
API 说明文件检索大纲

1. RflySim 平台配套教材	1
1.1. 《多旋翼飞行器设计与控制》	1
1.2. 《多旋翼飞行器设计与控制实践》	1
1.3. 《多旋翼飞行器:从原理到实践》	1
1.4. 《多旋翼无人机远程控制实践》	1
2. PX4&Pixhawk 飞控系统学习资料.....	2
2.1. PX4	2
2.2. QGroundControl	2
2.3. MAVLink	2
3. Python 学习资料	2
4. MATLAB/Simulink 学习资料.....	2
4.1. MATLAB	2
4.2. Simulink.....	3
5. Microsoft Visual Studio 学习资料.....	3
6. 三维场景(3Ds Max&Unreal-Engine)开发学习资料.....	3
6.1. 3Ds Max.....	3
6.2. Unreal Engine	3
7. Linux 学习资料	4
8. ROS 学习资料.....	4
8.1. ROS.....	4
8.2. MAVROS	4
9. 硬件系统简介.....	5
9.1. 飞控.....	5
9.1.1. Pixhawk 2.4.8(又名 Pixhawk 1).....	5
9.1.2. Pixhawk 6C	6
9.1.3. Pixhawk 6X.....	7
9.2. 遥控器.....	9
9.2.1. 天地飞 ET10.....	9
9.2.2. 福斯 FS-i6S.....	11
9.3. 其他配件	11

1. RflySim 平台配套教材

1.1. 《多旋翼飞行器设计与控制》

本书讲授多旋翼设计、动态模型建立、状态估计、控制和决策等方面的基础知识。涉及到空气流体力学、电机、电路、材料结构、理论力学、以及导航、制导与控制各个学科的基础知识，具有基础性和系统性两个特色。因此，有利于读者将已学知识融会贯通，着重培养学生解决问题的综合能力。书籍购买链接：<https://item.jd.com/12322312.html>，在线视频课程学习网站：<http://rfly.buaa.edu.cn/course.html>

1.2. 《多旋翼飞行器设计与控制实践》

本书分为实验平台和实验任务两大部分，其中实验平台依托为本书特别设计的 RflySim 平台。RflySim 平台利用目前的先进开发理念“基于模型开发 (Model-Based Design)”流程，将多旋翼飞行器、Pixhawk 自驾仪，以及 MATLAB Simulink 编程语言紧密联系在一起。实验任务共包括循序渐进的 8 个实验：动力系统设计、动态建模、传感器标定、滤波器设计、姿态控制器设计、定点位置控制器设计、半自主控制模式设计及失效保护逻辑设计，完成多旋翼飞行器设计与控制实践。本书适合对无人机特别是多旋翼飞行器设计与控制感兴趣的读者，也可以把本书部分实验作为专业课程的实践环节。书籍购买链接：<https://item.jd.com/12920412.html>，在线视频课程学习网站：https://www.bilibili.com/video/BV1wA411T7Vu/?spm_id_from=333.999.0.0&vd_source=3c57bec9aafb3c903a990061af71ac4

1.3. 《多旋翼飞行器:从原理到实践》

本书是多旋翼飞行器的一本入门级教材，也是一本从原理到操作实践的手册。它首先介绍了多旋翼飞行器的基本概念、飞行原理、发展历史等内容；然后，对其系统组成以及机架、动力系统、通信系统、飞行控制系统等重要组成部分进行了详细介绍；最后，介绍了组装调试、操控和维护、行业应用和发展等知识。总得来说，本书做到了理论讲解和实践操作的有机融合，做到了内容的全面与细致，也在处处讲解安全操作，培养读者的安全意识。我们也为本书配备了大量教学和实践操作视频，帮助读者更好地学习和掌握本书内容。书籍购买链接：<https://www.taobao.com/list/item/719850104834.htm#:~:text=%E6%9C%AC%E4%B9%A6%E7%9E%84%E5%87%86%E5%A4%9A%E6%97%8B%E7%BF%BC%E6%97%A0,%E7%BB%BC%E5%90%88%E5%8F%82%E8%80%83%E6%95%99%E7%A7%91%E4%B9%A6%E3%80%82>，在线视频课程学习网站：<https://space.bilibili.com/1708004959/channel/collectiondetail?sid=1611270>，

1.4. 《多旋翼无人机远程控制实践》

本书瞄准多旋翼无人机的应用实践，旨在降低入门门槛，为更多不具备多旋翼专业知识和开发背景的高职、低年级本科生或相关从业人员提供理论实践相结合的综合参考教科

书，让读者在学习“自动控制原理”等专业课之后，运用所学专业技术基础课及专业课知识，进行控制系统的详细设计，使读者在综合运用专业理论解决工程问题方面得到实际锻炼。书籍购买链接：<https://item.jd.com/10069606247446.html>，在线视频课程学习网站：<https://space.bilibili.com/1575504779/channel/seriesdetail?sid=2039848>。

2. PX4&Pixhawk 飞控系统学习资料

2.1. PX4

PX4 由来自业界和学术界的世界级开发商开发，并得到活跃的全球社区的支持，为从竞速和物流无人机到地面车辆和潜水艇的各种载具提供动力。基本使用方法见：<https://docs.px4.io/master/zh/>，开源代码地址见：<https://github.com/PX4/PX4-Autopilot>。

2.2. QGroundControl

QGroundControl 是 PX4 自驾系统不可分割的一部分，可以运行在 Windows, OS X 或 Linux 等多个平台。使用 QGroundControl，您可以将 PX4 固件烧写到硬件，设置机器，改变不同的参数，获得实时航班信息，创建和执行完全自主的任务。基本使用方法见：<https://docs.qgroundcontrol.com/master/en/index.html>，开源代码地址见：<https://github.com/mavlink/qgroundcontrol>。

2.3. MAVLink

MAVLink (Micro Air Vehicle Link) 是一种用于小型无人载具的通信协议，于 2009 年首次发布。该协议广泛应用于地面站 (Ground Control Station,GCS) 与无人载具 (Unmanned vehicles) 之间的通信，同时也应用在载具上机载计算机与 Pixhawk 之间的内部通信中，协议以消息库的形式定义了参数传输的规则。MAVLink 协议支持无人固定翼飞行器、无人旋翼飞行器、无人车辆等多种载具。官方使用文档网站：<https://mavlink.io/en/messages/common.html>，MAVLink 源码：<https://github.com/mavlink/mavlink>。

3. Python 学习资料

Python 是一种解释型、面向对象、动态数据类型的高级程序设计语言。Python 由 Guido van Rossum 于 1989 年底发明，第一个公开发行人版发行于 1991 年。像 Perl 语言一样，Python 源代码同样遵循 GPL(GNU General Public License) 协议。Python 官方网站见：<https://www.python.org/>，学习教程见：<https://www.runoob.com/python3/python3-tutorial.html>。

4. MATLAB/Simulink 学习资料

4.1. MATLAB

MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件，用于数据分析、无线通信、深度学习、图像处理与计算机视觉、信号处理、量化金融与风险管理、机器人，控制系统等

领域。MATLAB 的教程见如下网址：<https://www.w3cschool.cn/matlab/>，也可以看 MATHWORKS 公司的官方教程：<https://ww2.mathworks.cn/learn/tutorials/matlab-onramp.html>，

4.2. Simulink

Simulink 是一个模块图环境，用于多域仿真以及基于模型的设计。它支持系统级设计、仿真、自动代码生成以及嵌入式系统的连续测试和验证。Simulink 提供图形编辑器、可自定义的模块库以及求解器，能够进行动态系统建模和仿真。Simulink 与 MATLAB 相集成，这样您不仅能够在 Simulink 中将 MATLAB 算法融入模型，还能将仿真结果导出至 MATLAB 做进一步分析。Simulink 的教程如下：<https://ww2.mathworks.cn/learn/tutorials/simulink-onramp.html>。

5. Microsoft Visual Studio 学习资料

Microsoft Visual Studio（简称 VS）是美国微软公司的开发工具包系列产品。VS 是一个基本完整的开发工具集，它包括了整个软件生命周期所需要的大部分工具，如 UML 工具、代码管控工具、集成开发环境(IDE)等等。所写的目标代码适用于微软支持的所有平台，包括 Microsoft Windows、Windows Mobile、Windows CE、.NET Framework、.NET Compact Framework 和 Microsoft Silverlight 及 Windows Phone。官方地址见：<https://visualstudio.microsoft.com/zh-hans/>，官方入门教程见：<https://learn.microsoft.com/zh-cn/visualstudio/ide/quickstart-ide-orientation?view=vs-2022>。

6. 三维场景(3Ds Max&Unreal-Engine)开发学习资料

6.1. 3Ds Max

3Ds Max 是基于 PC 系统的三维动画渲染和制作软件，在广告、影视、工业设计、建筑设计、三维动画、多媒体制作、游戏、以及工程可视化等领域中广泛应用。3ds Max 具有专业三维建模、渲染和动画软件使您能够创建广阔的世界和优质设计。使用强大的建模工具为环境和景观注入活力。使用直观的纹理和明暗处理工具创建精细的设计和道具。迭代和生成具有全方位艺术控制的专业级渲染。官方地址见：<https://www.autodesk.com.cn/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>，官方入门教程见：<https://www.autodesk.com/training>。

6.2. Unreal Engine

UE（Unreal Engine）是目前世界最知名授权最广的顶尖游戏引擎，占有全球商用游戏引擎 80% 的市场份额。自 1998 年正式诞生至今，经过不断的发展，虚幻引擎已经成为整个游戏界--运用范围最广，整体运用程度最高，次世代画面标准最高的一款游戏引擎。UE4 是美国 Epic 游戏公司研发的一款 3A 级次时代游戏引擎。它的前身就是大名鼎鼎的虚幻 3（免费版称为 UDK），许多我们耳熟能详的游戏大作，都是基于这款虚幻 3 引擎诞生的，

例如：剑灵、鬼泣 5、质量效应、战争机器、爱丽丝疯狂回归等等。其渲染效果强大以及采用 pbr 物理材质系统，所以它的实时渲染的效果做好了，可以达到类似[Vray]静帧的效果，成为开发者最喜爱的引擎之一。官方地址见：<https://www.unrealengine.com/zh-CN/?lang=zh-CN>，官方入门教程见：<https://docs.unrealengine.com/5.0/zh-CN/>

7. Linux 学习资料

Linux，一般指 GNU/Linux（单独的 Linux 内核并不可直接使用，一般搭配 GNU 套件，故得此称呼），是一种免费使用和自由传播的类 UNIX 操作系统，其内核由林纳斯·本纳第克特·托瓦兹（Linus Benedict Torvalds）于 1991 年 10 月 5 日首次发布，它主要受到 Minix 和 Unix 思想的启发，是一个基于 POSIX 的多用户、多任务、支持多线程和多 CPU 的操作系统。它支持 32 位和 64 位硬件，能运行主要的 Unix 工具软件、应用程序和网络协议。官方地址见：<https://www.linux.org/>，学习教程见：<https://www.runoob.com/linux/linux-tutorial.html>。

8. ROS 学习资料

8.1. ROS

ROS（Robot Operating System，下文简称“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。简单来说：ROS 是机器人操作系统（Robot Operating System）的英文缩写。ROS 是用于编写机器人软件程序的一种具有高度灵活性的软件架构。它具备通讯机制，开发工具，应用功能，生态系统四大功能。官网地址见：<https://www.ros.org/>，官方学习资料 wiki 见：<http://wiki.ros.org>，官方社区问答见：<https://answers.ros.org>，开源代码见：<https://github.com/ros/ros>。

8.2. MAVROS

MAVROS 是一个 ROS 1 包，可以在任何启用 MAVLink 的自动驾驶仪、地面站或外围设备上运行 ROS 1 的计算机之间进行 MAVLink 可扩展通信。MAVROS 是“官方”支持的介于 ROS 1 和 MAVLink 协议之间的桥梁。虽然 MAVROS 可用于与任何启用 mavlink 的自动驾驶仪通信，但本文档解释了如何在 PX4 自动驾驶仪和启用 ROS 1 的伴侣计算机之间建立通信。ROS 官方学习资料 wiki：<http://wiki.ros.org/mavros>。PX4 官方学习资料：http://docs.px4.io/master/zh/ros/mavros_installation.html。开源代码见：<https://github.com/mavlink/mavros>。

9. 硬件系统简介

9.1. 飞控

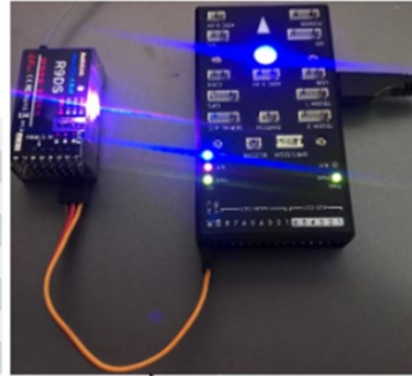
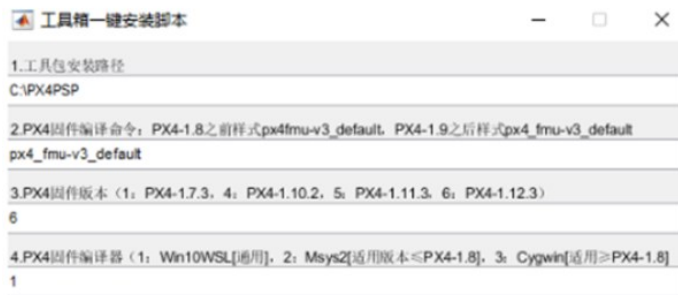
9.1.1. Pixhawk 2.4.8(又名 Pixhawk 1)

Pixhawk2.4.8 是一种先进的自动驾驶仪，由 PX4 开放硬件项目设计和 3D 机器人制造。它具有来自 ST 公司先进的处理器和传感器技术，以及 NuttX 实时操作系统，能够实现惊人的性能，灵活性和可靠性控制任何自主飞行器。其特点有：

- 先进的 32 位 ARM CortexM4 高性能处理器，可运行 NuttX RTOS 实时操作系统。
- 14 个 PWM/舵机输出(其中 8 个具有安全和手动控制功能，另外 6 个辅助，兼容高功率)，外设丰富(UART,I2C,SPI,CAN)。
- 冗余设计，集成备份电源和基本安全飞行控制器，主控制器失效时可安全切换到备份控制。
- 备份系统集成混控功能，提供自动和手动混控模式。
- 冗余电源输入和自动故障转移，外部安全按钮以容易启动电机。
- 多色 LED 灯，高功率，多音蜂鸣器。
- Micro SD,长时间高速率记录飞行数据。



如果使用的是 Pixhawk 2.4.8 (2M flash) 的飞控硬件(对应固件为 px4_fmu-v3)，推荐使用下图所示软件安装配置，和右下图所示硬件连接配置。



使用 `px4_fmu-v3_default` 编译命令。

使用 “6”: PX4 1.12.3 版本固件。

使用 “1”: Win10WSL 编译器。

Pixhawk 1 上自带 LED 灯, 不需要外接模块, 只需按右图连接遥控器接收机。

注: Pixhawk 2/3/4 开始都不自带 LED 等模块, 需要购买外接 LED 模块。

更多详细信息请见: https://docs.px4.io/main/en/flight_controller/mro_pixhawk.html

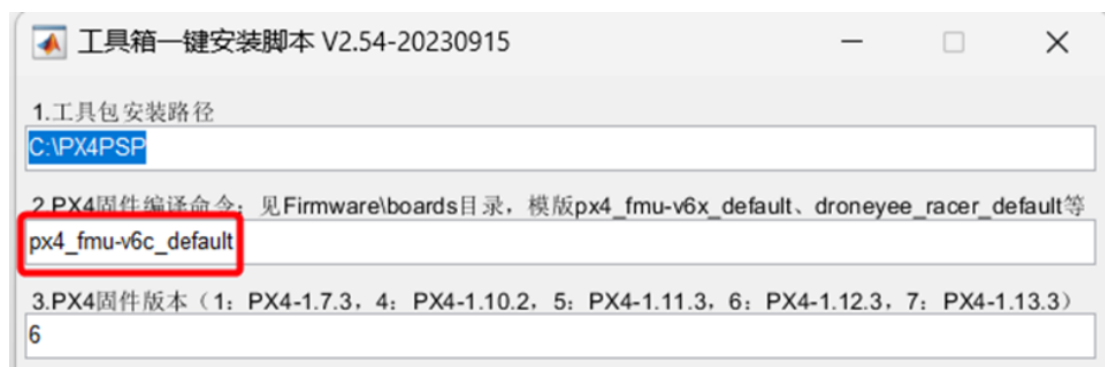
9.1.2. Pixhawk 6C

Pixhawk 6C 是基于 Pixhawk FMUv6C 开放标准和连接标准的成功无人机控制器家族的最新更新。它配备了 PX4 自动驾驶仪。在 Pixhawk 6C 内部, 可以找到由 STM 制造的基于 STM32H743 的芯片, 与来自 Bosch 和 InvenSense 的传感器技术配对, 为任何自主车辆的控制提供灵活性和可靠性, 适用于学术和商业应用。其特点有:

- 高性能 STM32H743 处理器, 具有更多的计算能力和内存容量;
- 新的成本效益设计, 采用低底盘尺寸;
- 新设计的集成振动隔离系统, 过滤高频振动并降低噪声, 确保准确的读数;
- 惯性测量单元 (IMUs) 由内置的加热电阻进行温度控制, 确保 IMUs 的最佳工作温度。



如果使用的是 Pixhawk 6C 的飞控硬件，推荐使用下图所示软件安装配置，硬件连接配置同 Pixhawk 2.4.8 相同。



使用 `px4_fmu-v6c_default` 编译命令。

使用 “7”：PX4 1.13.3 版本固件。

使用 “1”：Win10WSL 编译器。

更多详细信息请见：https://docs.px4.io/main/en/flight_controller/pixhawk6c.html、https://docs.px4.io/main/en/flight_controller/pixhawk6c_mini.html。

9.1.3. Pixhawk 6X

在 Pixhawk 6X 内部，您可以找到由 STM 制造的基于 STM32H753 的芯片，与 Bosch、InvenSense 提供的传感器技术配对，为任何自主车辆的控制提供灵活性和可靠性，适用于学术和商业应用。Pixhawk 6X 的 H7 微控制器包含运行最高达 480MHz 的 Arm® Cortex®-M7 核心，具有 2MB 闪存存储和 1MB RAM。PX4 自动驾驶仪利用了增强的处理能力和 RAM。由于更新的处理能力，开发人员可以更加高效和生产力，使他们的开发工作变得更加复杂和模型。FMUv6X 开放标准包括内置的高性能、低噪声惯性测量单元 (IMU)，旨在提

高稳定性。独立的 LDO 为每个传感器组供电，具有独立的电源控制。一种过滤高频振动并降低噪声的振动隔离系统，以确保准确的读数，使车辆能够实现更好的总体飞行性能。外部传感器总线（SPI5）具有两个芯片选择线和数据就绪信号，用于与 SPI 接口连接的附加传感器和载荷，并配有内置的微芯片以太网 PHY，可以通过以太网实现高速通信。Pixhawk 6X 完美适用于企业研究实验室、初创企业、学术研究（包括教授、研究生和学生）以及商业应用。其特点有：

- 高性能 STM32H753 处理器；
- 可拆卸的飞控板：独立的 IMU、FMU 和基础系统通过 100 个 Pin 和 50 个 Pin Pixhawk 自动驾驶仪总线连接器相连。
- 冗余：在各自的总线上具有三倍 IMU 传感器和双倍气压传感器。
- 三倍冗余区域：具有各自的总线和各自的电源控制的完全隔离的传感器区域。
- 新设计的振动隔离系统过滤高频振动和减少噪声，以确保准确的读数。
- 以太网接口用于高速任务计算机集成。
- 惯性测量单元由内置的加热电阻进行温度控制，以确保 IMU 的最佳工作温度。



如果使用的是 Pixhawk 6X 的飞控硬件，推荐使用下图所示软件安装配置，硬件连接配置同 Pixhawk 2.4.8 相同。

工具箱一键安装脚本 V2.54-20230915

1.工具包 安装路径

C:\PX4PSP

2.PX4固件编译命令：见Firmware\boards目录，模版px4_fmu-v6x_default、droneyee_racer_default等

px4_fmu-v6x_default

3.PX4固件版本（1： PX4-1.7.3， 4： PX4-1.10.2， 5： PX4-1.11.3， 6： PX4-1.12.3， 7： PX4-1.13.3）

6

使用 px4_fmu-v6c_default 编译命令。

使用 “7”：PX4 1.13.3 版本固件。

使用 “1”：Win10WSL 编译器。

更多详细信息请见：https://docs.px4.io/main/en/flight_controller/pixhawk6x.html

9.2. 遥控器

9.2.1. 天地飞 ET10

ET10 为 ET07 的赋能升级，全比例 10 通道，ET10 拥有 ET 系列强大的功能扩展基因，新增外置高频头 NANO 接口，兼容 ELRS,TBS,加持霍尔摇杆，加大拓宽电池仓容积，Type-C 接口，液态金属表面外观工艺等全新体验升级。



可扩展外置高频头

—— Nano接口-Micro接口，自由转换！



应用场景



双向传输	10个通道	舵机频率
64点跳频	20组储存	USB升级
3.6ms 响应速度	5组可编程混控	4096 分辨率
兼容CRFS/ELRS	NANO 接口	霍尔摇杆总程
彩色触控屏	背光可调	多旋翼模型
接收机端口设置	开关自定义	教练通道自定义

更多详细信息请见：<http://www.wflysz.com/product/332.html>。

9.2.2. 福斯 FS-i6S



FS- i6S 是富斯沿袭经典的同时融入新元素的一大创举，i6S 是一款 10 通道发射机，适用于多轴、穿越机、挖掘机等工程车模型，电容触摸屏极大的增强了用户体验，中英文两种固件满足了绝大多数模友的需求！支持的功能如下：

- 1.AFHDS 2A 协议
- 2.10 通道
- 3.电容触摸屏
- 4.支持 PWM/PPM 切换
- 5.支持 i.bus/s.bus 切换
- 6.中英文两种固件
- 7.USB 模拟器
- 8.适用于多轴、穿越机、工程车等
- 9.可选配手机支架

更多详细信息请见：https://www.flyskytech.com/products_detail/36.html。

9.3. 其他配件

SkyRC D100 是一款双通道充电器，带有两个独立电路，可同时给 2 块不同化学物质电池（锂聚合物电池/锂聚合物电池/锂电池/镍镉电池/铅酸电池）。它能够作为电源供电，大输出功率为 100 瓦，有助于业余爱好者为直流设备供电。凭借其的语音指南功能，即使

是温室也可以无障碍地使用这款充电器。 11 种语言的移动应用程序附带有用的“扫描到行”功能。



更多详细信息请见：https://www.skyrc.com/cn/D100_v2_Charger。