

---

# 1. 实验名称及目的

## 1.1. 实验名称

MAVLink 控制 HIL 实验

## 1.2. 实验目的

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。本实验将基于 CopterSim 软件在硬件在环仿真时, 通过 MAVLink 封装模块 UDP 的方式, 实现无人机姿态控制。

## 1.3. 关键知识点

无

# 2. 实验效果

在 HIL 中, 实现无人机姿态控制。

# 3. 文件目录

例题目录: [\[安装目录\]\RflySimAPIs\6.RflySimExtCtrl\2.AdvExps\el\\_MavlinkCtrl\2.MavSfunTest\\_Con\](#)

文件夹/文件名称	说明
mavlink	MAVLink 的 C++源代码。
MavSfunTest_Arm.slx	实现解锁信息的 Simulink 文件。
MavCmdDefines.m	MAVLink 的 CMD 定义文件

# 4. 运行环境

序号	软件要求	硬件要求	
		名称	数量
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑 <sup>①</sup>	1
2	RflySim 工具链	卓翼 H7 飞控	1
3	MATLAB 2022b 及以上版本	飞控配套杜邦线等	若干

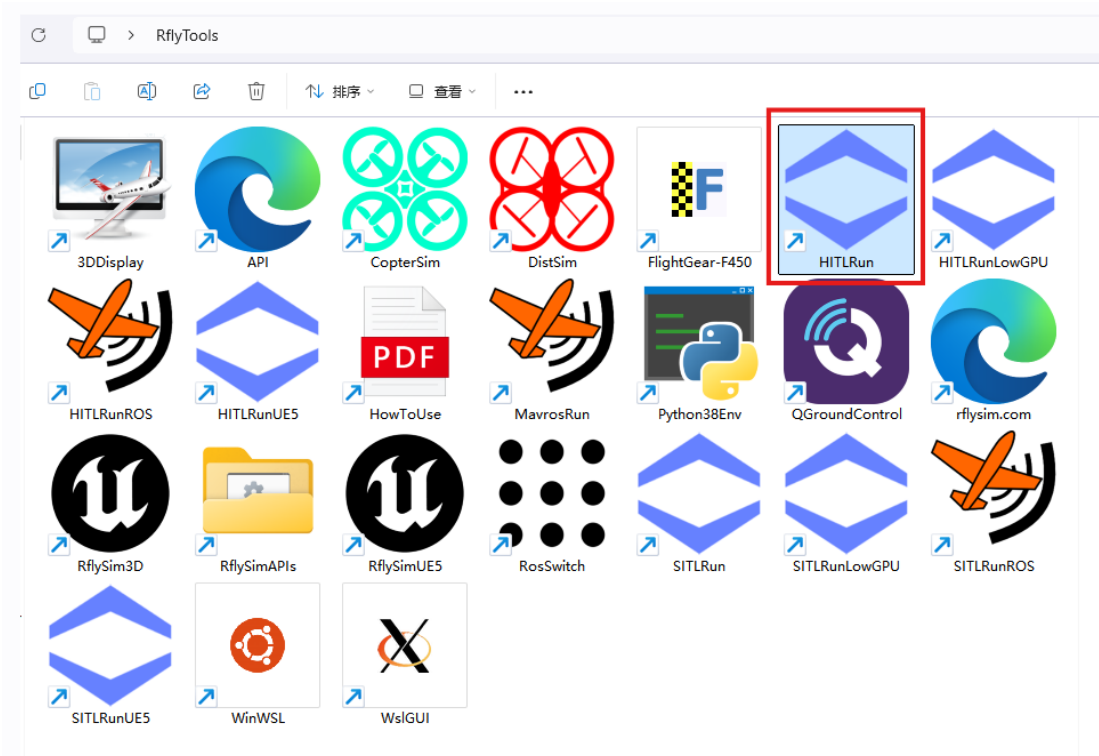
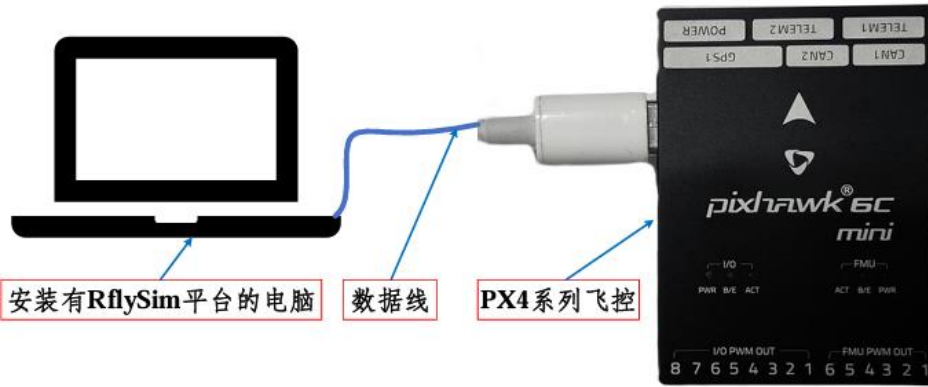
①: 推荐配置请见: <https://rflysim.com/doc/zh/HowToInstall.pdf>

# 5. 实验步骤

**注: 本实验进行前, 请自行烧录所用飞控的官方固件。**

## Step 1:

首先将 Pixhawk 自驾仪与计算机通过 USB 数据线连接, 然后点击一键启动脚本 HITLR un。



填写对应的端口号。

```

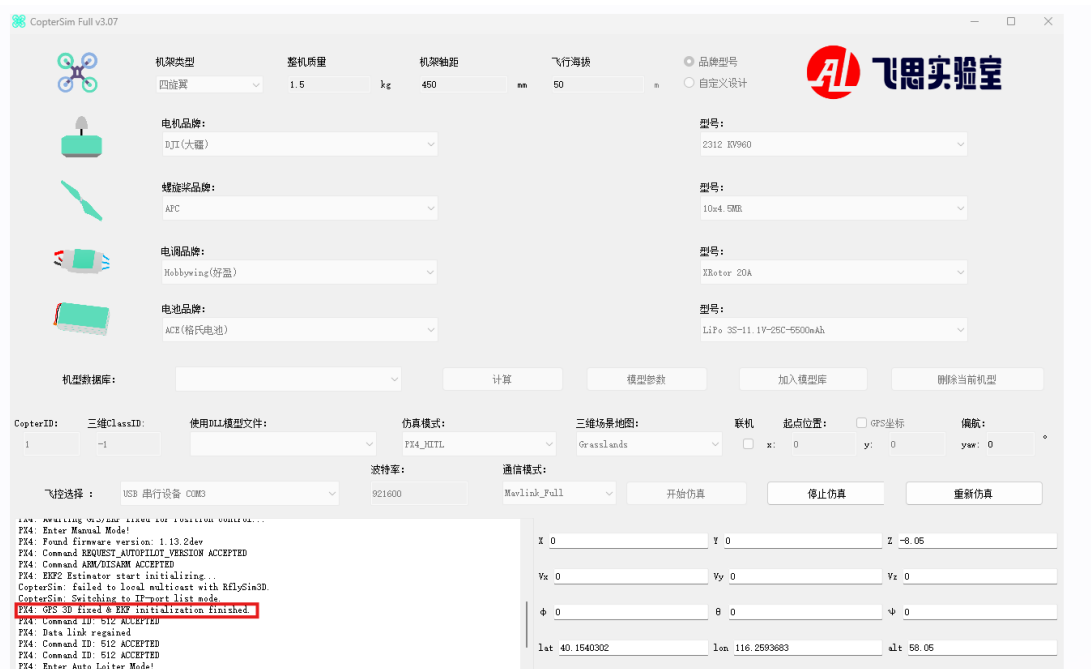
C:\Windows\System32\cmd.exe

-----
Please input the Pixhawk COM port list for HITL
Use ',' as the separator if more than one Pixhawk
E.g., input 3 for COM3 of Pixhawk on the computer
Input 3,6,7 for COM3, COM6 and COM7 of Pixhawks
-----
All COM ports on this computer are:
COM3: USB 串行设备 * (Pixhawk with SysID=1)
-----
Recommended COM list input is: 3
-----
My COM list for HITL simulation is:3

```

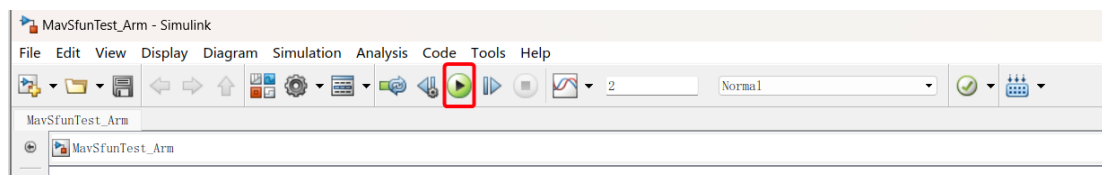
## Step 2:

Enter 后，会启动 CopterSim、QGroundControl 以及 RflySim3D。等待 CopterSim 消息框出现“PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished.”。



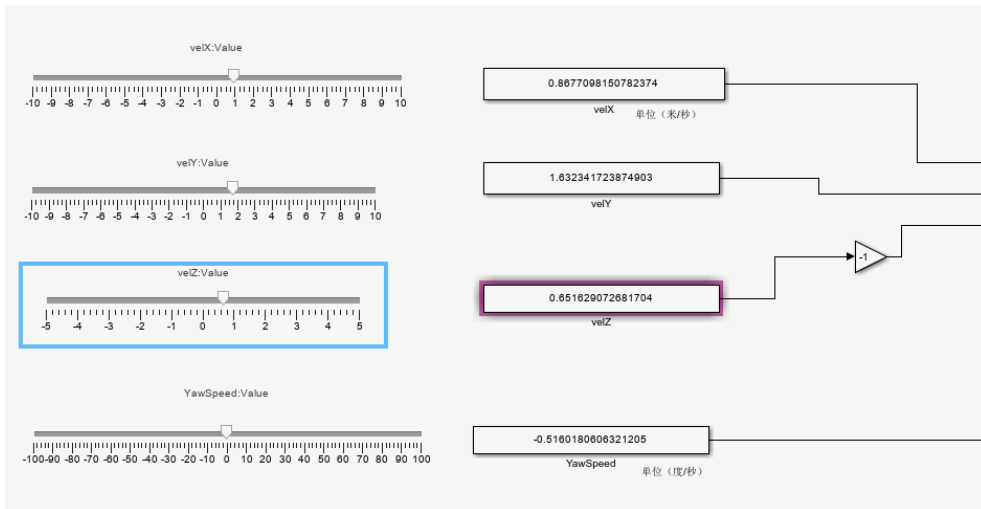
## Step 3:

先在 matlab 中运行 MavCmdDefines.m 文件，然后在 Simulink 中运行 MavSfunTest\_cont roIRC.slx 文件。



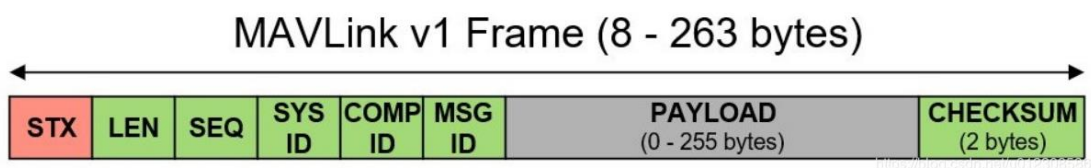
## Step 4:

在运行 Simulink 程序后，在 velX、velY、velZ 以及 YawSpeed 的刻度盘上调整不同的数值，可以观察到 RflySim3D 中的无人机运动到指定的位置。



## 6. 参考资料

- [1]. MAVLink 官方使用文档网站: <https://mavlink.io/en/messages/common.html>
- [2]. MAVLink 源码: <https://github.com/mavlink/mavlink>
- [3]. 基于 MAVLink 的 QGroundControl 地面站源码: <https://github.com/mavlink/qgroundcontrol>
- [4]. MAVLink 1 的数据包格式如下:



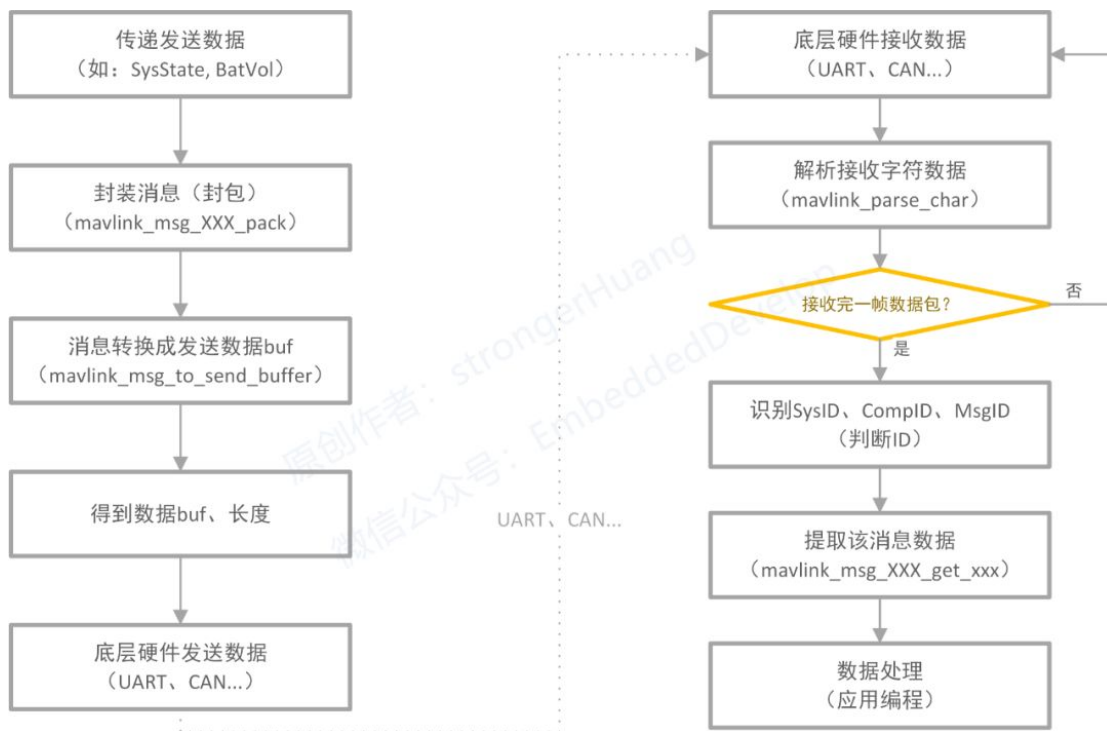
- [5]. MAVLink 2 的数据包如下:

## MAVLink v2 Frame (11 - 279)



区域	名称	索引	长度	含义	取值
STX	起始标识	0	1	标识新消息的开始, 用于消息识别、解析	254
LEN	负载长度	1	1	记录负载信息的长度	N
SEQ	序列码	2	1	消息发送序列码, 用于通信可靠性检验	0-255
SYS	系统ID	3	1	发送该消息系统的系统ID	0-255
COMP	组件ID	4	1	发送该消息系统组件的组件ID	0-255
MSG	消息ID	5	1	标识该消息的种类	0-255
PAYLOAD	负载信息	6	1	消息内部负载信息	
CKA	校验位A	N+6	N	CRC校验位	自动
CKB	校验位B	N+7	1	CRC校验位	自动

[6]. 解析原理：**读取**：所有字节流存入 **buffer**，依次读取 **buffer** 中的字节数据，遇到 **STX** 标志位（MAVLink v1 的标志位是 0xFE，v2 的标志位为 0xFD）开始识别一条消息直到消息尾部，如果消息校验正确则将消息发送给处理程序。**发送**：按上一页 PPT 将消息转换成字节流。



[7]. 接收解析源码分析

给定一定长度的字节流 **buffer**，长度为 **length**，通过下列脚本解析，每解析出一个 **mavlink** 数据包就执行 **onMavLinkMessage** 函数

```
for(int i = 0 ; i < length ; ++i){
    msgReceived = mavlink_parse_char(MAVLINK_COMM_1, (uint8_t)buffer[i], &message, &status);
    if(msgReceived){
```

```
    emit onMavLinkMessage(message);
    }
}
```

其中:

```
void onMavLinkMessage(mavlink_message_t message);
```

是得到一个 MAVLink 消息包后的处理函数, 需要根据这个消息的 ID 来识别当前包的用途 (心跳包, GPS 位置, 姿态等), 并提取出感兴趣的数据。

解析函数实现如下, 根据 message.msgid 跳到对应的 \_decode 函数, 解码出数据:

```
void onMavLinkMessage(mavlink_message_t message){
    switch (message.msgid){
        case MAVLINK_MSG_ID_GLOBAL_POSITION_INT:{
            mavlink_global_position_int_t gp;
            mavlink_msg_global_position_int_decode(&message, &gp);
            outHilData.time_boot_ms = m_LastReceiveMavMsg;
            outHilData.GpsPos[0]=gp.lat;
            outHilData.GpsPos[1]=gp.lon;
            outHilData.GpsPos[2]=gp.alt;
            outHilData.relative_alt = gp.relative_alt;
            outHilData.GpsVel[0]=gp.vx;
            outHilData.GpsVel[1]=gp.vy;
            outHilData.GpsVel[2]=gp.vz;
            outHilData.hdg = gp.hdg;
            break;
        }
    }
}
```

[8]. 发送源码解析 — 发送一条 mavlink\_hil\_actuator\_controls 消息:

```
void sendHILCtrlMessage(uint8_t modes, uint64_t flags, float ctrl[])
{
    mavlink_hil_actuator_controls_t hilctrl;
    hilctrl.mode = modes;
    hilctrl.flags = flags;
    for(int i=0;i<16;i++){
        hilctrl.controls[i]=ctrl[i];
    }
    mavlink_message_t mess;
    mavlink_msg_hil_actuator_controls_encode(SystemID, TargetCompID, &mess, &hilctrl);
    char buffer[500];
    memset(buffer,0,500);
    unsigned int length = mavlink_msg_to_send_buffer((uint8_t*)buffer, & mess);
    udp.writeDatagram(buffer,length);//通过 UDP 或者串口将 buffer 发送出去即可
}
```

[9]. MAVLink 消息包的 ID 列表: <https://mavlink.io/en/messages/common.html>

## HEARTBEAT (#0) 心跳包, ID=0号消息

[Message] The heartbeat message shows that a system or component is present and responding. The type and autopilot fields (along with the message component id), allow the receiving system to treat further messages from this system appropriately (e.g. by laying out the user interface based on the autopilot). This microservice is documented at <https://mavlink.io/en/services/heartbeat.html>

Field Name	Type	Values	Description
type	uint8_t	MAV_TYPE	Vehicle or component type. For a flight controller component the vehicle type (quadrotor, helicopter, etc.). For other components the component type (e.g. camera, gimbal, etc.). This should be used in preference to component id for identifying the component type.
autopilot	uint8_t	MAV_AUTOPILOT	Autopilot type / class. Use MAV_AUTOPILOT_INVALID for components that are not flight controllers.
base_mode	uint8_t	MAV_MODE_FLAG	System mode bitmap.
custom_mode	uint32_t		A bitfield for use for autopilot-specific flags
system_status	uint8_t	MAV_STATE	System status flag.
mavlink_version	uint8_t_mavlink_version		MAVLink version, not writable by user, gets added by protocol because of magic data type: uint8_t_mavlink_version

[10]. QGC 地面站查看 MAVLink 消息在 QGC 的 MAVLink Inspector 页面中可以浏览 Pixhawk 发送的所有 MAVLink 包, 查看各个包的频率以及具体数值。

The screenshot shows the QGroundControl interface with the MAVLink Inspector panel open. The HEARTBEAT message is selected, and its details are displayed in a table. The HEARTBEAT message is highlighted in yellow, and its details are shown in a table with a red border.

Name	Value
type	2
autopilot	12
base_mode	113
custom_mode	65536
system_status	3
mavlink_version	3

## 7. 常见问题

Q1: \*\*\*

A1: \*\*\*