



# SimpleBGC 32位 三轴软件 用户手册

控制板 v.3.x

固件版本v.2.6x

GUI 版本v.2.6x

# 目 录 CONTENTS

1. 概述.....	3
2. 逐步设置过程.....	9
3. Basecam GUI总览.....	13
4. 基本设置.....	15
5. PID自动调节.....	23
6. RC 设置.....	26
7. 跟随模式设置.....	32
8. 高级设置.....	35
9. 服务设置.....	38
10. 系统监测.....	42
11. 数字滤波器.....	43
12. 可调整变量.....	46
13. 固件升级.....	50
14. 系统分析工具.....	54
15. 用户编写脚本.....	59
16. 编码器/Encoders.....	60
17. 磁力计传感器/Magnetometer sensor.....	62
18. 蓝牙模块配置.....	65
19. 通过MavLink协议连接飞控.....	67
20. 可能出现的问题及解决方案.....	70
20. 鸣谢.....	71

## 1. 概述

本手册提供如何连接、调试及校准Basecam Electronics公司出品的SimpleBGC32位三轴控制板的相关指导。开始使用之前，组装控制板所需的必要元器件有：主控板和额外的一个或两个惯性测量单元（IMU），一个用来连接控制板的USB或蓝牙转换器（市面上已有很多标准的TTL接口蓝牙模块可供选择），一台电脑通过Basecam软件进行调参和写入设置至控制器，以及在Windows、MacOS和Linux系统里均可运行Basecam的软件。本软件可在Basecam官网下载。请注意GUI软件版本应该和控制板的固件版本相一致（或者高于固件版本）。

另外需要的准备的有：一个合适的物理仪器来固定传感器并用来在校准过程中定方向，它不一定必须是云台本身，一个任何材料的小方块即可，比如卡板泡沫木头等，但需保证其有六个规则的方形的面，这样能够在校准过程中逐步转动方向（详细描述见后文）。最终还需要一个配有2个或3个无刷电机的云台，此云台应在各个方向都围绕重心调好平衡。云台设计的目标是：不管云台手臂的位置方向如何，应使所有作用力的中心集中到一个固定不动的点上，并且相机（被稳定的目标）的质量中心正处于该中心点。另外可选择的元器件有开关，摇杆等遥控设备（标准RC接收机的PWM或S Bus等信号）等，稍后有详细描述。

SimpleBGC对云台的稳定部分（此部分一般用来固定相机或其他设备）的不良运动进行主动补偿，对其进行精确定位，而无论周边框架如何运动。控制器含有的高性能运动传感器(MEMS陀螺仪)和ARM Cortex<sup>TM</sup> 32位内核以及其他功能等，可直接整合PWM（和其它）控制信号至被稳定的设备，使得控制器成为很多应用的理想平台，从手持相机云台到更复杂的轨道和摇臂设备或者机载云台应用等。

增稳是通过接收陀螺仪传感器的定位数据做出反应，然后给云台电机驱动动力来完成的。主陀螺仪传感器安装在相机上来精确登记再定位（补偿）数据。可以使用一个或者两个传感器，一个主IMU（传感器）附在相机上，另外可选择安装框架IMU（传感器），将其附在框架的另外两个轴向中的一个上。如装有两个传感器，控制板同时采用两份数据，可达到更精确的稳定效果。为提高系统性能，可选择对每个电机安装旋转位置传感器（即磁编码感应器encoder）。更多关于编码器(encoder)的信息和优势，详见：

<http://www.basecamelectronics.com/encoders/>

控制器自身结构紧凑（仅17克），在20V电压下对每个轴可产生1.6A电流，能提供足够的功率来驱动较大云台电机（80mm到110mm为较合理范围）。在合适的安装和良好的平衡以及考虑期待纠正率和其他因素等情况下，最大载重可达约25磅（即Red<sup>TM</sup>相机和主镜头的重量）。采用更新更高要求的设备比如安装在移动或飞行交通工具上可提高其纠正率（结果）。现实中判断使用的合适性应该考虑很多因素，特别是载重量、平衡性、云台质量、重力因素（可能会遇到）和风速大小以及紊流等可造成较大影响。

## Introduction 简介

本系统控制板和软件由Basecam Electronics公司设计出品，您可在我们的网站商店 (<http://www.basecamelectronics.ru/store/>) 直接购买控制板，或者从我们的合作商那里购买由他们生产的控制器。我们的官方合作商名单可在网站上查询：<http://www.basecamelectronics.ru/wheretobuy/>。不同的生产厂家可能会对控制板作稍微改动（比如，增加蓝牙元器件或者改变控制板尺寸等）。在任何一种情况下，均请留意控制板的版本和生产商网站所公布的相关数据。

有一些合作伙伴商只生产控制板而另外一些合作商生产已安装好控制板的云台成品 (<http://www.basecamelectronics.com/readytouse/>)。市面上也有不带电子稳定系统的云台（包括带电机和不带电机的）出售，这种情况下您需要购买控制板（从我们或者从只提供控制板的合作商处购买）并安装。如果你决定自己DIY安装一个稳定系统，请访问我们的论坛寻找必要的相关信息 (<http://forum.basecamelectronics.com>)。

在此用户手册里不仅有控制板的有关信息，同时也有用来调整控制板的多平台应用程序（即软件）的信息。我们把相关软件程序命名为Basecam GUI，可在我们的官网直接下载，并注意GUI版本须和控制板的固件的版本相匹配。

Basecam GUI软件使用Java运行环境和一个虚拟COM端口。根据平台的不同，您可能需要使用一些命令来启用该端口，并且（在某些平台上）可能需要安装一个串口。一旦运行并连接，GUI在所有平台上的界面和使用都是相同的。请注意如果启用蓝牙作为串行桥（而不是直接将控制板通过USB线连接电脑），可能需要单独配置蓝牙。细节如下。



# 1. 概述 Overview

**注意：** 电池电压8至25V范围内均可接受。如果使用锂电池（LiPo），从3S至5S均可接受，S表示一个电池内单个锂电池单元（标准3.6V额定电压）。注意充满电后单个电池单元最大电压为4.2V，所以一个充满电的3S锂电池为12.6V，5S为21V。请注意所有关于安全使用锂电池的相关规定。记住只能用专门的充电器对锂电池进行充电，不可随意使用别的充电器。

有关于控制板和完整稳定系统的连接的详细描述可见[详细连接方案](#)。

## GUI的安装

首先需要我们的网站下载最新版本的GUI程序（<http://www.basecamelectronics.com/downloads/32bit/>）。解压到任何文件夹。打开程序需要有Java运行环境（由Oracle公司管理）安装在你的系统里，可在<http://www.java.com>下载安装。各个系统的解压路径如下：

在Windows系统运行Basecam GUI:

- 运行 SimpleBGC\_GUI.exe

在MAC OS运行Basecam GUI:

- 运行 SimpleBGC\_GUI.jar

**注意：** GUI使用虚拟COM端口，在MacOS系统需要创建一个锁定文件（lock file）（MacOS使用这个锁定文件来控制通过虚拟COM端口的数据流）。由于安全限制，您需要自己创造这个锁定文件。开始terminal（Terminal是在Utilities路径下的一个程序）。

Into terminal- type- 如果您缺乏相关经验请尽量小心操作。

使用命令建立文件夹 "/var/lock":

1. `sudo mkdir /var/lock`

使用命令修改权限:

2. `sudo chmod 777 /var/lock`

通过如下设置允许系统运行未签名程序:

System Preferences > Security & Privacy > General > Allow Applications downloaded from: Anywhere  
或者通过回复系统弹出的窗口仅允许此程序运行。这种情况下，至解压目录然后

3. 双击（运行） SimpleBGC\_GUI.jar

在LINUX系统运行Basecam GUI

- `run run.sh`

## 在高清显示下运行GUI

Java运行环境(JRE)有一个bug就是没有调整程序的高DPI显示像素的选项。可能的应急方案是，此选项可在

# 1. 概述 Overview

在1\_6(6u43) JRE版本中出现，你可以在Oracle的档案中找到并安装此老版本的JRE：

<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/java-archive-downloads-javase6-419409.html#jre-6u43-oth-JPR>（要求注册），或者在网上寻找相关资源。然后通过提供路径链接至安装的JRE运行SimpleBGC程序。比如，如果JRE安装在 "C:\Program Files\Java\jre6\_6u43"文件夹，可命名一个启动脚本为 "run\_java\_1\_6.bat" 并包含这个命令："C:\Program Files\Java\jre6\_6u43\bin\javaw" -Djava.library.path=.\lib -Dsun.java2d.dpiaware=false -jar SimpleBGC\_GUI.jar

## 连接电脑

根据版本的不同，控制板包含一个Mini-或Micro-USB端口，连接电脑之前首先应该安装相关驱动。如果驱动没有自动安装，你可以按以下链接下载驱动（适用所有操作系统）：

<http://www.silabs.com/products/mcu/pages/usbtouartbridgevcpcdrivers.aspx>

**注意：** Tiny 版本控制板的 Windows 驱动可在此处下载：<http://www.st.com/web/en/catalog/tools/PF257938>。这是来自ST公司最新的官方驱动。但有报道说它在Windows 8下不能工作。这种情况下，试一下之前的版本，应该没问题：[http://www.basecamelectronics.com/files/drivers/VCP\\_Setup.zip](http://www.basecamelectronics.com/files/drivers/VCP_Setup.zip)。正常情况下新的COM端口应该在设备管理中“COM and LPT Ports”处显示。如果不是，新的设备在 "Universal serial Bus devices"下显示为未知设备（Unknown device），你需要手动更新驱动，选择 "STMicroelectronics Virtual COM port"驱动。

安装驱动并通过USB连接控制器后你可以在GUI的连接下拉框看到一个新的虚拟COM端口并显示名称。

可以连接控制板到电脑并同时由电池提供电源。再次强调要**小心观察电源正负极**，因为一旦建立USB连接，内置的电极反接保护就自动关闭（有些版本没有此保护装置）。

## 无线连接

你可以建立无线连接，在控制板端采用蓝牙-串口转换器，电脑端采用USB-蓝牙适配器（电脑必须有内置蓝牙）。控制板端可用的转换器有：HC-05, HC-06, Sparkfun BlueSMiRF等其他蓝牙2.1兼容的模块。转换器必须有至少四个输出口：Gnd, +5V, Rx, Tx，并连接在控制板上相应的标记为UART（或者Serial）的插槽（位置在USB端口附近）上。不管板上的标签如何，上面的针脚应该是TTL逻辑，而不是RS232。

蓝牙模块连接见[附录B](#)。

**注意：** 蓝牙模块应作如下设置：**波特率=115200，校验位=0或偶**。如果为零控制板可在校验位设置为任意情况下连接至GUI。但若要通过蓝牙连接来进行控制板固件升级，设备校验位必须设置为偶数。可在不同波特率工作（只需改变参数高级>串口速度来匹配蓝牙模块的波特率），但是一些操作比如实时数据监控会变慢，所以最好配置蓝牙模块。要改变蓝牙模块设置，参考其说明书。从固件2.55版本起，在“Board”菜单下有蓝牙配置工具“Configure bluetooth...”可配置大部分蓝牙适配器（详见[蓝牙模块配置](#)）。

## Serial-over-Network (UDP)连接

.这种连接允许远程对控制板进行配置，需用UART连接控制板至另外可通过网络（wifi、以太网、因特网）与GUI进行通讯的设备上。连接之前，要配置GUI接收UDP信息的本地端口，远程主机和端口来发送信息（可选）。您可以在“文件→设置”里进行操作。所支持的设备列表和详细说明我们将在网站上发布。

## 运行程序

1. 连接USB线（或者，如果是通过蓝牙连接，配对设备）。默认密码一般是1234或0000。
2. 运行GUI，从主窗口左上角下拉框中选择COM端口，点击**Connect（连接）**。
3. 连接建立后，所有配置文件会被读取和下载，GUI将会显示当前的配置文件设置。你可以在任何时候点击**READ（读取）**按钮来重新读取控制板设置
4. **确保所安装的是最新版本的固件**。检查版本：打开“Upgrade（升级）”页面，点击“Check update（检查更新）”。如果发现新版本，升级。注意升级固件之后需要重新下载相应版本的GUI并重新连接。详见“[固件升级](#)”新部分。
5. 完成编辑参数之后，点击**WRITE（撰写）**来保存至控制板持久内存（EEPROM）。只有当前选择的配置文件会被保存。若要恢复出厂设置，点击菜单“**Board**”—“**Reset to defaults**”（**控制板-恢复至默认**）。除了一般设置和校准数据之外，所有当前配置文件的参数将会被恢复到出厂默认。若要消除所有配置文件的设置、基本设置和校准数据，点击菜单“**Board**”—“**Erase EEPROM**”（**控制板-消除持久记忆**）。
6. 要变更为另一配置文件的设置，在右上角下拉框选择需要的配置文件即可，不需要点击**READ（读取）**来读取参数。你可以在5个配置文件里保存不同的设置。可通过GUI、RC命令、或者操作控制板上的菜单按钮在不同配置文件之间互相切换。请注意有些设置在所有配置文件里是相同的，主要是那些关于硬件元器件的配置，和传感器方向配置等。你可以为配置文件命名，它们将会被保存至控制板并在连接到别的电脑时保持名称不变。

### 2. Step-by-step setup sequence 逐步设置步骤

#### 1. 机械调整

将相机安装在云台托盘上并调整好三个轴的平衡。稳定的质量很大程度上取决于平衡的好坏。检查平衡时，将云台（电源关闭）拿在手中。沿着所有轴方向快速移动，通过来回移动云台来尝试找到任何共振点。如果很难，则说明云台已调好平衡。

**注意：**良好的平衡和低摩擦力可在保持高质量的稳定的同时减少电量的消耗。

如果自己绕线做电机，建议检查电阻和相关连接。将电机从云台上取出并连接至控制板，设置每个轴的PID参数为： $P=0$ ， $I=0$ ， $D=0$ ，并设定足够的功率（Power）。连接主供应电源。当滚动传感器时电机应该平滑转动，由于电机转子和定子间的磁力因素，有轻微抖动现象（齿槽效应）应属正常。

请特别注意安装传感器时，它的轴必须和电机的轴平行。注意机械连接要求非常坚固且无齿隙。传感器为稳定系统提供反馈数据，任何细微松垮移动都会导致延迟和低频共振，这将会影响到PID设置且在实际应用中产生不稳定。

#### 2. 校准传感器

##### 陀螺仪校准

陀螺仪会在每次开启控制器时进行校准，大概需要4秒钟完成。接通电源LED信号灯开始闪烁时的前几秒钟请务必确保相机传感器保持静止状态，开机后在开始校准之前你有1秒钟的时间来固定云台。

如果启用了“Skip gyro calibration at startup（跳过开机时陀螺仪校准）”这个选项，陀螺仪则不会每次开机时进行校准，而立即开始工作。请注意当发现IMU角度出现任何不正常时可重新手动校准陀螺仪。

##### 加速计校准

必须对加速计进行一次校准，但同时我们推荐偶尔也间或对加速计重新校准，或者当温度变化较大的时重新进行加速计校准。另外可设置在所有可能的工作温度范围下进行温度校准（详见[温度传感器校准 Temperature Sensor Calibrating](#)）。

**重要事项：**进行任何校准之前，在“IMU Calibration helper”（IMU校准帮助）窗口中点击“RESET”（重置）按钮，重置旧的数据！

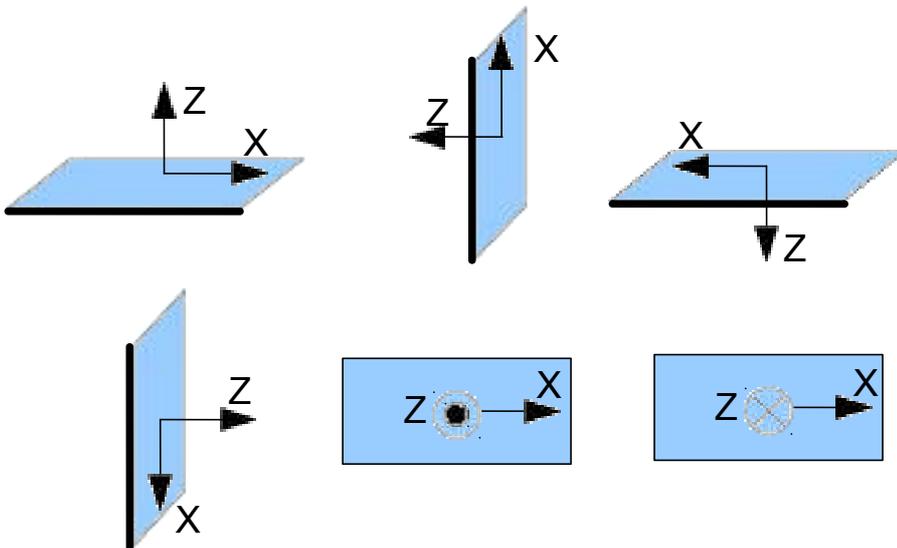
- **简易校准模式：**水平放置传感器，然后在GUI里点击CALIBRATE.ACC按钮（或者菜单按钮，若此按键被指定为加速计校准动作）。LED灯将会闪烁2秒钟。确保在校准过程中不要移动传感器。
- **高级模式（推荐）：**同上述简易模式一样启动校准，然后按顺序转动传感器，使传感器的每个面都依次向上（包括底面在内一共6个面）。进行此步骤时将传感器在每个面上固定住，然后在GUI里点击CALIB.ACC按钮，等待2到3秒钟，直至LED灯停止闪烁。你不需要在每一步都点击WRITE（写入）按钮，校准数据会自动写入（当LED灯停止闪烁时该操作面的数据被写入）。

## 2. 逐步设置过程 Step-by-step setup sequence

校准框架上的副传感器（如果安装了副IMU），通过切换按钮“Camera IMU / Frame IMU”（相机IMU/框架IMU）选择框架IMU。所有原始传感器数据、IMU角度和所有校准命令就对应所选择的传感器。

可使用 "IMU Calibration helper"（IMU 校准帮助）工具来简化6面校准。它显示当前选择的校准面和已经校准完毕的面。

**注意：**在动态飞行或航向转动时，精准的加速度计校准和陀螺仪校准对于保持水平平衡非常重要。当在温度范围较大的环境中建议使用温度补偿来保证精确的方向（详见[Temperature Sensor Calibrating](#)温度传感器校准）。



## 3. 基本设置调节

- 连接主电源。
- 若是两轴系统，在“Advanced”(高级)页面，“Motor outputs”(电机输出)组里禁用不使用的输出。
- 给根据电机规格设置合适的POWER(功率)（见下面所推荐）。
- 自动检测电机极数和电机转向。正确转向未检测出之前不要进行下一步操作！
- 对每个轴设置参数：“Advanced”(高级)- 'PID gain multiplier' (PID比例增益乘数) 设置为1.0, 'Outer P' 设置为100（默认数值）。
- 运行auto-tuning(自动调节)，首次运行使用默认设置。
- 如有需求，调整PID控制设置。使用控制面板中的peak indicator（峰值显示器，由蓝色轨迹和蓝色数字表示）来检查平衡。小角度倾斜框架，然后通过增加P、I和D值到最大来减小峰值。也可通过监测页面里的陀螺仪数据来观察稳定质量。

最好关闭“Follow Mode”(跟随模式)来为所有的轴调节PID值。

## 2. 逐步设置过程 Step-by-step setup sequence

手动调节PID的推荐方法：

1. 对所有轴设置I=0.01, P=10, D=10。此时云台应处于稳定状态。如果不是，稍微降低P值和D值。然后开始依次调节每个轴。
2. 逐渐增加P值直到电机开始震动（你可以敲击相机并观察陀螺仪图，看震动衰减有多快）。略微增加D值-此举应减弱震动，衰减时间降低。衰减时间越短越好。
3. 重复第二步直到D值达到最大，此时开始出现高频震动（你可以听见或用手感觉得到并可从陀螺仪图上看到噪音线）。当P值和D值达到最大。此时稍微降低一点然后进入到步骤4。
4. 增加I值直到出现低频震荡。略微降低I值来保证云台稳定。现在你已找到所选轴的最大PID值。然后为其它的轴从第一步开始重复上述操作。
5. 当所有轴都调到静止时，试着移动云台框架，模拟出一个真实的工作环境。你可能会注意到轴之间的交叉影响会使得云台变不稳定。这种情况下，将这些轴的PID值从最大值稍微调低。

良好的调节可达到这种效果：轻轻摇动云台框架时稳定的误差不超过1度。

以下步骤可进一步提高稳定的精准度：

- 连接并校准外部飞控(见 [Advanced Settings](#) 高级设置， External FC Gain 外部飞控增益)。
- 连接、设置并校准副(框架)IMU(见 [Second IMU sensor](#) 副IMU传感器)。

## 4. RC连接与设置

- 将接收机上空余的通道连接至控制板上标记为”RC\_PITCH”的输入端，注意极性正确。

在RC settings（RC设置）页面：

- 将“RC\_PITCH - PWM”输入指定到PITCH(俯仰)轴。
- 设置其他所有轴和CMD为“no input”（无输入）。
- 对于PITCH轴，设置MIN.ANGLE=-90, MAX.ANGLE=90, ANGLE MODE=checked, LPF=5, SPEED=50。
- 给主控板和接收机连接电池，在“Monitoring”（监控）页面检查RC\_PITCH input接收信号的情况（滑块应全部为蓝色并能反映摇杆的活动情况）。

现在你可以通过RC遥控器来控制相机，从-90至90度。如果想改变移动速度，调整SPEED(速度)设置。如需调整摇杆反向，勾选INVERSE（倒置）。

如果摇杆有中心零位，最好选择SPEED(速度)模式，而不是ANGLE(角度)模式，这样会达到更好控制。

用同样方式连接并调节其它轴。你有5个PWM输入用来指定到所有的轴和命令通道。

## 5. 真实条件下测试云台

如果在多旋翼上应用，连接飞控至GUI，启动飞行器电机，举过头顶（远离手脸部位）。通过Monitoring(监测)页面/ACC raw data(加速计原始数据)来检查相机的抖动情况。

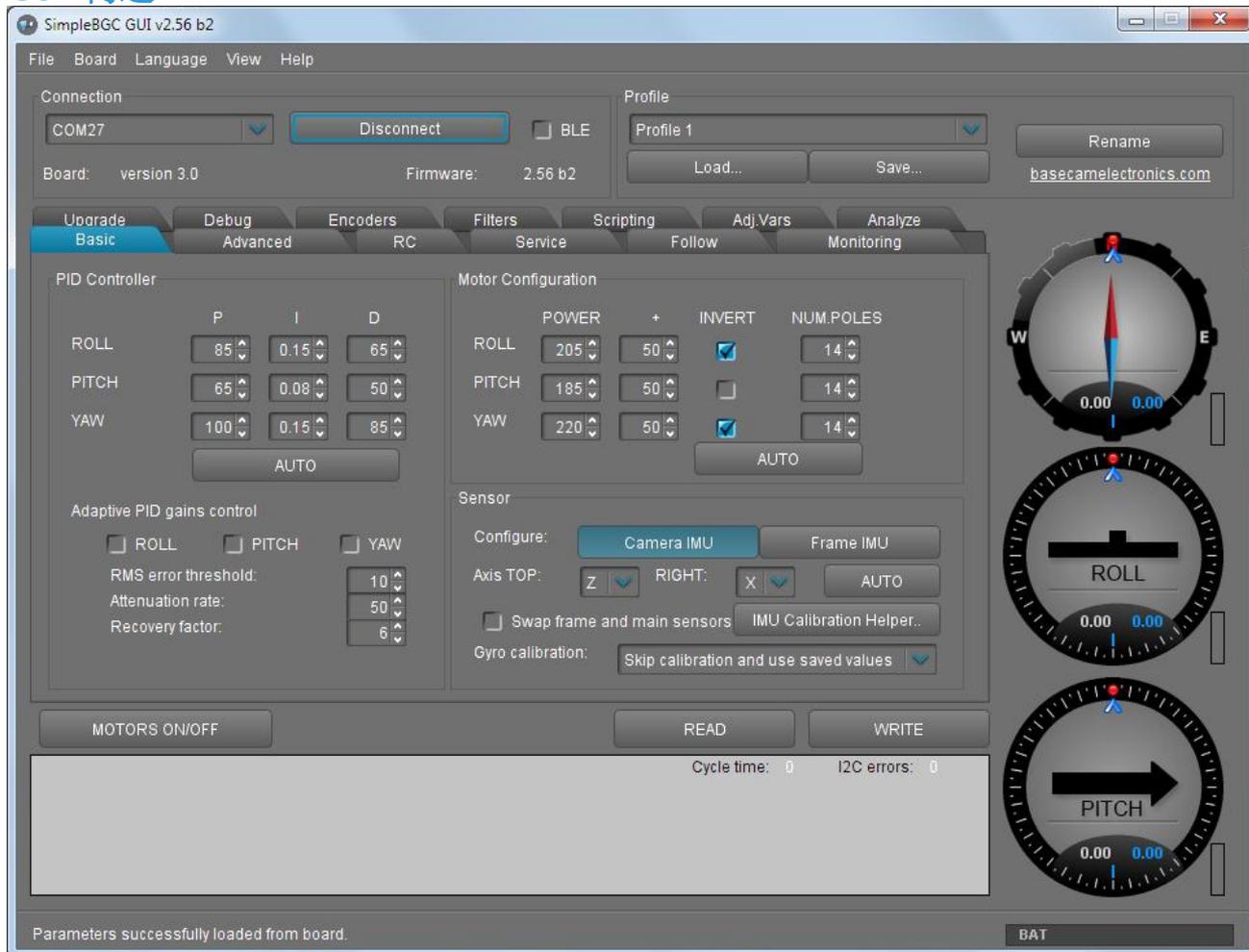
## 2. 逐步设置过程 Step-by-step setup sequence

为降低震动，可尝试采用减震块，做好桨叶平衡等方式。

**注意：**与传统的舵机相比，无刷电机的反应更快，但是扭矩较小。这也是为什么在有较大的风和桨叶产生的气流的情况下更难操控的原因。在开发设计多旋翼时，请尽量尝试避免这些因素的影响（例如可稍微增加多旋翼手臂长度，或使电机稍倾斜于中心，或者将相机放在桨叶上方）。另外请记住，当多旋翼高速飞行时，会有气流偏离，这也会对云台有影响。

## 3. Basecam GUI 总览

### GUI 构造



GUI包含了不同的功能版块:

1. 视窗中心的设置版块, 由不同的“tab”(页面)构成:
  - Basic(基本) — 基本云台稳定设置。一般通过这些设置就足够可以达到好的稳定效果。
  - Advanced(高级) — 更精确的设置选项。
  - RC – 通过RC输入来控制云台roll横滚/pitch俯仰/yaw航向三轴方向的设置。
  - Service(服务) — 指明菜单按钮的行为(菜单按钮在控制板上或外置)并调节电池监测服务。
  - Follow(跟随) — 相机跟随云台框架移动的这种模式的相关设置。
  - Monitoring(监测) — 实时传感器数据监测。此屏幕对调节云台表现非常有帮助。
  - Upgrade(升级) — 查看固件版本和升级。

- Filters (滤波器)– 对PID控制设置数字滤波。
  - Adj.vars (可调整变量)– 在使用过程中可通过遥控或摇杆即时改变很多系统参数。
  - Analyze(分析)– 系统分析工具。
  - Scripting (脚本编写)– 可以编写脚本，导入EEPROM中并执行远程命令。
2. 连接—COM端口选择和连接状态。
  3. 配置文件—配置文件的选择、载入、重命名和保存。
  4. 控制面板 —云台三轴方向的图形显示。
    - 黑色箭头显示角度，为精确显示，蓝色箭头为10倍放大效果。红色记号为云台应保持的目标角度。
    - 细蓝线显示从中心零位的最大（峰值）偏移。
    - 蓝色数字显示峰值偏移幅度。根据这些数字可判断稳定质量。
    - 右边的竖直红条显示实际功率水平，从0到100%。
    - 灰色箭头显示电机定子角度，如果已知的话。
  5. READ(读取)、WRITE(写入)按钮用来转出/转入数据至控制板。
  6. MOTORS ON/OFF (电机开/关)按钮切换电机状态。
  7. 屏幕底部会显示提示、状态、或者错误信息（红色）。总周转时间和I2C错误计数也会显示。
  8. 电池电压显示以及警报部分。

### 控制板菜单

此菜单包含在校准传感器时读取/写入设置的相关选项（复制READ读取、WRITE写入按钮），将参数重置到默认值，或者通过删除EEPROM来彻底重置控制板

### 语言菜单

此GUI以英语作为默认用户界面。从'language'(语言)菜单中选择需要的语言然后重启程序可以更换界面语言。

### 视图菜单

可以从视图菜单中选择一个视觉主题。例如，在户外使用GUI时，最好换到高对比度主题。

本手册会详细介绍每个页面。在手册最后提供了额外的逐步调节推荐。

### 4. 基本设置

#### PID和电机设置

- **P,I,D**– 所有轴的PID规则参数。
  - **P**– P值描述对干扰反应的能力。此值越高代表对外界干扰的反应越强。增加此值直到对干扰的稳定性达到足够。如果P值太高，轴则会产生震荡，如果震动传达到IMU传感器这些震荡则会变的更糟。如果出现震荡，增大D值1到2个单位，然后再增加P值。
  - **D**– D值降低反应速度。这个值用来帮助去掉低频震荡。如果D值太高则会导致高频震荡，特别是在IMU传感器暴露在振动的时候。在特别情况下，它可以被数字滤波器过滤掉。
  - **I**– I值可改变云台对接收RC命令时的运动速度和回到中位的速度。此值越低可使云台接收RC指令后的动作以及回到中位时更慢更平稳。增加此值则加快移动速度。
- **POWER(功率)**–电机最大电压（数值0-255，255代表电池满电电压）。根据电机规格选择此合适的数值。基本调节如下：
  - **严禁电机过热！** 电机温度超过80度会对磁钢产生永久性损坏。
  - 此值设置过低会导致电机动不足而不能有效的移动云台和稳定相机。在有风的环境下，当云台没有调好平衡或云台受到机械摩擦阻力时，此值如果设置过低是很容易被观察到。慢慢的降低此值来找到最佳的选择，直到寻找到最小数值，但仍然能提供足够的扭矩并保持良好稳定。
  - 增加此值相当于增加PID设置中的P值和D值。如果增加了功率值，也应该重新调整PID值。
- **“+”- Additional power (额外增加功率)**，当出现较大错误时（由漏掉某些步骤导致）可使用此功能，帮助相机回到正常位置。此数值大于255时额外增加功率结果限制在最大255。
- **INVERT(反转)**–使电机倒置转向。在调整其他参数之前选择正确的电机转向非常重要！找到正确转向方法：设置**POWER**数值，使之达到可以转动相机。将相机托盘水平放置然后在"Motor configuration"(电机配置)设置中点击**AUTO(自动)**按钮。此时云台会开始出现轻微运动，即可确定正确的电机转向。等待至校准程序完成。然后重新设置PID数值并调整**POWER**数值。
- **NUM.POLES(磁极数)**–电机磁极数。此数字应等于电机转子内的磁极数。在自动校准过程中，此值会被自动探测。但是如果此数值在自动校准过程中没有被正确探测出，则需要手动改写正确数值，在GUI中填写正确的电机磁极数。

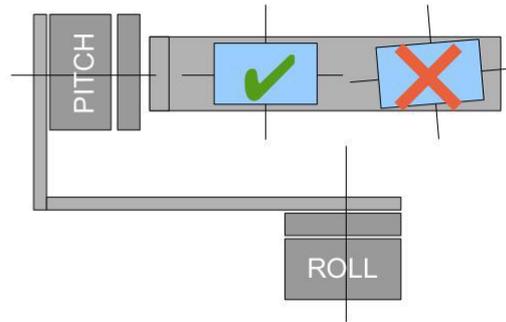
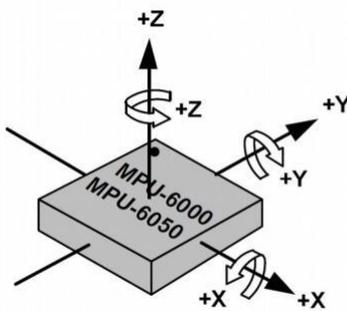
## 4. 基本设置 Basic Settings

### 主IMU传感器

注意：在调节控制板之前，将相机装在云台上并固定好，并保证云台调好平衡，即每个电机的轴要求穿过负载的重心。

确定IMU传感器装在云台上的方向和位置。对于标准IMU传感器的安装，从云台的后方往前看（使相机镜头对着云台向外拍摄），从这个方向来看，上方和右方分别对应Z轴和X轴。你可以把IMU传感器朝向任何方向，保证它的边始终平行于电机轴（这里要求非常精确，精准的对准传感器和固定牢靠非常重要）。在GUI中调整IMU方向：在顶部和右下下拉框中指定轴的方向，或者点击**AUTO**(自动)按钮来自动分三个简单步骤找到正确方向。正确的设置会导致如下效果

- 相机俯仰向前倾 – 在GUI里PITCH箭头顺时针旋转。
- 相机横滚向右转 – 在GUI里ROLL箭头顺时针旋转。
- 相机航向顺时针转 – 在GUI里YAW箭头顺时针旋转。



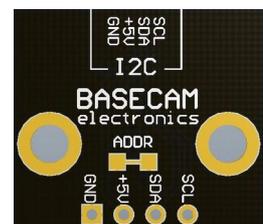
- **Skip Gyro calibration at startup (启动时跳过陀螺仪校准)**- 选中此选项，控制板通电后会立即开始工作，采用上一次陀螺仪校准所保存的校准数据。但是保存的校准数据可能会随着时间或者温度的改变而变得不准确。推荐不定期进行重新校准来保证良好效果。或者你也可以进行温度校准（见[Temperature Sensor Calibrating 温度传感器校准](#)）。
- **Try to calibrate or use previous values (尝试校准或使用之前的数值)**-选中此选项，当系统启动后，如果没有探测到任何运动，IMU传感器会进行一次校准。若有运动超过标准（例如将云台拿在手上），校准则会终止，并使用之前保存的数值。

所支持的传感器型号：

- *Invesense MPU6050* - 价格不贵的MEMS传感器，含有精确的三轴陀螺仪和三轴加速计。对温度稳定性较差。
- *Invesense ICM20608* – 相比于MPU6050，其信噪比稍微好，带宽更大（可能需调整LPF滤波器与MPU6050相匹配以保证相同PID设置）；有单独的LPF filter (低通滤波器)可使其对震动更加不受影响；温度稳定性更好。

### 副IMU传感器

可选择在云台框架上安装第二个IMU传感器。优势是稳定更精确（可设置更低的PID值来达到相同效果），并且了解框架倾斜可以极大扩展三轴系统的工作角度。



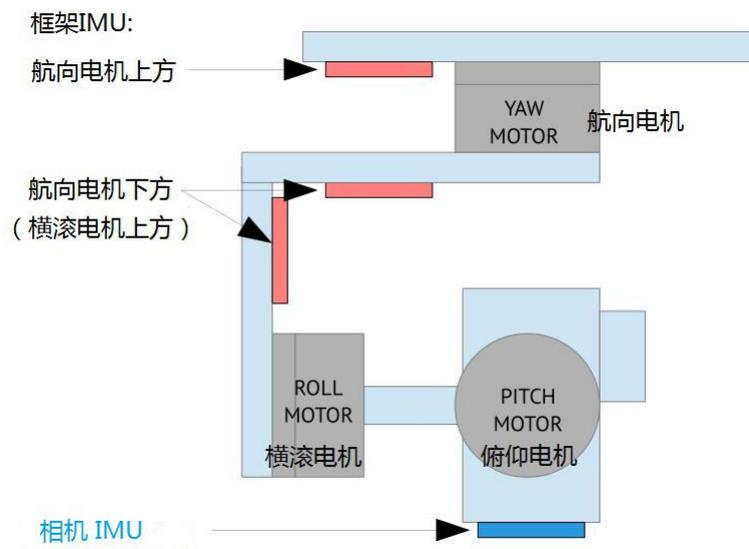
## 4. 基本设置 Basic Settings

副IMU应装在同一个I2C总线上（平行安装）。两个传感器应有不同的I2C地址（主IMU-0x68, 框架IMU-0x69）。原装Basecam IMU传感器上, 0x69地址可能会设置为**cutting the ADDR bridge**, 位于传感器的背面。

- **Swap frame and main sensors (框架传感器和主传感器转换)** – 切换主副传感器的角色。

### 固定框架IMU传感器

有两种方式放置副IMU: 在Yaw(航向)电机下方和上方。如果是两轴稳定系统, 则只有一个选择: Roll(横滚)电机上方。



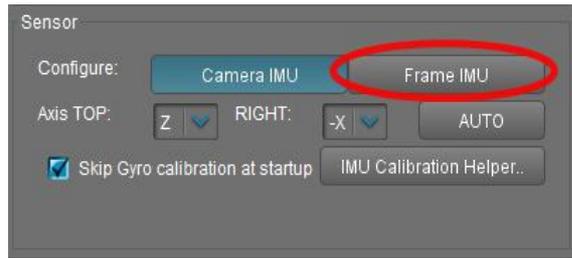
如果传感器放在**航向电机上方**, 有助于横滚、俯仰和航向三个电机稳定。但是系统稳定性在长时间工作后会变差（因为框架由副IMU所产生的航向转动会随时间出现偏移, 而且自动纠正功能并不一定所有情况下工作）。

如果传感器安装在**航向电机下方**, 不会对航向轴稳定性有帮助, 但是这种方式更可靠。安装在此位置时你可以选择一个特别选项"**Below YAW + PID source**", 意思是如果框架IMU安装在航向电机下方, 它可作为一个PID控制的数据源。在某些情况下这个数据源的结果比主IMU更可靠, 因为机械系统的“传感器-电机”的长度较短时则会变得僵硬, 且其闭环操作也会更为稳定。

和主（相机）IMU一样, 副（框架）IMU的安装也可以朝任意方向, 但要保证它的轴和电机轴相平行。

### 副（框架）IMU调参

设置框架IMU, 首先在**Advanced**”(高级)页面, “Sensor”(传感器)区域设置其位置, 写入设置至控制板, 然后回到“Basic”(基本)页面, 点击“**Frame IMU**”按钮。



如果副IMU连接正确，此按钮变为可选状态。点击之后，所有的IMU设置都会影响框架IMU。你可能会注意到右边带箭头的图表显示的角度不是主IMU，而是副IMU的。另外，在“Monitoring”(监测)页面，加速计和陀螺仪的数据也是副IMU的。

如有必要，改变传感器方向（轴的顶部、右边）并写入设置至控制板（控制板会重启）。重启后，校准加速计和陀螺仪，同操作主IMU的校准方法一样。对于加速计可采用简易校准模式或深入的6面校准。但是对于副IMU来说，精确校准并非像主IMU那样关键。

### 角度测量的精确性

基于MEMS陀螺仪的IMU传感器能给出良好的精准度，特别是相比于单个加速计来说。但它仍然会受所处环境影响，精准度变低而影响稳定效果，比如出现不水平现象、角度逐渐产生偏移、轴交叉干扰现象（一个轴的转动导致另外一个轴的偏移）。以下是常见原因和推荐的解决方法：

- **Vibrations震动**：尽量使云台远离震动的平台，可使用减震块等。
- **Lateral or centrifugal accelerations侧向或离心加速**(沿弯曲轨道的快速加速滑动或运动)：考虑采用“Gyro trust”(陀螺仪信任)设置。
- **Wrong calibration of accelerometer or gyroscope加速计或陀螺仪校准错误**：严格按照我们的说明进行校准，并偶尔检查校准的有效性。
- **Misalignment of sensor's axes and gimbal motor's axes传感器轴和云台电机轴不平行**：在云台上安装传感器时特别注意传感器的方向。
- **Changes in temperature that affect calibrations温度的改变影响校准**：进行温度校准。
- **Drift of heading angle without good reference航向角度出现偏移现象**：安装并设置 [magnetometer sensor磁传感器](#)。
- **Over-saturation of gyro sensor陀螺仪传感器过度饱和**：旋转速度不要超过2000度/秒。

### 两个IMU传感器之间的相互方位角偏移的问题

陀螺仪的角度出现逐渐漂移是常见的现象，在任何AHRS（航姿参考系统）都应考虑到此问题。可通过增加额外的传感器可来消除陀螺仪漂移现象：加速计和磁力计。

*加速计通过引力向量纠正陀螺仪的两个轴。*

*磁力计通过地球磁场向量纠正第三个轴。*

完整的IMU通常包括3个传感器（称为9轴系统）。云台上使用磁力计并不普遍因为磁力计的准确性跟环境有很大关系另外磁力计的校准也较困难。幸好在大多数云台的使用中，并不要求方位角探测的绝对准确。但是使用双IMU（一个装在相机托盘另一个装在云台框架上）的情况下，一个传感器的方位角必须和另一个传感器的方位角相匹配。我们的SimpleBGC32控制器使用了特别的算法来纠正相互的方位角漂移，使得系统可在几乎任何环境下稳定工作。

以下是控制器自动采用的方法来纠正两个传感器方位角的绝对漂移和相对漂移：

- **云台设计的局限。**例如，如果副传感器安装在航向电机下方，在正常位置时它的方位角总是和主IMU传感器方位角相匹配的。但是当框架倾斜到90度时，这种条件是错误的，应采用其它方法。
- **通过电场探测电机转向。**如果副IMU安装在航向电机上方，它的方位角不一定匹配主传感器方位角。但是若航向电机的旋转角度已知，则有可能两个传感器方位角相匹配。在不同的硬件轴的顺序下，例如相机-航向-横滚-俯仰，无论副IMU处于什么位置，这种情况都会出现。注意只有在以下情况才能进行纠正：电机是开启的，并且系统启动时是“常规姿态”，即此时两个传感器方位角相匹配（尽管可使用传统算法来同步方位角，但最好还是尽量采用合适的启动姿态）。
- **通过encoder探测电机转向：**使用encoder即编码器（至少有一个装在航向轴上）可以极大的提高纠正的精确性
- **使用磁力计。**如果有磁力计连接一个IMU传感器（框架传感器或相机传感器），其方位角会和北极匹配。第二个传感器会自动通过上述方式之一被磁力计纠正。
- **采用外部AHRS系统的精确方向数据。**由配置了高等级的IMU的外部系统并使用 "CMD\_AHRS\_HELPER"命令，可测量出相机托盘或者框架的准确方向，通过Serial API串行接口提供。这种情况下，一个合适的传感器会根据此数据而被纠正，另外一个传感器则会通过上述方法之一被纠正。
- **采用飞控的AHRS数据。**可根据MavLink协议将UAV autopilot(无人机自动驾驶仪，比如Ardupilot或Naza)与SimpleBC32控制器连接，同步它们的姿态。

另外还有一些办法来手动纠正陀螺仪漂移：

- **从外在资源提供航向角度。**通过可调整变量"FRAME\_HEADING\_ANGLE"能给控制器提供航向角度。它可以传至主IMU，并作为航向参考。可以使用的情况包括：云台被静止固定，这样框架角度保持不变。或者云台安装在吊臂上，其方位角可从控制器得知。  
*\*这种方法跟使用CMD\_AHRS\_HELPER类似，但是参考向量是通过考虑框架姿态这个单一变量而自动计算出来的*
- **手动纠正陀螺仪复位。**如果操作者能看到相机画面，则观察到陀螺仪漂移方向并可通过调整遥控器上的按钮来进行纠正。可连接到 "GYRO\_HEADING\_CORRECTION" 这个可调整变量。

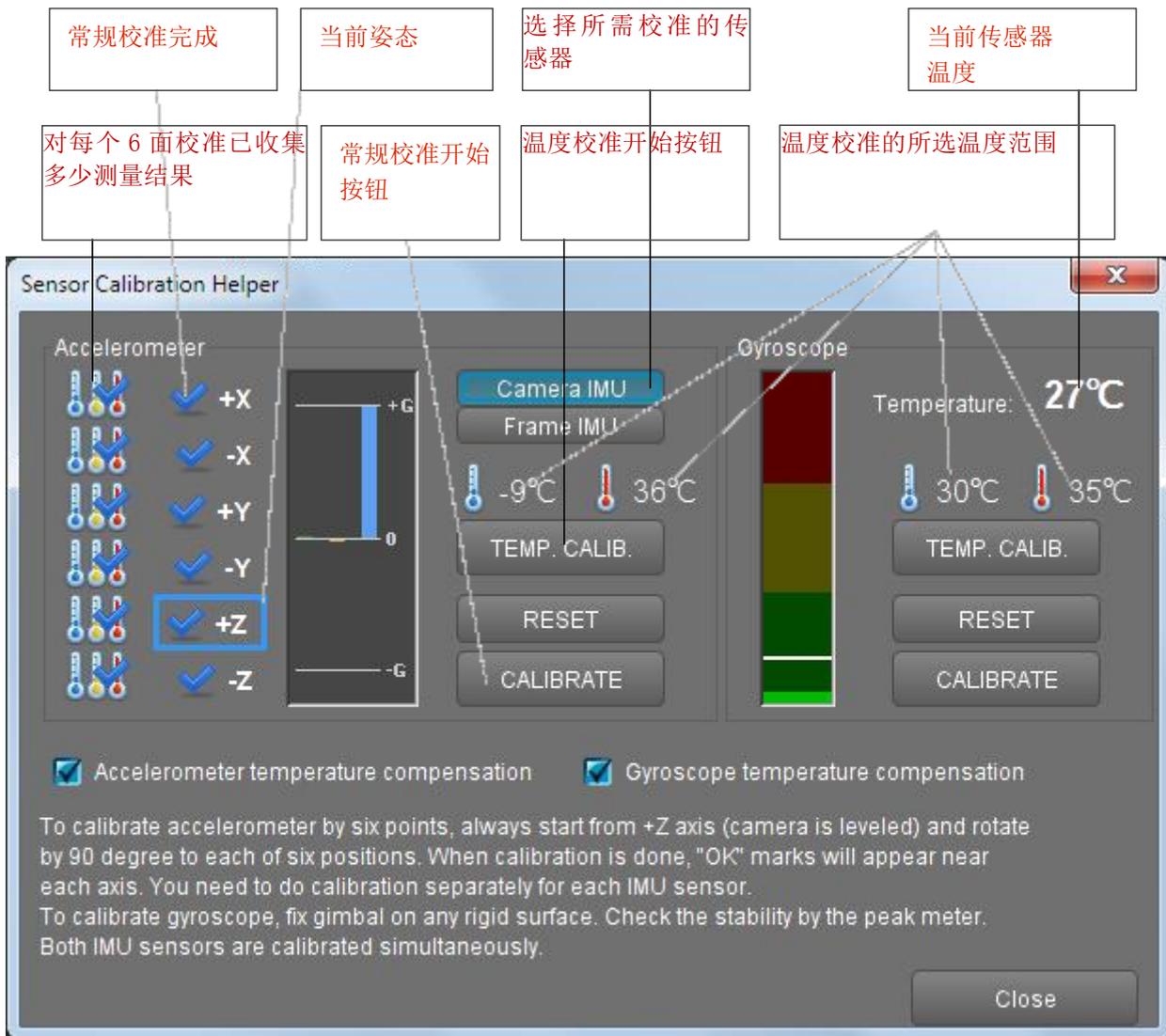
## 温度传感器校准

如果云台在较大温差范围内使用，则有必要对加速计和陀螺仪进行温度校准。我们建议在云台的使用温度范围下进行至少一次温度校准。这样就无需由于温度变化而导致重复的校准，并可增强在所进行温度校准的温度范围内的稳定准确性。

温度校准通过连接电脑使用校准助手完成，或者对控制板上的菜单按钮设置相关命令来离线进行。

通过GUI进行校准的详细描述如下，离线校准操作方法与之类似。

## 4. 基本设置 Basic Settings

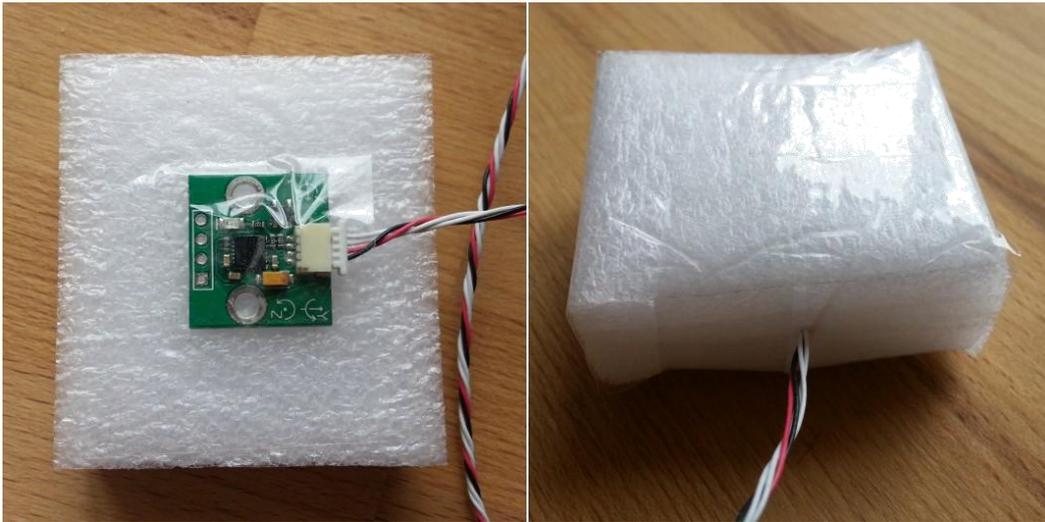


*Temperature Calibrating Assistant 温度校准助手*

在温度校准过程中，传感器的温度变化要尽可能的慢，这样能保证传感器的所有部分的温度相一致。为了达到这种效果，可将传感器放进一个隔热壳内保护起来，比如可以割一片塑料泡沫做一个保护壳，EPP 泡沫或其他类似材质的效果最好，这类材料常见于高质量的包装材料中（见下图）。

最好将保护壳做成一个平行六面体，并且将传感器的六个面与其对应的六个面保持一致，这样会使加速计校准更轻松。

## 4. 基本设置 Basic Settings



*Thermal insulation of the sensor 传感器隔热装置*

### 加速度温度校准

温度校准任务在三个不同温度下完成，从最低温度开始进行，在每个温度都进行六面校准。校准的流程同之前的六面校准一样，但是你必须点击温度校准按钮，而不是常规的校准按钮。三个校准温度的温差不应低于10摄氏度。比如，如果第一个六面校准在-10°C进行，第二个校准的温度不能低于0°C。

### 加速度温度流程：

1. 连接GUI，运行"IMU calibration helper"(IMU校准帮助)工具。
2. 选择一个传感器（相机传感器或框架传感器）。
3. 点击RESET重置按钮重置之前的校准数据然后重启。
4. 将传感器降温至必要的温度（比如放置在冰箱里），再次连接GUI，运行calibration wizard(校准向导)并选择传感器。检查传感器的当前温度显示。
5. 按照随机顺序进行六面校准。在转动方向的过程中允许有细微的温度变化，但要求尽快完成这个过程。隔热装置会帮助减缓传感器升温。
6. 确保在每个校准完成时都会出现一个新的温度计图标在相应的槽上。如果温度与之前校准的温度相差小于10度，新的值将不会被接受，系统会出现闪烁的LED表示系统错误。
7. 对每个更高的温度重复进行第4、5、6步，这样整个传感器工作温度范围都涵盖进来。
8. 校准结果检查：在整个温度范围内，6个方向的加速度最大值都等于1G。

当校准助手显示出18个温度计图标时，"Accelerometer temperature compensation"(加速度温度补偿)选择框会打开。

**注意：**从固件2.56版本开始，常规6面校准并不禁用温度校准，而是更新使之与当前温度下的实际值相匹配。所以当温度补偿处于一直可选状态时，你可以间或进行一次常规校准来提高准确性。

### 陀螺仪温度校准

陀螺仪校准在不间断的升高温度下进行；框架传感器和相机传感器两者同时被校准。选择合适校准的温度范围，确保校准温度范围覆盖所有云台工作环境温度。

#### 陀螺仪温度流程：

1. 将两个传感器温度降低至所需温度（零度以下），比如可放置冰箱内，然后将它们放至高于0度的温度下。确保完全静止不动和良好的绝热性。保证传感器缓慢且同时升温很有必要，以达到能完成对其进行足够的测量。
2. 连接GUI并运行校准助手。检查当前传感器的温度显示。
3. 在Gyroscope（陀螺仪）组里点击“TEMP. CALIB”按钮。也可以通过在点击实体菜单按钮或通过菜单栏：Board -> Sensor -> Calibrate Gyroscope (temp. compensation)来开始进行温度校准
4. 校准过程中绿色LED灯缓慢闪烁。随着温度升高校准继续进行。**确保在整个校准过程中两个传感器一定要完全静止！**
5. 温度一旦停止上升，校准自动结束，控制板重启，新的参数开始启用。“Gyroscope temperature compensation”(陀螺仪温度补偿)选择框会打开。
6. 校准结果检查：当完全静止时，校准过程中整个温度变化范围内，在"Monitoring"(监测)页面的陀螺仪原始数据等于零；轴箭头的偏移不存在或者非常低。

**注意：**从固件2.56版本开始，常规陀螺仪校准并不禁用温度校准，而是更新到与当前温度的实际数值相匹配。所以只要温度补偿是一直处于可选状态，你可以做不是进行一次常规校准来提高精确性。

若启用了系统启动时进行陀螺仪校准，它会改善温度补偿，但不会保存至EEPROM记忆里。

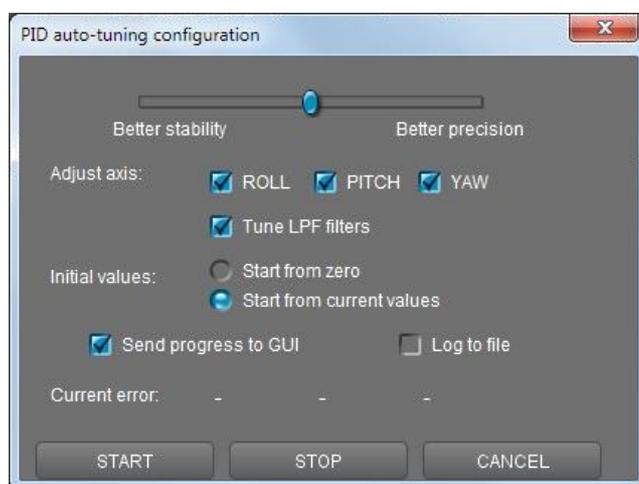
## 5. PID自动调节 PID auto-tuning

### 5. PID自动调节

在开始PID自动调节之前，请保证以下系统参数配置正确：相机处于平衡状态，IMU传感器设置正确（姿态已配置，加速计和陀螺仪已校准），电机输出，“Power”功率、“Inverse”反转、“Number of poles”磁极数都已设置（最后两个可以自动设置，详见本说明书）。这些参数若有任何改变均会影响PID控制器功能，必须对其重新设置。

检查**PID gain multiplier**(PID比例增益倍增器)设置是否正确（默认为1.0）。设置PID值，使云台保持稳定无抖动。例如P=10, I=0.1, D=10..20。现在，无论云台保持其姿态的如何。将相机设置水平并保证其在任何轴向都能转动20-30度。

插上电池，连接控制板至GUI，然后在PID参数部分点击“Auto”(自动)按钮。你会发现出现如下对话框，在此窗口中你可以设置自动调节程序：



#### 自动调节程序的参数

此窗口顶部的滑动条定义调节的目标。若滑块接近“**Better precision**”(更精确)，自动调节程序会试图达到并保持最大增益。如果接近“**Better stability**”(更稳定)，则自动调节会达到中等增益，系统更为稳定。

可以对所有轴一起设置或分别设置每个轴。在某些情况下对每个轴进行单独设置可以得到更好的结果。

如果想使用当前的设置作为起始点，选择“**Start from current values**”(从当前数值开始)。否则自动调节程序将会从数值0开始。在这种情况下自动调节程序会对每个轴进行一个额外测试来探测初始参数。

从固件2.60版本起，自动调节程序可自动设置**Low-pass filter**(低通滤波器)的频率。此滤波器可显著提高存在着高频共振的系统的稳定质量。

通常情况下，云台和相机越大越重，低通滤波器的效果越好。如果系统有严重的共振现象，可用**Notch filters**(陷波滤波器)替代低通滤波器（见本手册“[Digital filters](#)”**数字滤波器**章节）。

## 5. PID自动调节 PID auto-tuning

勾选“Send progress to GUI”(发送过程至GUI)来观察在自动调节过程中PID值的实时变化情况。选择“Log to file”将PID值和一些debug变量写入至文件“auto\_pid\_log.csv”。它可以将来用于分析以便更好地了解系统行为。有很多工具可以从log文件中plot数据，比如<http://kst-plot.kde.org>。

### 以不用连接GUI的方式开始

可以不用使用GUI来开始自动调节程序。您需要指定一个合适的命令到菜单按钮或者CMD RC通道上。这个命令可在更换相机或镜头时使用来对系统进行调节。自动调节程序将使用上一次通过GUI运行时的相同参数。

### 自动调节算法的工作方式：

在自动调节过程中，控制器发出指令让相机旋转小角度，探测出系统最佳特性，最大程度减少运行此命令的错误。当前错误数值在对话框中显示（如需要可打开对话框）。错误值应该在自动调节过程中降低。当次错误值不再继续降低时自动调节程序结束。另外你可以点击“Stop”按钮停止程序。当前最佳数值会被保存在记忆中并在GUI上显示。

*注意：在2.60之前的版本，自动调节以不同的方式工作，结果不如之后的版本好。*

当系统由于调节变得不稳定的时候会紧急停止此程序。在这种情况下，应该按菜单按钮来重启系统，并从最开始重复运行自动调节程序。

### 调节建议：

- 在自动调节过程中用手拿住云台以便用来工作。
- 如果自动调节结束后系统在水平方向稳定但是当相机或框架倾斜时变得不稳，应该在最不稳定的姿态点重复自动调节程序。  
另外你也可以在系统在最不稳定的姿态下试着手动降低错误值并检查系统稳定情况。
- 改变'PID Gain multiplier'的参数相当于以一个固定的数字乘以P值和D值。

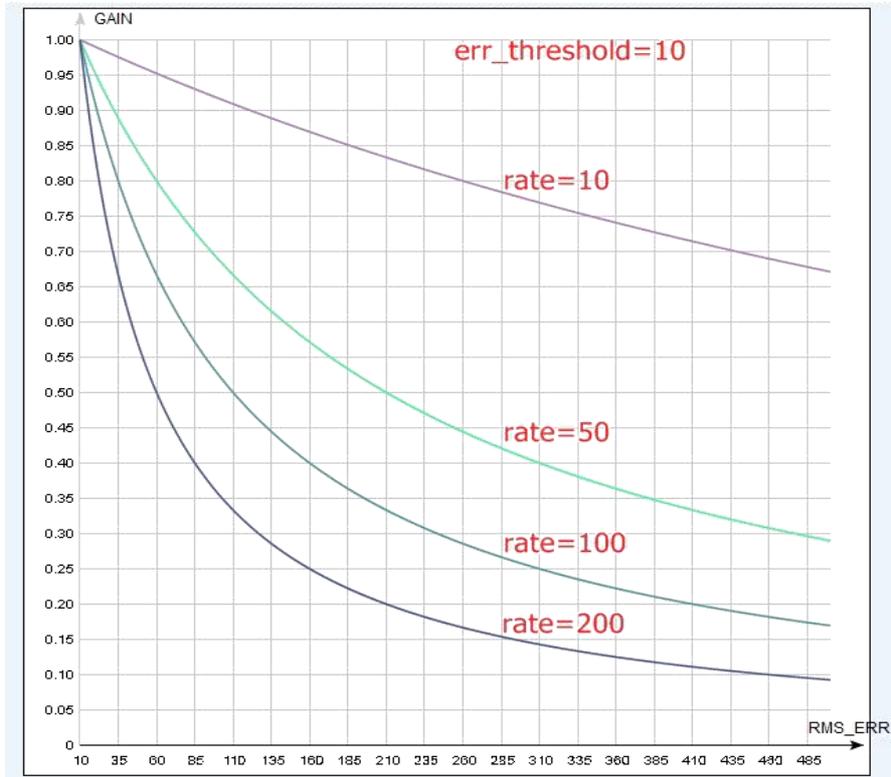
### PID比例增益的自适应控制

对于系统由于较高的PID比例增益而产生的不稳定，这组设置可使对PID比例增益的自适应降低。例如，在某些姿态下系统可能调的很好，但在另一个姿态会变的完全不稳定。Self-excitation(自激效应)可导致强烈振动并对云台结构造成恶劣影响，甚至可能对相机造成损坏。如果云台有此问题，一个可能的解决办法是使用adaptive PID control(自适应控制PID比例增益)（另外可能的解决办法是改变云台的物理特征或者其载重，提高其平衡性，或使用配重装置等），具体解释如下。

- **RMS error threshold(均方根误差阈值)**, 0..255 - RMS(均方根)可变误差状态有效的显示了振动的程度。当它超过此阈值，自适应PID算法开始运行，推荐值为10..15。
- **Attenuation rate(衰减率)**, 0..255 - 此值越大，PID gains (PID比例增益)降低的越多。选择此值使之足够大而能够迅速使系统安静下来。

## 5. PID自动调节 PID auto-tuning

下图反应了不同衰减率的效果。



- **Recovery factor(恢复系数)**, 0.10 - 此值定义了当系统变得稳定时，PID比例增益能有多快恢复。此值太低则会增加振动在短时间内再次出现的机率，太高则会导致操作效果不好（因为降低了的PID值会保存更久）。推荐值为5.6。

## 6. RC设置

SimpleBGC控制板提供了灵活的无线遥控的配置。它支持最多5个数字输入，包括了一个可支持最常用的串口协议的输入端口，和三个模拟输入端口。另外还通过pass-through mode或串口API命令输出RC信号。完整RC程序图见本手册的[附录C](#)。

- **RC Input Mapping (RC输入绘制)** – 这里你可以指定硬件RC输入至目标控制通道。控制板上有5个硬件数字输入端（用来连接RC遥控）和3个模拟输入端来连接摇杆。每个输入端能够被指定控制三个通道中（每个通道对应一个轴）的任意一个，和一个命令通道。如果一个轴不需要RC控制，在那个轴的选项中选择"no input"（无输入）。
- **RC\_ROLL pin mode** – 为RC\_ROLL端到来的信号指定格式：

- **Normal** – incoming signal is in the PWM format which most RC-receivers generally output. 正常-到来的信号是PWM格式，这是最普遍的RC接收机的输出形式

- **Sum-PPM** - 一些接收机有这种信号输出形式的选项。这种是PWM形式的一个变化，其中每个通道通过一根线继续传输信号。这种情况下你不需要连接其他通道（阅读你的接收机的说明书，检查是否有SumPPM输出，如何设置以及使用哪个输出通道）。

- **Futaba s-bus** – Futaba的接收机可以用一种特别的数字形式传输数据，通过一根线最多可达到16通道。连接到RC\_ROLL pin。

- **Spektrum** – 另外一种数字多通道协议，用来使Spektrum卫星模块与主模块和其克隆进行通讯。板上有一个专用插座（标记Spektrum）以便匹配标准的连接器。

从固件2.43b7版本开始，可以直接从SimpleBGC控制板上捆绑连接到“spektrum”端口的一个卫星（遥控）接收机，它将会组合成一个独立的（主）单元。要开始捆绑，指定动作“Bind RC receiver”至实体菜单按钮并执行此动作，或者从GUI的“Board – Execute command”菜单执行此命令。开始捆绑之前，在“RC”-“Other settings”页面你可以选择下面4种模式中的任意一个：

- DSM2/11ms
- DSM2/22ms
- DSMX/11ms
- DSMX/22ms

选择一个遥控器和接收机支持的结合模式（10-或11-位修改在此时不重要）。捆绑结束后调到自动探测模式。如果通道没有正确读出，手动选择10位或11位的修改。

- **SBGC Serial API 2<sup>nd</sup> UART** – Port settings: 115200 baud, 8N1 or 8E1 - 1 stop bit, 8 data

bits, parity'none' or 'even' (auto-detected after several incoming commands) 在此模式下，RC\_ROLL输入能够处理串口API命令。使我们能够通过SBGC Serial API协议连接外部设备而扩大控制板功能。如果RC\_YAW pin未被占用，它作为UART发射端口，允许使用双向命令。如果RC\_YAW pin已被占用，只有接收功能可用（换句话说，外部设备只能发出指令给控制板，但不能读取结果）。

端口设置：波特率115200，8N1或8E1，停止位1，数字位8，校验位零或偶（接收命令来后自动探测）。

- 可在下拉菜单里为每个控制目标选择合适的硬件输入。
  - **RC\_ROLL, RC\_PITCH, RC\_YAW, FC\_ROLL, FC\_PITCH** – 这些是在控制板上的硬件输入，可以接受PWM（脉宽调制）形式信号（除了RC\_ROLL以外）。

## 6. RC设置 RC Settings

大部分的RC接收机输出信号是这种形式。

- **ADC1, ADC2, ADC3** —专用的模拟输入，在控制板上用A1、A2、A3标记，接收从0到+3.3V范围的模拟信号。例如，摇杆的可变电阻器提供的就是此类信号。将A1、A3和可变电阻器中间触点连接，+3.3V和GND和边上的触点连接。更多信息详见[Connection Diagram连接图](#)。
- **VIRT\_CH\_XX**—如果RC\_ROLL pin模式设置为多通道信号形式，可选择一个虚拟通道。
- **API\_VIRT\_CH\_XX**—其它可通过串口API设置的通道。
- **Control Targets 控制目标:**
  - **ROLL (横滚), PITCH (俯仰), YAW (航向)**—控制相机的姿态
  - **CMD**允许你执行一些动作指令。你可以在你RC遥控器上为一个指定的通道设置第2和第3位置开关，分配给CMD通道。其范围分为三段：LOW(低)、MID(中)、HIGH(高)。当在RC开关上改变位置时，信号从一段跳到另外一段，相关指定的命令就被执行。完整的可用命令列表详见本说明手册的“**MENU BUTTON**”(菜单按钮)部分。
  - **FC\_ROLL, FC\_PITCH**—用来标注来自外部飞控的任何PWM输入作为信号。详见“External FC gain”(外部飞控增益)部分。
- **Mix channels 混合通道** - 你可以将2个输入信号混合在一起然后应用给横滚、俯仰或航向轴中的任意一个，这样2个信号源（比如摇杆和RC）均可控制相机。可以调整混合比例为0到100%。
- **ANGLE MODE 角度模式**—角度模式。RC摇杆直接控制相机角度。完整的RC范围会让相机从最小到最大角度活动，如上面所阐述。若摇杆不动相机也不动。相机旋转的速度取决于”SPEED”(速度)设置和加速度限制设置。
- **SPEED MODE 速度模式**—RC摇杆控制相机旋转的速度。如果摇杆居中，相机则不动。摇杆移动，相机开始旋转，但不会超过其范围。旋转的速度同摇杆的角度大小成比例和由**SPEED** (速度)设置。RC控制反向在两种控制模式里都可用。
- **INVERSE 反向**—勾选此处可以反转相机对应摇杆移动的旋转方向。
  - **MIN.ANGLE (最小角度), MAX.ANGLE (最大角度)**— RC控制或跟随模式所控制角度的范围。例如，如果希望设置相机只能在水平和向下之间旋转，设置min=0, max=90。消除限制可设置min=max=0。对于ROLL(横滚)和PITCH(俯仰)轴，在“Lock”(锁定)和“Follow”(跟随)模式下，角度是绝对的（相对于地面）。而对YAW(航向)轴，锁定模式下没有限制，跟随模式下则是相对于框架跟随。例如，如果在跟随模式下为航向轴设置min=-30, max=+30，当通过RC推杆或摇杆控制相机时，相机相对框架会有+-30度的限制范围，但通过旋转框架控制相机则无限制。
  - **LPF**—信号低通滤波。此值越高，对摇杆命令的反应越平稳。此滤波过滤掉快速摇杆动作，但会产生一定延迟。
  - **INIT.ANGLE (初始角度)** - 如果没有对任何轴进行RC控制设置（或信号源无信号），系统将会保持初始角度。系统在速度模式下会从这些初始角度开始启动。
    - **Do not update initial angle (不要更新初始角度)** - 勾选此选项，执行"Set tilt angles by hands"(手动设置倾角)菜单命令或"Swap RC PITCH - ROLL";"Swap RC YAW-ROLL"命令后，在EEPROM中不更新初始角度。如果不选择此项，系统下次启动时会使用新的起始角度。

- **RC Sub-Trim (RC辅助微调)**—对遥控器不准确进行纠正。
  - **ROLL, PITCH, YAW trim (横滚、俯仰、航向微调)**—中立点微调。中立点的PWM值为1500，最好在遥控器上进行微调。如果不能在遥控器上操作时，可在GUI中使用AUTO(自动)功能。只需要将推杆置于中立位置，然后点击AUTO(自动)按钮。实际数据将成为新的中立点。然后点击WRITE(写入)按钮，应用此设置。
  - **Dead band (死区)**—调整中位附近的死区。当RC信号在死区范围内不能进行控制。此举可有效消除推杆在中位附近由意外移动所产生的抖动现象，从而达到更好的控制。此特征在SPEED(速度)模式和ANGLE(角度)模式下工作有区别。在速度模式下，死区是围绕中立点创造。而在角度模式下，死区跟踪推杆的位置，此位置的小抖动被消除。
  - **Expo curve (指数曲线)**—调整指数功能的曲线。指数越高意味着中位附近的运动越慢（越精确），但大数值的运动幅度会大的多--在两个极端间以指数式变化。此功能可使在小数值的RC控制更精确而在接近终点处的控制更粗糙但强烈。仅在SPEED(速度)模式下可用。
- **Limit Accelerations (加速限制)**—此选项限制角度加速（用来防止抖动或者跳过的步骤，相机控制更平稳，对飞行器影响更小）。此值越小相机在控制下的旋转就越平稳。
- **PWM Output (PWM输出)**—一个允许重新指向信号的绘制，从RC串口输入或Sum-PPM输入或ADC1.3输入获取，以PWM形式指向特别的'servo out'引脚。例如此信号可用来驱动模型舵机或者红外遥控相机开关。在SimpleBGC 3.0控制板上这些引脚同样享有PWM输出功能和其它功能。

**Servo1** – FC\_ROLL

**Servo2** – FC\_PITCH

**Servo3** – RC\_PITCH

**Servo4** – AUX1

要对这些引脚启动舵机输出，需保证其在GUI上未被指定为RC输入。

当用单线连接RC接收机，并希望解码信号至分别的PWM通道以连接其他无线控制设备比如红外相机开关的时候，此功能有作用。

当连接常规舵机到这些端口时有两种方式得到+5V电压给其供电：

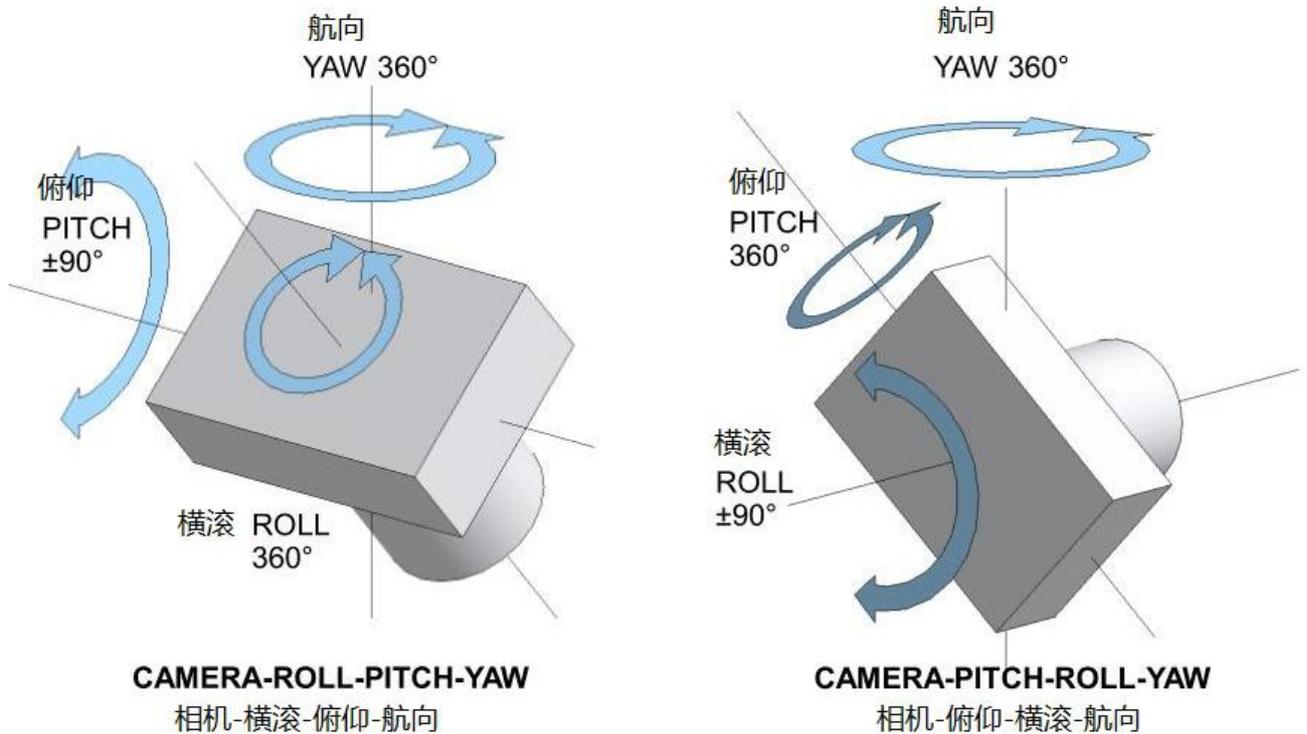
- 连接外置电源（比如+5V BEC）至任何一个RC输入的中间引脚，然后**断开（不焊接）**跳线J1（从内部电压调节器中传输5V电压）  
**警告：**两个电源如果结合在一起可能会相互烧掉，因为直流变压器来为控制板提供5V电压，可能会与外在电源产生冲突。
- **关闭（焊接）**跳线J1从内部电压调节器中获取+5V电压。  
**警告：**连接舵机之前，检查它们的最大电流，与控制板在5V电压所产生的电流大小相对比（可在硬件规格书上找到此信息，“Basecam SimpleBGC 32bit” regular控制板的电流是1A）。

### Order of Euler angles 欧拉角顺序

通过RC遥控器或者摇杆对云台的控制是根据控制三个不同的角度（欧拉角）来实现的：横滚（控制水平方向）、俯仰（控制前后倾斜）、航向（向左右转）。

## 7. RC设置 RC Settings

可操纵三个轴的旋转来使相机旋转。但是旋转顺序对系统有影响。可在“Order of Euler angles”改变旋转顺序。下图中显示了其区别之处：



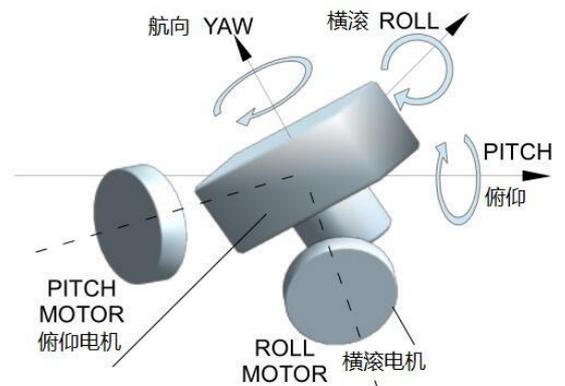
Order of Euler angles 欧拉角的顺序

默认顺序是“相机→俯仰→横滚→航向→框架”。可以看到，这种情况不允许横滚旋转角度超过±90度，因为这时俯仰轴变成了航向轴，俯仰角度不能和航向角度所区分。建议在“RC”页面为横滚轴设置 Min.angle=85, Max.angle=85，来避免这种情况的出现。

相反，如果选择了“相机→横滚→俯仰→航向→框架”序，可将横滚设置任意角度（包括无限360度旋转），但是不能将俯仰设置超过±90度。同样，为俯仰轴设置 Min.angle=85, Max.angle=85 避免进入到禁区内。

**注意：**这种设置是根据不同配置文件来的，也就是说可以对不同配置文件设置不同的欧拉角顺序，并可在工作时任意切换模式，并不会影响到系统稳定。

"Cam - YAW - ROLL - PITCH"（相机-航向-横滚-俯仰）这种顺序“相机-航向-横滚-俯仰”适用于一些特殊场合：无论怎么前后倾斜和左右转向框架而要将相机锁定指向地面上某个特定的点的时候。典型的例子是相机（或框架）的俯仰和横滚轴随着航向轴转动而一起随之转动。这意味着如果相机在某个横滚和俯仰轴的角度朝下，然后航向转动相机（或者是两轴系统的框架），其光轴会画一条弧线，不是锁定在一个点上。如果你选择了“航向-横滚-俯仰”顺序，不管框架如何变化和相机航向轴怎么旋转，相机的光轴则永远



## 6. RC设置 RC Settings

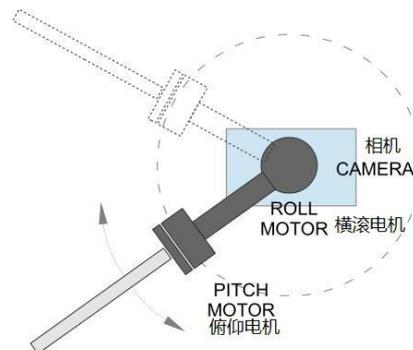
锁定在地面上的一个点上。这个模式可适用于装在滑翔机上的两轴云台，需要将相机固定镜头向下时。

**注意：**RC控制横滚轴和俯仰轴的欧拉角不再是根据框架来定，而是与地球相关。这意味着当左右转动相机90度的时候横滚轴与俯仰轴互换。另外你必须使用一个磁力计来防止由陀螺仪漂移引起的相对地球的内部坐标系统的漂移。

"Cam - PITCH(M) - ROLL - YAW(M)",

"Cam - ROLL - PITCH(M) - YAW(M)"

在此模式下，横滚轴一直锁定水平，但是俯仰和航向轴分别与相关电机轴对应。相机方向不再与地面相关（并不按照欧拉角顺序），但仍然可以通过RC或者跟随模式进行控制。这种模式可以用在两轴云台上，横滚电机与相机相连并相对地面稳定，而俯仰电机连接在摇臂上可到达任何角度360度工作，且对摇臂随机的轻微旋转进行增稳，大幅度旋转则是跟随转动。



### 延时拍摄

SimpleBGC云台控制板可设置将相机以非常慢但高度精确的速度旋转。结合相机的延时拍摄模式，可以达到各种视觉效果。有如下几种方式来实现此功能

此功能要求对陀螺仪进行精确的校准，即使是很慢的陀螺仪漂移也会影响延时拍摄，当以正常速度回放时可看到不需要的动作。如果云台有encoder(编码器)效果会更好。

### Menu command菜单命令"Setup and start time-lapse motion"（设置和开始延时动作）(固件版本 2.61+)

准备：

1. 在GUI中，"Service"- "Automated motion tasks"服务页面自动动作任务组中设置延时参数，（可在不同的配置文件中设置不同的延时时间）：
  - **Time-lapse time, sec.** - 延时动作时间。
  - **Acceleration in and out time, %** - 在给出的一段时间内，相机开始时缓慢加速并在结束时减速，以总时间的百分比来表示。
  - **Frame angles are fixed 框架角度固定**- 正常情况下云台框架在延时拍摄时不会移动，所以我们可以用来对陀螺仪漂移进行纠正。此功能在装有encoder编码器云台或者有装在航向电机上方位置的副IMU传感器时能使用。
2. 给菜单按钮指定命令"Setup and start time-lapse motion"

开始延时动作：

1. 设置相机的延时拍摄功能。
2. 云台以常规模式开始，将相机移至终点位，即动作结束时的位置。**将云台框架固定牢固并不要在延时结束之前移动它！**

3. 通过菜单命令启动此功能。发出校准声音，你需在10秒钟内将相机移至初始位置（可通过摇杆、RC遥控器或者手动移动相机并固定住），在此位置延时动作开始。不要忘记在相机里也设置开始延迟。
4. 10秒钟后，发出确认声音，延迟动作开始。相机会在指定的时间移至最终位置。在结束之前不要碰到相机或者云台。完成后，发出完成声音，云台回到正常操作。

在延迟拍摄过程中如需中断任务，再次启动此功能或者重启云台即可。

### Creating a time-lapse sequence using scripting language通过脚本语言创造延迟顺序

可通过创建脚本的方式产生所需要的动作，通过菜单命令开始执行。关于如何写脚本详见"[User-written scripts](#)"部分。下面是一个延迟拍摄的脚本实例：

```
# EXAMPLE: TIME-LAPSE SHOOTING
# Let system to know that the frame is still, to compensate a drift of gyroscope;
SET_ADJ_VAR NAME(FRAME_HEADING_ANGLE) VALUE(0)
# Set the 'gyro trust' parameter low enough to better compensate drift of gyroscope
SET_ADJ_VAR NAME(GYRO_TRUST) VALUE(60)
# (Optional) move camera to the desired initial position. Skip this command to start from the current position
#ANGLE PA(0) RA(0)
# Pan left with the speed 0.1 degrees/sec and tilt up with the speed half slower.
SPEED YS(0.1) PS(-0.05)
# Wait 10 minutes
DELAYTIMEOUT(600)
```

### 7. 跟随模式设定

跟随模式是一个特殊的控制模式，它使相机跟随外部框架的运动而运动，但同时会消除细微框架抖动的影响。这种操作有几种不同模式

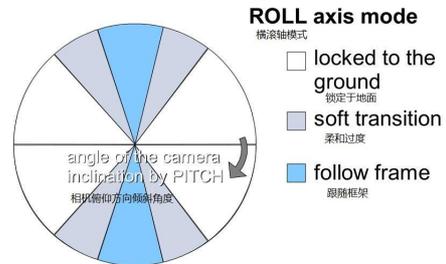
- **Disabled (禁用)**— 相机相对地面锁定，可通过RC或摇杆来操纵相机运动。
  - **Estimate frame angles from motors (通过电机估计框架角度)**--利用电机的磁场来粗略估计框架的倾斜，并在云台操作稳定的时候帮助增大框架角度范围。为正确在此模式下操作，严格要求校准**Offset**复位设置（如下）。此模式不推荐用于飞行，仅限手持系统使用。

**注意:** 如果安装了副IMU或者encoder编码器，此选项会被忽略，因为这两处的数据远比从电机得到的数据准确。

- **Follow Flight Controller (跟随飞控)**—相机由RC和外部飞控的混合信号控制。基本上每个飞控都有舵机输出来驱动云台，以PWM形式（舵机使用）包含了飞行器的角度信息。SimpleBGC 控制板 能获取这些信息并用来控制相机使之跟随飞行器一起倾斜。有必要连接并校准外部飞控（见**EXT.FC GAIN settings**）。校准后可为横滚轴和俯仰轴设置相机跟随框架倾斜的百分比值。
- **Follow PITCH, ROLL(俯仰、横滚跟随)**—此模式为手持系统所专用，不需进行飞控连接。在此模式下，框架的俯仰和横滚位置通过电机的磁场而被算出。这意味着如果电机失步，会得出错误的位置信息，需手动调整相机将其恢复到正确位置。

**警告:** FPV飞行时请谨慎使用此模式，因为一旦相机失去了初始方向，就没有机会自动恢复。但是如果有encoder编码器则不是问题。

- **Follow ROLL start, deg.-** 设置当横滚轴进入跟随模式时，相机俯仰上下的角度。在这个角度以下，横滚为锁定模式。
- **Follow ROLL mix, deg.-** 设置当横滚轴逐渐由锁定模式向跟随模式转换时（如图），相机俯仰的角度。



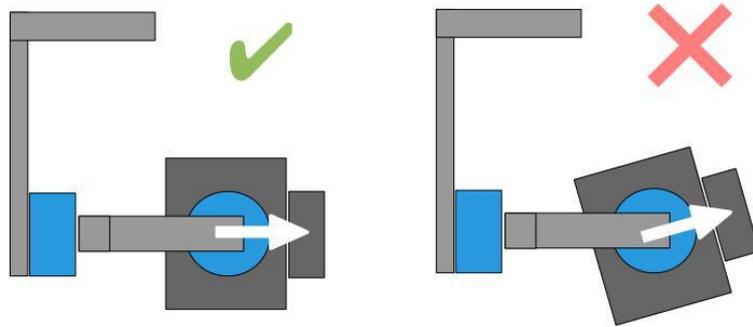
**提示：** 若要完全禁用横滚跟随，设置这两个值为 (90,0)。若要永久启动横滚跟随（无论相机俯仰程度如何），设置这两个值为 (0,0)。

- **Follow YAW(航向跟随)**—同上述一样，除了它仅仅只为航向轴启用。例如，可通过选择“Disabled”选项来锁定相机横滚轴和俯仰轴，但可启用“Follow YAW”选项控制相机航向轴。

另外还有一些调节跟随模式的额外设置：

## 7. 跟随模式设置 Follow Mode Settings

- **Dead band, degrees (死区):** 可设置一个范围，在此范围之内外框架的旋转不对相机产生影响。有助于当手持云台操作时跳过小的抖动。
- **Expo curve (指数曲线):** 当指数曲线参数大于零时，外框架小的或中等的倾斜可以有很好的控制。但是当倾斜角度增大（达到45度）控制的力量也会随指数增长。这个功能给了相机操作极大的自由，从良好平稳的控制到非常快的动作都可实现。
- **Follow rate inside dead-band (死区内跟随率)**—很温柔的控制使得相机一直保持在死区中间，设置为零可禁用此功能。
- **OFFSET (复位):** 此设置可设定云台精确的初始位置。对与航向轴，允许良好调节相机相对于框架航向转动。对于俯仰轴和横滚轴，可选择自动校准复位：系统通电，将框架保持水平，然后点击**AUTO(自动)**按钮。不要忘记结束后写入设置。如果通电后相机不水平，则需要调整复位设置。



- **SPEED(速度)**- 调整相机旋转速度。不要将此值设置太大电机无法满足（若电机不能产生足够扭矩移动相机，它将失步并破坏同步）。这种情况下，加速限制器可以帮助达到高速且不会产生失步。  
**重要:** 对于较大的速度值（50-100以上），强烈推荐设置“LPF”参数大于2-3, “Expo curve”参数大于50, “Dead-band”参数大于3-5度。否则可能会出现系统错误，比如在跟随控制时产生震动和抖动，或对目标跟随过度。
- **LPF**— 调整在跟随模式中应用到速度控制的低通滤波器。如果设置此值太高，手柄的快速运动将会变得平滑。但要求小心操作并需要一定的训练来防止相机出现不需要的震荡。推荐不要将此值设置低于2。
- **Use Frame IMU, if possible (如果可能，使用框架IMU)**— 如果连接了副IMU，系统可以用来探测电机角度，而不是采用基于电场的方式。基于IMU的方式更加可靠，因为它不会像电场那样在某些情况下失去同步。
- **Apply offset correction when axis is not following (轴不跟随时应用复位纠正)**— 当任何一个轴不跟随时，相关电机应该不对其或其他轴提供控制信号。但当轴进入跟随模式（比如横滚轴可能会根据俯仰角度从锁定转为跟随模式），或当框架转动电机开始稳定其它轴时，电机应不产生控制信号，即使不是在正常姿态下。推荐将此选项启用。
- **Disable follow mode by holding menu button pressed (通过菜单按钮停用跟随模式)**  
(版本 2.61+)-

## 7. 跟随模式设置 Follow Mode Settings

通过菜单按钮暂时停用跟随模式，而无需转换配置文件。推荐将此停用动作分配给菜单命令'Long press' (长按)，如果按钮按住超过3秒钟。

### 跟随模式下的操作

在跟随模式下启动系统，保持框架水平并手动调节相机至水平姿态，然后调整其航向。相机很容易在磁极间“跳动”。用手旋转相机至需要的水平位置，它将停留在最近的磁极处。

轻轻的旋转并倾斜框架，在 $\pm 45^\circ$ 范围内转动会控制相机速度从0到100%，相机根据**SPEED**(速度)设定的速度旋转直到其角度不等于框架角度，或者达到给定的限制处。

如果相机产生不可预见的移动，可能是因为电机转向弄反，此时需要在'Basic'(基本)页面设置**Reverse**(反转)改变方向。

要达到平稳动作，增大**LPF**参数值，增大**Expo curve**(指数曲线)值，减小**SPEED**(速度)值和**Acceleration limits**(加速限制)值。要达到更加动态的控制，按照相反设置。

当由于外在干扰所产生的平衡失败，相机可能完全失去与框架的同步，此时需要手动恢复到正确位置。

可以在使用过程中随时启动不同的配置文件，在切换模式时相机会保持其位置。

### 8. 高级设置

- **Serial port speed (串口速度)** — 改变串口通信的波特率。当使用空中串行适配器时不能用最大速度，应该降低此值。GUI能够自动探测到控制板中所配置的波特率。
- **PWM Frequency (PWM 频率)** — 设置驱动电机的PWM频率。有两个基本模式：低频（可听见范围）和高频（~22kHz 在可听见范围以外）。推荐使用高频模式，另外还有第三个选择：超高（~30kHz）。
- **Motor outputs (电机输出)** — 对于两轴或单轴系统您可以随机为任何稳定轴指定电机输出，或者禁用不使用的电机输出。有如下几种选择：
  - **ROLL out, PITCH out, YAW out** – 电机端口在主控制器上
  - **SBGC32\_I2C\_Drv#1..4** – 外部电机驱动器，直接集成于电机内，由I2C总线控制。更多信息见：[http://www.basecamelectronics.com/sbgc32\\_i2c\\_drv/](http://www.basecamelectronics.com/sbgc32_i2c_drv/)
- **Sensor (传感器)**
  - **Gyro trust (陀螺仪信任)**– 此值越大，计算角度时对陀螺仪的数据就越信任，相比较于加速计数据来说。它可以减少运动过程中由加速产生的错误，但同时也降低了陀螺仪漂移补偿，导致长时间后会产生水平漂移。平稳飞行时推荐设置较小值(40-80)，如果是激烈飞行，最好设置此值较大(100-150)。
  - **ACC low-pass filter (加速计低通滤波器), Hz** – 定义了第二顺序的低通滤波器的截至频率，在其用作姿态参考之前适用于加速计数据。它可以移除由带侧边加速的小动作所造成的干扰。如果没有这个过滤，这些加速会影响到姿态向量，导致IMU角度出现不必要的错误，特别是在较低"Gyro trust"值的情况下。设置截止频率比在正常情况下使用云台时的加速率略低一点，可以帮助使负面影响最小化。Trade-off(权衡)是一种延迟，被引入到加速计数据中，增加了传感器合并算法的瞬间处理时间。  
*推荐值为 0.1 – 0.5 Hz，可把此值设置为0来禁用此滤波器。*
  - **Gyro dead band (陀螺仪死区)** --帮助消除在零附近的陀螺仪噪音（可能会作为白噪声被听见），使系统对自激现象更加具有免疫能力。
  - **Gyro high sensitivity (陀螺仪高敏感度)**--陀螺仪高敏感度-可增强陀螺仪敏感度两倍。对大尺寸的单反相机使用此选项，以免PID设置接近它们的最大值，而稳定效果仍然不够好。增加陀螺仪敏感度等于P值和D值均乘以2。  
*Note注意：从固件2.60版本开始，此功能被'PID Gain multiplier'所取代。*
  - **I2C high speed (I2C高速)** – 对I2C总线使用800 kHz传输速率。它可以减少陀螺仪读取和连接的延迟，或者在有很多设备连接在I2C总线上时使用。但是这可能会增加I2C出现错误的机率，所以使用此选项时要谨慎。
- **Frame IMU – configure 2<sup>nd</sup> IMU sensor 框架IMU-设置副IMU传感器**
  - **Position (位置)**– 设置框架IMU传感器的位置，详见本手册的[Second IMU sensor](#)部分。
  - **Use gyro signal as feed-forward (使用陀螺仪信号作为前馈)** – 如果启用此选项，副IMU的信号将作为前馈信号传给电机来提高稳定准确性。默认此选项为选中，在手持云台使用的时候有明显的优点，但是在如果装在飞行器的框架上，当高强度的振动影响副IMU时，会使情况变得更糟。

## 8. 高级设置 Advanced Settings

◦ **LPF frequency, Hz** – 低通滤波器用来在采用框架IMU给出的前馈信号前过滤不需要的声音和震动。默认设置为10Hz。不推荐将其设置太低因为相位延迟将会变大，纠正将变得不精确。

• **Working positions – configure possible use cases of a gimbal(工作姿态-设置云台可能的工作情况)**

◦ **Frame upside-down auto detection (框架上下倒置自动探测)**– 启用此选项，控制器会自动探测出上下倒置模式。如果打开云台时框架是沿横滚轴翻转过来的，但是相机不是，系统会自动进入倒置模式。如果此选项禁用，你得通过菜单命令手动进入此模式。

◦ **Brief-case mode auto-detection (公文包模式自动探测)**– 在跟随模式下勾选此选项可用于这种情况，当沿任意轴将框架翻转90度，但又不希望相机跟随框架翻转。转到公文包姿势很简单，只需要稳住相机并旋转边框90度即可。另外如果默认启用了跟随模式，在启动时也会自动探测。

◦ **Upside-down PITCH auto-rotate (俯仰上下倒置自动旋转)**– 当框架在俯仰方向上下倒置时，相机会旋转180度来找到框架新的位置。保证在RC页面俯仰角度没有被限制，来允许相机作此动作。

◦ **Set to normal position on profile switch(在更改配置文件时设置成为常规姿态)**– 通常，当你改变配置文件时相机不会移动，而是保持当前姿态。你可以在任何配置文件内启动此选项，这样当在转换配置文件的时候相机回到中立位置。

◦ **Center YAW axis at startup (启动时航向轴处于中心位置)**– 启动时航向轴处于中心位置。系统通电后，相机在航向轴自动到中立位置。此功能要求航向轴装有并设置好encoder编码器。

• **External FC Gain (外部飞控增益)**– 从外部飞控获得比例增益来匹配云台数据。为了更好的稳定效果和使用一些额外功能，了解框架倾斜的角度是必须的。在单个IMU的配置下，是没有这个信息的。而大部分飞控具有舵机输出可连接云台，这样就可以获取这些信息。这些输出可通过EXT\_ROLL和EXT\_PITCH输入连接SimpleBGC控制器，按照以下步骤来进行：

◦ 在飞控里启动云台输出端口，设置你常用的飞行角度极限（例如+30度的框架倾斜应该等于一个完整的舵机范围1000-2000）。

◦ 在飞控里不启用所有的过滤和平滑。

◦ 在RC页面保证EXT\_ROLL和EXT\_PITCH这些输入端口没有被用来控制云台（比如没有选择作为任何RC控制任务的源）

◦ 在Monitoring(监测)页面检查EXT\_FC\_ROLL,EXT\_FC\_PITCH信号是否可用，保证它们正确的被指定到相应的轴上。（框架横滚角度倾斜应该导致EXT\_FC\_ROLL改变大概在900...2100的范围内，俯仰轴同样如此）。

◦ 云台通电。它应该被正确调节，稳定应该到这一步。

◦ 在External FC Gain(外部飞控比例增益)组里点击AUTO(自动)按钮，沿格格轴缓慢平稳的朝不同方向倾斜飞行器框架10-30度。控制器将会匹配飞行器和IMU传感器的信号并找到他们之间的关系。

◦ 再次点击AUTO(自动)按钮完成校准（校准会在一段时间后自动停止）。新的增益将会写入EEPROM并且在GUI中显示。

• **Outer P**– 外部控制器的比例系数，定义了角度错误的纠正有多快。此值越大，相机在大的倾斜之后越快回到正常姿态。默认值为100。正常情况下没有必要来改变它。

## 8. 高级设置 Advanced Settings

- **PID Gain multiplier** –PID增益倍增器。额外的PID系数增益倍增器。当正常范围不够时改变此值允许扩展PID设置的范围。另外当云台正在操作时，通过RC按键或者连接到**External FC Gain**可调整变量的模拟电位计，允许可在线调整PID比例增益。使用户能够以简单的方式在平稳的准确性和PID回路的稳定性之间取得良好的平衡，而不用连接GUI和分别设置PID。

*注意：在2.60版本之前，此功能叫做'Gyro high sensitivity'(陀螺仪高敏感度)，若启用则作为2倍增益放大器。*

- **Emergency stop (紧急停止)**– 启用此选项，当发现问题时可立即停止电机工作，比如：
  - 高度的I2C错误；
  - 温度过高、短路、电压过低，电机驱动的电流过保护（仅在某些控制板里有）；
  - IMU数据与encoder编码器数据不协调一致；

连接后GUI可显示错误原因。紧急停止后要重启系统，可按一次菜单按钮来完成系统完整的重启过程。

- **Order of hardware axes (硬件轴的顺序)**– 对于非标准云台，您需要定义电机的顺序，从相机开始。默认顺序为"Camera – PITCH – ROLL – YAW" (相机-俯仰-横滚-航向)。目前支持的额外配置如下
  - Camera-YAW-ROLL-PITCH (相机-航向-横滚-俯仰)
  - Camera-ROLL-YAW-PITCH (相机-横滚-航向-俯仰) (有限的版本的控制器)
  - Camera-ROLL-PITCH-YAW (相机-横滚-俯仰-航向)
- **Magnetic linkage of a motor (电机磁链)** (2.60版本以上)– 此数值仅仅取决于电机的**Back-emf constant(反电动势常数)**，跟系统其他参数无关。正确的配置它可以帮助取得更好的稳定精准性和在框架或相机高速旋转时能更好的控制。注意这个补偿只能在电机的速度已知（从副IMU或者encoder得知）的情况下应用。

自动校准的流程如下：

- 电机通电，禁用跟随模式。云台设置好并开始工作，调节好PID值，副IMU或者encoder应该被启用并设置好。
- 点击**AUTO(自动)**按钮，在三个轴的方向以常规速度和幅度来摇动框架并持续15秒钟。LED灯将会闪烁，校准声音出现。
- 结束后，新的值会被载入。检查系统操作没有问题。如果稳定精准性变差或者系统变得不稳定，最有可能的原因是估计的数值过高，设置值为0然后重新校准。
- 另外还可以手动估计此值，通过第一步操作来增加此值，然后在干扰的情况下（比如用手摇动框架）观察GUI中的"precision"(精度)显示。获得到最佳精准性时即显示此合适的数值。
- **Enable UART2 (启动UART2)**(2.60版本以上)--此选项允许发送SBGC串口API命令至UART2端口，或者用于MavLink连接。端口设置为115200, 8N1 (8bit, 1 stop bit, no parity)。引脚位由控制板版本决定，并可和其他功能共享：
  - "Regular"/"Tiny": Rx和AUX3共享，Tx未被连接；
  - "Extended": Rx和SPI MISO共享，Tx和SPI SCK共享；
  - "BaseCamBGC Pro": 专用UART2端口
- **Swap RC\_SERIAL <-> UART2 ports (RC\_SERIAL <-> UART2端口转换)**(2.60版本以上)--此选项将C\_SERIAL和UART2端口互相转换。可用来指定RC\_SERIAL 端口(唯一Spektrum和S-bus协议都支持的端口)功能性到别的引脚，如果原始引脚被别的功能占用。RC\_SERIAL引脚取决于控制板版本：
  - "Regular"/"Tiny"/"Extended": Rx和RC\_ROLL共享，Tx和RC\_YAW共享；
  - "BaseCamBGC Pro": Rx标记为"S-bus"，Tx和AUX3共享；

## 9. 服务设置

### 菜单按钮

如果连接了菜单按钮和BTN连接器至控制器上，则可以给它指定不同的指令。相关动作由点击该按钮不同次数（1到5次）和长按来完成。

可用的动作：

- **Use profile 1..5 使用配置文件**—载入所选择的配置文件。
- **Calibrate ACC, Calibrate ACC(temp. compensation) 校准加速计，校准加速计(温度补偿)**—和通过GUI进行加速计校准一样，对加速计进行常规校准或者温度校准。
- **Calibrate Gyro, Calibrate Gyro (temp. compensation) 陀螺仪校准，陀螺仪校准(温度补偿)**—对陀螺仪进行常规校准或温度校准。
- **Swap RCPITCH – ROLL RC俯仰—横滚转换**—暂时交换俯仰和横滚RC输入。在大多数情况下一个俯仰通道就足够用来控制两轴系统的相机。飞行之前可以从俯仰通道指定控制到横滚，使相机达到精确的水平。再次启用此功能可使通道换回来，并在静态记忆中保存横滚姿态。
- **Swap RCYAW– ROLL RC航向—横滚转换**—同上面的原理一样。
- **Set tilt angles by hand 手动设置倾斜角度**—电机将关闭，然后你可以拿起相机固定在新的姿态放置几秒钟。控制器会保存并保持在新的姿态。此功能用来在飞行之前纠正相机姿态，如果没有RC控制连接的话。
- **Motors toggle, Motors ON, Motors OFF 电机开关切换**—改变电机状态的命令。
- **Reset controller 重启控制器**
- **Frame upside-down 框架上下倒置**—设置系统在上下倒置的姿态工作。新的设置在EEPROM中保存并重启后会启用。如需换回正常姿态，再次执行此命令即可
- **Look down 镜头向下**—将相机90度镜头向下（或者在RC页面中设置MAX.ANGLE最大角度参数里将最大允许限制在90以下）。
- **Home position 初始航向位置**—将相机返回到初始位置，在RC页面INIT.ANGLE参数中设置。航向轴回到云台开机时的初始位置。
- **Level ROLL, PITCH to horizon 横滚、俯仰至水平**—重设初始角度为0将相机移至水平姿态。
- **Center YAW axis 航向回归中位**—将相机在航向轴移至初始位置（需安装航向encoder编码器）。
- **Bind RCreceiver 捆绑RC接收机**—开始捆绑过程。仅对Spektrum卫星接收机有效，如同“RC”部分所描述。
  - **Menu button press 按菜单按钮**—此处为对单击外部菜单按钮的模拟。使用情况举例：指定RC接收机上的无固定的开关到CMD通道；根据开关的状态，指定此动作到CMD通道的高或者低状态。现在可以通过无线遥控点击开关执行最多5个动作，如同点击菜单按钮一样。
- **Run script from slot 1..4 从槽1到4执行脚本**—从任意槽执行脚本。详见[User-written scripts用户编写脚本](#)部分。
  - **Untwist cables 解开电线缠绕**—解开缠绕的电机线-如果任何电机旋转超过180度，系统将会沿此轴以相反的方向旋转相机360度，来尽可能避免线缠绕的情况出现。

完成此动作后相机仍然会保持在原来同样位置，此操作需要有以下条件：

- 必须能够知道电机的角度（通过encoder或者副IMU传感器）。
- 缠绕情况能在过程中被监测。如果系统开始前已经有缠绕的情况，则不可能解开。
- 电机轴不能倾斜太严重（于正常姿态不超过60度）
- **Rotate YAW  $\pm 180$  from current position (从当前位置航向旋转180度)** – 从当前绝对位置航向旋转180度。旋转方向会自动选择。对于有encoder的云台，会自动寻找最佳旋转路径来避免所有电机的硬件限制。对于无encoder云台，则会以相反的方向旋转。
- **Rotate YAW 180 from home position (从初始位置航向旋转180度)** – 从初始位置沿航向轴旋转电机180度。跟上一个命令不同，角度是相对与框架计算的，所以应安装航向encoder。若要返还，使用"Center YAW axis"命令。
- **Switch YAW 0/180 from home position** – 使用此命令在航向轴相对于框架向前和向后切换（0-180度）需要安装航向encoder。
- **Setup and start time-lapse motion (设置并开始延时动作)** (固件版本2.61+) – 对于手持云台，允许编程使相机从一个位置移至另一个位置，并在给定的时间里完成。详见"[Time-lapse shooting](#)"部分。

另外，如果按菜单按钮5次以上，可执行一些特别动作：

- **10次** (从固件2.55开始，为避免误操作，用9次短按然后第10次长按) – 完全删除所有设置。  
**警告：** 仅供作为恢复功能使用，如果控制板不能从GUI连接或者没有其它方式来使之工作时。
- **8次** – 所有COM串口功能将会被设置为默认，仅供分析SimpleBGC串口协议使用。
- **12次** – 串口速度被重置为默认数值115200并且所有串口功能恢复至默认。当改变了速度但是用来连接控制板的无线模块不支持这个速度，控制板不能连接的时候可以使用此功能。（从固件2.50x开始）

### 电池监控

在所有的32位控制板上都安装有一个电压传感器来检测主电池电压。当电池电量不足时使用降压补偿（保证PID保持稳定）并为低压报警提供电压，且断开电机电源

- **Calibrate 校准** – 调整内部倍增器使测量电压更准确。需用万用表来测实际电压，然后输入校准对话框中。
- **Low voltage - alarm 低压-报警** – 设置发出警报的电压门槛。
- **Low voltage - stop motors 低压-停止电机** – 设置停止电机的电压门槛。
- **Compensate voltage drop 降压补偿** – 设置此选项后，当电压由于正常使用而降低时可自动增加POWER功率参数（此参数控制输出电源给电机）。如果云台由稳压电源提供动力时，此选项则没有必要设置。

## 9. 服务设置 Service Settings

- **Set defaults for 设置默认**—选择电池种类。

不必说，对电压传感器进行良好的校准非常重要，这样可以准确检测电池电量情况。另外要注意在负载很重的情况下，如果电线太细，测量的电压可能会比实际电压要低

### 蜂鸣器

有些控制板上有一个用于连接蜂鸣器的输出端口（或者蜂鸣器安装在控制板上），此蜂鸣器用于提示，比如错误或者一些用户命令的确认。具体可在GUI上面进行设置。

你可以只连接一个蜂鸣器（有内部声波发生器），电压最小为5V，电流不超过20mA（比如这个[Digikey product search](#)）

如果没有连接蜂鸣器，还可以通过电机发出声音。注意电机只有在通电并打开的时候才能发出声音。

可以在"Buzzer"蜂鸣器设置组里选择何时应该发出声音。

如果云台有encoder编码器，还可以通过滑块调整音量大小。

### 状态显示LED

控制板上有两个LED灯。红色LED灯亮表示单片机MCU有电。另外一个LED（绿色或者蓝色，取决于控制板制造商）给出更多关于系统状态的具体信息：

- **LED 灯关闭**—在校准前暂停，以便有时间将手离开云台或者将云台调水平。
- **LED灯缓慢闪烁**—校准中。校准过程中保持云台绝对静止。
- **LED灯快闪**—系统错误，不能对云台增稳。连接GUI检查具体错误。
- **LED短时间快闪**—确认用户动作指令。
- **LED灯常亮**—正常操作使用。
- **LED常亮，但出现不规则的闪烁**—出现I2C错误。在GUI中检查I2C错误。

另外，主LED灯可用来显示其他信息，在"Service"- "LED indicator" 参数设置中进行选择：

- **闪烁次数指示配置文件** – 闪烁的次数（1-5次）代表当前所选择的具体配置文件。
- **闪烁显示电压** – 闪烁次数显示当前电池电量状态，从满电至空电
  - 100%- 60%: LED灯常亮
  - 60%- 40%: 闪烁一次
  - 40%- 20%: 闪烁两次
  - 20%- 0%: 闪烁三次
  - 0%和以下: 常闪烁

## 9. 服务设置 Service Settings

电池电量是由根据实际电压和所定义的“满电”和“低电压-停止电机”的参数所做的比较而得出的。您需要为所使用电池正确设置这些参数，即使相关功能没有被启用。

### 10. 系统检测

在此页面你可以看到原始传感器数据流、逻辑RC输入电平和一些debug信息。

- **ACC\_X,Y,Z**– 加速计数据
- **GYRO\_X,Y,Z**– 陀螺仪数据。帮助判断P值和D值的设置的质量。比如可根据此来手动干扰云台和观察其运动轨迹。如果它看起来像正弦波，则D值设置太低，云台倾向出现低频震荡。如果总是有一些噪音出现，甚至没有任何干扰的情况下，则D值设置太高，云台会倾向于出现高频自激
- **ERR\_ROLL,ERR\_PITCH,ERR\_YAW**– 稳定错误曲线图。这个和在控制面板上的峰值显示器一样，显示最大偏斜角度

**注意：**每个图表都可以打开或关闭，并且Y轴可以进行缩放。可以随时暂停数据传输。

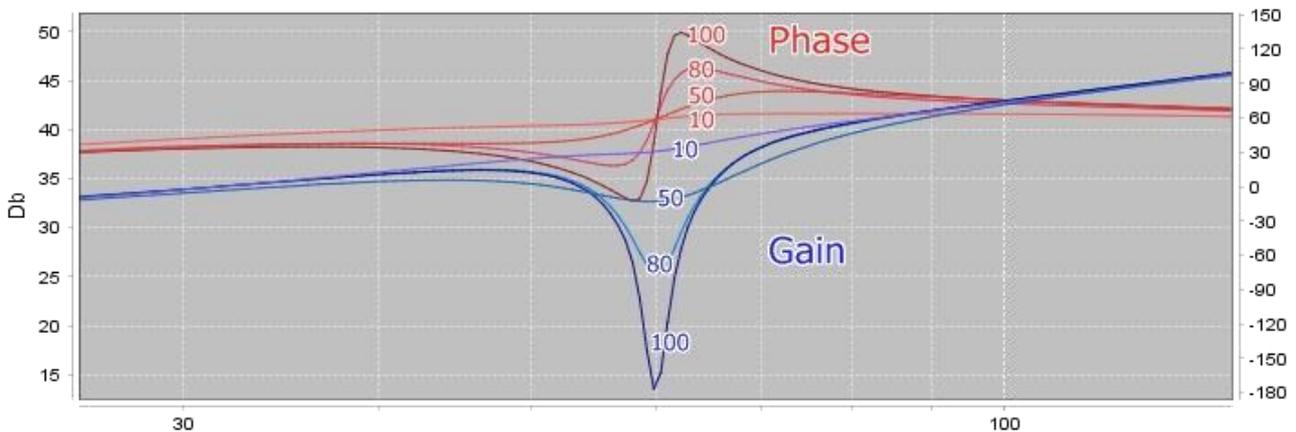
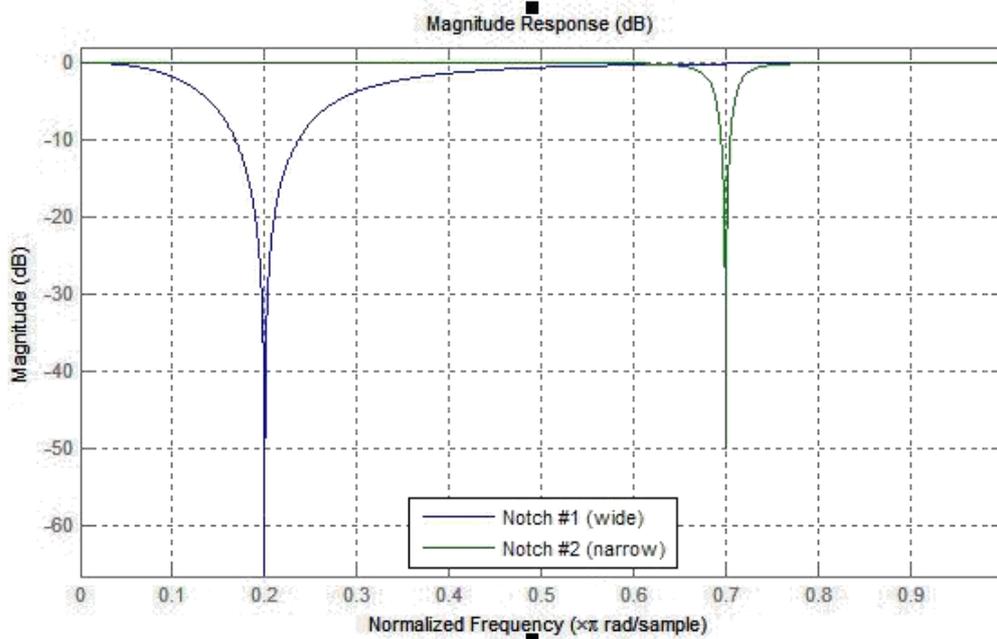
通过勾选“Receive extended debug info”，可以从控制板上接收扩展的debug信息。以下为能从控制板得到的有用信息：

- **RMS\_ERR\_R,RMS\_ERR\_P,RMS\_ERR\_Y**– 陀螺仪传感器数据均方根值振幅。遇到震荡可帮助澄清是哪个轴不稳定。从原始陀螺仪数据中可能不是很明确，因为震荡可能有较高频率，远高于框架频率，GUI从而不能接收和显示。
- **FREQ\_R,FREQ\_P,FREQ\_Y**– 震荡主要频率。如果MS\_ERR太小，此参数的作用有限。

## 11. 数字滤波器

此页面包含了数字滤波器的设置，可用来帮助提高PID控制的质量

### Notch filters 陷波滤波器



这些滤波器能够拒绝窄的带宽（共振）。它们能在系统出现明显的机械共振情况下有帮助。提高显存的反馈增益，震荡会首先显示在机械共振频率上，并不由PID设置的变量所决定。这种情况下使用一个或更多陷波滤波器能帮助增加反馈增益，获得PID调节器更精确和稳定的效果。但是如果震荡出现在宽频范围这个滤波器则无效。这时候最好使用低通滤波器。通过参数增益可以控制陷波滤波器的效果。设置等于100dB来取得最大效果，设置小于20dB则只对轻微共振进行补偿。

## 11. 数字滤波器 Digital Filters

例如：云台稳定，但是当相机向下倾斜60度时出现强烈震动，这有效阻止了PID增益的增长。

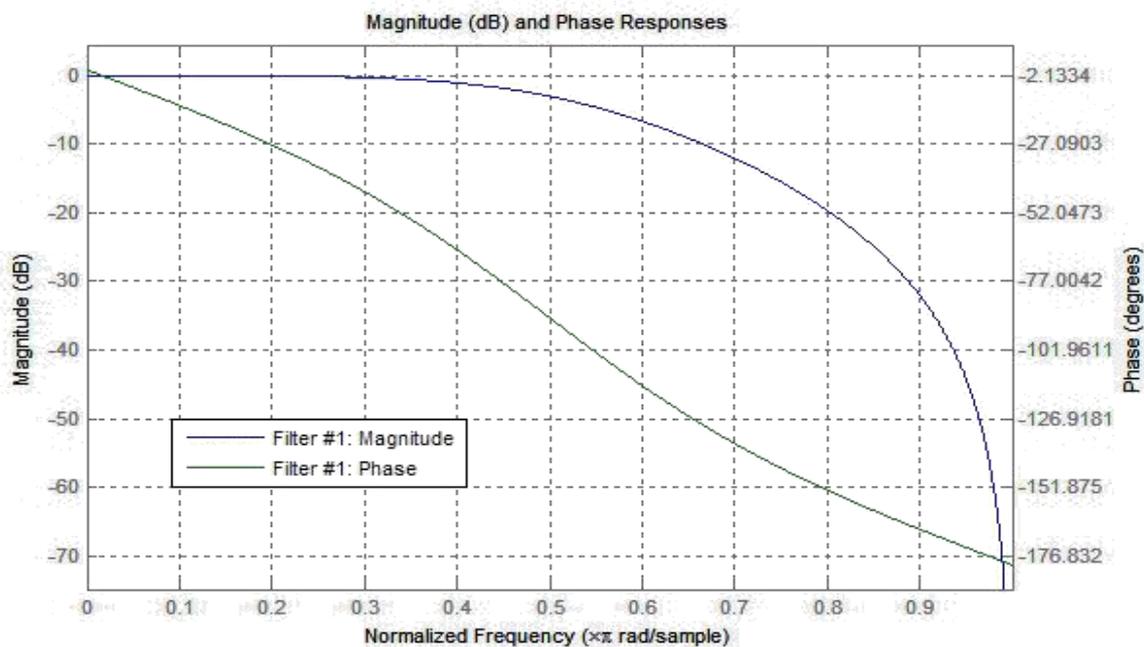
1. 首先检查具体主要是哪个轴导致震动。在GUI中“Monitoring”监测页面打开如下图表：  
RMS\_ERR\_R, RMS\_ERR\_P, RMS\_ERR\_Y。缓慢向下倾斜相机直到震动产生。出现最大的增长的轴即为震动的原因。本例里是RMS\_ERR\_P, 即俯仰轴。另外更精确的方法是在 [Analyze tab](#) 做一个振幅与频率响应测试。
2. 当在平稳的震动模式下，观察频率显示，在相同的页面检查另外一个变量 `FREQ_P`。它显示了震动的主要频率（本例中值为100）。另外一个办法是使用光谱仪（比如手机的从麦克风里提取声音信号的程序），但是只有在震动能被很好的听得见的情况下使用。
3. 在“Filters”页面为俯仰轴填上第一个陷波滤波器的参数：频率100，宽度10，增益80，然后勾选项“Enabled”会打开。
4. 将参数写入控制板。现在试着再次创建震荡。在我们的例子里，震动已经被有效的减少，其频率变为105Hz。将滤波器的频率改为105Hz。现在频率变成95Hz。设置频率的返回值为100并增加带宽到20。现在此共振频率下的震动已经完全消失。注意，您需尽可能将带宽设置的低。带宽太大会导致PID效率降低。
5. 已经成功消除一个共振，接着增加PID增益（参数P和D）。当向上倾斜时在频率140出现第二个共振，填入俯仰轴第二个陷波滤波器参数来取消这个带宽，方法同上。

在本例中我们不需要为其他的轴设置滤波器。但是有可能会有不只有一个轴出现共振现象。那么你需要为这两个轴均设置滤波器（频率可能一样）。

另外一个有效的方法检测共振的振幅和频率就是本手册描述的 [System Analysis Tool](#)（系统分析工具）。

从固件2.60版本开始，你可以将陷波滤波器改为**峰值**滤波器。相反，增大频率窄带。要这样配置滤波器，设置负数到"gain"增益参数里。

## Low-pass filter 低通滤波器



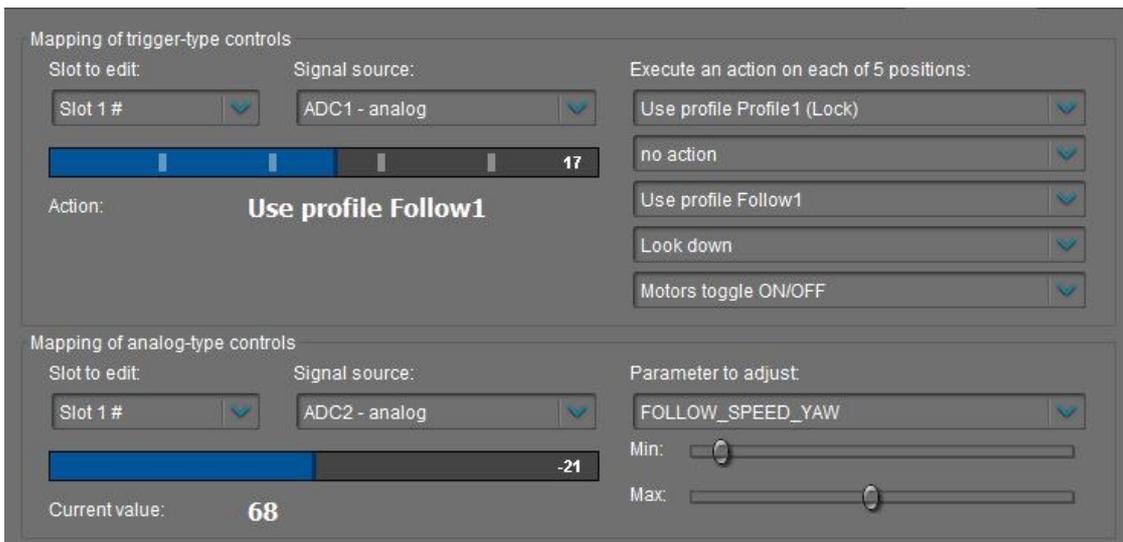
对于大型云台（重量大惯性也大的相机）或者带减速组的云台来说可能有必要使用这个滤波器（低通滤波器）。它们的工作频率范围相对轻的云台来说较低。但PID的D值因素同样增加了在高频率时的反馈。有以下几个原因会导致机械系统的反应不够精准：高频共振、机械影响的传播延迟、齿隙和摩擦导致的非线性等等。因此当比例增益增大时系统容易产生自激现象。低通滤波器会在高频率时减少比例增益并增加系统稳定性。但是其劣势是低通滤波器会导致在交界频率附近产生相位延迟并影响PID稳定。这就是配置这个滤波器的复杂的原因所在，并且对它的使用并不总是合理化的。

**注意：**到2.42版本，陀螺仪LPF参数对LPF负责，并提供第一顺序的滤波器。现在它已不使用并改为第二顺序滤波器，对频率有更精确的调节和对每个轴独立配置。

### 12. Adjustable Variables 可调整变量

SimpleBGC 固件不仅支持对相机角度进行无线遥控，同时可支持对很多系统参数遥控控制，实现实时进行调参。另外扩大了很多命令功能的无线执行-同CMD通道类似，但有更多灵活的调制。

连接32位控制板（其固件支持此功能）后这些设置的页面即显示出来。



有两种控制类型：触发和模拟：

- 以触发控制来连接按钮和开关的方式是将按钮的每个状态都对应一条事先指定的相关命令。整个RC信号范围分为5个区，从一个区到另一个区的转换触动相关指令。有多达10个槽可供匹配为5条不同命令设置的控制通道。
- 模拟控制是通过旋转无线遥控面板的电位计对所选参数进行精细调整所设计的。它也可以通过使用多位置扭动开关（基本所有的RC遥控器上都具备）用来在固定值之间切换。多达15个槽可供用来为一个参数指定控制通道。

### 信号来源

对两种控制，信号来源可以是：

- 控制板上的**PWM输入**，指定为RC\_ROLL, RC\_PITCH, RC\_YAW, FC\_PITCH, FC\_ROLL。它们从标准的RC接收机接收输入信号。
- **模拟输入ADC1 - ADC3**。它们能够连接阻值为1-10 kOm的模拟电位计（终端连接GND和3.3V，中端连接ADC输入）。
- 多通道RC的**虚拟通道**。将有多通道的RC接收机通过一根单线连接虚拟通道RC\_VIRT\_CH1 - RC\_VIRT\_CH32也是可行的。详细信息见 "RC Inputs"部分。
- 通过其他设备的串口API的**虚拟通道**。API\_VIRT\_CH1 - API\_VIRT\_CH32。

**提示:** 这种类型的输入允许独立开发者创造外部的任何形式按钮、开关和电位计的控制面板，通过一个简单的微处理器提供服务（比如基于Arduino的软件），通过有线或无线串口界面读取和传输控制数据。由于控制功能的调节是由SimpleBGC\_GUI来实现，这些控制面板的软件可以非常简单。协议文本«SimpleBGC Serial API specification»可在我们网站下载：  
<http://www.basecamelectronics.com>。

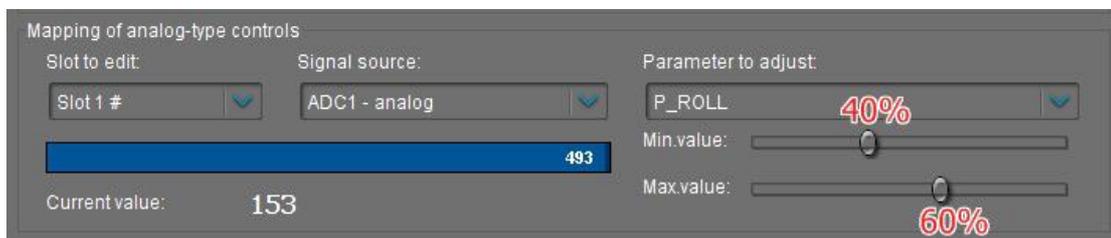
### Setting control of the Trigger type 触发控制的设置

- 选择一个槽用来调节。所有信号源都定义了槽用#号标记。
- 选择信号源。一个同样的信号源可以同时给几个槽用（但是要保证给一个槽执行的命令不会与其它的产生干扰）。
- 给每个段指定动作。可用的动作在 "[Menu Button](#)"部分描述。你可以通过指定‘no action’给任何段不指定任何动作。

点击“写入”按钮激活参数后，可以在所选的槽上看到当前RC信号（为了方便，整个范围被划分为几个分区）和上一次被启动的命令。为防止信号等级改变，你可以实时查看动作执行是否正确。

### Setting control of the Analog type 模拟控制的设置

- 选择用来调节的槽。所有定义了信号源的槽用”#”标记。
- 选择信号源。一个信号源可选择同时控制多个变量，这样再用一个单一控制功能来改变一组参数的时候就会很方便
- 选择需要改变的可变量。表1列出了所有解码可变量名
- 通过Min.和Max滑动条指定可变量的范围。比如，如果范围在0-255，你需要改变为100-150，则需要滑动滑动条«Min.»至接近40%，«Max.»滑动条到60%，如图所示。



## 12. 可调整变量 Adjustable Variables

这种情况下，最大控制偏离与参数极限值153相符。实时观察参数当前数值，很容易通过滑动滑动条估计需要的范围。

有可能需要倒置一个控制的情况，当信号向上时，可变量则向下。要达到这个，设置Min滑动条大于Max滑动条即可。

您可能会发现Min和Max滑块超过了变量的范围±10%，这样是为了防止RC信号受范围限制而不能全部覆盖整个RC信号（最大纠正到±500，在屏幕上蓝色条不能到达极限）。

点击“写入”按钮激活参数，你可以在所选的槽上看到当前RC信号等级，和当前所控制的变量值。

**Table 1. Decoding of names of controlled variables 表1. 控制变量的解码名**

参数名称	描述
P_ROLL, P_PITCH, P_YAW	PID控制的P值参数
I_ROLL, I_PITCH, I_YAW	PID控制中I参数乘以100
D_ROLL, D_PITCH, D_YAW	控制的D值参
POWER_ROLL, POWER_PITCH, POWER_YAW	'POWER'功率参数
ACC_LIMITER	加速限制-测量单位: $1^\circ / s^2$
FOLLOW_SPEED_ROLL, FOLLOW_SPEED_PITCH, FOLLOW_SPEED_YAW	跟随模式动作速度
FOLLOW_LPF_ROLL, FOLLOW_LPF_PITCH, FOLLOW_LPF_YAW	跟随模式里的平稳操作
RC_SPEED_ROLL, RC_SPEED_PITCH, RC_SPEED_YAW	从RC遥控器控制的动作速度
RC_LPF_ROLL, RC_LPF_PITCH, RC_LPF_YAW	RC遥控器的操作平滑
RC_TRIM_ROLL, RC_TRIM_PITCH, RC_TRIM_YAW	速度模式下三个轴向控制相机的通道的中位微调
RC_DEADBAND	速度模式下相机控制通道的RC信号的死区
RC_EXPO_RATE	RC信号的指数曲线深度
FOLLOW_MODE	跟随模式，俯仰、横滚角度：0 - 关闭，1 - 跟随飞控，2 - 跟随云台框架

## 12. 可调整变量 Adjustable Variables

RC_FOLLOW_YAW	航向跟随，角度： 0 - 关闭， 1、 2 - 跟随云台框架
FOLLOW_DEADBAND	跟随模式框架偏转角度的死区 - 测量单位： 0.1 度
FOLLOW_EXPO_RATE	跟随模式指数曲线深度
FOLLOW_ROLL_MIX_START	转到跟随模式的过渡区的起始点
FOLLOW_ROLL_MIX_RANGE	转到跟随模式的过渡区的长度
GYRO_TRUST	相比加速计，更信任陀螺仪
FRAME_HEADING_ANGLE	<p>框架航向角度（方位角）。如果它是已知的，则能帮助消除航向陀螺仪偏移。例如，云台安装在三脚架上，方位角为零，或者装在摇臂上，方位角可从控制器得知。能够消除陀螺仪偏移的条件：所有3个轴都安装编码器，或者框架上直接安装了副IMU传感器。</p> <p>单位： 0.1度</p>
GYRO_HEADING_CORRECTION	<p>航向轴陀螺仪复位，能够观察到相机画面的操作者用来手动消除陀螺仪偏移</p> <p>单位： 0.001 传感器单位</p>
ACC_LIMITER_ROLL ACC_LIMITER_PITCH ACC_LIMITER_YAW	<p>加速限制，每个轴都是单独的。</p> <p>单位： <math>1^\circ/\text{秒}^2</math></p>
PID_GAIN_ROLL PID_GAIN_PITCH_ PID_GAIN_YAW	<p>Additional PID gain. 额外PID比例增益。</p> <p>单位： 0...255相当于0.1...5.2增益范围。</p> <p>45相当于1.0增益。</p>

### 13. 固件升级

To check if a 检查是否有固件更新，连接控制板后点击“CHECK”**检查**按钮。会得到所有可供更新的固件版本的信息，可选择要更新的版本。当从下拉菜单中选择一个版本时，其完整的描述会在下面文本区域显示。上传所选择的版本到控制板，点击“UPGRADE”**升级**按钮。升级程序通常需要10-30秒钟。**警告：升级过程中不要断开USB连接（或者无线连接）！**

#### 请注意：

- 对于非windows系统，可能会需要额外一些操作步骤。留意本节最后的说明。
- 对“Tiny”版的控制板，需要安装使用Zadig功能的客户DFU设备驱动。windows系统自动安装的驱动不适用！在本节最后有详细安装说明。

可选择使系统自动检查更新，当有新版本出现时会出来更新提示。

如果从我们的服务器下载固件后自动更新失败（比如可能在Mac OS系统使用蓝牙连接更新时出现错误），可以试着手动上传固件。在'SimpleBGC\_GUI/firmware'文件夹找到已下载的固件然后手动上传至控制板。

#### 手动更新固件

本选项适用于当控制板变成板砖（GUI不能连接控制板）的特殊情况下，此时需要上传特殊的“recovery”恢复版本固件，或者在自动升级时出现问题的时候使用。*请小心使用此功能，并只有在非常了解你正所做的事情的时候使用。*

1. 断开所有电源和USB连接。
2. 关闭控制板上的FLASH跳线（连接跳线和标记着'FLASH'的两个引脚，使之短路）。
3. 通过USB线连接控制板和电脑。
4. 运行GUI，选择COM端口（但不要连接！）然后到"Upgrade firmware","Manual"页面，但是如果跳线是关闭状态，**不要点击"CONNECT"！**如果点击则需要重头开始所有步骤。
5. 选择固件文件(\*hex 或 \*bin 格式)。
6. 选择控制板版本：
  - v.3.x(32bit) 通过虚拟COM端口 – 常规32位控制板
  - v.3.x(32bit) 通过USB在DFU模式下 – “Tiny”版32位版本。在进行下一步之前需要更新DFU设备驱动（见下面的说明）。
7. 点击"FLASH"按钮，等待至过程结束。
8. 打开（移除）FLASH跳线。

如果控制板是活的（意味着可以和GUI连接），你可以手动上传固件而不需要设置FLASH跳线。

1. 以正常方式连接控制板。

## 13. 固件升级 Firmware update

2. 选择固件文件。
3. 点击"FLASH"按钮，然后等待至过程结束。

### 在Mac OS和Linux系统下更新

从2.42b7版本开始，是可以在Mac OS和Linux系统（事实上所有其他操作系统）下通过GUI来更新固件的。使用开源工具stm32ld (<https://github.com/jsnyder/stm32ld>)来进上传固件到控制板。

**重要提示:** 你需要给予此工具执行权限。打开终端(Application/Utilities/Terminal), 输入"chmod u+x", 空格, 然后在finder中找到GUI文件夹, 打开"bin"路径, 选择stm32ld\_mac文件, 并将其拖入终端窗口--到文件的路径会被插入命令行中。点击"Enter"确认执行命令。

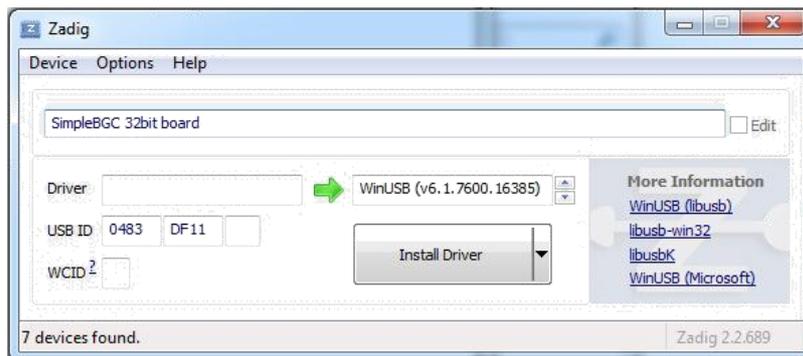
**对有经验的用户:** 如果本工具在操作系统里运行失败, 可以从源代码（在'SimpleBGC\_GUI/bin/stm32ld-src'文件夹）里编译。将结果放在'SimpleBGC\_GUI/bin'文件夹并重命名, 若在MacOS系统则重命名为'stm32ld\_mac', 若在Linux系统则重命名为'stm32ld\_linux', 任何别的操作系统则重命名为'stm32ld'。

### 安装DFU设备驱动

此驱动仅仅针对“Tiny”版本通过USB连接时要求安装。使用开源工具 dfu-util (<http://dfu-util.gnumonks.org>)来写入固件至控制板。此驱动应该代替Windows系统默认安装的驱动使用。

#### Windows:

1. 从<http://zadig.akeo.ie/>下载Zadig
2. 运行Zadig, 在“Device”菜单选择"Load preset device.."
3. 选择文件"SimpleBGC\_GUI/conf/SimpleBGC32bit board.cfg"
4. 安装驱动WinUSB



检查此驱动是否安装正确:

1. 先关闭控制板上”FLASH”跳线，再通过USB连接电脑(注意此顺序!)
2. Windows将找到新的设备"SimpleBGC 32bit board"
3. 打开（移除）跳线，重新连接USD，运行GUI，升级固件。



### Linux:

大部分Linux发行版把dfu-util在二进制包里传输，以便不用从源代码里编译dfu-util。在Debian、Ubuntu、Fedora和Gentoo可以通过常规软件包工具来安装。对于其他的发行版（比如OpenSuSe、Mandriva、CentOS），感谢Holger Freyther，他通过Open Build Service提供了二进制包。

- 拷贝dfu-util至“SimpleBGC\_GUI/bin/dfu-util-linux”来启动GUI，找到并执行它。

### MAC OS:

Mac OS X用户同样可在在Homebrew通过“brew install dfu-util”或通过MacPorts得到dfu-util。

- 从<http://www.macports.org/install.php>安装MacPorts
- 在那里找到并安装dfu-util
- 拷贝dfu-util至“SimpleBGC\_GUI/bin/dfu-util-mac”来启动GUI，找到并执行它

## 常见问题和故障解除

*Q: 固件升级过程被中断，控制板现不能工作，对GUI也无响应。这是致命的吗？*

A: 不，不是(永久)致命的，对于控制板来说（这种方式不可能对控制板有损坏）。只需要上传特别的“recovery”恢复版本固件。其可在“firmware”文件夹里找到，名为'simplebgc\_recovery\_32bit'。或者从我们网站下载。关于如何上传的说明见本说明书中关于手动上传固件的部分。然后连接控制板，可以更新任何版本的固件。

*Q: 我听说出了新的固件版本，但我检查更新时却没有发现，为什么？*

A: 有一些测试版本仅对测试者提供，或者不同的控制板会有不同的版本。你只会接收到根据你的控制板所提供的稳定版本。

*Q: 我能在Mac或Linux系统更新固件吗？*

A: 可以，从GUI 2.42b7开始。但请检查上述注意事项。

*Q: 我的控制板没有USB连接器，但是有蓝牙，能升级固件吗？*

A: 可以，能够通过蓝牙升级，跟USB一样。如果你的控制板有内置蓝牙模块，并且已经调试好，可以用来升级固件。外置蓝牙模块需要设置到115200波特，偶校验。如果在Mac OS系统下重新连接蓝牙有问题，你可以尝试使用“FLASH”跳线进行手动升级，详见本手册有关内容。

*Q: 我使用一个外置蓝牙模块，它可以和GUI一起工作没问题。我能通过它升级固件吗？*

A: 是的，如果你的蓝牙模块设置为偶校验。跟GUI连接可以是偶校验或者无校验，但是要升级固件只能设置为偶校验。查看你的蓝牙模块说明书如何设置。

*Q: 当升级固件时必须要求断开电源吗？*

A: 不，控制板是通过电池还是通过USB来供电这个没有关系。

## 13. 固件升级 Firmware update

Q: 升级后, GUI不能连接控制板, 应该怎么办?

A: 固件和GUI应该有同样的版本, 这很重要。通常升级固件也会要求GUI升级, 旧版本GUI在新固件不能工作。可以在我们网站下载合适的GUI。固件的描述里一般都提供了相应GUI的链接。

Q: 在升级过程中出现这个错误: "CreateProcess error=14001"

A: 系统有一些数据库丢失。需要安装 Microsoft Visual C++ 2008 x86 redistributable:  
<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=5582>

Q: 出现这个错误"Flash tool execution failed", 和字符串"Cannot open the com port,the port may be used by another application"

A: 可能因为COM端口数量超过了99。在设备处理器, 打开串口设置, 重命名端口, 给出低于100的数值。

### 14. 系统分析工具

此工具让你得到系统反应的信息并且以波特图的形式显示-振幅和相位响应和频率的关系。以分析为目的的“系统”可以是任何有输入和输出且它们之间存在位置转换功能的系统。

从波特图我们可以作出关于系统稳定的假设，找到频域里有问题的区域，并在高级工具比如Matlab的帮助下，找到提高控制器性能的办法。

此工具比较复杂，仅供具备系统分析（控制理论）等相关知识的专业人士使用。

#### 数据收集

主要概念是提供刺激信号给系统输入，然后观察输出信号。输入信号和输出信号通过固定抽样率来测量，并储存在CSV文件里。然后信号被转换成频域，通过一个以互功率谱密度（CPSD）的形式的传递函数来计算。对于所有输入信号的可见频率，我们可以制作振幅和相位响应图。当以对数标度显示时，此图叫做“波特图”。

#### Choosing stimulus signal 选择刺激信号

关于刺激信号最重要的几点：

- 它应该包含光谱频率。比如白噪音和正弦波，符合这个条件。
- 系统应该在最具线性的范围内运行。如果刺激太低，非线性现象比如静摩擦和测量输出的传感器的声音会严重影响到测试结果。如果刺激太高，则有可能使系统内信号过饱和：积分器会到达极限，集成器可能会被结束阈值缩短等等。选择合适的刺激振幅对于得到接近现实的结果非常重要。也许需要做一些测试来找到清楚的（即有用的）波特图。
- 一般来说，由于机械惯性，系统增益在频率范围的高点降低。可以提高在高频的刺激振幅，来对这种增益减弱进行补偿。

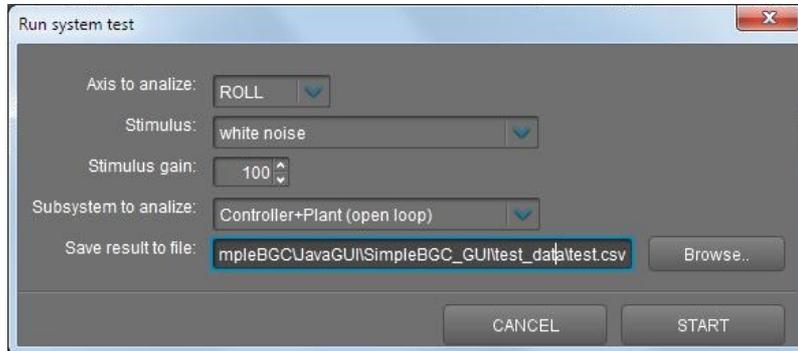
#### Open-loop vs closed-loop test 开环测试与闭环测试

在多数情况下，我们对开环系统反应更有兴趣。但是如果控制板内有一个积分器，可以发现它对低频率有较大的增益，能导致一个输出过饱和并使系统非线性。例如，结合了陀螺仪数据后，我们能得到转速的非零的直流偏移量。结果，没有负反馈，相机会无限旋转下去，对于分析来说这不是问题，因为输出数据的直流增益能被有效移除。但是在现实中，相机是不可能无限旋转的。

解决方案是在闭环模式下运行系统，并将闭环反馈信号和刺激信号混合。但是在低频率附近，闭环系统一般都会操作很好，意味着系统输出与输入很匹配，刺激信号也有效的被移除。这就是为什么闭环模式在低频附近做分析不是完美的。

### 开始测试

在“Analyze”页面点击“Run test..”开始测试按钮，并设置测试。

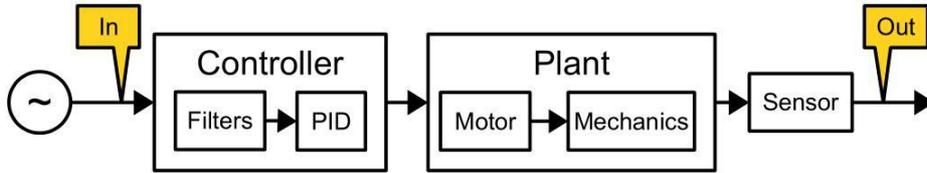


1. 选择要测试的轴
2. 选择要给系统输入的刺激信号
  - **White noise 白噪声**：这个信号包含了均匀分布的全套频率和高频段放大和指定频率的截至频率。
  - **Sine sweep 正弦扫频**：频率从1Hz到500Hz的等幅的信号。
  - **Sine sweep (exponential gain) 正弦扫频（指数增益）**：正弦扫频（指数增益）：同上一样但是增益以指数增长，从最低频率设置的增益范围到最高频率的值。这种信号可以帮助在高频区域的分析质量，因为系统增益在那里有显著下降。
3. 选择测试信号的增益。实验性的选择这个值，来保证整个测试中系统在其线性范围内，并且同时没有非零输出。
4. 如果将白噪声选择作为刺激信号，选择**cut-off frequency（截至频率）**。高于这个的频率将会在传到测试系统之前被移除。注意这种情况下高频区域的波特图将会是无效的。

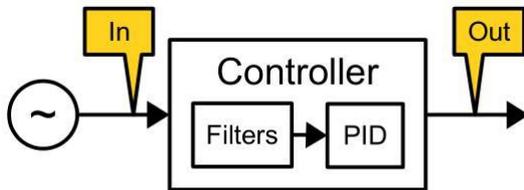
# 14. 系统分析工具 System Analysis Tool

5. 选择系统来进行测试:

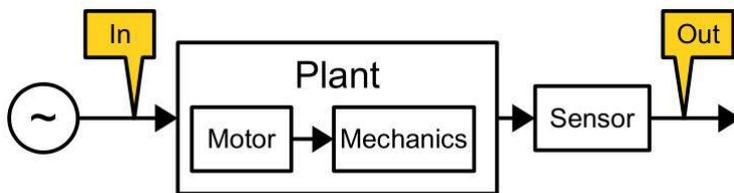
- **Controller + plant:** 输入被传至PID控制器，输出从陀螺仪传感器读出。



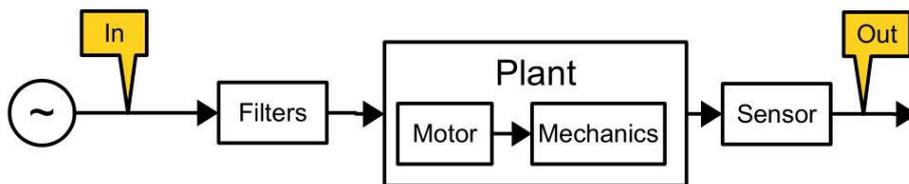
- **Controller only:** input 输入和输出从PID控制器获取。在这个测试里，电机被禁用，测试是不可见的。不要将增益设置过大。



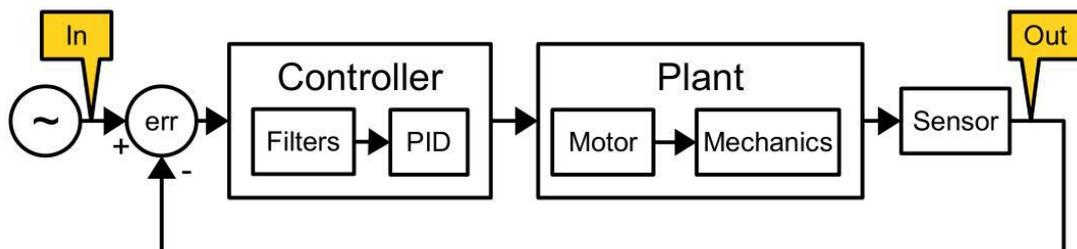
- **Plant only:** 输入被传至电机，输出从陀螺仪传感器读出。小心操作增益参数。



- **Plant + filters:** 同上一样但是应用了数字滤波器。



- **Overall system response:** 输入作为RC输入通过，系统和在正常操作模式一样追踪输入。输出应跟踪输入信号（在调节良好的系统里增益接近0 dB，相位接近于0）。



## 14. 系统分析工具 System Analysis Tool

- 将云台稳定支撑，打开电机开始测试。在测试过程中不要干扰云台，特别是在开环模式下。整个测试会持续大概40秒钟，这段时间足够用来为得到好的平均值收集数据。但是可在任何时候点击“CANCEL”以结束测试。

如果在测试中出现的问题（比如，刺激信号太弱，可看到系统反应太弱，或者相反刺激信号太强，系统超过了范围，失去同步），你可以停止测试，改变开始条件重新测试。

如果任何电机开始转动，有可能是将“Invert”反向设置错误。运行自动校准磁极数来检测合适的反向。

测试结束，处理所收集数据。在时域图里检查系统输出不是太低，否则测试结果将会过于嘈杂且不稳定。

### 处理测试结果

当测试结束，会在GUI里以波特图的形式显示：



但是可以使用更强大的工具比如Matlab等类似程序来分析所抓取的数据。其中有很多工具从系统识别到系统调节都可以选用，但是要求具有很强的工程能力才能操作。

### 解读和理解测试结果

在读波特图之前需要理解系统分析的基本方面。有很多相关的视频教程和文章，比如：  
[http://support.motioneng.com/utilities/bode/bode\\_16.html](http://support.motioneng.com/utilities/bode/bode_16.html)

In few words, on the 简单来说，在“Plant only”反应图表里可以看到电机和机械的反应，并检查潜在的机械共振。运行“Plant + filters”实验，可以检查滤波器应用到真实系统里的工作效果

On the 在“Controller+Plant”反应图表里可看到增益裕量和相位裕量。稳定的基本原理是：相位裕量应该大于30度，增益裕量应该保持在-3..-6 dB范围里。大的负值意味着系统越稳定，但是对误差的追踪不够精确。

## 14. 系统分析工具 System Analysis Tool

如果增益裕量或相位裕量接近零，则系统不稳定，倾向于在零裕量被探测的频率上产生自激效应。

在“*Overall system*”图表可以看到系统跟踪其在不同频率的输入信号的效果。你可以估计系统能够补偿的最大频率，此时增益是大于-3dB，相位接近于零。增益曲线上的颠簸能显示潜在的共振。

在“*Controller only*”反应图表上可以看到PID控制器是怎样影响输入信号的振幅和相位，并看到数字滤波器的贡献。

### 15. 用户编写的脚本

用户可通过特殊脚本语言编写程序来控制云台。程序被载入控制器并通过RC或菜单按钮发出命令来执行。脚本语言参考可通过此链接下载：

[http://www.basecamelectronics.com/files/v3/SimpleBGC\\_Scripting\\_Language\\_eng.pdf](http://www.basecamelectronics.com/files/v3/SimpleBGC_Scripting_Language_eng.pdf)

在脚本页面能有一个简单的文本编辑器，并可进行语法检查。其主要功能如下：

#### **Saving and loading of files 存储和载入文件**

脚本保存在文本文件里，可用任何文档编辑软件来进行编辑。

#### **Syntax checking 语法检查**

载入一个文件后，程序会检查语法。发现错误会用红色高亮显示出来，并提供一段短消息解释其原因。另外，点击VALIDATE按钮和上传脚本至控制器时也会检查语法

#### **Uploading scripts to the controller 上传脚本至控制器**

总共分配了5个槽，可以用于最多5个情景，总大小（汇编之后）为27kb，脚本大小在槽编号附近显示。空槽会被标记为<empty>。要删除一个脚本，在文本编辑框里删除所有文本，并写入那个你想清空的槽。

#### **Restore script from the board 从控制板恢复脚本**

可以从控制板下载脚本来进行编辑。但同时，作为解码的结果，将会失去所有的注释和原始格式。因此建议在文本文件里存储脚本。

#### **Running scripts 运行脚本**

点击RUN运行按钮开始执行在指定槽里的脚本。如果脚本编辑窗口内的文本对应槽内相关内容，当前的程序的线在执行过程中会被高亮显示。这样很方便观察和debug。你可以在任何时候通过点击STOP停止按钮来停止脚本运行。

运行脚本的其他方法：

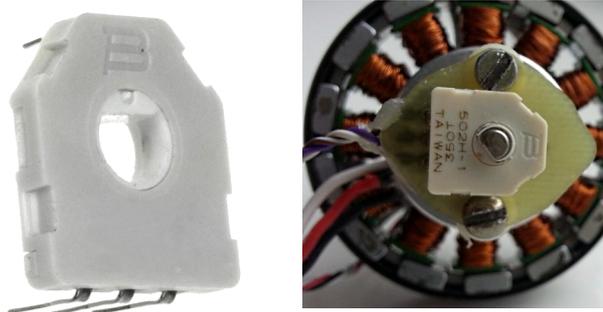
1. 在Service页面指定Run script from slot 1..5命令到菜单按钮；
2. 在RC页面指定Run script from slot 1..5命令到接收机CMD通道；
3. 在Adjustable Variables页面指定Run script from slot 1..5命令到Trigger-type controls组里任何控制通道；
4. 通过串口API发送命令CMD\_RUN\_SCRIPT。

### 16. Encoders 编码器

编码器是一种旋转位置传感器，可提供关于电机轴旋转非常精确的信息。这种传感器对稳定系统有很多优势。

固件分为两个版本：regular (常规版)和extended(扩展版)。区别在于它们支持的方式不同。

常规版本只支持模拟型的编码器，装在航向电机上。推荐使用一种特别的有线性特征并且低摩擦的电位计。有一些磁编码器同样也有模拟输出模式。尽管模拟编码器能够处理无限360度机械旋转，实际工作范围一般会小于360度，并且编码器在安装的时候不应处在外面。



从2.60版本固件开始，也支持额外PWM和I2C编码器（扩展版本的固件支持所有包含I2C或PWM界面的型号）。PWM或I2C界面相对于模拟的优势是对声音没有那么敏感，并且支持无限360度旋转和允许零交叉。

使用常规版本固件编码器的优势：

- 跟随模式下能精确工作，即使在失去同步的情况下，这对空中使用很重要。
- 允许在航向电机上方安装框架IMU，对纠正交叉IMU陀螺仪漂移最有效。
- 允许从外部自动驾驶仪或者装在框架上的高等级IMU传感器获取纠正。

扩展版固件要求在每个电机上安装精确的绝对编码器，并对它们进行校准。它支持模拟、I2C、SPI、PWM界面和多种型号的编码器。扩展版固件的优势：

- 不需要安装副IMU。
- 更先进的电机控制算法-磁场定向控制：没有失去同步现象，低电源消耗，以及更大的扭矩。
- 相对于IMU姿态，框架姿态的完整信息允许解决比如GPS辅助目标跟踪任务，从外部高等级IMU的IMU纠正。

由于安装和调节编码器的复杂性，本说明手册中没有包含相关信息。可在此找到所有相关信息：  
[www.basecamelectronics.com/encoders/](http://www.basecamelectronics.com/encoders/)

下面仅仅描述了常规版本固件

#### Connecting encoder 连接编码器

##### Analog type 模拟型

如果是电位计型的编码器，连接很简单：只需连接3.3V和GND端口到各自输出，然后连接中央输出至任意A1...A3输入。如果是其他模拟输出类型，按照制造商的规格连接电源，然后模拟输出到A1...A3。注意支持的电压范围是0...3.3V。不要使用超过这个范围的编码器到输出端！

### PWM and I2C type (PWM和I2C型)

关于扩展版所支持的型号和连接方法请看：[www.basecamelectronics.com/encoders/](http://www.basecamelectronics.com/encoders/)

### Configuring encoder 配置编码器

- **Type 型号**– 选择编码器的型号和界面
- **Input 输入**– 选择编码器连接的端口，如果可用的话选择模式
- **Gearing ratio 传动比** – 大部分用于模拟型编码器。它定义了模拟输入端的电压和角度之间的映射。数值1对应0...3.3V → 30...360度旋转。。为了给编码器估计合适的传动比，按照如下使用GUI：

*白色箭头*– 显示电机相对于框架的角度

*指南针箭头*– 显示相机在空间的方位角

1. 如果连接了副IMU，暂时禁用它(Advanced – Sensor – Frame IMU– Disabled)。关闭电机。
2. 输入初始值: `gearing ratio = 1.0`, `offset = 1` (或任何非零数值)。写入参数至控制板。如果编码器连接正确，白箭头将会开始显示航向电机的转动。
3. 转动框架，使得白箭头同指南针箭头匹配。将框架固定在此姿态。然后仅仅沿航向轴旋转相机，检查白箭头是否和指南针箭头移动完全一致。如果按相反方向移动，在“Inverse”打勾。如果白箭头移动更快，降低传动比。相反则增加。

对于其它界面类型，获取的角度是数字形式，所以传动比应该设为1.0。除了实际使用机械齿轮的这个情况以外。如果是这样，明确已知的齿轮比。使用以上方法检查是否设置正确。

- **Offset 复位– set the zero angle 设置零度角**。移动框架至“常规姿态”然后点击“CALIBRATE”按钮。新的值会被设置并在GUI里显示。

\*常规姿态 – 当框架和相机的方向一致时的姿态。如果安装了副IMU，它的轴会和主IMU的轴方向完全一致。

当“Offset”复位参数设置为非零时，编码器数据由固件计算并显示在GUI: "Monitoring" → "ENC\_RAW\_Y" 显示原始数据，角度面板的白色箭头显示相对电机角度。

### 17. Magnetometer sensor 磁力仪传感器

磁力计可帮助避免陀螺仪的水平偏移，同加速计消除垂直方向偏移的道理一样。但是使用磁力计并不总是有效的，因为测量地球磁场的过程相比与用加速计测量重力加速度来说没有那么准确可靠。另外，云台上安装磁力仪传感器要求消除失真所造成的影响，这些失真往往由结构金属元素、永磁体和电机绕线产生，会使过程更加复杂，减弱传感器在应用中的效果。

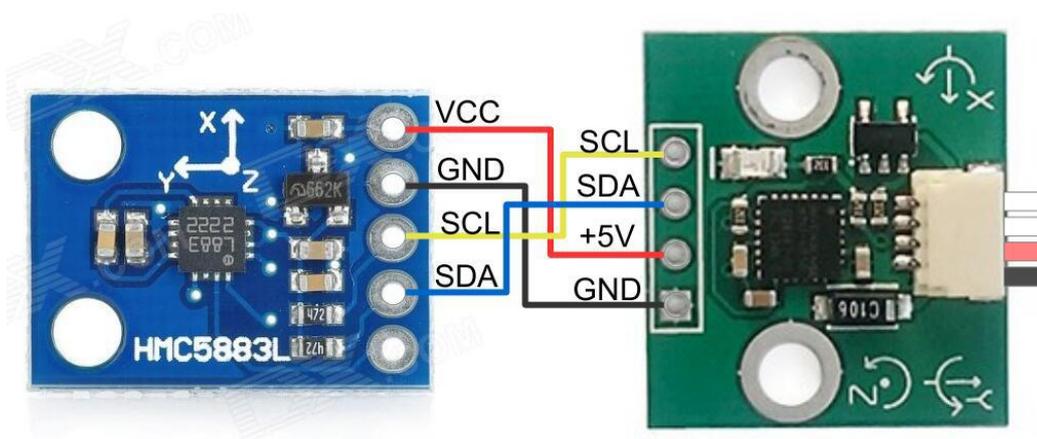
当在锁定模式下拍摄远景时，为避免方向偏移，则可使用磁力计，或者为了决定相机在三维空间中基于三轴坐标的准确的方向，以便外部GPS控制时，也可以使用磁力计。

#### Supported sensors and connectivity 所支持的传感器和连接

目前支持的一个便宜且流行的型号是：HMC5883L。市面上出售的很多模块都采用这个传感器。当选择传感器时，请记住以下要求：

- 必须支持 +5V
- 必须和3.3Vlogic (no LLC5Vfor Arduino)兼容
- 必须在SDA和SCL线上没有pull-up上拉；必须和内置的+3.3V稳压器相连接，而不是+5V!

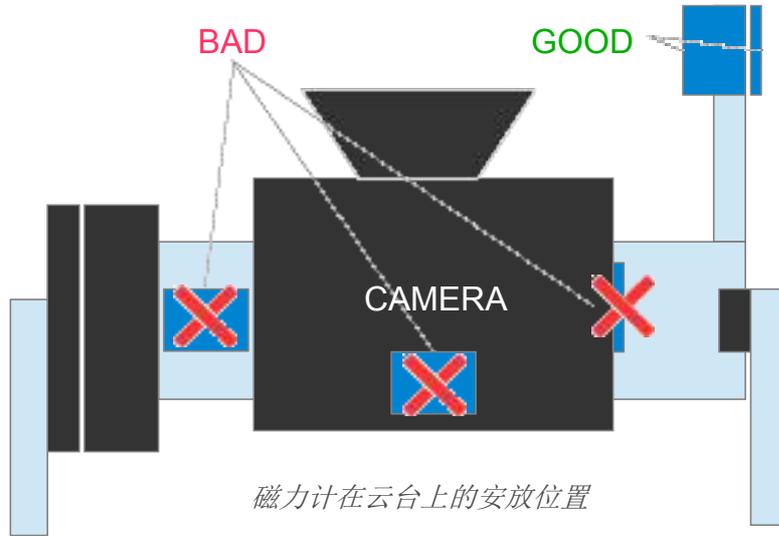
GY-273型号满足这些要求。作为例子，此型号连接至主IMU如图所示：



Magnetometer connection 磁力计的连接

#### Installation on the gimbal 在云台上的安装

传感器安装在跟相机相同的平台上。轴可以是随机朝向，但要保证磁力计的姿态和主IMU传感器的轴向平行。如果云台或者相机包含有铁磁性的金属部分（比如铁、钢等），传感器必须远离它们。传感器必须同样要尽可能远离电机。比如在10-20 cm的摇臂上，传感器可以复位。



可以将磁力计安装在框架上（副IMU也装在框架上），这种情况下它将纠正框架IMU的航向，然后纠正传至主IMU，详细描述见：[The problem of mutual azimuth drifts of two IMU sensors.](#)

### Setting up the magnetometer in the GUI 在GUI里设置磁力计

一旦正确连接磁力计到I2C总线，另外2.50b4或以上版本的固件导入，GUI会出现一个新的"Mag.Sensor"页面，可启动磁力计的校准和设置。首先指定其安装的位置(框架或相机)。

### Position of the axes 轴的方向

为保证正确操作，传感器安装在云台上的姿态必须明确。首先如果传感器的轴没有在模块上指明，使用传感器芯片上的关键点来确定方向：



在轴顶端参数，明确那个轴正在朝向上方。在轴右边参数，指明哪个轴朝向右方，以拍摄的方向观察（如图所示，Axis TOP = Z, RIGHT = Y）。在控制器里输入设置，等待它重启。

### Magnetometer calibration 磁力计校准

**注意：**为了更好校准，传感器必须安装在云台上。保证“MagnetometerTrust”磁力计信任参数应该设置不为零（设置为0则是禁用磁力计）。

校准可以从GUI开始，或者从菜单命令（可在"Service"页面指定校准命令到菜单按钮上），这样可以在现场校准磁力计，而无需连接电脑。

Press the 点击 **Calibrate...** 校准按钮运行校准助手。在打开的窗口里点击**RESET**重置按钮来重设已存的校准，然后点击**CALIBRATE**校准按钮。在校准过程中，控制器收集地球磁场各个方向的的测量数据。

## 17. 磁力仪传感器 Magnetometer sensor

过程显示器显示了所收集数据的百分比。每个新的数据点由LED灯单次闪烁和一次短声音表示（如果电机通电或者连接了蜂鸣器）。

然后数据点被一个椭球过滤。要达到高质量的校准，收集那些很好的分布在一个球体上的点很重要。建议以下的方法

- 将传感器指向南方或北方（大概）。
- 将任何水平轴旋转360度（比如俯仰轴）。将得到大概30-40%的点。
- 将传感器返回到正常姿态，然后旋转90度（比如向东或西）。
- 再将另外一个轴旋转360度（比如横滚轴）。将会得到另外的40%的点。
- 随机旋转收集剩余的点。

当所有的数据点都被收集，将会进行自动计算。需要几秒钟时间。校准一旦结束，其结果会自动记录到EEPROM并开始启用。如果过程执行正确，传感器会对随机动作在表上显示范围为 $\pm 1$ 之间的数值。

**注意：**要求旋转整个云台，而不只是相机。原因是，相机相对于电机（或者结构的铁磁部分）的姿态可能改变且极大的扭曲地磁场。见"Installation on the gimbal"部分，以避免相关问题。

### Monitoring the magnetometer's effectiveness 观测磁力计的有效性

校准窗口显示了由磁力计测量的北极和陀螺仪测试出来的角度的绝对偏差。短期内，陀螺仪（和一个校准好的加速计）提供了非常准确的结果。如果在整个相机航向转动和俯仰倾斜过程中错误保持在绿色部分，这意味着磁力计在正确工作，可以用来纠正陀螺仪偏移。如果错误明显增加，磁力计不应该使用。这也许是下列原因

1. 磁力计方向设置错误。检查轴的TOP, RIGHT设置；
2. 校准不准确；
3. 安装有问题，导致对云台移动的金属结构或者电机的磁铁有影响。

### Other settings 其他设置

- **Magnetometer trust 磁力计信任：**

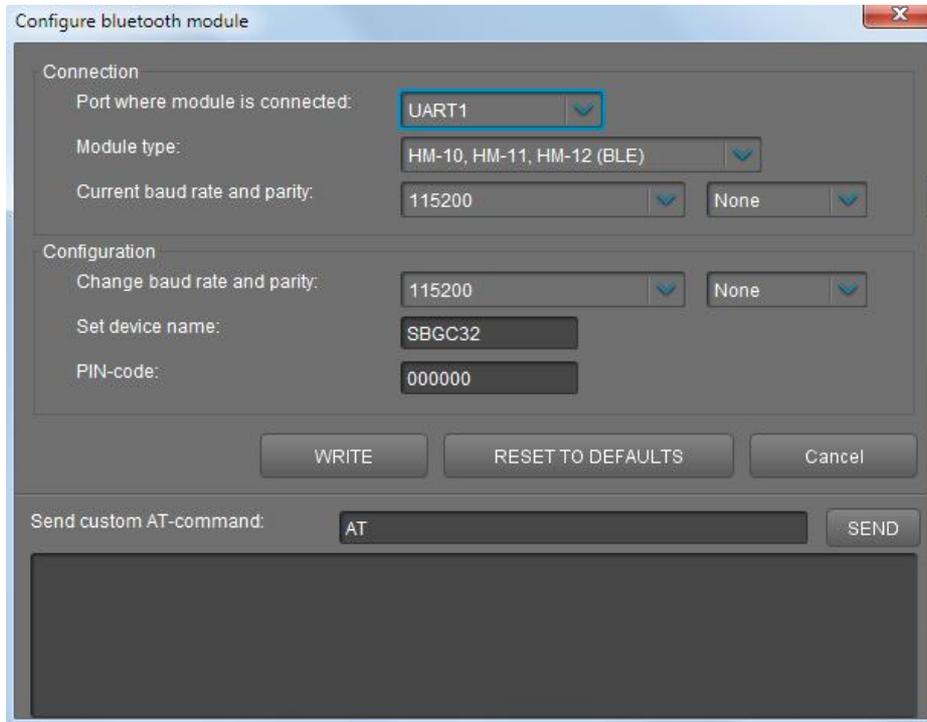
此值越大，磁力计对当前航向的纠正越强。如果有效测试结果很好，可以设置更高值（50-100）。设置为0可禁用磁力计。此值不对陀螺仪信任产生影响（仅应用于加速计）。

- **Magnetic declination 磁偏角**

磁偏角指的是你所在的地球表面的磁子午线同地理子午线的夹角。准确数字能在此地图上查询：<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Mv-world.jpg>。这个参数仅仅在一些需要依靠精确的地理北极位置的系统里需要（比如当需要相机运动GPS坐标的时候）。大部分情况下，此数值可设为0。

## 18. 蓝牙模块设置

在"Computer Connection"节里提到过，通过蓝牙模块设置无线连接，需要首先进行正确的设置。从GUI里"Board → Configure Bluetooth..."菜单可运行一个设置对话框来帮助进行配置：



在 "Connection" 指定蓝牙连接端口、模块型号和当前设置，可能的连接类型如下：

**UART1** 是主要的串口，在每个SimpleBGC控制器里都有，它标记为[5V, Gnd, Rx, Tx]。此模块的连接的详细描述见[Appendix B, 附录B](#)。

**UART\_RC** 是另外一个串口，同RC\_ROLL (Rx)和RC\_YAW(Tx) RC输入端结合使用（见附录B）。要启用它，在RC页面选择一个"RC\_ROLLpin mode = SBGCSerial 2nd UART"模式，留空RC\_ROLLand RC\_YAW物理输入端。见 [Appendix B附录B](#)。

**UART2** 这种端口只在某些版本的控制器里出现。在SimpleBGC32的“Regular”和SimpleBGC“Tiny”版本里没有。

### Supported modules and their special characteristics 所支持的模块和他们的特别属性

要能够设置模块，你应该将其设为AT命令模式，然后设置正确的端口速度和配对当前配置。模块的默认设置通常在购买时已给出，但也可以在每个模块的使用手册中找到。

#### HM-10, HM-11, HM-12

存在于AT-命令模式（除非连接到无线设备上）。

默认设置：波特率：9600，校验位：无，数据位：8，停止位：1, PIN: 000000，角色：从



## 18. 蓝牙模块配置 Bluetooth module configuration

### HC-06, HC-04 和其克隆

如果模块看起来像如图，则明显是HC-06类型。

存在于AT-命令模式（除非连接到无线设备上）。

默认设置：波特率: 9600，校验位: 无，数据位: 8，停止位: 1，PIN: 1234，角色: 从



### HC-05, HC-03

外观和HC-06相似，但是允许更多的定制化功能。

为改成AT-命令模式，有必要在电源关闭时将其Vcc和Key输入端短接，然后打开电源。这样可转为AT-命令模式并暂时将端口速度改为38400（不管之前设置的速度值为多少）。

默认设置：波特率: 38400，校验位: 无，数据位: 8，停止位: 1，PIN: 1234，角色: 从

### RN-41, RN-42 (BlueSMiRF)

打开电源后在60秒内自动被转换为AT-命令模式，除非连接了无线设备。

默认设置：波特率: 115200，校验位: 无，数据位: 8，停止位: 1，

PIN: 1234，角色: 从



### Module configuring 模块配置

1. 通过一个UART端口连接模块，选择其型号和当前设置。可以发送一个测试指令来检查连接情况（是“AT”命令，“D”为RN-42）。
2. 点击**RESET TO DEFAULTS**按钮重设模块为默认设置。
3. 设置合适的端口速度。通过UART1工作时它应该和GUI设置的速度（"Advanced"页面 → "Serial Speed"）相对应。对于其他端口速度应该为115200。
4. 校验位设置。如果不打算通过蓝牙模块升级固件，选择"None"。
5. 设置设备名称，在无线连接设置中能为其他设备发现。
6. 设置PIN码，设备配对时用来输入。
7. 点击**WRITE**写入按钮写入。你将在log日志中看到配置结果。

点击**SEND**按钮可以手动发送AT-命令来为模块配置。在每个模块手册里可以找到命令指导。要小心有些命令可能会使模块变砖。

### 19. 通过MavLink协议连接飞控

从固件2.60版本开始, SimpleBGC32控制器支持使用MavLink协议连接至外部飞控。此协议用来连接自动驾驶仪到地面站和OSD遥感勘测。

MavLink支持已经通过流行的开源飞控ArduPilot测试: [www.ardupilot.org](http://www.ardupilot.org)。

#### 连接云台和飞控的益处

##### Correcting of the gimbal's IMU sensor 纠正云台IMU传感器

从INS (惯性导航系统)得到的高质量信息允许对激烈飞行时的水平漂移进行补偿。在这个视频里可以看到云台有纠正和无纠正的行为对比测试: <https://youtu.be/yqsWTf2uV1g>。

##### Controlling gimbal automatically 自动控制云台

自动驾驶仪能够明确相机应该的朝向的角度。这样可以用来在飞行程序或者在目标追踪时控制云台

##### Remote editing of gimbal's parameters 云台参数的无线编辑

通过GCS (地面站) 能改变云台的一些参数。可变参数列表同[Adjustable Variables](#)一样。

##### Obtaining data from the RC receiver 从RC接收机获取数据

云台控制器从连接到自动驾驶仪的接收机获取数据。可以不用将接收机与云台控制器直接连接。

#### 连接

飞控都有几个MavLink协议的遥测端口。为连接云台, 需要选择一个空的端口, 在自动驾驶仪里设置波特率不低于115,200。因为云台控制器需要大量的高频数据。在ArduPilot飞控以下参数:

- SERIAL<sub>x</sub>\_BAUD = 115
- SERIAL<sub>x</sub>\_PROTOCOL = 1,

这里'x'指端口数字。

当以MavLink协议工作时, 不要选择数值7 (alexmos)! 正确数值为1 (mavlink)。

另外, 为这个端口设置数据:

- SR<sub>x</sub>\_EXTRA1 = 20
- SR<sub>x</sub>\_POSITION = 5
- SR<sub>x</sub>\_RC\_CHAN = 20

所有其他SR<sub>x</sub>\_xx参数应该设置为0。

在SimpleBGC32这边, 可以选择UART1端口(连接GND - GND, Rx - Tx, Tx - Rx), 但是这种情况下, GUI USB连接不会和MavLink连接同时进行工作, 除了"Tiny"版本控制板以外。另外一个选择是在RC\_ROLL输入端(Rx)和RC\_YAW输入端(Tx)选择第二个UART。对于带encoder的版本, 使用AUX3 (Rx)和RC\_YAW(Tx)。

## 19. Connecting to Flight Controller by the MavLink protocol

SimpleBGC32控制器支持最多两个MavLink通道。有必要只启用其中一个。在GUI"MavLink"页面，必须选择哪个端口来为这个界面使用。主串行端口是UART1；替代是RC\_SERIAL。下一步你需要选择这个串口的参数，应该遵从自动驾驶仪的设置："115200, none parity"。

**注意：**MavLink协议开始有5秒钟的延迟。这样就可以连接GUI在端口。为了防止连接出问题，可以连续点击菜单按钮八次来重置所有串口为默认设置。

### 协议设置

- **System Id 系统ID** - 整个系统ID，包括自动驾驶仪和云台。默认为1。
- **Component Id** - 子系统ID，本情况下为云台，采用任何值。
- **Send heartbeat** - 每秒钟发送“心跳”信息，给系统信号表明云台连接和使用正常。
- **Debug** - 部分传入和发出信息到GUI用来debug。推荐不要启用此选项。
- **Query RC data** - 查询RC数据。通过连接自动驾驶仪的RC接收机数据，被请求和保存至可变量API\_VIRT\_CH\_1-16。它们能在"RC"页面被指定任何功能命令用来控制云台。

在自动驾驶仪的配置中，需对端口进行设置并选择与MavLink兼容的云台类型。对ArduPilot飞控，设置参数MNT\_TYPE = 4。其他参数描述见：<http://ardupilot.org/copter/docs/common-cameras-and-gimbals.html>

**注意：**三轴云台要使用IMU纠正和自动控制，encoder必须安装在航向轴！如果连接了副IMU，它只能装在Above YAW"航向电机上方。

#### 提示：

- 在自动任务中，云台能被MAV\_CMD\_DO\_MOUNT\_CONTROL命令控制。
- 如果GUI里启用了跟随模式，当云台接收首个DO\_MOUNT\_CONTROL命令时它会被禁用。

### 检查是否一切工作正常

如果一切连接正确，"MavLink"页面会显示状态信息：

**AHRS - OK, GPS - OK, RC - OK, Control - OK**

- AHRS - 接收到框架姿态
- GPS - 接收到位置和速度信息
- RC - 接收到RC信号
- Control - 自动驾驶仪此时正在控制云台

如果显示"Low rate"消息，意味着消息被接收到，但其强度低于所要求。你也许需要检查飞控配置来增加数据流速率，如上所述。

### 为开发者：所支持命令列表

"common profile"消息说明: <https://pixhawk.ethz.ch/mavlink/>

必须通过飞控/地面站手持的信息:

- HEARTBEAT
- REQUEST\_DATA\_STREAM
- MESSAGE\_INTERVAL
- RAW\_IMU
- ATTITUDE
- GLOBAL\_POSITION\_INT
- PARAM\_VALUE
- RC\_CHANNELS\_SCALED

SimpleBGC32控制器所支持的信息:

- HEARTBEAT
- REQUEST\_DATA\_STREAM
- MESSAGE\_INTERVAL
- COMMAND\_LONG:
  - MOUNT\_CONTROL
  - MOUNT\_CONFIGURE
- ATTITUDE
- RC\_CHANNELS\_RAW
- PARAM\_REQUEST\_LIST
- PARAM\_SET

目前, 仅对ArduPilot飞控做过兼容性测试。对Pixhawk飞控的兼容性将在下一个版本出现。

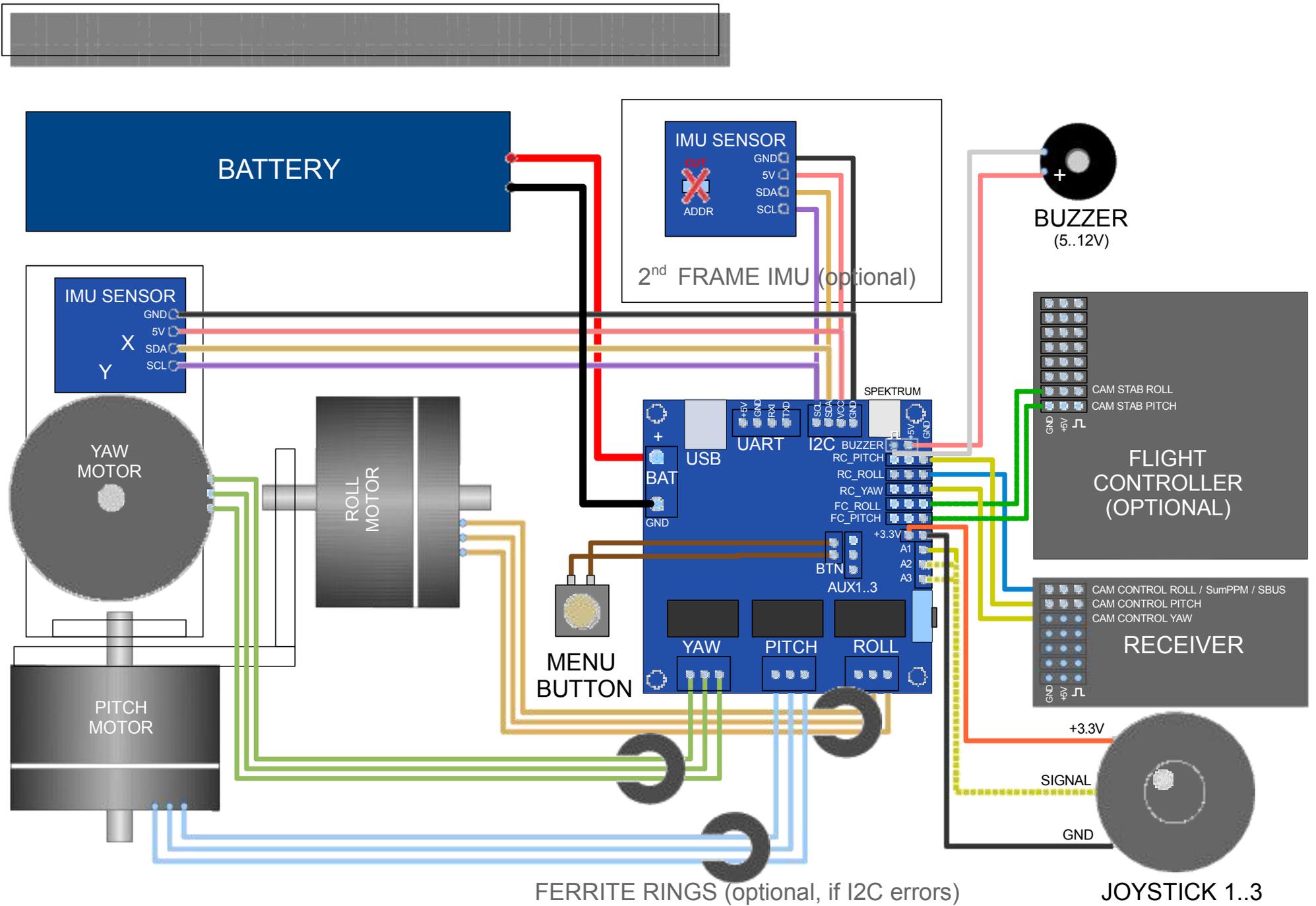
## 20. 可能的问题和解决方案

问题	可能原因	解决办法
电机不转	-电源未连接 -电极接反 -POWER功率设置为0	-检查所有连接 -设置POWER在50..200之间
相机试图达到平衡状态，但是失败	-相机未安装水平 -电机绕组有错误或者有相位受损 -POWER功率不够大	-调整相机重心平衡 -检查电机绕组 -增加POWER参数
航向轴快速移动时相机在横滚方向偏移，然后缓慢恢复水平	-加速计校准不良 -传感器和电机轴不平行	-进行高级的6面加速计校准 -调整传感器和电机轴使之平行
在带有加速度的快速运动下，相机出现偏移，然后缓慢恢复水平	-这是加速的正常效果	-尝试在高级页面中增加陀螺仪信任
在GUI里航向箭头缓慢转动	-缓慢漂移是正常的（小于1度/秒），因为长时间后陀螺仪会出现漂移现象	-陀螺仪校准时保证传感器静止 -重新校准陀螺仪
开机后相机缓慢偏移（在任意一个轴或所有轴方向）	-陀螺仪校准不良	-重新校准陀螺仪
工作时出现嘈杂声音，LED灯同时闪烁	-出现I2C错误。可能因为传感器的线过长，或者电机输出影响传感器（信号和电源线过于靠近，出现电容连接）	-减短传感器线； -在传感器控制板上降低上拉电阻值 -电机输出端安装峰值LC滤波器（电机线穿过铁氧体圈绕2-3圈）； -传感器线上安装峰值LC滤波器（同电机）；
高频震荡	-过高的D参数值所产生的反馈自激效应	-查看图表观察哪个轴有问题，降低D值
低频震荡	-过高的D参数值或过低的P参数值所产生的反馈自激效应	降低P值，增加D值
GUI无法连接至控制板	-COM端口选择错误 -GUI和固件版本不匹配	-试别的COM端口 -固件升级，下载相应版本的GUI

### 21. 鸣谢

特别感谢William对本用户手册的撰写所作出的贡献。

GUI翻译: E-Copter / Fabien Deregé (法语), Norbert Machinek (德语), Fpvmodel / Max (中文), Tomasz Ciemnoczułowski (波兰语), Iacopo Boccalari (意大利语), Lubos Chatval (捷克语), Henrick Almqvist (瑞典语), Brandon Kalinowski (英语), Togawa Manabu/Pawana LLC. (日语)。





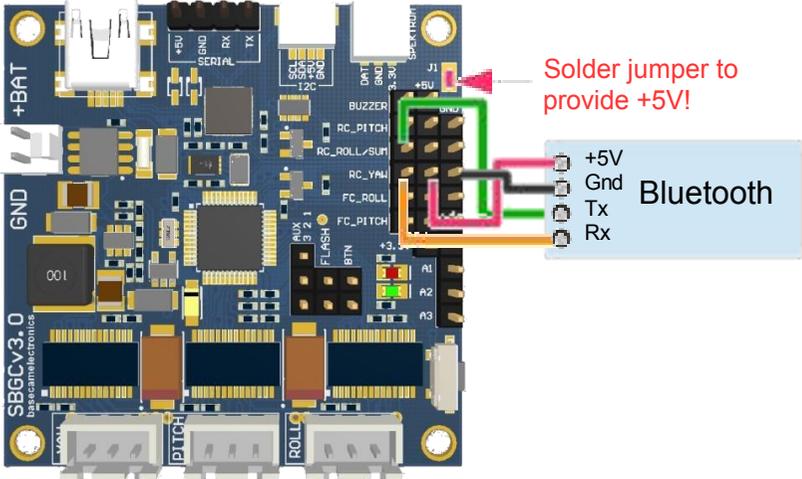
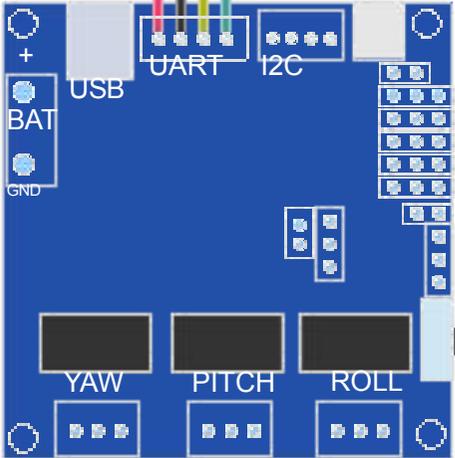
**Regular connection:**

**Optional connection:**  
(RC\_ROLL pin mode = SBGC Serial 2nd UART)



**Settings**  
Baud rate: 115200  
Parity: Even\* or None\*\*  
Data bits: 8  
Stop bits: 1

\* To upgrade firmware via Bluetooth, only 'Even' parity will work.  
\*\* Starting from firmware ver 2.41, 'None' parity is supported, too.  
Note, that by default, most modules configured with 'None' parity.



# SimpleBGC 32bit RC signal routing diagram

firmware ver. 2.43

