



5.5 PX4架构与控制开发接口



本章目录

PX4架构与控制开发接口

第五章 滤波估计与底层控制

- 5.1 滤波估计与底层控制基础
- 5.2 传感器标定与滤波估计
- 5.3 控制器设计与控制分配
- 5.4 控制性能评估与调优
- 5.5 PX4架构与控制开发接口**
- 5.6 底层控制开发与实验验证
- 5.7 其他机型与进阶控制案例
- 5.8 习题与课堂讨论

本节 4 个教学单元

5.5.1 PX4自驾仪与代码架构

教材对应：第5.2.1.1–5.2.1.2节

5.5.2 常用接口及二次开发

教材对应：第5.2.3节

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联

教材对应：第5.2.1.3–5.2.1.4节

5.5.4 接口验证与模块替换

教材对应：第5.2.3、5.3.1节



5.5.1 PX4自驾仪与代码架构：PX4角色与数据流

飞控把传感、估计与控制组织成软件链

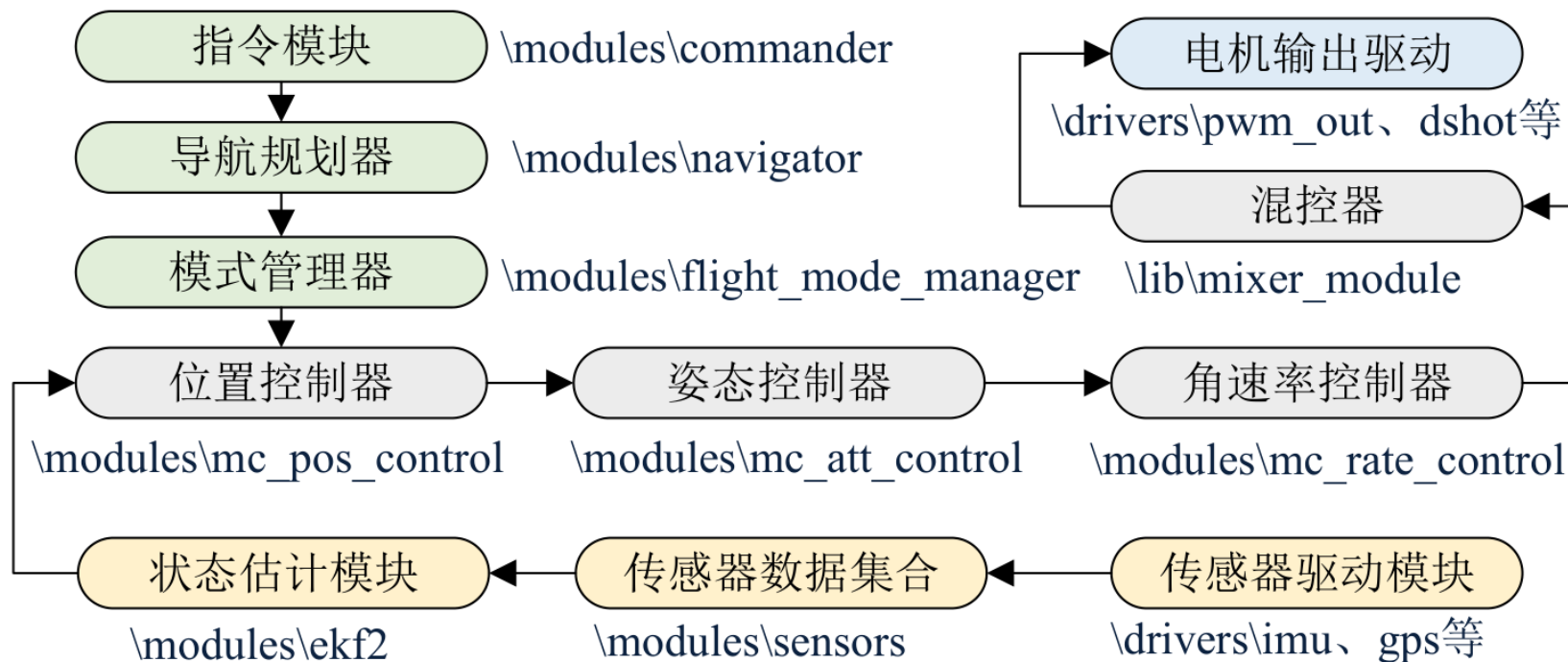
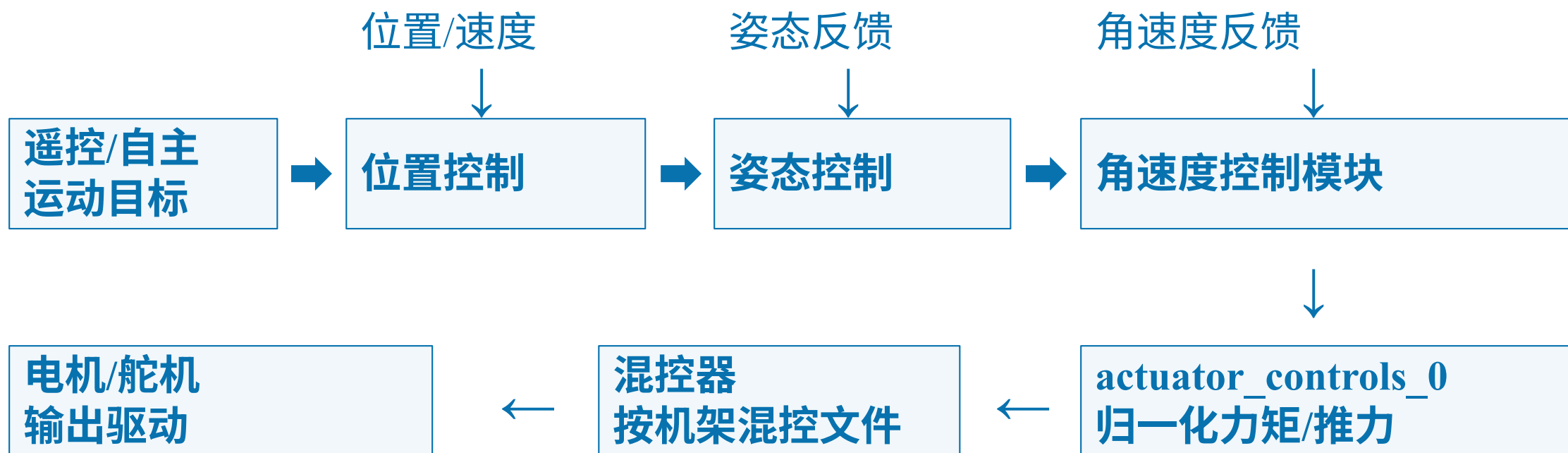


图5.5 PX4源码模块和控制流程图

黄：传感器驱动→数据集合→ekf2 提供状态；绿：指令、导航、模式管理定目标。
灰：位置→姿态→角速率控制，经混控器到电机输出驱动（安装版 v1.12.3 路径）。

5.5.1 PX4自驾仪与代码架构：v1.12.3多旋翼主链 估计状态与运动目标在控制器汇合

状态反馈：传感处理/估计提供位置、姿态与机体系角速度。



模式决定启用哪些环；推力目标沿链传递，速率误差只产生力矩请求。

5.5.1 PX4自驾仪与代码架构：PX4特点与取舍

模块化便于复用，运行资源仍然共享

模块复用：传感、估计、控制、任务与通信。

运行平台：飞控运行NuttX实时操作系统；仿真在Linux上运行。

WorkItem（工作项）：在共享工作队列线程中，执行一次被调度的计算。

v1.12.3的mc_rate_control是工作项，由角速度更新触发。

许可差异：PX4用BSD-3，可闭源分发；ArduPilot用GPLv3，发布衍生作品须开源。

执行方式	资源关系	开发约束
独立任务	自己的栈与任务优先级	仍受CPU、内存及调度限制
工作队列	同队列工作项共享线程与栈	避免阻塞；控制单次执行耗时

5.5.1 PX4自驾仪与代码架构：源码与资源定位

沿着数据流找到源码和学生包入口

问题	PX4 v1.12.3源码路径（[安装目录]/Firmware）
字段、单位与时间戳	msg/*.msg
状态估计与控制算法	src/modules/ekf2、mc_att_control、mc_rate_control
混控与硬件输出	src/lib/mixer、ROMFS/px4fmu_common/mixers；src/drivers
启动与机型配置	ROMFS/px4fmu_common/init.d

源码：[安装目录]/Firmware（安装版默认v1.12.3）；板卡配置：boards/。

例程根目录：[安装目录]/RflySimAPIs/5.RflySimFlyCtrl；接口总览：同目录API.pdf。

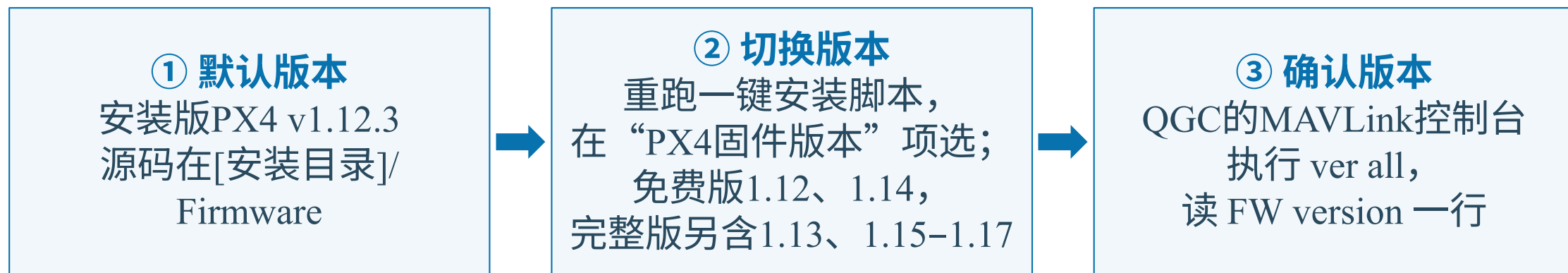
安装包版本：V5.01-20260831；每个例程先读同目录Readme.pdf。

5.5.1 PX4自驾仪与代码架构：控制输出的版本边界

输出路径随固件版本变化，先确认版本再选例程

v1.12.3（安装版默认）：actuator_controls_0 → 混控器 → 输出驱动

v1.14 及以上：vehicle_torque_setpoint + vehicle_thrust_setpoint
→ control_allocator → actuator_motors / actuator_servos → 输出驱动



可选版本：来自安装包2.FirmwareZip目录；例程按其Readme推荐版本选。

版本不同：按「版本差异对照」页逐处对照接口差异。

5.5.1 PX4自驾仪与代码架构：版本差异对照

换用其他版本时，逐处对照这五类接口差异

对照页（小标题）	v1.12.3（安装版默认）	v1.14 及以上
v1.12.3多旋翼主链	actuator_controls_0 →混控器	力矩/推力目标 →control_allocator
输入层级与方向	$x/y/r \in [-1,1]$ 油门 $z \in [0,1]$	roll/pitch/yaw $throttle \in [-1,1]$
输出语义的一步计算	推力比例 $T = z$	推力比例 $T = (throttle + 1)/2$
日志、参数与通信	无uXRCE-DDS	提供uXRCE-DDS (桥接ROS 2)
角速度模块输出接口约定	actuator_controls_0 $control[3] \in [0,1]$	vehicle_torque_setpoint vehicle_thrust_setpoint

各例程Readme推荐版本：0.ApiExps的3、6、11号为1.14系列；
16、17号与1.BasicExps/e9为1.12.3；21号使用1.13。



5.5 PX4架构与控制开发接口



本章目录

PX4架构与控制开发接口

第五章 滤波估计与底层控制

- 5.1 滤波估计与底层控制基础
- 5.2 传感器标定与滤波估计
- 5.3 控制器设计与控制分配
- 5.4 控制性能评估与调优
- 5.5 PX4架构与控制开发接口**
- 5.6 底层控制开发与实验验证
- 5.7 其他机型与进阶控制案例
- 5.8 习题与课堂讨论

本节 4 个教学单元

5.5.1 PX4自驾仪与代码架构

教材对应：第5.2.1.1–5.2.1.2节

5.5.2 常用接口及二次开发

教材对应：第5.2.3节

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联

教材对应：第5.2.1.3–5.2.1.4节

5.5.4 接口验证与模块替换

教材对应：第5.2.3、5.3.1节



5.5.2 常用接口及二次开发：四类开发接口

四类接口分管建模生成、命令操作、通信与进阶模块

SimulinkPSP工具箱

封装传感器输入、执行器输出与uORB读写，生成PX4接口代码

本节：「发布与订阅」「生成与运行链」

例程：6.uORB-Read-Write

MATLAB命令行接口

固件上传、编译、模块注册与控制器配置
如PX4Upload、PX4Build、PX4AppName

本节：「受控消息发布」等页的上传步骤

说明：API.pdf “MATLAB命令行接口”

外部通信接口

uORB：飞控内部模块交换数据

MAVLink：飞控与地面站、外部程序

本节：「日志、参数与通信」

例程：8.Mavlink-Msg-Echo

RflySimPSP进阶库

遥控输入：15.InputSourceAPI

执行器控制：16.CtrlsSingalsAPI

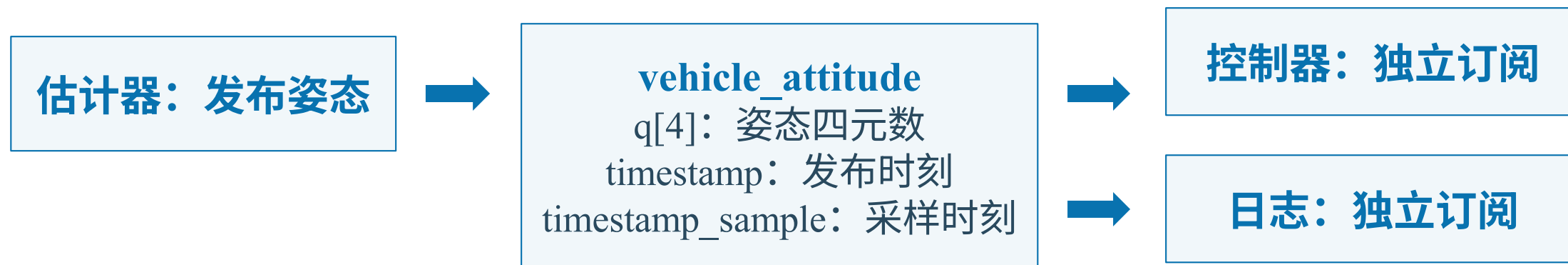
状态获取：11.StateDataGatAPI

本节：「输入层级与方向」等三页

总入口：[安装目录]/RflySimAPIs/5.RflySimFlyCtrl/API.pdf；例程目录都在其下的0.ApiExps中。

5.5.2 常用接口及二次开发：发布与订阅

uORB传递消息，不替控制器判定有效性



uORB是飞控内部的异步发布/订阅机制；时间戳以启动后 μs 计。

读取成功 $\neq$ 状态有效：还要检查更新、实例、有限值、归一化和估计健康。

$$t_{\text{age}} = t_{\text{now}} - t_{\text{sample}} = (1006000 - 1000000) \mu\text{s} = 6.0 \text{ ms}$$

uORB机制与实例说明 (PX4 v1.12)

<https://docs.px4.io/v1.12/en/middleware/uorb.html>

5.5.2 常用接口及二次开发：状态与传感器字段

测量、估计与真值是三类不同信息

数据层	字段与量纲	坐标/来源
IMU/组合测量	sensor_combined.gyro_rad: rad/s accelerometer_m_s2: m/s ²	机体FRD；周期平均值
机体角速度	vehicle_angular_velocity.xyz: rad/s	机体FRD；偏置校正
估计姿态	vehicle_attitude.q[4]: 无量纲	四元数：机体FRD →地球NED
仿真真值	专用groundtruth话题/模型接口	仅特定仿真来源可提供

FRD=前/右/下；NED=北/东/下。状态获取入口：

0.ApiExps/11.StateDataGatAPI/Readme.pdf（推荐1.14系列）。

5.5.2 常用接口及二次开发：输入层级与方向

遥控脉宽先校准，再映射成运动目标

教学标定：1100 / 1500 / 1900 μs ；当前1700 μs 。

r_{norm} 为归一化杆量， ϕ_{sp} 为滚转角目标；本例最大滚转 20° ，线性映射。

$$r_{\text{norm}} = \frac{1700 - 1500}{1900 - 1500} = 0.5$$

$$\phi_{\text{sp}} = 0.5 \times 20^\circ = 10^\circ = 0.1745 \text{ rad}$$

v1.12.3：manual_control_setpoint用x/y/r $\in[-1,1]$ ，油门z $\in[0,1]$ 。

x杆前推为正、对应负俯仰；v1.14及以上改用roll/pitch/yaw/throttle。

遥控：0.ApiExps/15.InputSourceAPI/Readme.pdf

外部目标（Offboard）：0.ApiExps/17.OffboardCtrlsAPI/Readme.pdf

5.5.2 常用接口及二次开发：执行器控制API

同一个输出数字必须带上接口层级

同目录模型文件	输入语义	后续环节
Exp1_HIL16CtrlsPWM.slx	16维PWM式数值 1000–2000	actuator_outputs_rfly →CopterSim inPWMs
Exp2_HIL16CtrlsNorm.slx	16维归一化数值 [-1,1]，按机型解释	封装转换→仿真执行器
Exp3_TorqueThrustCtrls4D.slx	三轴力矩与一维推力 均为归一化值	actuator_controls_0 →混控器→执行器

入口：0.ApiExps/16.CtrlsSingalsAPI（推荐1.12.3），步骤见「执行器控制例程」页。
16维仿真控制向量 ≠ 16路物理输出；物理输出路数由飞控硬件决定。

5.5.2 常用接口及二次开发：输出语义的一步计算

推力正负号取决于封装与坐标约定

TorqueThrustCtrls：归一化推力正值向上；PX4机体系FRD的z轴向下。

本例：手动角速度模式（姿态环关闭），T为集体推力比例 $\in [0,1]$ 。

油门字段：v1.12.3为 $z \in [0,1]$ ；v1.14及以上为 $throttle \in [-1,1]$ 。

$$\text{v1.12.3: } T = z = 0.5; \quad \text{v1.14及以上: } T = \frac{\text{throttle} + 1}{2} = \frac{0 + 1}{2} = 0.5$$

$$\mathbf{thrust}_{\text{body}} = [0, 0, -T] = [0, 0, -0.5], \quad \text{control}[3] = T = +0.5$$

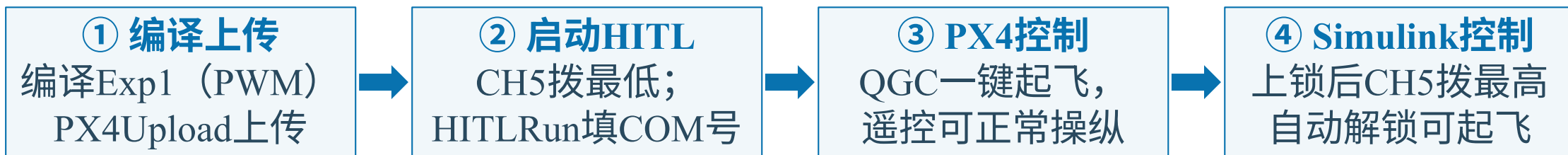


0.5是归一化推力比例，单位不是N；经混控后才成为各电机量。

5.5.2 常用接口及二次开发：执行器控制例程

用CH5切换控制权，验证生成模块接管输出

入口：0.ApiExps/16.CtrlsSingalsAPI/Readme.pdf（推荐1.12.3）；HITL（硬件在环）实验



预期与判据

CH5最高：QGC起飞无效，推油门上升
CH5拨回最低：转入Loiter悬停，
QGC可降落，PX4收回控制权
Exp2、Exp3同样操作，现象一致

常见失败与排查

编译报错：看诊断窗口，MATLAB≥2022b
上传失败：查USB、COM口与编译命令
CH5切换无效：查通道与isEnCtrl
注意：CH5拨最高会自动解锁

判据：控制权随CH5在PX4与Simulink之间交替，每次只有一方起作用。

5.5.2 常用接口及二次开发：日志、参数与通信

日志记录证据，参数改变运行值

用途	入口或机制	应检查的结果
保存数据	0.ApiExps/5.Log-Write-Read px4demo_log.slx：写.bin px4demo_log_qgc.slx：写.ulg	目标、状态、请求/实际输入 使用同一时间基准。
修改参数	0.ApiExps/10.QGC-Param-Tune PX4QGCTune.slx	默认：FLT=100，INT=50。 改后核对读数与生效时刻。
内外通信	uORB：飞控内部话题 MAVLink：飞控与地面站、外部程序	数据方向、话题与时龄 网络时延与丢包

SL_RFLY_FLT/INT：例程自定义的浮点/整型参数，在地面站QGroundControl中修改。

uXRCE-DDS（v1.14及以上）：飞控端客户端+PC端代理，桥接选定uORB话题。



5.5 PX4架构与控制开发接口



本章目录

PX4架构与控制开发接口

第五章 滤波估计与底层控制

- 5.1 滤波估计与底层控制基础
- 5.2 传感器标定与滤波估计
- 5.3 控制器设计与控制分配
- 5.4 控制性能评估与调优
- 5.5 PX4架构与控制开发接口**
- 5.6 底层控制开发与实验验证
- 5.7 其他机型与进阶控制案例
- 5.8 习题与课堂讨论

本节 4 个教学单元

5.5.1 PX4自驾仪与代码架构

教材对应：第5.2.1.1–5.2.1.2节

5.5.2 常用接口及二次开发

教材对应：第5.2.3节

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联

教材对应：第5.2.1.3–5.2.1.4节

5.5.4 接口验证与模块替换

教材对应：第5.2.3、5.3.1节



5.5.3 生成控制器与PX4架构关联：模型与固件关系

生成代码作为模块加入PX4运行环境

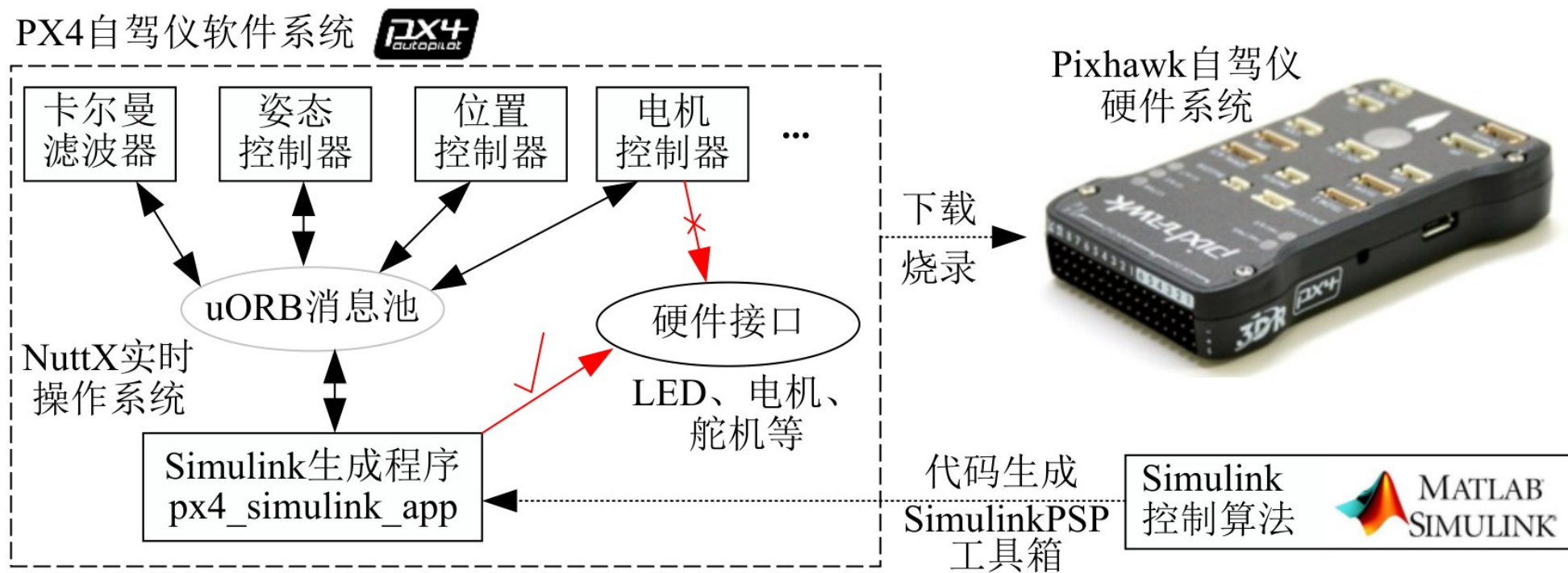
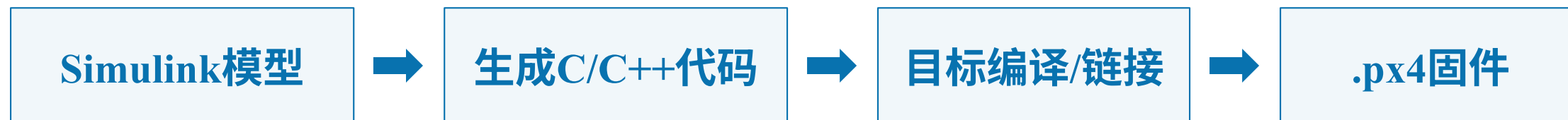


图5.6 Simulink控制器与PX4固件关系

红 x：原生电机控制输出被屏蔽；红√：px4 simulink app接管硬件输出。

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联：生成与运行链

模型、生成代码、固件与运行是不同阶段



TLC：目标语言编译器（Target Language Compiler），提供代码生成模板。
上行为生成链，下行为运行链；生成代码编入固件后按调度执行。



三类证据分开看：代码生成报告、编译出的.px4固件、板上运行信号。

入口：0.ApiExps/3.DesignExps/Readme.pdf（推荐1.14系列）

主模型：Exp4_AttitudeSystemCodeGen.slx。

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联：控制周期与时间预算 步长、执行耗时与数据时龄分别测量

教学时序（课堂设定的数值）：名义周期4 ms，名义频率250 Hz。

阶段	耗时/ms	计算
读取	0.10	获取最新有效样本
计算	0.65	控制器一步
发布	0.15	填写采样与发布时间戳
总计/余量	0.90 / 3.10	$0.10+0.65+0.15=0.90$ ； $4.00-0.90=3.10$

$$t_{\text{age}} = t_{\text{now}} - t_{\text{sample}} = (1008600 - 1008000) \mu\text{s} = 0.6 \text{ ms}$$

间隔4.1/3.9 ms：抖动±0.1 ms；还需统计最坏耗时和超期次数。

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联：控制频率与状态新鲜度

控制频率决定多久计算一次，不决定状态多新

250 Hz 控制循环执行 10 次，只读到 2 个新样本：#1、#2 各被读 5 次

状态话题 20 ms

估计器发布

控制循环 4 ms

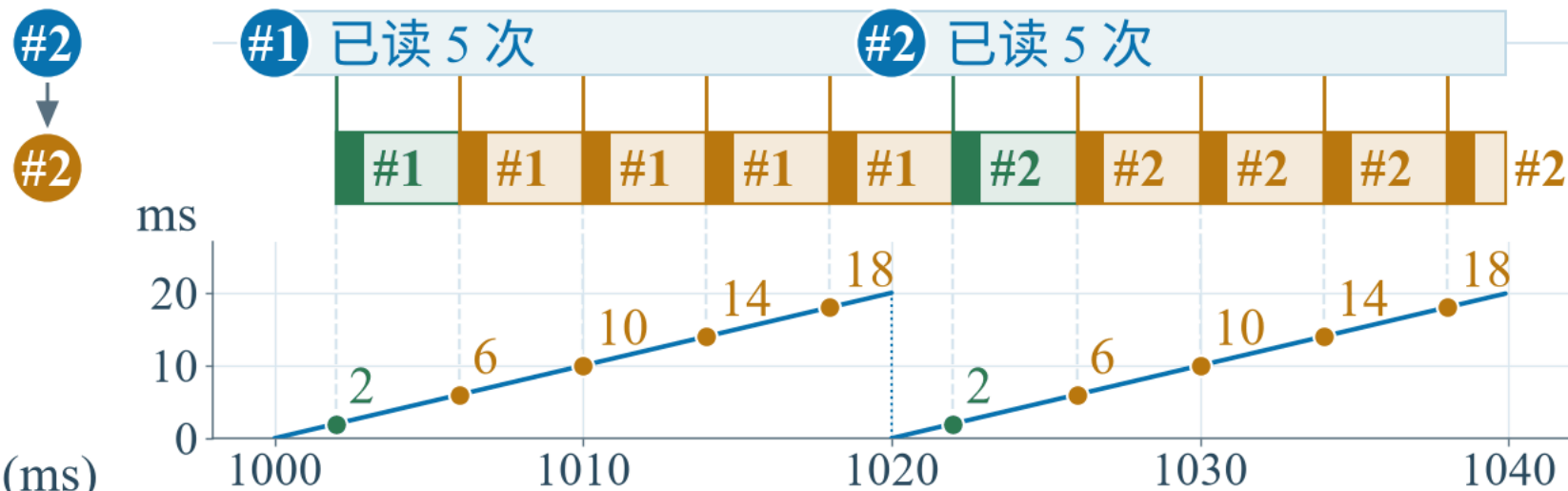
每次执行 0.90 ms

读取时 t_{age}

2–18 ms

● 新样本 ● 重复读取

启动后时间 (ms)

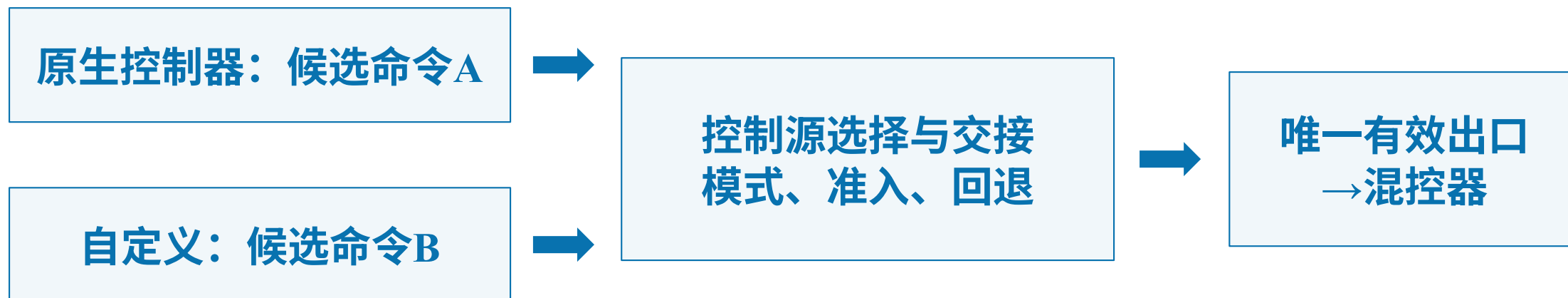


图：控制频率与状态新鲜度时序动画（示意；采样到发布延迟取0）

样本编号：新状态到达前，同一编号被读5次；10次中只有2次是新样本。

读取时龄：同一样本每重读一次，时龄增加4 ms，从2 ms增到18 ms才回落。

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联：输出控制权与仲裁 并行运行需要明确唯一有效控制源



标准uORB只传递消息：两路可以都计算，只能一路写有效输出。

屏蔽选项：一键安装脚本第10项“是否屏蔽PX4自身控制器输出”选“是”。

PSP（PX4硬件支持包）：屏蔽选择与四项功能见「原生输出屏蔽选项」页。

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联：原生输出屏蔽选项

一键安装脚本的屏蔽选项决定谁能驱动电机

SimulinkPSP工具箱：模型定制、代码生成、控制安全切换、跨平台兼容

屏蔽选项：一键安装脚本第10项“是否屏蔽PX4自身控制器输出”

教材称“屏蔽PX4电机控制代码”，即图2.4最后一项。

是：屏蔽Firmware中对电机的控制信号，防止与生成代码冲突。

否：不屏蔽，用于测试PX4自带控制算法；生成官方固件时选它。

自动：仅更新变化的文件。

actuator_controls_0：只屏蔽这一条uORB消息，支持FMU、DShot与各类载具。

自定义屏蔽：输入xlsx文件替换指定文件或字符串，可屏蔽某个模块的输出。

SITL（软件在环）不受影响：该选项不屏蔽PX4_SITL控制器输出，仿真照常进行。

恢复官方固件：重跑一键安装脚本选“否”，或执行PX4Official后再PX4Upload。

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联：整体与局部替换 接入层级决定保留哪些控制责任

接入方式	自定义模块负责	通常保留/需检查
外部位置目标	目标轨迹和任务逻辑	原生位置、姿态、速率及混控
局部角速度替换	速率误差→力矩 推力沿用上游目标	估计、上游目标、混控与安全
完整位姿控制	位置至力矩/推力的各控制环	估计与输出接口；完整模式交接

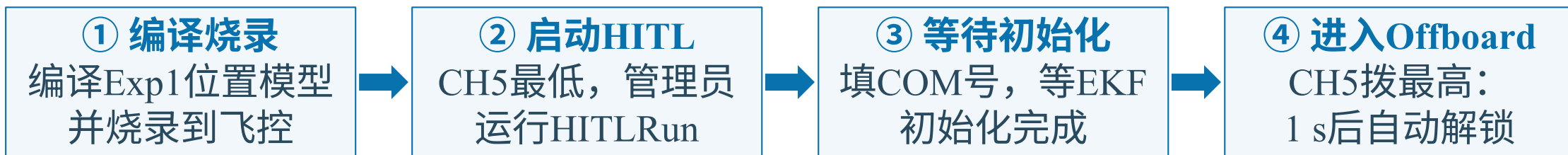
Offboard（外部计算机给目标）例程见「外部目标例程」页：0.ApiExps/17.OffboardCtrlsAPI。

替换边界越清楚，越能判断结果由哪个算法造成。

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联：外部目标例程

Offboard例程替换目标来源，原生控制链照常工作

入口：0.ApiExps/17.OffboardCtrlsAPI/Readme.pdf（推荐固件1.12.3）



预期与判据（Exp1位置目标）

滚转杆最右：向右飞10 m
俯仰杆最前：向前飞10 m
油门最上：上飞到20 m高
偏航杆最右：偏航 π rad

常见失败与排查

编译找不到库：核对工具链与MATLAB
HITL连不上：管理员运行，查防火墙
进不了Offboard：查CH5与固件版本
注意：CH5拨最高会自动解锁

判据：QGC中飞机停在预设位置；后续控制和混控仍由PX4原生模块完成。



5.5 PX4架构与控制开发接口



本章目录

PX4架构与控制开发接口

第五章 滤波估计与底层控制

- 5.1 滤波估计与底层控制基础
- 5.2 传感器标定与滤波估计
- 5.3 控制器设计与控制分配
- 5.4 控制性能评估与调优
- 5.5 PX4架构与控制开发接口**
- 5.6 底层控制开发与实验验证
- 5.7 其他机型与进阶控制案例
- 5.8 习题与课堂讨论

本节 4 个教学单元

5.5.1 PX4自驾仪与代码架构

教材对应：第5.2.1.1–5.2.1.2节

5.5.2 常用接口及二次开发

教材对应：第5.2.3节

5.5.3 生成控制器与PX4架构关联

教材对应：第5.2.1.3–5.2.1.4节

5.5.4 接口验证与模块替换

教材对应：第5.2.3、5.3.1节

5.5.4 接口验证与模块替换：最小输入验证

只读验证先检查方向、量纲和时间

本例纯偏航：roll = pitch = 0；四元数按w/x/y/z排列。
一般情况下，机体系角速度不等于欧拉角变化率。

$$\mathbf{q} = [0.9961947, 0, 0, 0.0871557], \quad \omega_z = 0.2 \text{ rad/s}$$

$$\|\mathbf{q}\|_2 \approx 1, \quad \psi = 2 \operatorname{atan2}(0.0871557, 0.9961947) = 10^\circ$$

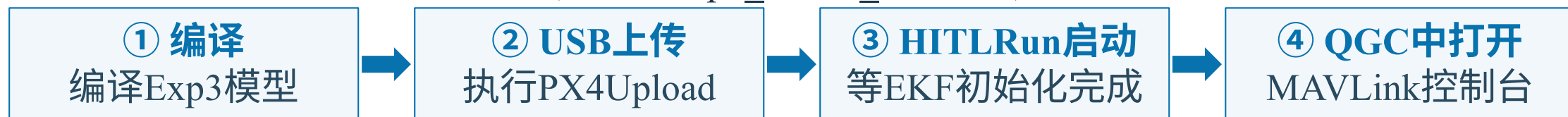
检查项	期望判读
方向与量纲	FRD→NED姿态； $\omega_z=0.2 \text{ rad/s}$
样本时龄	$1006000-1000000=6000 \mu\text{s}$ ，即6 ms

读接口：0.ApiExps/11.StateDataGatAPI/Readme.pdf；发布验证见「受控消息发布」页。
SITL控制台只读：listener vehicle_attitude -n 5；uorb top。

5.5.4 接口验证与模块替换：受控消息发布

发布成功还要检查接收值与退出状态

隔离HITL：不解锁、不接执行器；模型Exp3_uORB_write.slx；推荐1.14系列固件。



期望核对项	未解锁分支／操作	接收侧检查
control[0] / [3] / [7]	1 / 4 / 8	listener rfly_px4 -n 5 数组float32[8]，按索引核对
timestamp / 更新率	uint64，启动后μs 频率由模型调度决定	uorb top -a；回车退出监视。 时间递增；统计更新频率。
正常结束	px4_simulink_app stop px4_simulink_app status	not started；复测频率为0。 旧样本按时龄判失效。

常见失败：命令不存在、stop后频率不降 → 保持未解锁，核对上传的固件与发布者。

入口：0.ApiExps/6.uORB-Read-Write/Readme.pdf 第5.3节（第9-13页）。

5.5.4 接口验证与模块替换：角速度模块输入接口约定

输入接口约定写到字段、单位与失效条件

接口约定：模块间约定的输入输出、单位、坐标系、频率与时序。

输入/发布责任	字段与单位/坐标	有效条件及处理
角速度测量 传感处理模块	vehicle_angular_velocity.xyz rad/s, body FRD	字段有限；样本时龄 ≤ 8 ms。 按timestamp_sample计算。
角速度/推力目标 选定上游控制源 均为body FRD	vehicle_rates_setpoint roll/pitch/yaw: rad/s thrust_body (3维) : 归一化	字段有限，推力各轴 $[-1,1]$ 。 目标时龄 ≤ 100 ms。 按timestamp计算。
控制模式 commander	vehicle_control_mode flag_armed flag_control_rates_enabled	已解锁、速率环启用、选本模块 条件失效即停止发布并回退。

本例：v1.12.3教学速率模块，非手动分支，4 ms周期；8 ms、100 ms为教学设定阈值。

5.5.4 接口验证与模块替换：角速度模块输出接口约定

输出接口约定同时约束数值与发布权

输出/消费者	语义与教学设计约束	发布规则
<code>actuator_controls_0</code> <code>control[0]-[2]</code> →混控器	滚转/俯仰/偏航归一化力矩 本例各轴[-1,1]；非N·m	唯一选定控制源； timestamp_sample 记录陀螺样本时刻。
<code>actuator_controls_0</code> <code>control[3]</code> →混控器	归一化油门（集体推力） 范围[0,1]；正值向上	推力沿用上游目标； 力矩/推力同一控制步； 发布时间：timestamp

$$\text{control}[0]\sim[3] = [0.10, -0.05, 0, 0.50]$$

$$\Delta t = t_{\text{pub}} - t_{\text{sample}} = (1008900 - 1008000) \mu\text{s} = 0.9 \text{ ms}$$

`actuator_controls_0`不带发布者字段：用控制源诊断、模式配置与发布路径验收。

5.5.4 接口验证与模块替换：控制源切换算例

切换前对齐状态，才能减小输出跳变

某轴归一化力矩：原生0.24；自定义比例贡献0.10、积分贡献0.04。

u_I 表示积分项对输出的贡献，不是误差积分状态。

$$u_{\text{custom}} = 0.10 + 0.04 = 0.14, \quad \Delta u = 0.14 - 0.24 = -0.10$$

$$u_{I,\text{aligned}} = 0.24 - 0.10 = 0.14 \quad \Rightarrow \quad u_{\text{custom}} = 0.10 + 0.14 = 0.24$$

交接阶段	需要一致或有定义的量
准入	目标、状态时龄、积分/滤波状态、输出限制
切换/异常	唯一控制源；交接时间；故障退出与可追踪回退

切换例程见「控制源切换例程」页：0.ApiExps/21.SwitchPX4Simulink（使用1.13固件）。

5.5.4 接口验证与模块替换：控制交接过程

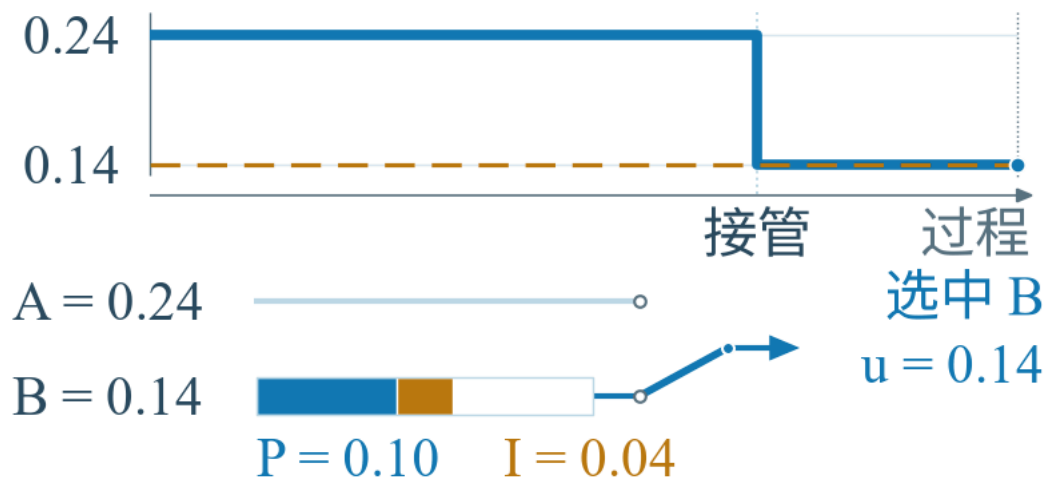
先对齐积分贡献，再切换输出源

直接切换

— B候选

— 选中 u

$\Delta u = -0.10$

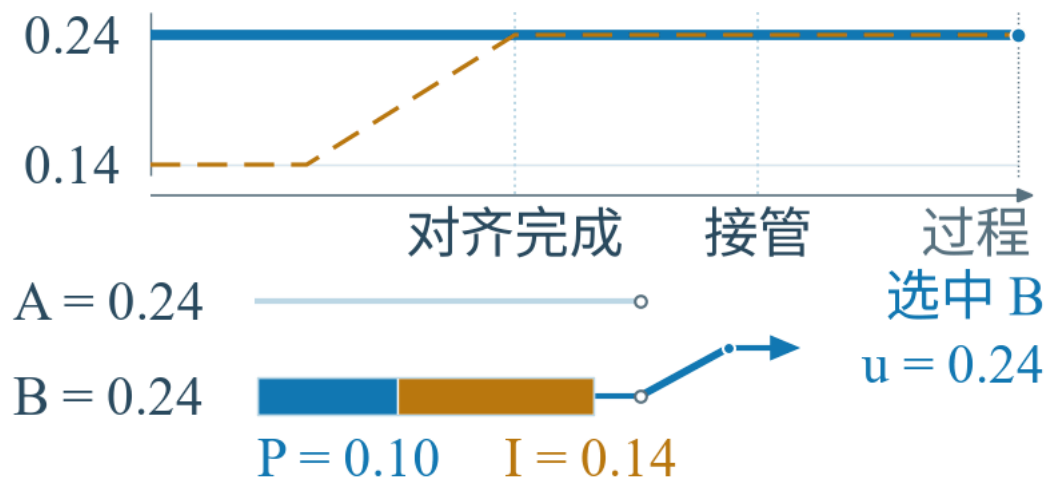


先对齐，再切换

— B候选

— 选中 u

$\Delta u = 0$



图：直接交接与积分预对齐交接的输出对照（单轴PI示意）

看时序： B先把积分贡献从0.04调到0.14；对齐期间，仍由A输出0.24。

再接管： 两个候选值相等后才选B；虚线表示候选值，不表示同时执行。

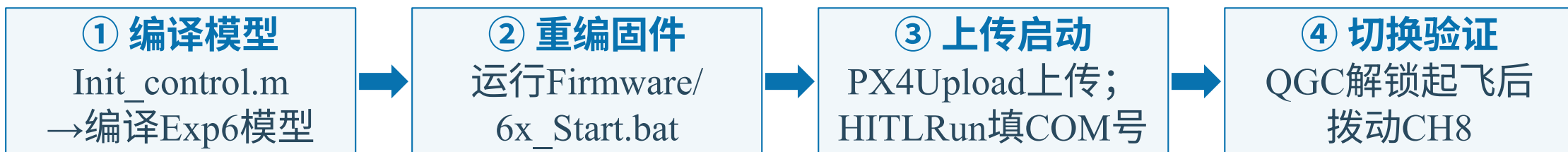
5.5.4 接口验证与模块替换：控制源切换例程

RePX4Block按遥控通道切换PX4与Simulink控制器

入口：0.ApiExps/21.SwitchPX4Simulink/Readme.pdf（使用1.13固件）

机制： TorqueThrustCtrls外层isEnCtrl为布尔0/1：CH8<1500为0，CH8≥1500为1。

开启自动屏蔽后，内部RePX4Block的mode对应0/2，分别使用PX4/Simulink控制器。



预期与判据

切到Simulink：QGC提示

Switching to Simulink control!

拨回：Switching to PX4 control!

两种控制下CH1-CH4都可操纵

常见失败与排查

无提示：确认运行6x_Start.bat并重传

切换无效：查isEnCtrl、mode与CH8

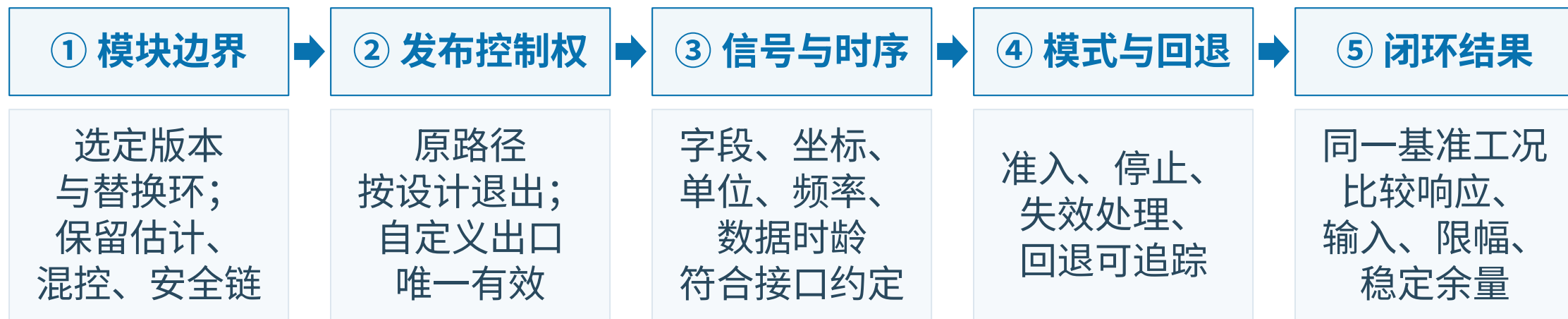
设置：选自动屏蔽，关自动Loiter、arm

QGC机架：HIL Quadcopter X

延伸： 切换瞬间是否跳变，按「控制源切换算例」页检查积分预对齐。

5.5.4 接口验证与模块替换：局部替换验收

替换成功需要模块、消息与闭环证据



判定：五层依次通过才算替换成功；某层不通过就回到该层排查，先不调控制参数。

版本：v1.12.3替换actuator_controls_0的发布；v1.14及以上替换点随之改变。

替换例程见「模块替换例程」页（1.BasicExps/e9-ReplacePX4Module，推荐1.12.3）。

5.5.4 接口验证与模块替换：模块替换例程

屏蔽原生输出后，由Simulink发布actuator_controls_0

入口：1.BasicExps/e9-ReplacePX4Module/Readme.pdf（固件1.12.3）

- ① **准备：**按Readme运行一键安装脚本，选固件1.12.3。
- ② **屏蔽：**注释MulticopterRateControl.cpp的两处发布语句，用UNUSED标注变量。
- ③ **烧录：**在WSL中按飞控编译命令编译，QGC烧录，校准遥控器并设飞行模式。
- ④ **确认：**HITL基准正常后核对原输出停发；仅不能起飞不足以判定屏蔽。
- ⑤ **接入：**运行Init_control.m，编译Exp6模型，PX4Upload上传。
- ⑥ **飞行：**遥控器切到自稳模式（CH5或CH6），解锁起飞。

预期与判据

能起飞并受姿态控制，效果通常不如原生模型订阅角速度、姿态与遥控输入，发布actuator_controls_0

常见失败与恢复

编译不通过：未用UNUSED标注变量
不起飞：确认处于自稳模式
实验后：改回源码或重跑一键安装脚本



5.5 PX4架构与控制开发接口



课堂讨论

输出在两组数值间交替跳变，先查什么

顺序	参考排查
1 稳定基准	停止不受控动作；退回已知安全仿真工况
2 明确责任	固定版本、模式、输出实例与选定控制源
3 追踪发布	查模块状态与uorb top频率；时间戳不能辨认发布者
4 验证交接	只保留一路，看跳变是否消失；再测切换与失效回退
5 验收闭环	恢复唯一控制源，在同一工况复测，跳变消失

先确认控制权，再判断控制律：消息在变化只说明有人在发布。



本节小结

接入飞控要同时说明数据与控制权



架构：传感→估计→控制→混控/分配→输出；对内uORB、对外MAVLink。

输入接口约定：来源、字段、单位、坐标、时龄与失效处理。

输出接口约定：归一化语义、下游分配、唯一发布者（屏蔽原生输出）与回退。

版本边界：安装版默认v1.12.3（混控器），v1.14及以上改用控制分配器。

易错点：四元数当欧拉角；归一化值当SI量；
控制频率当状态新鲜度；发布成功当闭环正确。