

Panchip Xcopter

飞控系统调试手册 V1.0



Panchip Microelectronics

www.panchip.com

目录

1. 概述	4
2. 飞机电机编号	5
3. 调试流程	6
3.1. 硬件模块和接口的确认	8
3.1.1. 主控 MCU	8
3.1.2. I2C 接口	8
3.1.3. 陀螺仪	8
3.1.4. 气压计	8
3.1.5. 马达对应的 PWM 口	8
3.1.6. ADC 通道	8
3.1.7. LED 灯	8
3.2. 非定高模式的功能调试	9
3.2.1. 姿态 PID 的调试	9
3.2.1. 一键降落	10
3.2.1. 失联降落	10
3.3. 定高模式下的功能调试	10
3.3.1. 高度融合	10
3.3.2. 高度 PID	10
3.3.3. 一键起飞	10
3.3.4. 正常降落	10
3.3.5. 失联降落	10
3.4. 翻滚调试	11
4. 各个模块和功能配置	12
4.1. GLOBAL 配置	12
4.2. 软件模拟 IIC 配置	12
4.3. IMU 配置	15
4.4. 气压计配置	16
4.5. PWM 配置	16
4.6. ADC 配置	17
4.6.1. 配置 ADC 采样频率和 ADC 参考电压	17
4.6.2. 配置低压检测参数	17
4.6.3. 配置卡死检测参数	18
4.7. LED 灯配置	19
4.8. 姿态解算和高度融合	20
4.8.1. 姿态解算	20
4.8.2. 高度融合	20
4.9. PID 参数调试	21
4.9.1. 姿态 PID	21
4.9.2. 高度 PID	21



4.10.翻滚调试	22
4.10.1.方向控制.....	22
4.10.2.四轴翻滚参数.....	22
4.10.3.翻滚前准备.....	23
4.10.4.翻滚时驱动.....	23
4.10.5.翻滚后稳定.....	23
4.10.6.翻滚补偿.....	23
4.11.PROTECT 配置	24
4.12.降落 LAND 配置	25
4.12.1 定高降落.....	25
4.12.2.非定高降落.....	26
4.13.一键起飞配置.....	26
4.14.开关 KEY 配置	27
4.15.DBG 配置	27
4.16.摄像头配置	28
4.17.发射端配置	28
4.17.1.遥控器固有特性设置.....	28
4.17.2.遥控器软件映射设置.....	29
4.18.RF 配置.....	33
5.版本信息	35

1. 概述

Panchip Xcopter 是一个功能完整, 灵活可配的飞控系统, 用户无需修改任何代码, 即可实现飞控所有功能。
目前该系统主要支持以下功能:

1、飞控板 MCU 可选及主频可配:

目前支持两个 MCU, PAN159 和 PAN163;

<1>PAN159, 主频最高可达到 50Mhz;

<2>PAN163, 主频最高可达到 55Mhz;

2、通用功能:

<1>基本的飞行姿态;

<2>无头模式;

<3>左右侧飞;

<4>高低速切换;

<5>手持抛飞;

<6>3D 翻滚;

<7>一键降落和失联降落;

<8>前后左右微调;

<9>一键返航;

<10>紧急停机;

<11>一键复位;

3、气压计定高:

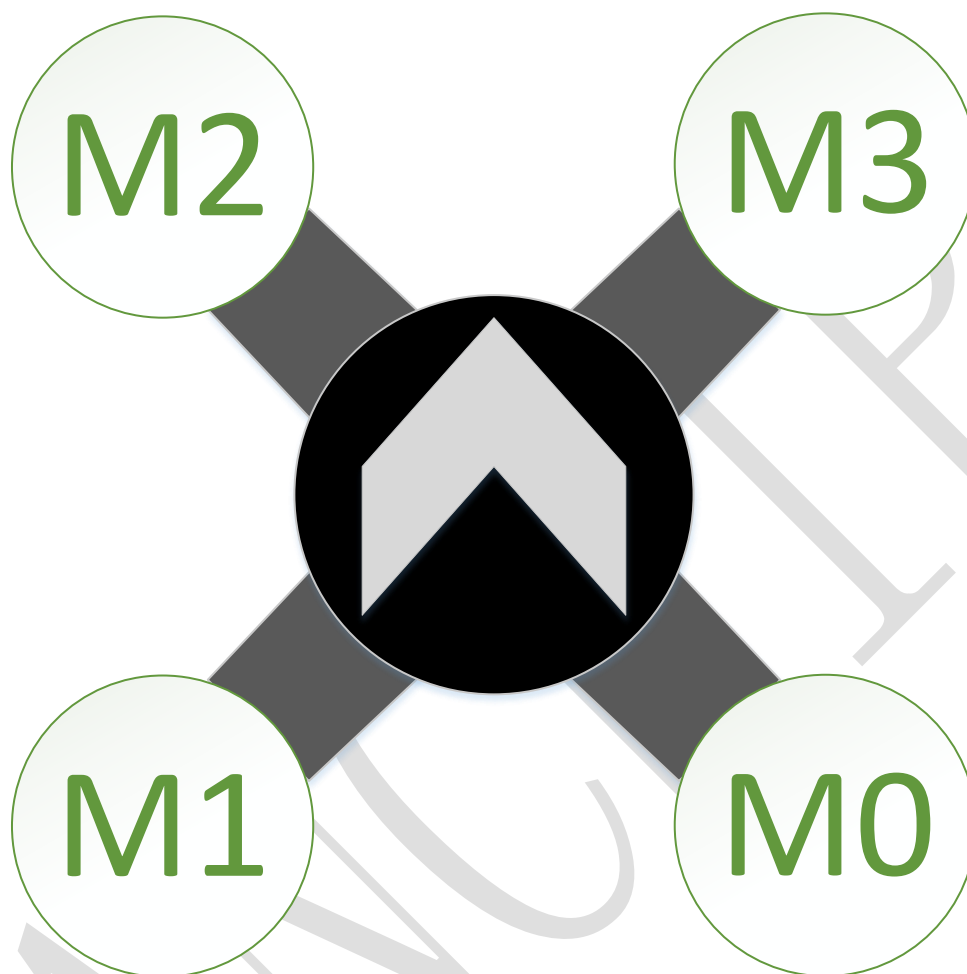
定高模式除支持以上通用功能外, 还支持以下功能:

<1>一键起飞;

<2>一键降落;

<3>支持预转;

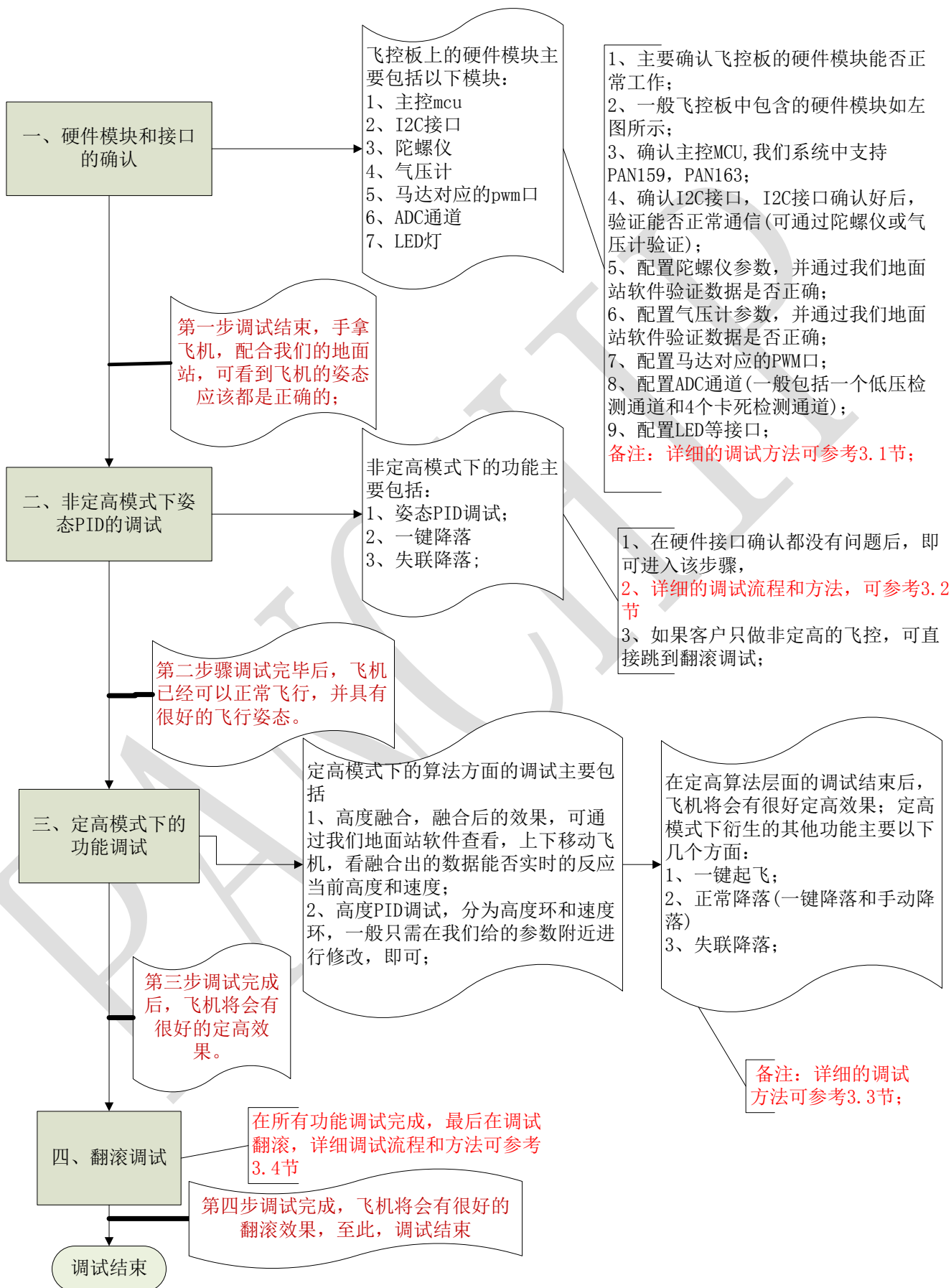
2. 飞机电机编号



3.调试流程

为了使客户能够方便，快速的进行系统功能的调试，这章主要说明一下，拿到一块飞控板，如何能快速的进行的调试。调试的流程框图如下图所示：

PANCHIP



3.1.硬件模块和接口的确认

飞控板中硬件模块主要包括 MCU，陀螺仪，气压计，马达，ADC 通道(包括低压检测和卡死检测)，I2C 接口，LED 灯所连接的 GPIO 接口等。

3.1.1.主控 MCU

1、当前系统主要支持 PAN159 和 PAN163 两个 MCU，这个可根据实际电路图进行确认；

3.1.2.I2C 接口

本系统中，我们采用 gpio 口模拟 i2c，所以客户需根据飞控板设计，选择相应的 SDA 和 SCL 对应的 GPIO 口。

3.1.3.陀螺仪

目前该系统中支持的陀螺仪主要包括 InvenSense 和 Bosch，其中 InvenSense 所包含的型号主要有 MPU6050、MPU6883、MPU6886；Bosch 包括 BMI160；后续如有新的陀螺仪，我们可以在库中进行添加。

配置好陀螺仪相关的参数后，然后通过我们地面站，可以验证陀螺仪的数据数据和方向是否正确。

3.1.4.气压计

目前该系统中支持的气压计主要包括歌尔 SPL06_001 和英飞凌 DPS310，后续如有新的气压计，我们可以在库中进行添加。

同陀螺仪一致，配置好气压计相关的参数后，然后通过我们地面站，可以验证气压计的数据数据和方向是否正确。

3.1.5.马达对应的 PWM 口

首先根据硬件设计，确认四个马达所对应的 PWM 口，然后根据第二章所描述的电机编号，确认能与程序中对上。

3.1.6.ADC 通道

低压检测和卡死检测都会用到 ADC，首先我们需根据硬件设计，来确认 ADC 通道，并在 config 中进行配置。然后，通过地面站，进行验证。

3.1.7.LED 灯

根据硬件设计，选择相应的 GPIO 端口，确实是高电平驱动还是低电平驱动。

3.2.非定高模式的功能调试

3.2.1.姿态 PID 的调试

为防止飞机乱飞，姿态的 PID 调试，都是在非定高模式下进行的。下面是我们在调试过程中总结的一些经验，可供客户参考：

PID 控制依靠飞机姿态信息对飞机进行控制。

PID 控制分为外环和内环两个部分，外环为角度环，内环为角速度环。外环主要负责姿态的灵敏性，内环主要负责稳定度；在一定限度内，外环参数越大，灵敏度越高，内环参数越小，稳定性越高。

这种双环形式的 PID 结构在参数调试上具有一定的技巧性。以下是对调试方法的基本总结：

A. 内环外环，三个方向的 PID 均归 0。

ROLL 和 PITCH 的调试尤为重要，在调某一个轴的过程中，可以将其他轴的参数全部置 0，避免其他轴影响当前调试。所有轴调好了以后再合起来调试。

B. 适当给内环加入 K_p ，使飞机出现震荡，不断减小 K_p 直到震荡刚好消失。

内环加入 K_p 后，如果转动飞机平面（绕相应轴），应该能够感受到来自飞机抵抗转动的反作用力，但是一旦不再转动，反作用力也会随即消失，因为内环是角速度环，没有转动就没有角速度。

C. 适当给内环加入 K_d ，使飞机出现震荡，不断减小 K_d 直到震荡刚好消失。

K_d 过大会导致飞机高频震荡。 K_d 的作用会阻碍飞机的运动，因此它对 K_p 的作用起到了一定的抑制作用，但同时如果外力干扰飞机， K_d 同样会起抑制作用。因此在保证飞机不出现震荡的情况下，较大的 K_d 能提高飞机的稳定性，但是同时因为会抑制 K_p 的作用也会降低飞机的操控性能。因此最终的 K_d 需要进行权衡取值。由于 K_d 的阻碍作用，转动飞机，反作用力会更强。

D. 适当给内环加入 K_i ，例如 0.01，较小同时保证飞机不震荡即可。

E. 内环 K_p 减半。

F. 给外环加入 K_p （大概为内环 K_p 的 20~70 倍，不同的飞机可能不一样），此时飞机开始震荡，逐渐减小内环 K_d ，直到震荡消失。

如果在减小内环 K_d 的过程中，发现无法消除震荡，说明外环给 K_p 时的倍数过大，此时应该降低与内环 K_p 的倍数， K_d 恢复原值重新开始调。这个过程可能反复多次，有些时候也可以考虑小幅度动一动内环的 K_p 。

G. 适当给外环加入 K_i ，例如 0.01，较小同时保证飞机不震荡即可。

K_i 主要是消除系统静差，过大的 K_i 也会导致飞机震荡。一个合适的 K_i 应该是较小，但又能快速消除系统静差。

H. 根据需求，微调参数，提高参数对同类机架的不同飞机的适应性。

主要要对功耗进行考虑。参数 K_i 也可以根据需求进行一定的微调。

上面主要描述了一个基本的调试方法，实际操作中，ROLL 和 PITCH 的参数大多数情况下应该是一致的。因此 ROLL 和 PITCH 轴实际上只需要调试一个轴，另一个轴的参数与调试好的轴一样即可。

这里对 ROLL 和 PITCH 的外环微分项进行特别说明。因为该微分项并没有使用标准的微分做法，而是直接使用了角速度代替，以提高系统的稳定性。一定范围内，该 K_d 越大，理论上飞机越稳定，但是越大也会导致控制灵敏度下降，因此该值需要进行平衡。

而 YAW 轴的调试则与 ROLL 和 PITCH 不同。YAW 轴的 PID 没有外环，一般而言它也可以没有微分项，因此，YAW 的 K_i 必须很大，这样，飞机在发生自旋以后，通过积分项才能提供一个持久的且足够抵抗自旋的

反向力来抑制飞机自旋。同时 K_p 也是必须的，因为积分项的作用总是延迟的，而比例项则可以在飞机发生自旋时立即产生作用，但该作用不被记忆，无法持久。这样比例和积分项就形成了互补的关系。

到这一步，飞机基本上就能飞行了。

3.2.1. 一键降落

非定高下的降落主要是依靠油门值和加速度计的值，相关的处理逻辑，我们也封装为函数，用户也只需配置写参数即可。

3.2.1. 失联降落

失联降落，执行的也是一键降落的处理逻辑，只是触发条件不同。

3.3. 定高模式下的功能调试

3.3.1. 高度融合

高度融合我们主要采用气压计数据和加速度计数据进行融合，采用三状态卡尔曼滤波，来融合出实时的高度和速度信息，进而进行 pid 控制即可。这部分主要需要设置如下参数

<1>加速度方差系数：该值越大的话，对加速度计的数据变化反应越迅速。

<2>加速度方差限幅最小值：该值用来限制加速度方差的下限

<3>加速度方差限幅最大值：该值用来限制加速度方差的上限

<4>加速度飘移方差：该值一般设置小一点。

<5>气压计高度方差：此值配置越小的话，会越相信气压计的数据。

用户可根据实际情况，在我们给的默认值附近进行修改，并通过地面站可判断融合出来数据是否能满足需求。

3.3.2. 高度 PID

高度控制，我们也采用的是双环控制，包括高度环和速度环，用户只需要在我们给的 PID 参数小范围内调试，就可以达到很好的效果。

3.3.3. 一键起飞

一键起飞功能是在只在定高模式下，才有效，飞机在预转后，用户把油门摇杆往上拨，或按下某个按键，飞机会以一定的速度上升至某以高度，该高度值可配置。我们给了一组默认值，具体效果，还需根据实际情况来调试，关于一键起飞每个参数所代表的意思可看下一张一键起飞的配置模块。

3.3.4. 正常降落

定高下的降落包括一键降落和手动降落，一般只需配置一些参数即可；

3.3.5. 失联降落

失联降落，执行的也是正常降落的处理逻辑，只是触发条件不同。

3.4.翻滚调试

翻滚主要分为翻滚前的准备阶段，翻滚中阶段，翻滚后阶段。翻滚前的准备阶段和翻滚后阶段，我们主要是采用一段时间内输出一定的油门值，此值的大小，需根据实际情况来调。

下面重点来翻滚中这一阶段，我们将这一阶段分为 5 个步骤完成，主要考角度的划分来完成，第一段：0~160；第二段：160~200；第三段：200~240；第四段：240~280；第五段：280~320；通过给每一段不同的翻滚速度，可保证整个飞行过程中，翻滚后的姿态稳定。

在实际测试中，我们发现电压对于翻滚的影响很大，特别是电压很低的时候，翻滚后，飞机掉高特别严重，为此我们采用了电压补偿逻辑，程序中可支持 10 个分段，这个可根据具体情况进行选择，每一个阶段，给不同的补偿系数，以缓解由于电压变化，对掉高所带来的影响。

4. 各个模块和功能配置

本系统最大特点就是，用户无需修改任何代码，只需修改一些配置文件，即可实现飞控的各种功能，下面就个模块和功能的配置方法进行详细的说明。

4.1. GLOBAL 配置

该模块主要用于选择 MCU 型号，目前支持 PAN159 和 PAN163 两种 MCU，同时选择是否采用气压定高，以及飞控的运行频率；



4.2. 软件模拟 IIC 配置

该模块主要用于配置软件模拟 iic 的一些参数，包括以下参数：

<1>SDA 端口配置：用于设置哪个 GPIO 口用于 SDA 端口；

<2>SCL 端口配置：用于设置哪个 GPIO 口用于 SCL 端口；

<3>IIC 速率配置：主要包括惯性测量传感器(IMU)和气压传感器(BARO)IIC 速率设置，其中可选参数为：

注意：这里的速率为系统 48MHz 下的速率，当系统时钟不为 48MHz 时，需按比例计算得到实际速率；

$$\text{实际速率} = \text{选择速率} * \text{系统时钟} / 48\text{M}$$

SYS_48M_IIC_578K

SYS_48M_IIC_540K

SYS_48M_IIC_515K

SYS_48M_IIC_476K

SYS_48M_IIC_457K

SYS_48M_IIC_426K

SYS_48M_IIC_412K

SYS_48M_IIC_397K

SYS_48M_IIC_385K



SYS_48M_IIC_373K

SYS_48M_IIC_361K

SYS_48M_IIC_351K

SYS_48M_IIC_341K

SYS_48M_IIC_331K

SYS_48M_IIC_322K

SYS_48M_IIC_313K

SYS_48M_IIC_306K

SYS_48M_IIC_298K

SYS_48M_IIC_291K

SYS_48M_IIC_284K

SYS_48M_IIC_278K

SYS_48M_IIC_271K

SYS_48M_IIC_265K

SYS_48M_IIC_259K

SYS_48M_IIC_254K

SYS_48M_IIC_249K

SYS_48M_IIC_244K

SYS_48M_IIC_239K

SYS_48M_IIC_234K

SYS_48M_IIC_230K

SYS_48M_IIC_225K

SYS_48M_IIC_220K

SYS_48M_IIC_215K

SYS_48M_IIC_200K

SYS_48M_IIC_190K

SYS_48M_IIC_181K

SYS_48M_IIC_171K

SYS_48M_IIC_161K



SYS_48M_IIC_151K

SYS_48M_IIC_141K

SYS_48M_IIC_129K

SYS_48M_IIC_119K

SYS_48M_IIC_108K

SYS_48M_IIC_100K

SYS_48M_IIC_81K

SYS_48M_IIC_69K

SYS_48M_IIC_54K

SYS_48M_IIC_42K

SYS_48M_IIC_31K

SYS_48M_IIC_20K

SYS_48M_IIC_10K

SYS_48M_IIC_1K

SYS_48M_IIC_750

SYS_48M_IIC_500

SYS_48M_IIC_200

[-] PAN159软件IIC	<input checked="" type="checkbox"/>
[-] SDA端口配置	
PORT	PORT_3
PIN	PIN_4
[-] SCL端口配置	
PORT	PORT_3
PIN	PIN_5
[-] IIC速率配置	
惯性测量传感器(IMU)IIC速率	SYS_48M_IIC_385K
气压传感器(BARO)IIC速率	SYS_48M_IIC_578K
[-] PAN163软件IIC	<input type="checkbox"/>
[-] SDA端口配置	
PORT	PORT_3
PIN	PIN_4
[-] SCL端口配置	
PORT	PORT_3
PIN	PIN_5
[-] IIC速率配置	
惯性测量传感器(IMU)IIC速率	SYS_48M_IIC_347K
气压传感器(BARO)IIC速率	SYS_48M_IIC_467K

4.3.IMU 配置

首先使能飞控板所使用的 imu 型号，接下来是一系列参数的配置，具体可参考下图。

[-] 使能MPU6050	<input checked="" type="checkbox"/>
IIC设备地址	DEV_ADDR_68
数字低通滤波器(Hz)	ACC_BW_21Hz (AFs=1kHz) GYRO_BW_20Hz (GFs=1kHz)
采样率(Hz)	GFs/2
FIFO	启用
[-] 加速度计	
量程	± 16 g
[-] 三轴矫正	
ACC_X	-RAW_ACC_X
ACC_Y	RAW_ACC_Y
ACC_Z	RAW_ACC_Z
[-] 陀螺仪	
量程	± 2000 °/s
[-] 三轴矫正	
GYRO_X	RAW_GYRO_X
GYRO_Y	-RAW_GYRO_Y
GYRO_Z	-RAW_GYRO_Z

4.4.气压计配置

该模块主要用选择当前所用的气压计模块，目前支持 DPS310 和 SPL06_001 两种气压型号。主要包括：

- <1>首先使能相应的气压计模块；
- <2>IIC 设备地址：配置气压计的 IIC 地址；
- <3>气压采样配置：主要包括气压采样率和过采样率，及更新数据，是否采用中断方式；
- <4>温度采样配置：主要包括温度采样率和过采样率，及更新数据，是否采用中断方式；

注意：气压计数据更新中断，目前我们库中还没有做，只是预留了一个接口，所以目前调试的时候，需禁用掉

使能DPS310	<input checked="" type="checkbox"/>
IIC设备地址	DEV_ADDR_76
气压采样配置	
采样率(Hz)	32
过采样率(次/point)	16
数据更新中断	禁用
温度采样配置	
采样率(Hz)	2
过采样率(次/point)	8
数据更新中断	禁用
使能SPL06_001	<input type="checkbox"/>
IIC设备地址	DEV_ADDR_76
气压采样配置	
采样率(Hz)	32
过采样率(次/point)	16
数据更新中断	禁用
温度采样配置	
采样率(Hz)	2
过采样率(次/point)	8
数据更新中断	禁用

4.5.PWM 配置

该模块主要用于配置 PWM，包括 PWM 初始化的一些参数和每个电机所连接的 PWM 通道；

PWM 初始化参数主要包括：

- <1>PWM 时钟预分频：可配置参数 1~255；
- <2>PWM 时钟分频：可选择不分频，2 分频，4 分频，8 分频，16 分频；
- <3>PWM 对齐方式：包括边沿对齐和中心对齐两种方式；

<4>PWM 可调范围：100~1000

<5>PWM 翻转输出：输出方式包括直接输出和翻转输出。

PWM 通道的选择需根据电路板设计进行配置。

<input type="checkbox"/> PAN159芯片PWM	<input checked="" type="checkbox"/>
PWM时钟预分频(PSC)	2
PWM时钟分频(DIV)	不分频(1)
PWM对齐方式(ALIGN)	中心对齐(ENTER)
PWM可调节范围(计数器范围CNT)	1000
PWM翻转输出	翻转输出
<input type="checkbox"/> 电机PWM端口选择	
电机 M0 PWM 端口	PWM0_CH2_P24 (CHIP_PIN_26)
电机 M1 PWM 端口	PWM0_CH5_P04 (CHIP_PIN_15)
电机 M2 PWM 端口	PWM0_CH4_P26 (CHIP_PIN_28)
电机 M3 PWM 端口	PWM0_CH3_P25 (CHIP_PIN_27)
<input type="checkbox"/> PAN163芯片PWM	<input type="checkbox"/>
PWM时钟预分频(PSC)	2
PWM时钟分频(DIV)	8分频
PWM对齐方式(Align)	中心对齐(ENTER)
PWM可调节范围(计数器范围CNT)	1000
PWM翻转输出	翻转输出
<input type="checkbox"/> 电机PWM端口选择	
电机 M0 PWM 端口	PWM0_CH6_P56 (CHIP_PIN_2)
电机 M1 PWM 端口	PWM0_CH5_P04 (CHIP_PIN_1)
电机 M2 PWM 端口	PWM0_CH7_P57 (CHIP_PIN_3)
电机 M3 PWM 端口	PWM0_CH1_P23 (CHIP_PIN_5)

4.6.ADC 配置

4.6.1.配置 ADC 采样频率和 ADC 参考电压

<1> ADC 采样频率：取值范围 1~300；

<2> ADC 参考电压(mV)：跟 MCU 供电电压相同；

ADC采样频率	10
ADC参考电压(mV)	2800

4.6.2.配置低压检测参数

<1> 电池空载最大电压(mV)：电池电压值；

<2> 低压补偿系数(x10000)：暂时不需要；

<3> ADC 检测通道：跟低压检测连接的 adc 通道；

- <4> 附加采样时间(时钟周期): 在 ADC 输入不稳定时, 可配置附加的采样时间以得到稳定的 ADC 输入信号;
- <5> IIR 低通滤波器 Alpha: 为使输出的电压平滑些, 我们采用了 iir 低通滤波器, 只需配置改参数即可;
- <6> 分压系数: 改参数根据实际电路设计来设置;
- <7> 低压报警: 有两个参数, 其中报警门限(mv)表示电池电压到达该电压值时, 需报警以提示当前电池电压较低; 而过限次数则表示在多少次以内电压值都在这个范围内, 才会认为有效;
- <8> 低压降落: 一般电池电压达到报警门限后, 大约在飞行 40~60s, 需进行低压降落, 故这两个参数表示在多少次内电压值都在降落门限内, 则认为降落有效。

<input checked="" type="checkbox"/> 低压检测	<input checked="" type="checkbox"/>
电池空载最大电压(mV)	4200
低压补偿系数(x10000)	37
ADC检测通道	ADC_PAN159_CH7_P31 (CHIP_PIN_17)
附加采样时间(时钟周期)	ADC_CLOCK_32
IIR低通滤波器Alpha	100
<input checked="" type="checkbox"/> 分压系数	<input checked="" type="checkbox"/>
总电阻	2
分压电阻	1
<input checked="" type="checkbox"/> 低压报警	
报警门限(mV)	3080
过限次数	200
<input checked="" type="checkbox"/> 低压降落	
降落门限(mV)	2920
过限次数	200

4.6.3.配置卡死检测参数

- <1> 电机 M0 检测通道: 卡死检测时, 连接到电机 M0 的 ADC 通道;
- <2> 电机 M1 检测通道: 卡死检测时, 连接到电机 M1 的 ADC 通道;
- <3> 电机 M2 检测通道: 卡死检测时, 连接到电机 M2 的 ADC 通道;
- <4> 电机 M3 检测通道: 卡死检测时, 连接到电机 M3 的 ADC 通道;
- <5> 附加采样时间(时钟周期): 在 ADC 输入不稳定时, 可配置附加的采样时间以得到稳定的 ADC 输入信号;
- <6> IIR 低通滤波器 Alpha: 为使输出的电压平滑些, 我们采用了 iir 低通滤波器, 只需配置改参数即可;
- <7> PWM 补偿: pwm 值对卡死检测的 ADC 值的补偿系数;

<8> 卡死门限(Code): 卡死时, 电压检测的门限值;

<9> 检测次数: 检测多少次;

<10>过限次数: 超过门限多次认为有效。

卡死检测	<input checked="" type="checkbox"/>
电机 M0 检测通道	ADC_PAN159_CH3_P13 (CHIP_PIN_9)
电机 M1 检测通道	ADC_PAN159_CH7_P31 (CHIP_PIN_17)
电机 M2 检测通道	ADC_PAN159_CH5_P15 (CHIP_PIN_11)
电机 M3 检测通道	禁用电机 M3 卡死检测
附加采样时间(时钟周期)	ADC_CLOCK_32
IIR低通滤波器Alpha	10
卡死保护	
PWM补偿	
k (×10000)	8853
卡死门限(Code)	2800
检测次数	100
过限次数	10

4.7.LED 灯配置

该模块主要用于配置 LED, 主要包括电源指示灯和状态指示灯, 用户可根据实际情况进行选择使能, 具体配置情况如下图所示, 主要包括端口的选择和驱动方式。

PAN159/PAN163	<input checked="" type="checkbox"/>
可控电源指示灯	<input type="checkbox"/>
控制端口	
PORT	PORT_2
PIN	PIN_5
驱动方式	低电平灯亮
可控状态指示灯	<input checked="" type="checkbox"/>
控制端口	
PORT	PORT_5
PIN	PIN_0
驱动方式	高电平灯亮

4.8.姿态解算和高度融合

4.8.1.姿态解算

本系统支持两种姿态解算算法，分别为 Mahony 互补滤波和 Madgwick 梯度下降。两种算法都可以调试到很好的效果。客户可自由选择。

姿态解算	
原始数据校准统计次数	512
Mahony互补滤波	<input checked="" type="checkbox"/>
twoKp(×1000)	1000
Madgwick梯度下降	<input type="checkbox"/>
twoBeta(×1000)	100

4.8.2.高度融合

<1>加速度方差系数：该值越大的话，对加速度计的数据变化反应越迅速。

<2>加速度方差限幅最小值：该值用来限制加速度方差的下限

<3>加速度方差限幅最大值：该值用来限制加速度方差的上限

<4>加速度漂移方差：该值一般设置小一点。

<5>气压计高度方差：此值配置越小的话，会越相信气压计的数据。

高度融合	
三状态Kalman Filter	<input checked="" type="checkbox"/>
加速度方差(加速度单位cm/s ²)	
加速度方差系数(×10000)	200
加速度方差限幅最小值(加速度单位cm/s ²) (×10000)	10000
加速度方差限幅最大值(加速度单位cm/s ²) (×10000)	500000
加速度漂移方差(加速度单位cm/s ²) (×10000)	2
气压高度方差(气压高度单位cm) (×10000)	100000

4.9.PID 参数调试

4.9.1.姿态 PID

▣ 角度PID		
▣ ROLL PID		
Kp(×1000)		12000
Ki(×1000)		10
Kd(×1000)		100
▣ PITCH PID		
Kp(×1000)		14000
Ki(×1000)		10
Kd(×1000)		120
▣ YAW PID		
Kp(×1000)		8000
Ki(×1000)		0
Kd(×1000)		0
▣ 角速度PID		
▣ ROLL PID		
Kp(×1000)		1200
Ki(×1000)		12
Kd(×1000)		35
▣ PITCH PID		
Kp(×1000)		1800
Ki(×1000)		12
Kd(×1000)		55
▣ YAW PID		
Kp(×1000)		10000
Ki(×1000)		50000
Kd(×1000)		0

4.9.2.高度 PID

悬停油门		400
执行频率		XCOPTER_FREQ/8
▣ 高度PID		
Kp(×1000)		32000
Ki(×1000)		0
Kd(×1000)		0
▣ 垂直速度PID		
Kp(×1000)		64000
Ki(×1000)		64000
Kd(×1000)		16000

4.10. 翻滚调试

4.10.1. 方向控制

<1> ROLL 翻滚控制方向调换：根据实际情况进行选择，看是否需要调换；

<2> PITCH 翻滚控制方向调换：根据实际情况进行选择，看是否需要调换；

<3> 翻滚算法：目前支持角度模式和角速度模式，建议用角速度模式；

<4> 翻滚方向识别时间(ms)：翻滚方向识别的时间；

方向控制	
ROLL翻滚控制方向调换	不调换
PITCH翻滚控制方向调换	前后调换
翻滚算法	角速度模式
翻滚方向识别时间(ms)	3600

4.10.2. 四轴翻滚参数

四轴翻滚参数分为前后左右四个方向的，上图只是前翻滚的参数，其它几个方向的参数与上图是一致的；

目前我们的翻滚算法是分为五个阶段完成的，每个阶段有两个参数，包括结束角度和期望转速；结束角度的设置建议采用上图的参数，转速可根据实际的机架进行调整，第一阶段的转速，一般不要低于 1500。

四轴翻滚参数	
PITCH_N - 前翻滚	
第1段	
结束角度	160
期望转速	1600
第2段	
结束角度	200
期望转速	1250
第3段	
结束角度	240
期望转速	900
第4段	
结束角度	280
期望转速	650
第5段	
结束角度	320
期望转速	350

4.10.3.翻滚前准备

翻滚后，为了不使飞机掉高，所以需要在翻滚前使飞机上升一段距离，此时可通过设置上图这两个参数，输出油门和时间期限，它们所表述的意思是在这段时间内油门的输出值为某一固定值，可根据实际情况来进行调节；



4.10.4.翻滚时驱动

同样，为了翻滚的效果，在翻滚过程中，我们也需要配置油门的输出值，可根据实际情况来进行调节。



4.10.5.翻滚后稳定

翻滚动作完成后，为了使飞机稳住，此时需在某段时间内固定输出油门值，也可根据实际情况进行调节。



4.10.6.翻滚补偿

为了保证不同电压下，翻滚的效果(主要是掉高，低电压下，掉高比较严重)，我们采取电压补偿的方法，进行纠正。程序中支持 10 段，可根据实际情况进行选选择，补偿系数也可根据实际测试的情况进行填写，以保证无论电压低还是高，整个飞行阶段，都有好的翻滚效果。

翻滚补偿	<input checked="" type="checkbox"/>
补偿分段	2
第1段	
电压界限(> mV)	3300
补偿系数(×1000)	900
第2段	
电压界限(> mV)	3000
补偿系数(×1000)	1000
第3段	
电压界限(> mV)	4000
补偿系数(×1000)	1000
第4段	
电压界限(> mV)	4000
补偿系数(×1000)	1000
第5段	
电压界限(> mV)	4000
补偿系数(×1000)	1000
第6段	
电压界限(> mV)	4000
补偿系数(×1000)	1000
第7段	
电压界限(> mV)	4000
补偿系数(×1000)	1000
第8段	
电压界限(> mV)	4000
补偿系数(×1000)	1000
第9段	
电压界限(> mV)	4000
补偿系数(×1000)	1000
第10段	
补偿系数(×1000)	1000

4.11.PROTECT 配置

当飞机机身倾斜到某一角度时，需关闭马达，禁止飞行。该模块主要就是用来配置实现这一功能的参数，主要包括三个参数，停机保护角度，检测频率，检测次数。

<1>停机保护角度：飞机机身倾斜到该角度时，应禁止飞行；

<2>检测频率：表示每多长时间执行一次角度保护逻辑；

<3>检测次数：当飞机机身倾斜到停机保护角度，需多次达到该条件，以防止误判断；

<input checked="" type="checkbox"/> 角度过大保护(停机)	<input checked="" type="checkbox"/>
停机保护角(°)	70
检测频率(Hz)	20
检测次数	5

4.12.降落 LAND 配置

该模块用于配置降落的参数，降落包括定高下的降落和非定高下的降落。

4.12.1 定高降落

定高下的降落又包括自动降落(一键降落)和手动降落；

自动降落(一键降落)，为了使小四轴无人机降落下来比较平稳，我们的条件判断更加苛刻，只要包括常规条件，地面效应所产生的现象，pid 积分效应，客户不需要关心具体怎么实现，只需配置一些参数，即可实现完美的降落效果。具体配置可参考下图：

<input checked="" type="checkbox"/> 自动降落	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> 落地判定条件	
<input checked="" type="checkbox"/> 常规条件	
判定周期(ms)	500
停机过限次数	3
高度差判定条件(cm)	20
速度判定条件(cm)	20
<input checked="" type="checkbox"/> 地面效应	<input checked="" type="checkbox"/>
气压高度骤降判定条件(cm)	80
判定周期	实时判断
<input checked="" type="checkbox"/> PID积分效应	<input checked="" type="checkbox"/>
PWM门限判定条件	380
判定次数	20
判定方式	实时并与常规条件并行
延迟条件检测(ms)	1500
降落速度(cm/s)	80

手动降落：当小四轴无人机飞到一定高度时，玩家想通过拨动油门来使小四轴无人机降落到地面；针对这种需求，我们也添加了相应的逻辑控制，同一键降落一致，也只需配置一些参数即可，如下图所示：

手动降落	<input checked="" type="checkbox"/>
落地判定条件	
常规条件	
判定周期(ms)	500
停机过限次数	3
高度差判定条件(cm)	20
速度判定条件(cm)	20
地面效应	<input type="checkbox"/>
气压高度骤降判定条件(cm)	100
判定周期	实时判断
PID积分效应	<input checked="" type="checkbox"/>
PWM门限判定条件	380
判定次数	20
判定方式	实时并与常规条件并行
延迟条件检测(ms)	1000

4.12.2.非定高降落

在非定高模式下，也可实现一键降落，本模块主要就是实现这一功能，具体的主要是通过油门值和加速度来进行判断，具体的参数设置如下图所示：

普通降落	<input type="checkbox"/>
初始最大油门	450
最大停机油门	10
最小停机加速度(mm/s ²)	50000
降落最小加速度限制(mm/s ²)	9200
降落最大加速度限制(mm/s ²)	9730

4.13.一键起飞配置

该模块主要用于一键起飞参数的配置，一键起飞功能只在定高模式，并且开启了预转后才有效，其所需配置参数如下图所示：

飞前预转(定高下启用预转有效)	
预转油门	70
一键起飞(定高下启用一键起飞有效)	
起飞最大速度(cm/s)	900
起飞最大时限(ms)	1500
高度设定(cm)	135
高度补偿(cm)	100

<1>预转油门：表示预转时，给电机所加的 pwm 值的大小；

<2>起飞最大速度：起飞时的速度设定；

<3>起飞最大时限：起飞时间的设定；

<4>高度设定：起飞是所要达到的高度值，单位为 cm；

<5>高度补偿：为防止掉高，增加个高度补偿值；

注意：以上参数都可根据实际情况来进行设置。

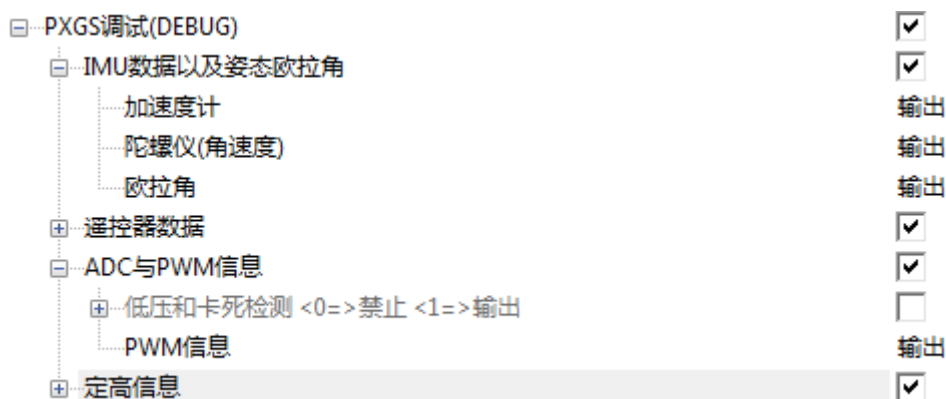
4.14.开关 KEY 配置

针对某些客户设计的飞控板，采用 GPIO 端口来控制飞控板的开和关；我们预留此接口，客户可根据实际情况进行选择是否使能此功能，若使能此功能，只需配置相应的 GOIO 端口，及 GPIO 口的驱动方式，具体可参考下图配置：

☐ 电源轻触开关	<input checked="" type="checkbox"/>
检测次数	50
☐ PAN159/PAN163	<input checked="" type="checkbox"/>
☐ 按键检测端口	
PORT	PORT_2
PIN	PIN_3
检测方式	检测到低电平为按键按下
☐ 电平输出端口	
PORT	PORT_2
PIN	PIN_2
驱动方式	输出高电平保持电源

4.15.DBG 配置

为了方便客户进行调试，我们预留 DBG 接口，可与我们的地面站配合使用；可通过地面站看陀螺仪数据以及姿态欧拉角，遥控器数据，ADC 与 PWM 信息，定高信息，这些数据是否正确，可分模块单独进行调试，也可全部输出，建议分模块进行调试。具体配置只需使能相应的模块即可，如下图所示：



4.16.摄像头配置

该模块用来配置摄像头的，目前只是预留了接口，功能还未做，如有需要，可根据需求开发相应的功能；

4.17.发射端配置

4.17.1.遥控器固有特性设置

该部分主要是遥控器固有的一些特性的设置，其中配置信息，如上图所示。

[-] 遥控器固有特性设置	
[-] THRO油门摇杆特性	
摇杆输出最小数值	0
[-] 摇杆自回中	<input checked="" type="checkbox"/>
摇杆回中输出数值	119
摇杆输出最大数值	247
[-] ROLL轴控制摇杆特性(绕X轴旋转)	
摇杆输出最小值	0
摇杆回中输出值	32
摇杆输出最大值	63
[-] PITCH轴控制摇杆特性(绕Y轴旋转)	
摇杆输出最小值	0
摇杆回中输出值	32
摇杆输出最大值	63
[-] YAW轴控制摇杆特性(绕Z轴旋转)	
摇杆输出最小值	0
摇杆回中输出值	32
摇杆输出最大值	63
[-] 微调按键特性	
ROLL微调中值	32
PITCH微调中值	32

4.17.2. 遥控器软件映射设置

4.17.2.1. 油门控制映射

[-] 油门控制映射	
死区值(油门摇杆自回中且中点映射值为0时有效)	10
[-] 三态模式(仅用于定高模式)	<input checked="" type="checkbox"/>
状态1(下降速度cm/s)	100
状态2(垂直悬停,请设置为0)	0
状态3(上升速度cm/s)	300
[-] 数值模式	<input type="checkbox"/>
映射折线点数	3点映射
第1点	100
第2点	0
第3点	300
第4点	0
第5点	0
第6点	0
第7点	0

4.17.2.2.ROLL/PITCH 轴控制映射

ROLL/PITCH轴控制映射	
死区值	3
最大值	30
ROLL取负	不取负
PITCH取负	取负

4.17.2.3.YAW 轴控制映射

YAW轴控制映射	
死区值	3
最大值	30
YAW取负	

4.17.2.4.微调映射

微调映射	
微调精度($^{\circ}$)($\times 100$)	25
ROLL微调反向	正常
PITCH微调反向	反向

4.17.2.5.调速配置

调速配置	
速度档位分级	3个档位
第1档角度系数($\times 1000$)	500
第2档角度系数($\times 1000$)	750
第3档角度系数($\times 1000$)	1000
第4档角度系数($\times 1000$)	1333
第5档角度系数($\times 1000$)	1666

4.17.2.6. 遥控器摇杆最大最小值检测

<input type="checkbox"/> 遥控器摇杆最大最小值检测	<input checked="" type="checkbox"/>
摇杆检测阈值预留值	6
<input type="checkbox"/> 油门摇杆最值检测(左摇杆上下)	<input checked="" type="checkbox"/>
检测最小值(下↓)	启用
检测最大值(上↑)	启用
<input type="checkbox"/> YAW摇杆最值检测(左摇杆左部/右部)	<input checked="" type="checkbox"/>
检测最小值(左←)	启用
检测最大值(右→)	启用
<input type="checkbox"/> PITCH摇杆最值检测(右摇杆底部/顶部)	<input checked="" type="checkbox"/>
检测最小值(下↓)	启用
检测最大值(上↑)	启用
<input type="checkbox"/> ROLL摇杆最值检测(右摇杆左部/右部)	<input checked="" type="checkbox"/>
检测最小值(左←)	启用
检测最大值(右→)	启用

4.17.2.7. 摇杆组合代键

<input type="checkbox"/> 摇杆组合代键(请确保相应的遥控器摇杆最大最小值检测配置正确)	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 与左摇杆左下的组合	<input checked="" type="checkbox"/>
右摇杆左下(↙↙)	启用
右摇杆右下(↘↘)	启用
右摇杆左上(↖↖)	启用
右摇杆右上(↗↗)	启用
<input type="checkbox"/> 与左摇杆右下的组合	<input checked="" type="checkbox"/>
右摇杆左下(↘↙)	启用
右摇杆右下(↘↘)	启用
右摇杆左上(↖↘)	启用
右摇杆右上(↗↙)	启用
<input type="checkbox"/> 与左摇杆左上的组合	<input checked="" type="checkbox"/>
右摇杆左下(↖↙)	启用
右摇杆右下(↖↘)	启用
右摇杆左上(↖↖)	启用
右摇杆右上(↗↖)	启用
<input type="checkbox"/> 与左摇杆右上的组合	<input checked="" type="checkbox"/>
右摇杆左下(↗↙)	启用
右摇杆右下(↗↘)	启用
右摇杆左上(↖↗)	启用
右摇杆右上(↗↗)	启用

4.17.2.8.按键配置

<input type="checkbox"/> 按键配置	
<input type="checkbox"/> Key0	<input checked="" type="checkbox"/>
检测模式	边沿模式
<input type="checkbox"/> Key1	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> Key2	<input checked="" type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> Key3	<input checked="" type="checkbox"/>
检测模式	边沿模式
<input type="checkbox"/> Key4	<input checked="" type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> Key5	<input checked="" type="checkbox"/>
检测模式	边沿模式
<input type="checkbox"/> Key6	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> Key7	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> Key8	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> Key9	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> KeyA	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> KeyB	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> KeyC	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> KeyD	<input checked="" type="checkbox"/>
检测模式	边沿模式
<input type="checkbox"/> KeyE	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式
<input type="checkbox"/> KeyF	<input type="checkbox"/>
检测模式	电平模式

4.17.2.9.遥控器功能映射

功能使能与遥控器映射	<input checked="" type="checkbox"/>
DEBUG开关(DEBUG打开时有效)	<input checked="" type="checkbox"/>
遥控器映射	Key4
接收PXGS参数(DEBUG打开时有效)	<input checked="" type="checkbox"/>
遥控器映射	Key3
飞机校准(复位)	<input checked="" type="checkbox"/>
遥控器映射1(带Flash保存)	禁用
遥控器映射2	摇杆组合L_LD_R_LD(✓✓)
遥控器映射3	禁用
飞前预转(定高模式有效)	<input checked="" type="checkbox"/>
遥控器映射1	Key0
遥控器映射2	摇杆组合L_LD_R_RD(✓↘)
一键起飞(定高模式有效)	<input checked="" type="checkbox"/>
遥控器映射1	左摇杆上拨(t)
遥控器映射2	禁用
一键降落(定高模式且开启自动降落时有效)	<input checked="" type="checkbox"/>
遥控器映射	Key0
一键返航	<input checked="" type="checkbox"/>
遥控器映射	Key5
无头模式	<input checked="" type="checkbox"/>
遥控器映射	Key2
翻滚信号(启用翻滚后有效)	KeyD
一键停机(紧急停机)	<input checked="" type="checkbox"/>
遥控器映射1	摇杆组合L_LD_R_LD(↘✓)
遥控器映射2	禁用
拍照(启用摄像头后有效)	Key0
摄像(启用摄像头后有效)	Key0

4.18.RF 配置

该模块主要用于配置 RF，包括遥控器 RF 和调试(Debug)RF。

遥控器 RF 主要是飞控板和遥控器进行通信；调试(Debug)RF 主要是我们飞控板和我们的地面站进行通信，该模块除了初始地址这个参数，其他参数一般是不需要修改。初始地址的配置，可自由修改，但必须确保两个通信模块之间的地址相同，否则无法正常通信。



遥控器RF	
PAYLOAD	9
初始通道(频点)	20
初始地址	
地址长度	3字节
地址第1字节	0xE7
地址第2字节	0xE7
地址第3字节	0xE7
地址第4字节	0xE7
地址第5字节	0xE7
通信速率	1M
RF功率	5dBm
调试(Debug)RF	
PAYLOAD	32
初始通道(频点)	2
初始地址	
地址长度	3字节
地址第1字节	0xAB
地址第2字节	0xCD
地址第3字节	0xEF
地址第4字节	0xE7
地址第5字节	0xE7
通信速率	2M
RF功率	5dBm

5.版本信息

版本	日期	内容
1.0	2017-11-22	新建

PANCHIP