

从零制作自主空中机器人

本文档是视频教程[从零制作自主空中机器人](#)的配套文档，四旋翼无人机具有一定的安全风险，请同学们严格遵守安全规范，对自己的安全负责。

- 第一章：课程介绍
- 第二章：动力套焊接
- 第三章：飞控的安装与接线
- 第四章：飞控设置与试飞
- 第五章：机载电脑与传感器的安装
- 第六章：Ubuntu20.04的安装
- 第七章：机载电脑的环境配置
- 第八章：常用实验与调试软件的安装与使用
- 第九章：Ego-Planner代码框架与参数介绍
- 第十章：VINS的参数设置与外参标定
- 第十一章：Ego-Planner的实验

第一章：课程介绍

本次课程是一套面向对自主空中机器人感兴趣的学生、爱好者、相关从业人员的免费课程，包含了从硬件组装、机载电脑环境设置、代码部署、实机实验等全套详细流程，带你从0开始，组装属于自己的自主无人机，并让它可以在未知的环境中自由避障穿行。本次课程所涉及的所有代码、硬件设计全部开源，**严禁商用与转载，版权与最终解释权由浙江大学FASTLAB实验室所有。**

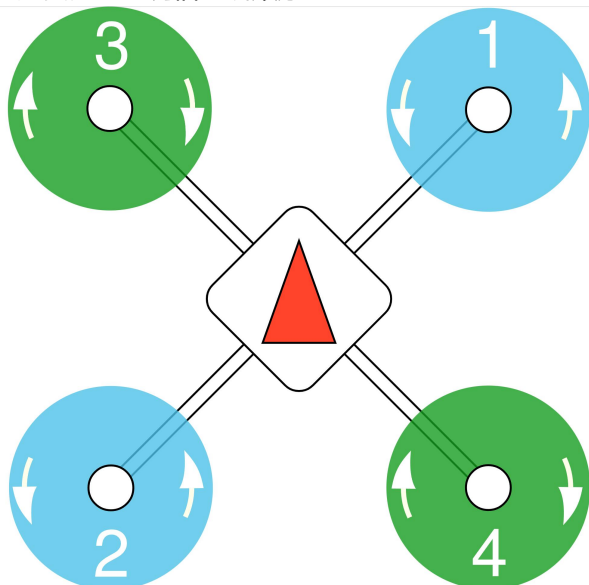
本次课程的重心主要落在自主空中机器人的搭建、代码部署及调试上，关于自主空中机器人的一些理论基础，例如动力学模型，路径搜索，轨迹规划，地图构建等内容，高飞老师在深蓝学院有非常详尽而深入浅出的[课程](#)，本次课程就不再赘述。

第二章：动力套焊接

机器人本体相关配件及焊接用工具详见[purchase list.xlsx](#)，对硬件选型有相关疑问请看 番外一：硬件选型

第三章：飞控的安装与接线

- 一定要注意电调信号线顺序！！



- 飞控箭头与机头同向为正向，任意方向旋转90°的倍数也可以，后续可以在飞控设置内调整，推荐和视频内相同朝向摆放。
- **强烈推荐使用硅胶杜邦线，常规杜邦线线材过硬，容易出现接触不良。**
- 5V稳压模块注意贴黑胶带绝缘，周围注意贴一圈厚的海绵胶带来防止飞机降落时损坏5V模块，也可以考虑把5V模块用扎带扎在机臂旁边
- 使用V5+飞控或其他把模拟和数字输出分开的飞控（特点是输出口标号为A1~A4 M1~M4），如果要用Dshot协议，请插在A口上

第四章：飞控设置与试飞

- 请烧录本git项目下的 `/firmware/px4_fmu-v5_default.px4` 固件，这个固件是官方1.11.0版本固件编译而来，如有需要可以自行编译。实测1.13版本固件存在BUG，不建议使用，更老的固件版本未经测试。
- 在飞控的sd卡的根目录下创建 `/etc/extras.txt`，写入

```
mavlink stream -d /dev/ttyACM0 -s ATTITUDE_QUATERNION -r 200
mavlink stream -d /dev/ttyACM0 -s HIGHRES_IMU -r 200
```

以提高imu发布频率

- 修改机架类型为 `Generic 250 Racer`，代指250mm轴距机型。如果是其他尺寸的机架，请根据实际轴距选择机架类型
- 修改 `dshot_config` 为 `dshot600`
- 修改 `CBRK_SUPPLY_CHK` 为 `894281` 执行这步跳过了电源检查，因此左侧栏的电池设置部分就算是红的也没关系
- 修改 `CBRK_USB_CHK` 为 `197848`
- 修改 `CBRK_IO_SAFETY` 为 `22027`
- 修改 `SER_TEL1_BAUD` 为 `921600`
- 修改 `SYS_USE_IO` 为 `0`（搜索不到则不用管）
- **检测电机转向前确保没有安装螺旋桨！！！！**
- 修改电机转向：进入mavlink控制台

```
dshot reverse -m 1
dshot save -m 1
```

修改 1 为需要反向的电机序号

- **第一次试飞请务必找有自稳模式下飞行经验的飞手协助，只飞过大疆无人机的飞手99%无法飞好！**

第五章：机载电脑与传感器的安装

- 碳板已经预留了拆壳NUC的安装空位。如果想拆壳安装NUC，需要额外购买USB网卡，或者拆下自带的网卡天线找地方固定住，并且由于碳纤维板导电，请务必用尼龙柱把NUC支起来，相关资料请自行查阅。
- 机载电脑使用4S航模电池直接供电，正常情况下没有问题。但理论上最好接一个稳压模块，否则在无人机炸机/电池几乎耗尽时会出现机载电脑关机的情况。但由于符合NUC功率的稳压模块比较大，请同学们酌情选用。

第六章：Ubuntu20.04的安装

- 镜像站地址: <http://mirrors.aliyun.com/ubuntu-releases/20.04/> 下载 `ubuntu-20.04.4-desktop-amd64.iso`
- 烧录软件UltraISO官网: <https://cn.ultraiso.net/>
- 分区设置:
 - EFI系统分区 (主分区) 512M
 - 交换空间 (逻辑分区) 16000M (内存大小的两倍)
 - 挂载点 / (主分区) 剩余所有容量
 - 笔记本上也需要安装ubuntu, 推荐装20.04版本。虚拟机或双系统都可以, 如果有长期学习打算推荐双系统

第七章: 机载电脑的环境配置

- ROS安装
 - `sudo sh -c 'echo "deb http://packages.ros.org/ros/ubuntu $(lsb_release -sc) main" > /etc/apt/sources.list.d/ros-latest.list'`
 - `sudo apt-key adv --keyserver 'hkp://keyserver.ubuntu.com:80' --recv-key C1CF6E31E6BADE8868B172B4F42ED6FBAB17C654'`
 - `sudo apt update`
 - `sudo apt install ros-noetic-desktop-full`
 - `echo "source /opt/ros/noetic/setup.bash" >> ~/.bashrc`
 - 建议没有ROS基础的同学先去B站学习古月老师的ROS入门教程
- 测试ROS
 - 打开三个终端, 分别输入
 - `roscore`
 - `roslaunch turtlesim turtlesim_node`
 - `roslaunch turtlesim turtlesim_teleop_key`
- realsense驱动安装
 - `sudo apt-key adv --keyserver keyserver.ubuntu.com --recv-key F6E65AC044F831AC80A06380C8B3A55A6F3EFCDE || sudo apt-key adv --keyserver hkp://keyserver.ubuntu.com:80 --recv-key F6E65AC044F831AC80A06380C8B3A55A6F3EFCDE`
 - `sudo add-apt-repository "deb https://librealsense.intel.com/Debian/apt-repo $(lsb_release -cs) main" -u`
 - `sudo apt-get install librealsense2-dkms`
 - `sudo apt-get install librealsense2-utils`
 - `sudo apt-get install librealsense2-dev`
 - `sudo apt-get install librealsense2-dbg`
 - 测试: `realsense-viewer`
 - 注意测试时左上角显示的USB必须是3.x, 如果是2.x, 可能是USB线是2.0的, 或者插在了2.0的USB口上 (3.0的线和口都是蓝色的)
- 安装mavros
 - `sudo apt-get install ros-noetic-mavros`
 - `cd /opt/ros/noetic/lib/mavros`
 - `sudo ./install_geographiclib_datasets.sh`
- 安装ceres与glog与ddynamic-reconfigure
 - 解压 `3rd_party.zip` 压缩包
 - 进入glog文件夹打开终端
 - `./autogen.sh && ./configure && make && sudo make install`

- `sudo apt-get install liblapack-dev libsuitesparse-dev libcxsparse3.1.2 libgflags-dev libgoogle-glog-dev libgtest-dev`
 - 进入ceres文件夹打开终端
 - `mkdir build`
 - `cd build`
 - `cmake ..`
 - `sudo make -j4`
 - `sudo make install`
 - `sudo apt-get install ros-noetic-ddynamic-reconfigure`
- 下载ego-planner源码并编译
 - `git clone https://github.com/ZJU-FAST-Lab/Fast-Drone-250`
 - `cd Fast-Drone-250`
 - `catkin_make`
 - `source devel/setup.bash`
 - `roslaunch ego_planner single_run_in_sim.launch`
 - 在Rviz内按下键盘G键，再单击鼠标左键以点选无人机目标点

第八章：常用实验与调试软件的安装与使用

- VScode: `sudo dpkg --i *.deb`
- Terminator: `sudo apt install terminator`
- Plotjuggler:
 - `sudo apt install ros-noetic-plotjuggler`
 - `sudo apt install ros-noetic-plotjuggler-ros`
 - `roslaunch plotjuggler plotjuggler`
- Net-tools:
 - `sudo apt install net-tools`
 - `ifconfig`
- ssh:
 - `sudo apt install openssh-server`
 - 在笔记本上: `ping 192.168.***.***`
 - `sudo gedit /etc/hosts`
 - 加上一行: `192.168.***.*** fast-drone`
 - `ping fast-drone`
 - `ssh fast-drone@fast-drone (ssh 用户名@别名)`

第九章：Ego-Planner代码框架与参数介绍

- `src/planner/plan_manage/launch/single_run_in_exp.launch` 下的:
 - `map_size`: 当你的地图大小较大时需要修改，注意目标点不要超过`map_size/2`
 - `fx/fy/cx/cy`: 修改为你的深度相机的实际内参（下一课有讲怎么看）
 - `max_vel/max_acc`: 修改以调整最大速度、加速度。速度建议先用0.5试飞，最大不要超过2.5，加速度不要超过6
 - `flight_type`: 1代表rviz选点模式，2代表waypoints跟踪模式
- `src/planner/plan_manage/launch/advanced_param_exp.xml` 下的:
 - `resolution`: 代表栅格地图格点的分辨率，单位为米。越小则地图越精细，但越占内存。最小不要低于0.1

- `obstacles_inflation`: 代表障碍物膨胀大小, 单位为米。建议至少设置为飞机半径 (包括螺旋桨、桨保) 的1.5倍以上, 但不要超过 `resolution` 的4倍。如果飞机轴距较大, 请相应改大 `resolution`
- `src/realflight_modules/px4ctrl/config/ctrl_param_fpv.yaml` 下的:
 - `mass`: 修改为无人机的实际重量
 - `hover_percent`: 修改为无人机的悬停油门, 可以通过px4log查看, 具体可以参考[文档](#) 如果你的无人机是和课程的一模一样的话, 这项保持为0.3即可。如果更改了动力配置, 或重量发生变化, 或轴距发生变化, 都请调整此项, 否则自动起飞时会发生无法起飞或者超调严重的情况。
 - `gain/kp,kv`: 即PID中的PI项, 一般不用太大改动。如果发生超调, 请适当调小。如果无人机响应较慢, 请适当调大。
 - `rc_reverse`: 这项使用乐迪AT9S的不用管。如果在第十一课的自动起飞中, 发现飞机的飞行方向与摇杆方向相反, 说明需要修改此项, 把相反的通道对应的值改为true。其中throttle如果反了, 实际实验中会比较危险, 建议在起飞前就确认好, 步骤为:
 - `roslaunch mavros px4.launch`
 - `rostopic echo /mavros/rc/in`
 - 打开遥控器, 把遥控器油门从最低满满打到最高
 - 看echo出来的消息里哪项在缓慢变化 (这项就是油门通道值), 并观察它是不是由小变大
 - 如果是由小变大, 则不需要修改throttle的rc_reverse, 反之改为true
 - 其他通道同理

第十章: VINS的参数设置与外参标定

- 检查飞控mavros连接正常
 - `ls /dev/tty*`, 确认飞控的串口连接正常。一般是 `/dev/ttyACM0`
 - `sudo chmod 777 /dev/ttyACM0`, 为串口附加权限
 - `roslaunch mavros px4.launch`
 - `rostopic hz /mavros/imu/data_raw`, 确认飞控传输的imu频率在200hz左右
- 检查realsense驱动正常
 - `roslaunch realsense2_camera rs_camera.launch`
 - 进入远程桌面, `rqt_image_view`
 - 查看 `/camera/infra1/image_rect_raw`, `/camera/infra2/image_rect_raw`, `/camera/dept_h/image_rect_raw` 话题正常
- VINS参数设置
 - 进入 `realflight_modules/VINS_Fusion/config/`
 - 驱动realsense后, `rostopic echo /camera/infra1/camera_info`, 把其中的K矩阵中的fx,fy,cx,cy填入 `left.yaml` 和 `right.yaml`
 - 在home目录创建 `vins_output` 文件夹(如果你的用户名不是fast-drone, 需要修改config内的vins_out_path为你实际创建的文件夹的绝对路径)
 - 修改 `fast-drone-250.yaml` 的 `body_T_cam0` 和 `body_T_cam1` 的 `data` 矩阵的第四列为你的无人机上的相机相对于飞控的实际外参, 单位为米, 顺序为x/y/z, 第四项是1, 不用改
- VINS外参精确自标定
 - `sh shfiles/rsp4.sh`
 - `rostopic echo /vins_estimator/imu_propagate`
 - 拿起飞机沿着场地**尽量缓慢**地行走, 场地内光照变化不要太大, 灯光不要太暗, **不要使用会频闪的光源**, 尽量多放些杂物来增加VINS用于匹配的特征点

- 把 `vins_output/extrinsic_parameter.txt` 里的内容替换到 `fast-drone-250.yaml` 的 `body_T_cam0` 和 `body_T_cam1`
 - 重复上述操作直到走几圈后VINS的里程计数据偏差收敛到满意值（一般在0.3米内）
- 建图模块验证
 - `sh shfiles/rsp4.sh`
 - `roslaunch ego_planner single_run_in_exp.launch`
 - 进入远程桌面 `roslaunch ego_planner rviz.launch`

第十一章：Ego-Planner的实验

- 自动起飞：
 - `sh shfiles/rsp4.sh`
 - `rostopic echo /vins_estimator/imu_propagate`
 - 拿起飞机进行缓慢的小范围晃动，放回原地后确认没有太大误差
 - 遥控器5通道拨到内侧，六通道拨到下侧，油门打到中位
 - `roslaunch px4ctrl run_ctrl.launch`
 - `sh shfiles/takeoff.sh`，如果飞机螺旋桨开始旋转，但无法起飞，说明 `hover_percent` 参数过小；如果飞机有明显飞过1米高，再下降的样子，说明 `hover_percent` 参数过大
 - 遥控器此时可以以类似大疆飞机的操作逻辑对无人机进行位置控制
 - 降落时把油门打到最低，等无人机降到地上后，把5通道拨到中间，左手杆打到左下角上锁
- Ego-Planner实验
 - 自动起飞
 - `roslaunch ego-planner single_run_in_exp.launch`
 - `sh shfiles/record.sh`
 - 进入远程桌面 `roslaunch ego_planner rviz.launch`
 - 按下G键加鼠标左键点选目标点使无人机飞行
- 如果实验中遇到意外怎么办!!!
 - case 1**: VINS定位没有飘，但是规划不及时/建图不准确导致无人机规划出一条可能撞进障碍物的轨迹。如果飞手在飞机飞行过程中发现无人机可能会撞到障碍物，在撞上前把6通道拨回上侧，此时无人机会退出轨迹跟随模式，进入VINS悬停模式，在此时把无人机安全着陆即可
 - case 2**: VINS定位飘了，表现为飞机大幅度颤抖/明显没有沿着正常轨迹走/快速上升/快速下降等等，此时拨6通道已经无济于事，必须把5通道拨回中位，使无人机完全退出程序控制，回到遥控器的stabilized模式来操控降落
 - case 3**: 无人机已经撞到障碍物，并且还没掉到地上。此时先拨6通道，看看飞机能不能稳住，稳不住就拨5通道手动降落
 - case 4**: 无人机撞到障碍物并且炸到地上了：拨5通道立刻上锁，减少财产损失
 - case 5**: **绝招** 反应不过来哪种case，或者飞机冲着非常危险的区域飞了，直接拨7通道紧急停桨。这样飞机会直接失去动力摔下来，对飞机机身破坏比较大，一般慢速情况下不建议。