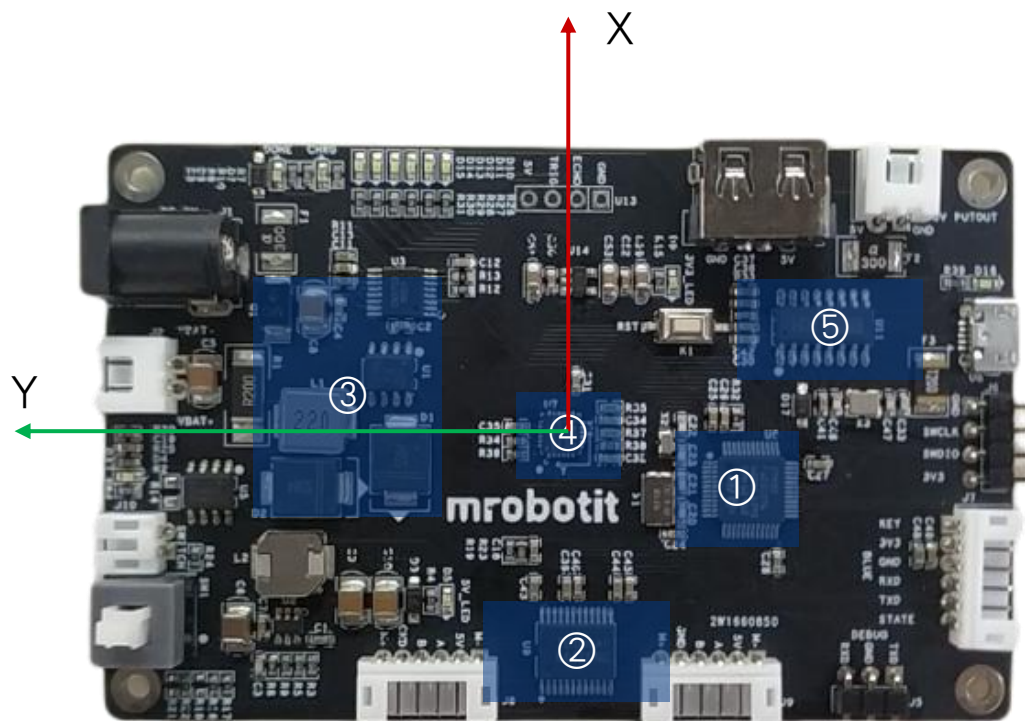
### 底盘构成

- ①万向轮
- ②驱动轮
- ③电动机
- ④锂电池

mRobotit平台底盘采用二轮差速模型作为运动模型，并与 TurtleBot机器人的底盘iRobot Create保持相似结构。二轮差速底盘的特点在于控制原理简单，且仅需两个电机，从而降低整机成本。mRobotit底盘都驱动轮转速由各自的独立电机所控制，从而实现底盘的转向。万向轮则为固定轮，其作用仅是保持底盘平衡。此外，底盘上一般配置锂电池进行供电



## 2.5 结构分解



随书配套的自研mRobotit控制板

### 控制板

#### 五大部分

- ①微处理器MCU: STM32F103C8T6
- ②电动机驱动控制: 东芝TB6612FNG
- ③电源管理模块: 稳压电阻及充电控制
- ④传感模块: 如IMU (MPU6050)、烟感等
- ⑤通信模块: 如USB转TTL芯片 (CH340G)、WIFI等

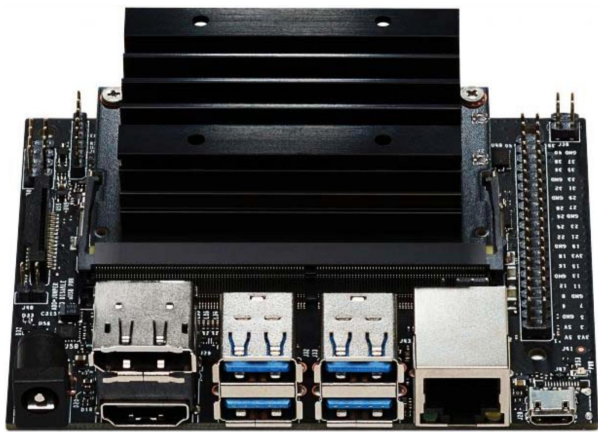
控制板是由多个元器件组成的微型单片机开发板，它在整个平台中起到承上启下的作用。具体来说，控制板有以下功能：

- 驱动底盘电机
- 管理输入电源、平衡电压、充电
- 与导航板数据交互
- 采样导航板的电压、底盘电机的速度以及底盘的位姿等数据

## 2.5 结构分解

### 计算主机

计算主机亦称导航板，是移动机器人平台的大脑，它能够从激光雷达、摄像头等传感器获取到大量信息，进而感知环境。它还从控制板获取机器人平台的当前状态，基于对环境和自身状态的分析，向控制板发出指令，完成用户设定的各项功能。这里安装Ubuntu、ROS及建图导航插件包



型号	树莓派3B(1GB RAM)	树莓派4B(4GB RAM)	Jetson Nano(4GB RAM)
处理器	4核64位Cortex-A53处理器@1.2Ghz	4核64位Cortex-A72处理器@1.5Ghz	4核64位Cortex-A57处理器@1.43Ghz
显卡	VideoCore IV GPU	VideoCore VI GPU	128核心Maxwell显卡
内存	1GB	4GB	4GB
USB	USB2.0 × 4	USB2.0 × 2 USB3.0 × 2	USB3.0 × 4
GPIO	40	40	40
应用场景	低算力	一般算力	较高算力




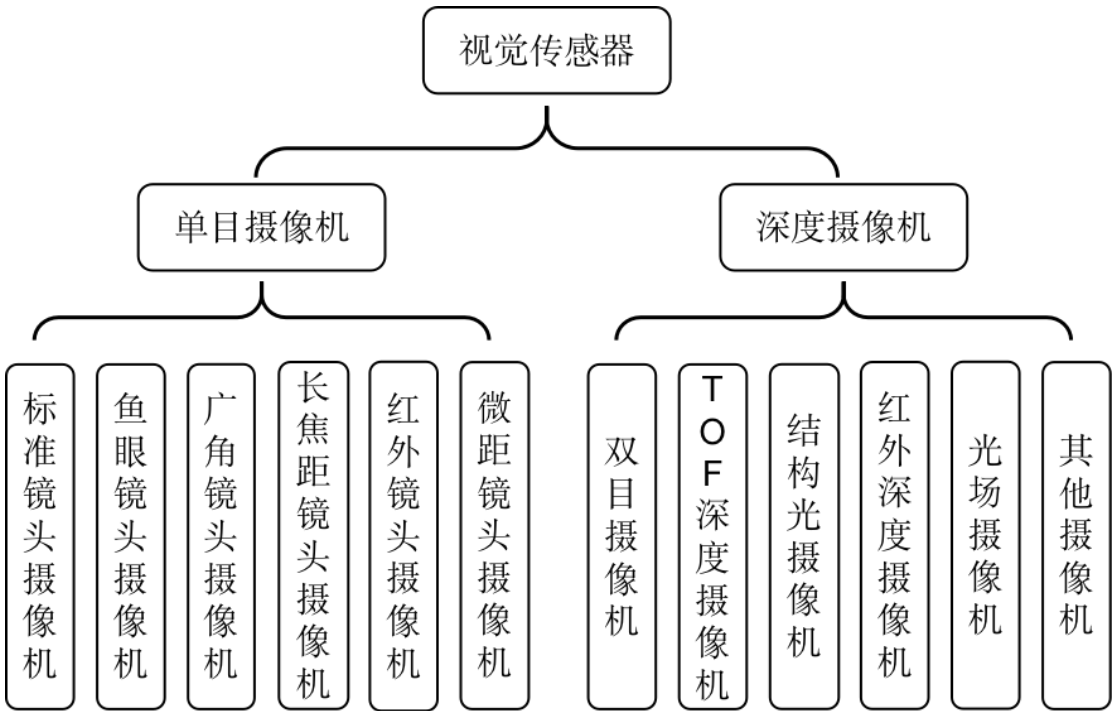
# 2.5 结构分解

## 外设



激光雷达

型号	Rplidar A1	Rplidar A2	Rplidar A3
外观			
测量距离	12m	16m	25m
测量频率	8000次/s	8000次/s	室外模式: 10000次/s 增强模式: 16000次/s
扫描频率	5.5hz	10hz	15hz (10-20hz可调)
扫描角度	0-360°	0-360°	0-360°
尺寸	70 × 98.5 × 98mm	76 × 41mm	76 × 41mm
重量	170g	190g	190g
价格	低	中	高



## 第7课 自主搭建机器人小车

---

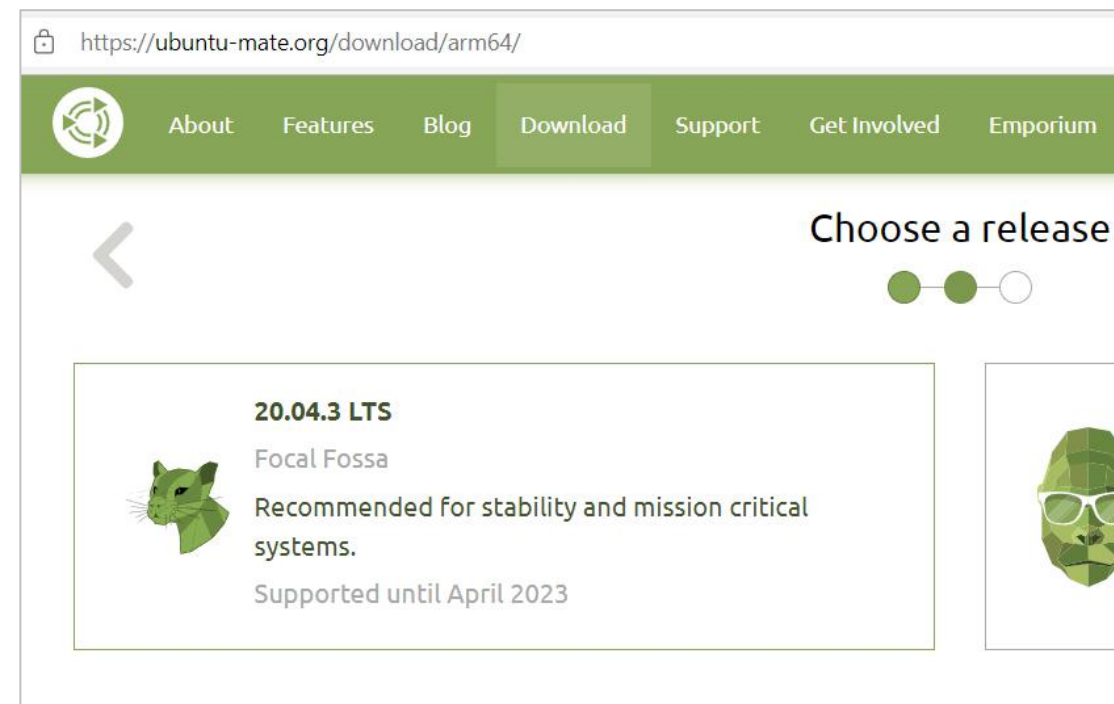
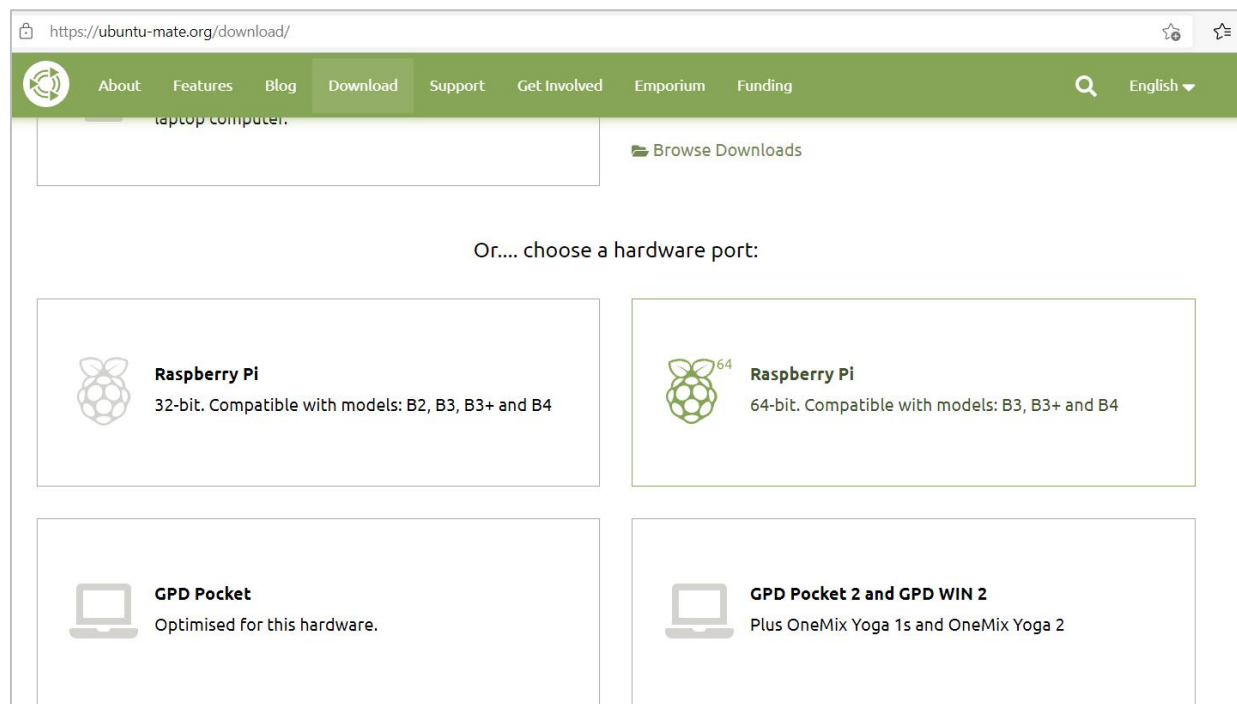
北邮移动机器人与智能技术实验室 编

### 3 软件环境

如果购买了mRobotit机器人，本节内容已经预载

## 3.1 安装Ubuntu

图形化：阅读[How to Install Ubuntu MATE on Raspberry Pi \[Step by Step\] \(itsfoss.com\)](https://itsfoss.com/how-to-install-ubuntu-mate-on-raspberry-pi/)



## 3.1 安装Ubuntu

### 无GUI: ARM/RaspberryPi - Ubuntu Wiki

#### Download

##### armhf

- 18.04.5 LTS: [ubuntu-18.04.5-preinstalled-server-armhf+raspi3.img.xz](#) (4G image, 477MB compressed)
- 19.10.1: [ubuntu-19.10.1-preinstalled-server-armhf+raspi3.img.xz](#) (4G image, 613MB compressed)

##### arm64

- 18.04.5 LTS: [ubuntu-18.04.5-preinstalled-server-arm64+raspi3.img.xz](#) (4G image, 472MB compressed)
- 19.10.1: [ubuntu-19.10.1-preinstalled-server-arm64+raspi3.img.xz](#) (4G image, 632MB compressed)

Further releases can be found at <http://cdimage.ubuntu.com/ubuntu/releases/>. Please note that even though these images are labelled "+raspi3" they are compatible with the Raspberry Pi 2 and 3 (and 4 in the case of 19.10.1).

There is a "+raspi2" image available for 18.04, however *new* users are strongly discouraged from using this; use the "+raspi3" image instead (as noted above this is compatible with all supported variants). The "+raspi2" image is provided for continuity purposes only and should be avoided for new installs.

#### ①下载Ubuntu 18.04 LTS系统镜像文件

打开下载网址: <https://wiki.ubuntu.com/ARM/RaspberryPi/>, 找到对应的位置, 根据自己的需求选择armhf版本或是arm64版本, 通常情况下选择arm64版本。点击下载ubuntu-18.04-preinstalled-server-arm64 + raspi3.img供写入

#### ②下载烧录工具

打开

<https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/files/Archive/>链接, 从该链接中下载win32diskimager-1.0.0-install.exe并安装

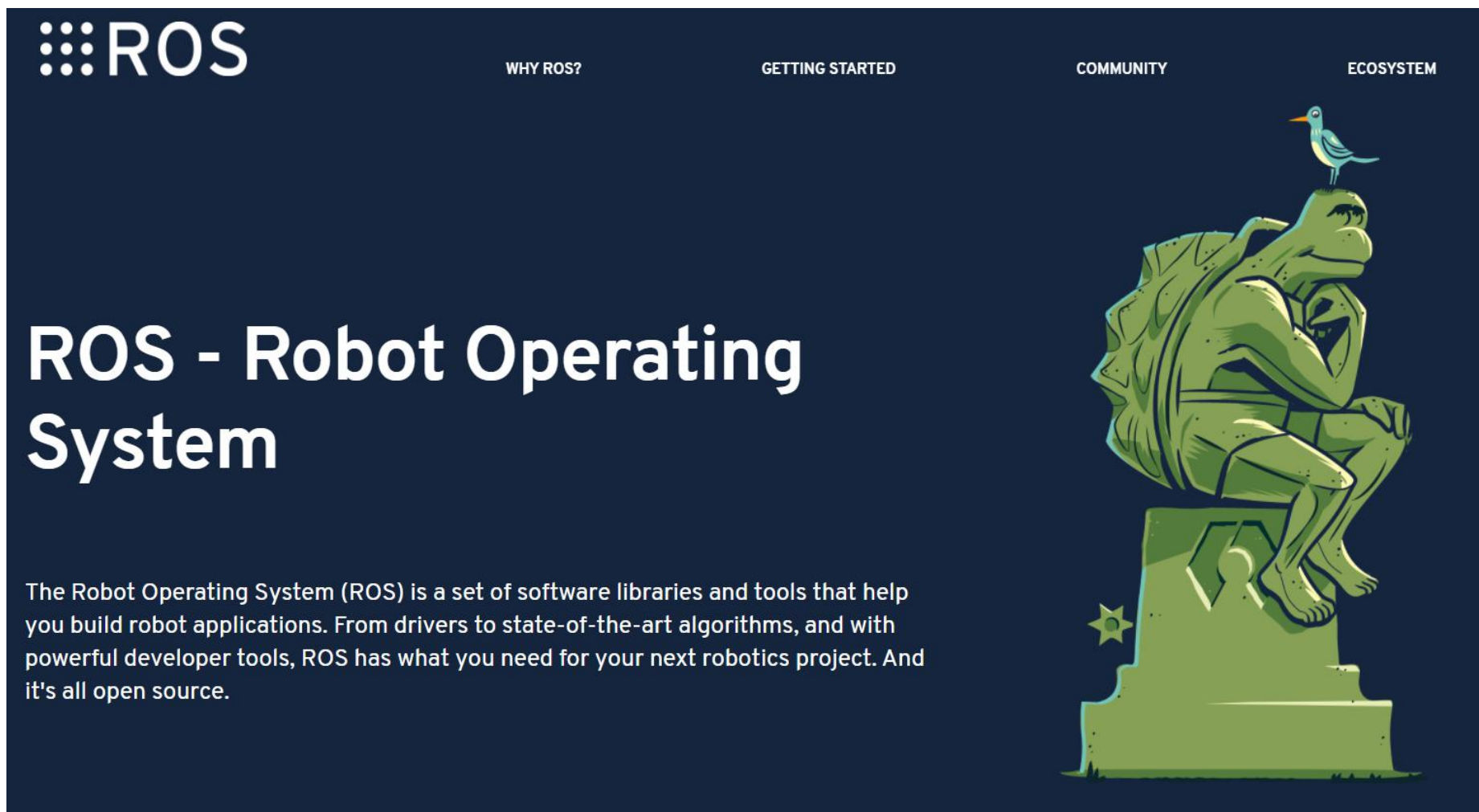
#### ③烧录系统

准备一张16GB以上的micro SD (TF) 卡, 作为系统的存储设备。将TF卡插入读卡器, 然后插入电脑, 将TF卡格式化之后打开Win32DiskImager, 选择刚才下载好的镜像文件和TF卡, 点击“写入”按钮烧写镜像

#### ③将TF卡插在树莓派上

将TF卡插入到Raspberry Pi, 并连接显示器、鼠标、键盘和电源, 就可以启动系统了。第一次启动的用户名与密码默认为ubuntu

## 3.2 安装ROS/ROS2



①打开ros.org

②选择ros版本下载

推荐ros noetic  
也可选择ros2 foxy

## 3.3 安装小车程序

### 3.3.1 树莓派WIFI模块设置

1) 在树莓派上安装依赖库，将代码clone到本地并编译

```
apt install util-linux procs hostapd iproute2 iw haveged dnsmasq  
git clone https://github.com/oblique/create_ap  
cd create_ap  
make install
```

2) 创建wifi热点littlecar（用户可自定义名称），并设置热点的密码为12345678

```
sudo create_ap wlan0 $eth0enld littlecar 12345678
```

3) 配置开机自启动热点，使树莓派开机后自动创建热点

```
vim /etc/rc.local  
sudo create_ap wlan0 $eth0enld littlecar 12345678 &
```

4) 配置好热点后，重启树莓派，热点会自动创建。此时，我们将自己的Ubuntu电脑连接到littlecar热点，并在自己的电脑中打开终端，输入ssh命令：

```
ssh mrobotit@192.168.12.1
```



## 3.3 安装小车程序

### 3.3.1 树莓派WIFI模块设置

```
Welcome to Ubuntu 18.04.5 LTS (GNU/Linux 5.4.0-1018-raspi aarch64)

* Documentation:  https://help.ubuntu.com
* Management:    https://landscape.canonical.com
* Support:        https://ubuntu.com/advantage

System information as of Thu Sep 17 14:35:17 CST 2020

System load:  0.17               Processes:            210
Usage of /:   29.5% of 28.95GB   Users logged in:     1
Memory usage: 8%                IP address for wlan0: 192.168.12.1
Swap usage:   0%

220 packages can be updated.
0 updates are security updates.

Your Hardware Enablement Stack (HWE) is supported until April 2023.

Last login: Thu Sep 17 13:51:02 2020 from 192.168.12.236
ubuntu@ubuntu:~$
```

SSH 成功后界面

## 3.3 安装小车程序

### 3.3.2 ROS程序下载

1) 在树莓派上安装mRobotit依赖的开发库:

```
sudo apt-get install ros-noetic-yocs-velocity-smoother  
sudo apt-get install ros-noetic-bfl  
sudo apt-get install ros-noetic-serial
```

2) [在树莓派上将mRobotit控制库代码下载到本地](https://gitee.com/mrobotit/mrobot_book/raw/master/ch3/mrobotit.zip), 并编译:

```
mkdir -p mrobotit  
wget https://gitee.com/mrobotit/mrobot_book/raw/master/ch3/mrobotit.zip  
unzip mrobotit  
catkin_make
```



## 第7课 自主搭建机器人小车

---

北邮移动机器人与智能技术实验室 编

### 4 运行实验

## 4 基本控制实验

- 1、启动mRobotit机器人的开关，等待至PC机连接机器人发出的热点。
- 2、PC机连接机器人Wi-Fi热点完成之后，在PC机上配置和机器人之间的ROS网络，在PC机的.bashrc文件中加入下面内容：

```
export ROS_MASTER_URI=http://192.168.12.1:11311  
export ROS_HOSTNAME=192.168.12.224
```

这两行命令中的IP地址需要根据实际情况修改。在PC机连接Wi-Fi热点之后，先通过“ifconfig”命令查看机器人为PC机分配的地址如：192.168.12.224。那么ROS\_HOSTNAME中的IP地址需要设为192.168.12.224。ROS\_MASTER\_URI中的IP地址和端口号分别代表机器人导航板中ROS Master节点的IP地址和端口号。其中端口号默认为11311，IP地址则需要把前面得到的地址如192.168.12.224中的最后一位改为1即：192.168.12.1。

- 3、通过下面命令使用ssh将机器人和PC机进行连接：

```
ssh mrobotit@192.168.12.1
```

如果没有安装ssh，通过下面命令进行安装。

```
sudo apt-get install openssh-client
```

【注意】PC机和机器人的Raspberry Pi都要通过相同的指令安装ssh。

- 4、在ssh连接的终端中通过下面命令启动小车：

```
roslaunch mrobotit_start mrobotit_start.launch
```

- 5、在PC机上新建一个终端并通过ssh命令再次连接机器人，按照仿真环境方法启动键盘控制节点：

```
roslaunch mrobotit_start teleop.py
```

# 4 基本控制实验

按键功能

按键	功能	按键	功能
u	前行左转弯	q	提高行驶速度阈值
i	前行	z	降低行驶速度阈值
o	前行右转弯	w	提高直行速度(10%比例)
j	原地向左旋转	x	降低直行速度(10%比例)
k	停止	e	提高旋转速度(10%比例)
l	原地向右旋转	c	降低旋转速度(10%比例)
m	后退左转弯	空格键	停止
,	后退	CTRL-C	退出脚本
。	后退右转弯	其他键	逐渐停止

# 移动机器人开发技术（激光SLAM版）配套教学PPT

谢 谢 观 看



北京邮电大学

Beijing University of Posts and Telecommunications

移动机器人与智能技术实验室编

宋桂岭 明安龙 2021.11

expsong@qq.com