



Руководство пользователя программы настройки контроллера подвеса SimpleBGC

*Версия платы: 3.0
Версия прошивки: 2.41
Версия GUI: 2.41*

Подключение к компьютеру

Для подключения контроллера к компьютеру необходим mini- или micro- USB кабель (зависит от производителя платы). При первом подключении, необходимо установить драйвер. Если он не будет установлен автоматически, можно установить его, скачав по ссылке <http://www.silabs.com/products/mcu/pages/usbtouartbridgevcpdrivers.aspx>. После установки драйвера и подключения контроллера, в системе появляется новый виртуальный COM-порт, имя которого необходимо указать в окне графической оболочки (далее – GUI) при подключении.

Можно подключать контроллер к компьютеру и подавать питание от батареи одновременно. Но будьте внимательны и **не перепутайте полярность подключения батареи**, так как при подключенном USB, встроенная защита от переплюсовки отключается.

Для подключения также можно использовать беспроводное соединение через bluetooth-to-serial конвертер и USB-адаптер со стороны ПК. Примеры таких конвертеров: HC-05, HC-06, Sparkfun BlueSMiRF, и другие. Конвертер должен иметь 4 выхода: Gnd, +5V, Rx, Tx. На контроллере есть соответствующий разъем, обозначенный как UART. Схема подключения приведена в приложении в конце этого руководства.

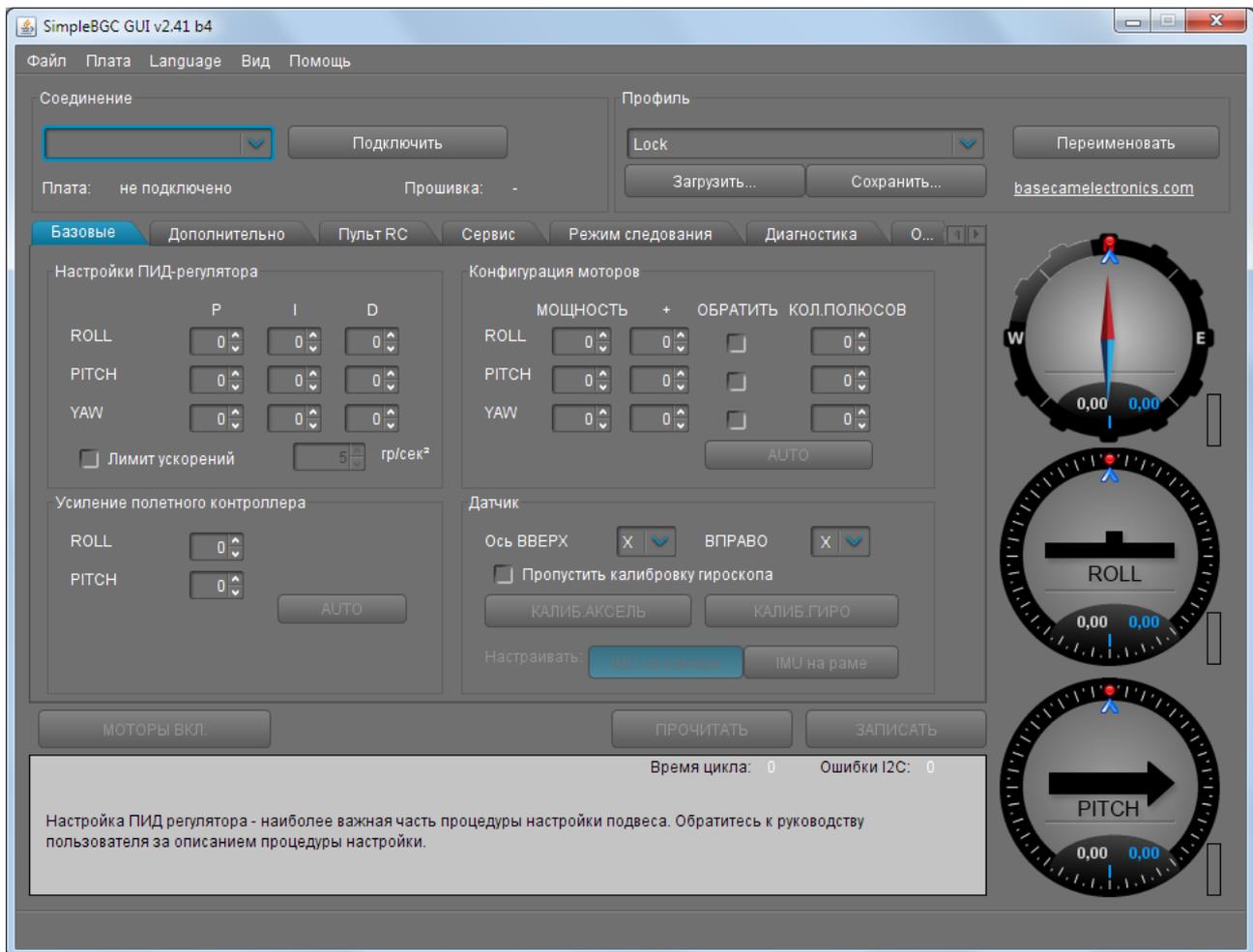
На заметку: Bluetooth-модуль должен быть настроен на скорость **baud=115200** и четность **parity=None** или **Even**. При настройке **None** можно подключаться к плате из GUI. При настройке **Even** можно не только настраивать контроллер, но и обновлять прошивку через bluetooth (как настраивать ваш bluetooth модуль, смотрите в руководстве к нему).

*Дальнейшее описание справедливо для русифицированной версии приложения. Для изменения языка, выберите **Русский** в меню **Language**, и перезапустите приложение.*

Запуск приложения

1. Подключите USB-кабель
2. Запустите GUI, в верхнем левом углу главного окна выберите COM-порт из списка и нажмите **Подключить**.
3. После соединения с платой будут прочитаны и загружены все профили, и в GUI отобразятся настройки текущего профиля. В любой момент можно повторно прочитать настройки с платы, нажав кнопку **ПРОЧИТАТЬ**
4. После редактирования параметров, нажмите **ЗАПИСАТЬ** для сохранения их в постоянную память контроллера (EEPROM). Сохраняется только текущий выбранный профиль. Для возврата к «заводским» настройкам, выберите команду меню «Плата» — «**Настройки по умолчанию**». Будут сброшены все параметры текущего профиля, но не будут затронуты общие настройки и данные калибровок. Для полного сброса всех настроек ВСЕХ профилей и общих настроек и калибровочных данных, выполните команду меню «Плата» - «**Стереть EEPROM**».
5. Для перехода к настройкам другого профиля, выберите его из списка в правом верхнем углу. Считывать параметры кнопкой ПРОЧИТАТЬ не обязательно. Вы можете сохранить разные настройки в 5 разных профилей. Профили можно переключать в GUI или кнопкой меню. Обратите внимание, что не все настройки разделяются по профилям - в частности, настройки, относящиеся к конфигурации аппаратной части, являются общими для всех профилей (такие как ориентация сенсора, входы RC, выходы на моторы и некоторые другие). Можно дать профилям произвольные имена. Они будут сохранены в плату и сохранятся при подключении к GUI на другом компьютере.

Обзор элементов GUI



Интерфейс состоит из следующих функциональных блоков:

1. Блок настроек в центральной части. Разделен на вкладки:
 - **Базовые** — настройки стабилизации подвеса. Их достаточно в большинстве случаев чтобы добиться хорошего качества работы.
 - **Дополнительно** — более тонкие настройки.
 - **Пульт RC** – настройки управления подвесом с приемника или джойстика
 - **Режим следования** — настройка специального режима управления камерой
 - **Сервис** — сервисные функции: кнопка меню, сигнализация, мониторинг батареи
 - **Диагностика** — вывод показателей датчиков в режиме реального времени. Помогает в настройке.
 - **Обновление** — проверка новых версий прошивки и GUI и обновление прошивки.
2. Соединение — выбор COM-порта и вывод информации о подключенной плате.
3. Профиль — выбор текущего профиля и средства сохранения/загрузки в файлы.
4. Приборная панель — графическое и цифровое отображение углов наклонов подвеса по трем осям. Черные стрелки показывают грубо, голубые стрелки более точно. Красная метка на круге отображает целевой угол, который должна удерживать данная ось. Голубые полоски показывают пиковые отклонения от среднего, а голубые цифры — максимальную амплитуду отклонений. По этим цифрам можно оценить ошибку стабилизации. Справа от прибора отображается текущий уровень выходной мощности на мотор, в % от 0 до 100. Серые стрелки показывают угол наклона рамы (относительно оси каждого мотора)
5. Кнопки чтения и записи настроек в плату
6. Кнопки включения/выключения моторов

7. Окно для вывода сообщений об ошибках (красным цветом) и подсказок по элементам интерфейса. Также в нем выводятся отладочная информация — время цикла, и кол-во ошибок I2C.
8. В самом низу выводится уровень напряжения батареи (если поддерживается платой)

Меню «Language»

Выбор языка среди нескольких вариантов, для которых есть перевод.

Меню «Вид»

В нем можно выбрать тему оформления интерфейса программы. Для яркого освещения на улице лучше выбирать высоко- контрастные схемы. Также можно развернуть приложение во весь экран, тем самым улучшив отображение на экранах нетбуков с низким разрешением.

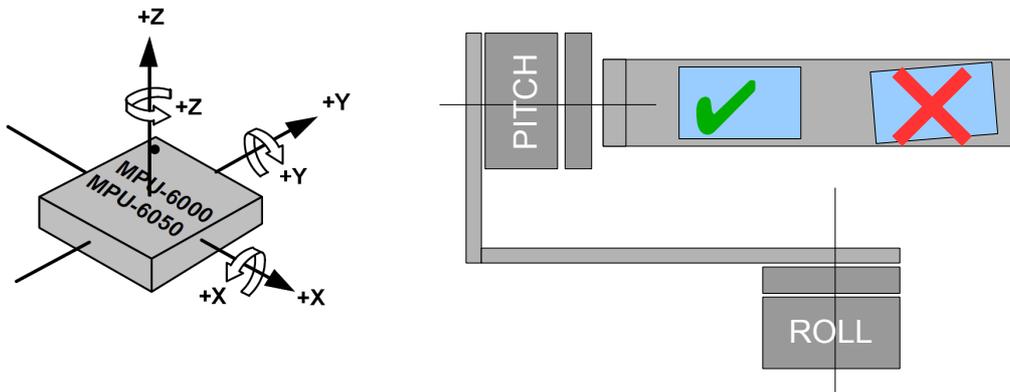
Далее в этом руководстве каждая вкладка описана более детально.

Базовые настройки

- **P,I,D** – параметры PID-регулятора отдельно для каждой оси.
 - **P** – характеризует отклик на возмущение. Чем больше, тем острее реакция стабилизации на внешние возмущения. Увеличивайте значение параметра с небольших величин до тех пор, пока качество стабилизации резких возмущений не станет приемлимым. Слишком большие значения могут привести к самовозбуждению системы, особенно при наличии вибраций на площадке камеры. Если появляются осцилляции, увеличивайте параметр D на 1..2 пункта и продолжайте увеличение P.
 - **D** – торможение реакции. Помогает погасить низкочастотные осцилляции, но слишком большие значения этого параметра могут вызвать высокочастотную дрожь, особенно при наличии вибраций на площадке камеры.
 - **I** – помогает повысить точность стабилизации, если возмущение действует продолжительное время. При настройке нужно добиться максимального значения этого параметра: поставьте его немного ниже порога, при котором начинаются низкочастотные осцилляции. В начале настройки поставьте $I=0.01$, настройте параметры P и D, затем медленно увеличивайте I до появления медленных осцилляций. Это и будет пороговым значением I.
- **Лимит ускорений** - опция, ограничивающая угловые ускорения в случае резкого управления с RC или Serial. Помогает избежать рывков или пропуска шагов, сделать начало движения и остановку камеры более плавными. Единицы измерения - градусы / секунду²
- **МОЩНОСТЬ** – максимальное напряжение, выдаваемое на мотор, от 0 до 255, где 255 соответствует напряжению питания. Подбирайте этот параметр в зависимости от характеристик мотора. Основные правила:
 - **мотор не должен перегреваться!** Слишком высокая температура (>80C) приведет к необратимому повреждению магнитов
 - слишком низкое напряжения может давать недостаточно тяги и качество стабилизации будет неудовлетворительным в сложных условиях (ветер, повышенное трение в шарнирах, дисбаланс камеры).
 - плавно уменьшая этот параметр, можно подобрать оптимальное значение — наименьший потребляемый ток без ущерба для качества.
 - Увеличение мощности равнозначно увеличению остроты реакции, поэтому необходимо согласовывать этот параметр с параметрами PID-регулятора.
- **«+» - ДОП.МОЩНОСТЬ** - дополнительная мощность, которая прибавляется к основной в случае ошибки (пропуска шагов и потери синхронизации). Временное усиление мощности помогает вернуть камеру в нормальное положение.
- **ОБРАТИТЬ** – инверсия направления вращения двигателей. Очень важно правильно выставить этот параметр. Для определения направления вращения, выставьте P, I, D =0, **МОЩНОСТЬ** согласно рекомендациям выше. Платформу с камерой выставьте по возможности горизонтально (допустимо небольшое отклонение из-за залипания магнитов в моторах). Нажмите кнопку **AUTO** в группе «Конфигурация моторов» и дождитесь окончания калибровки.
- **КОЛ.ПОЛЮСОВ** – количество полюсов мотора. Соответствует количеству магнитов. При калибровке оно определяется автоматически, но может быть определено не точно. Выставьте его вручную. Для наиболее распространенных моторов с 14 полюсами и схемой намотки DLRK, необходимо выставлять 14.
- **Усиление полетного контроллера** – коэффициенты для правильного согласования с внешним полетным контроллером. Для повышения качества стабилизации и задействования некоторых вспомогательных функций, необходимо знать угол наклона рамы коптера. Гиродатчики подвеса не дают такой информации. Большинство полетных контроллеров имеют выходы на сервоприводы подвеса, которые необходимо подключить к контроллеру SimpleBGC на входы EXT_ROLL, EXT_PITCH (см. схему подключения на сайте). Алгоритм настройки следующий:
 - В полетном контроллере активируйте выход на подвес и задайте компенсацию на сервоприводы для того диапазона углов, в котором вы планируете летать (к примеру, +-30

градусов наклона рамы должно соответствовать полному рабочему диапазону сервопривода)

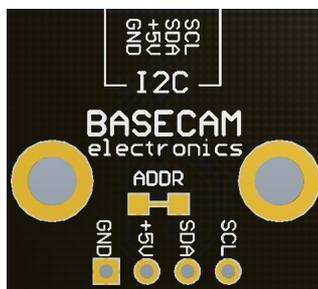
- Отключите любые сглаживания и фильтры, если они предусмотрены в настройках полетного контроллера
- На вкладке **Пульт RC** убедитесь, что входы EXT_ROLL, EXT_PITCH на задействованы для управления подвесом (т. е. не выбраны ни в одном выпадающем списке)
- На вкладке **Диагностика** проконтролируйте наличие сигнала EXT_FC_ROLL, EXT_FC_PITCH и его правильное разделение по осям (т. е. наклон рамы по оси ROLL вызывает отклонение столбика EXT_FC_ROLL в пределах диапазона примерно 900..2100, аналогично для EXT_FC_PITCH)
- Подключите питание и настройте стабилизацию согласно рекомендациям (ПИД, МОЩНОСТЬ, ОБРАТИТЬ)
- Нажмите кнопку **AUTO** в группе «Усиление полетного контроллера» и медленно наклоняйте раму мультиротора по каждой оси в разные стороны в течение 10-30 секунд.
- Нажмите кнопку **AUTO** повторно для прекращения калибровки (также, калибровка прекращается сама после некоторого продолжительного периода времени). Вычисленные коэффициенты запишутся в память и отобразятся в GUI.
- **Датчик** — тут можно задать ориентацию датчика на рамке камеры. При стандартной установке датчика, если смотреть по направлению камеры, то направлениям ВВЕРХ и ВПРАВО будут соответствовать оси датчика Z и X. Если оси на плате сенсора не промаркированы, можно определить направления по ориентации чипа:



- Также, можно разместить датчик в любом положении (но обязательно его оси должны быть строго параллельны осям моторов) и подобрать настройки экспериментально. При правильной настройке:
 - камера наклоняется вперед — PITCH наклоняется по часовой стрелке.
 - Камера наклоняется вправо — ROLL наклоняется вправо.
 - Камера вращается по часовой стрелке — YAW вращается также по часовой стрелке.
 - **Пропустить калибровку гироскопа** — при старте системы, калибровка гироскопа не выполняется, а используются данные, сохраненные в последний раз. Это ускоряет старт системы до 1 секунды. Но данные калибровки могут устаревать с течением времени или при изменении погодных условий, поэтому при обнаружении проблемы дрейфа горизонта, или просто время от времени, рекомендуется перекалибровать гироскоп.

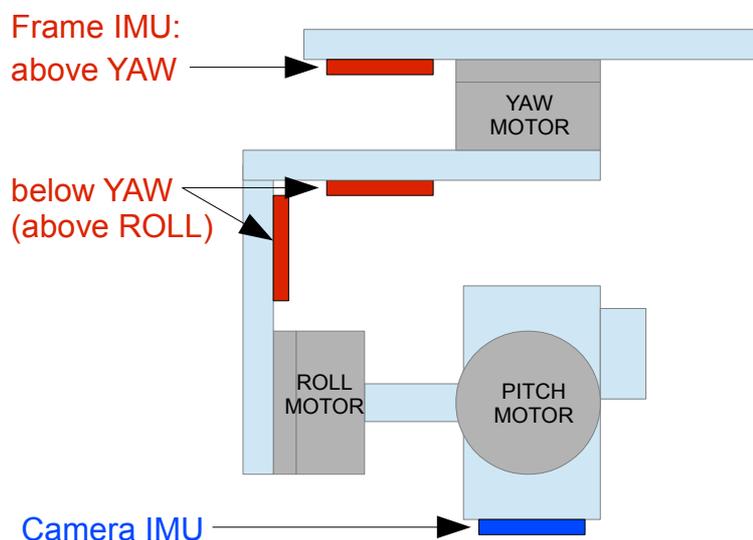
Второй датчик на раме

32-битный контроллер поддерживает подключение второго датчика IMU параллельно первому, к той же шине I2C, но с другим адресом: основной сенсор должен иметь адрес 0x68, дополнительный — 0x69. Смотрите инструкции производителя по смене адреса сенсора (к примеру, это может быть перерезаемая перемычка, обозначенная как ADDR):



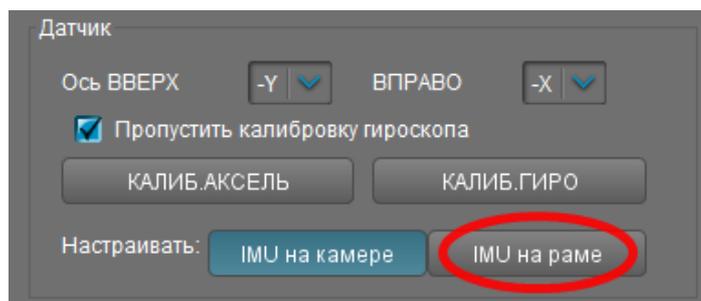
Второй датчик устанавливается на раме и помогает в стабилизации: сообщает угловые скорости рамы для минимизации ошибки ПИД-регулятора, и сообщает углы наклона рамы для корректного распределения моментов по моторам в случае наклона рамы.

Второй датчик может быть установлен в двух местах в любой ориентации (как и для основного датчика, обязательно параллельно осям моторов). При установке над мотором YAW он помогает стабилизации по сем трем осям, но система может быть недостаточно стабильной, так как с течением времени дрейфт гироскопов вызовет рассогласование взаимной ориентации датчиков, а алгоритм корректировки дрейфта не всегда справляется с этим. При установке под мотором YAW, он помогает в стабилизации только по осям ROLL и PITCH, но проблемы дрейфта гироскопа не возникает.



После того как датчик установлен, нужно задать в GUI его ориентацию, руководствуясь теми-же правилами, что и для основного датчика. Затем провести калибровку акселерометра и калибровку гироскопа. Обратите внимание, что в процессе калибровки гироскопа (при старте системы и по команде из GUI), одновременно калибруются оба датчика, так что нужно обеспечить их полную неподвижность.

Для настройки датчика в GUI переключитесь на него, нажав кнопку «IMU на раме» на вкладке «Базовые»:



Если переключение не произошло, второй датчик не подключен, неправильно настроен его адрес, или его расположение не задано (задайте его на вкладке «Дополнительно»).

После переключения на второй датчик, приборная панель будет отображать его углы наклонов, на вкладке «Диагностика» пойдут сырые данные с его акселерометра и гироскопа, заданием осей ВВЕРХ и ВПРАВО можно настроить его ориентацию, а кнопкой «КАЛИБ.АКСЕЛЬ» откалибровать его акселерометр.

Вкладка «Пульт RC»

Входы RC

Тут задается соответствие аппаратных входов логическим каналам управления, и режимы их работы. В контроллере предусмотрено 5 цифровых входов для подключения аппаратуры управления, и 3 аналоговых для подключения джойстика. Все входы можно назначить на логические каналы: три канала на каждую ось, один канал команд, и два канала от внешнего полетного контроллера. Кроме того, можно подмешивать два канала FC_ROLL и FC_PITCH к каналам управления любыми двумя осями (например, для одновременного управления с RC и аналогового джойстика). Если управление какой-либо осью не требуется, оставьте опцию «не подключен».

Цифровые входы поддерживают режим PWM (его выдают наиболее распространенные приемники). Аналоговые входы принимают сигнал от 0 до 3.3В. Кроме этого, специальный вход RC_ROLL поддерживает формат Sum-PPM и несколько популярных серийных протоколов (S-bus и Spektrum)

Есть возможность запитать приемник от линии +5В контроллера через стандартный серво-кабель (3-х пиновый разъем с линиями GND, +5V, Data). Для этого нужно запаять перемычку, которая подает питание на центральный штекер разъема (в стандартной версии платы она расположена рядом с группой RC-входов и обозначена J1).

- **Режим входа RC_ROLL** — можно выбрать стандартный PWM, как и для остальных входов, или один из специальных протоколов. Для подключения приемника Spektrum на плате предусмотрен специальный 3-х пиновый разъем (подключен параллельно RC_ROLL).
- **Аппаратные входы** - для каждого логического канала управления, выберите аппаратный вход (они промаркированы на плате).
 - **RC_ROLL, RC_PITCH, RC_YAW, FC_ROLL, FC_PITCH** - цифровые PWM (широотно-импульсная модуляция) входы, совместимые с 3-х и 5-ти вольтовыми приемниками.
 - **ADC1, ADC2, ADC3** — аналоговые входы, поддерживают подачу постоянного напряжения от 0 до +3.3В. К примеру, переменный резистор в аналоговом джойстике выдает такой сигнал. Для подключения джойстика, крайние выводы резистора соедините с выводами разъема +3.3В и GND, а центральный вывод резистора подключите к сигнальному входу.
 - **VIRT_CH_XX** – Если выбран специальный режим входа RC_ROLL, можно назначить любому из каналов управления виртуальный канал (в случае Sum-PPM их может быть до 8, в случае s-bus до 16).
- **Каналы управления**
 - **ROLL, PITCH, YAW** - управления поворотом камеры по соответствующим осям
 - **CMD** позволяет выполнять заранее заданные действия по сигналу с пульта управления. Вы можете назначить двух- или трех-позиционный переключатель на пульте управления на отдельный канал, и назначить его CMD. Диапазон разделен на три зоны: LOW (низ), MID (середина), HIGH (верх). При переключении тумблера, сигнал переходит из одной зоны в другую и выполняется команда, назначенная этой зоне. Подробнее список команд рассмотрен в разделе [Кнопка меню](#).
 - **FC_ROLL, FC_PITCH** - предназначен для ввода сигналов от внешнего полетного контроллера, или для ввода дополнительных сигналов для смешивания. Подробнее в разделе [Усиление полетного контроллера](#)
- **RC Mix** - смешивание входов. Можно объединить сигналы с логических каналов FC_ROLL, FC_PITCH (предварительно назначив им аппаратные входы) с сигналами логических каналов ROLL, PITCH, YAW, по заданной пропорции. Например, если задать 50% - результирующий сигнал будет арифметическим средним двух исходных. Это позволяет настроить одновременное управление камерой с аналогового джойстика и приемника, или с двух приемников, или смешать сигнал с приемника с сигналом о наклоне с внешнего полетного контроллера

Режимы управления

- **Пропорциональный режим** — в этом режиме пульт управляет углами наклона камеры. Полному диапазону отклонения стиков соответствует поворот камеры на заданные углы от минимального до максимального из настроек. Если стик не меняет своего положения, то камера стоит на месте. Скорость поворота камеры задается параметром **Скорость** и ограничителем ускорений.
- **Инкрементальный режим** — в этом режиме пульт управляет угловой скоростью поворота камеры. Если стик в центре — камера стоит на месте. Если стик отклонен — камера поворачивается, но не выходит за пределы минимального и максимального углов, заданных в настройках. На границах движение плавно замедляется. В обоих режимах возможен реверс управления (см. выше). Скорость поворота пропорциональна углу отклонения стика и настройке **Скорость**. В этом режиме также задействован ограничитель ускорений.
- **Мин. угол, Макс. угол** – диапазоны регулировки углов наклонов с пульта. Для инверсии управления, укажите первым большее значение, а вторым меньшее. Например, если вы планируете наклонять подвес только вниз на 90 градусов, укажите 0..90 или 90..0 для инверсии.
- **Сглаживание** – фильтрация сигнала управления. Чем выше значение, тем плавнее реакция на стики. т. е. этот фильтр сглаживает резкие движения, но при этом вносит небольшую задержку.
- **Начальный угол** — если оси не сопоставлен аппаратный канал управления, или на нем отсутствует сигнал — при старте системы будет задан указанный целевой угол.

Вкладка «Режим следования»

Здесь настраивается специальный режим управления камерой, при котором камера следует за наклонами и поворотами внешней рамы, на которой закреплен подвес. Возможны два алгоритма работы этого режима: в первом угол наклона рамы сообщает внешний полетный контроллер, во втором он определяется на основе данных о магнитном поле моторов. Первый режим более точный, но имеет ограничения на углы наклонов и требует подключения и настройки внешнего полетного контроллера. Работает только для осей ROLL и PITCH. Второй режим допускает работу при любых углах наклона внешней рамы, но не допускается пропуск «шагов» (в случае срыва магнитного поля необходимо будет выставить камеру вручную). Для YAW это единственный вариант работы в режиме следования.

Скорость следования определяется параметром **Скорость** на этой же вкладке. Действуют ограничения на **Мин.** и **Макс. углы** и **Сглаживание** управления из вкладки «Пульт RC».

Настройки режима:

- **Отключен** — следование по осям ROLL и PITCH не выполняется.
 - **Определять углы рамы по магнитному полю** - позволяет приблизительно определять угол наклона рамы, даже когда режим следования отключен. Знание этого угла необходимо для расширения диапазона рабочих углов рамы, при которых сохраняется стабильная работа подвеса (фактически это позволит работать при любом угле от 0 до 360°). Для правильной работы этой опции необходимо настроить **Смещение** согласно рекомендациям ниже. Не рекомендуется использовать этот режим в полете, т. к. в случае срыва стабилизации может потребоваться ручная коррекция.
- **Следовать за полетным контроллером, %** - первый вариант работы, для которого необходимо подключить и настроить внешний полетный контроллер. Можно задать в процентах, на сколько повторять наклоны рамы.
- **Следовать по PITCH, ROLL** – второй вариант работы, для которого внешний полетный контроллер не нужен. Камера управляется наклонами рамы. Этот режим будет интересен в первую очередь тем, кто использует контроллер для стабилизации камеры в носимых устройствах. Он позволяет очень естественно и точно управлять камерой без помощи органов управления, таких как джойстик или радиопередатчик. При углах наклона камеры от линии горизонта до 30 градусов (задается настройкой), управляется только ось PITCH, а ROLL стабилизирован по уровню горизонта. После 30 градусов, когда камера смотрит вниз или вверх, управляются уже обе оси.
 - **ROLL старт, град.** - установите угол (в градусах) наклона камеры по PITCH вверх или вниз, после которого ось ROLL переключается из режима привязки к горизонту, в режим следования за рамкой.
 - **ROLL переход, град.** - установите угол (в градусах) наклона камеры по PITCH, в пределах которого для оси ROLL происходит плавный переход из режима привязки к горизонту в режим следования за рамкой (см. рисунок)



НА ЗАМЕТКУ: чтобы полностью отключить следование по ROLL, установите значения параметров (90, 0). Чтобы включить следование по ROLL независимо от угла наклона камеры, установите значения (0, 0)

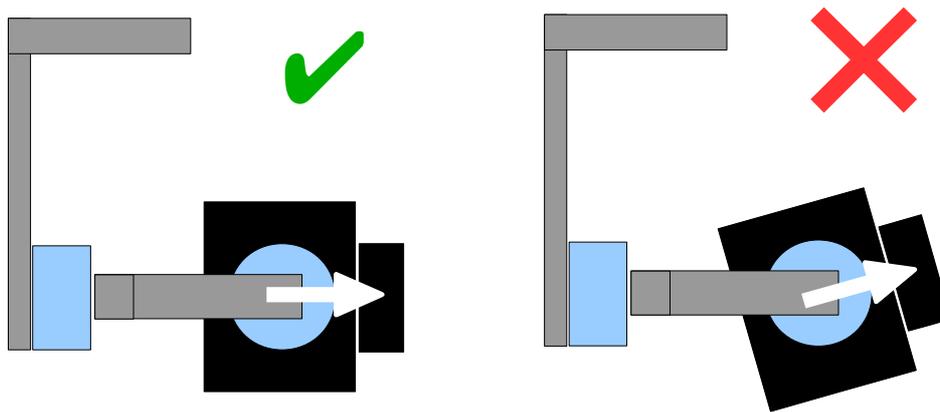
- **Следовать по YAW** – панорамирование камеры управляется поворотом рамы. Этот режим может быть включен независимо от режима работы остальных осей. Если камера при старте системы смотрит не в том направлении, необходимо руками грубо выставить нулевой угол рама-камера, и более точно настроить его параметром **Смещение** для YAW.
- **Мертвая зона** — задает зону в градусах, в пределах которой отклонение рамы не вызывает поворота камеры. Это позволяет игнорировать мелкие воздействия на раму при ходьбе.
- **Кривая экспоненты** - чем больше это значение, тем плавнее управление вблизи

нейтрального положения. Она позволяет добиться очень плавных поворотов камеры, отклоняя внешнюю раму подвеса на небольшие углы, и вместе с тем возможно динамичное управление, если увеличить углы отклонения рамки.

- **Смещение** - эта настройка относится к калибровочным. Для правильной работы режима следования необходимо точно выставить нулевой угол камеры относительно рамы по оси ROLL и PITCH. Для этого установите внешнюю раму в горизонтальном положении (ЭТО ОЧЕНЬ ВАЖНО!) и нажмите AUTO. Автоматически будет определен нужный угол смещения. Подстройка угла по оси YAW необходимо, если камера после инициализации системы фиксируется под неправильным углом, и руками не выравнивается. Для коррекции подберите нужный угол смещения экспериментально.
- **Скорость** - задает скорость реакции на отклонение рамы. Максимальная скорость зависит от возможностей моторов. Если они не могут выдать достаточное усилие для быстрого поворота камеры, они будут пропускать полюса. Уменьшите скорость, или используйте ограничитель ускорений из первой вкладки.

Работа системы в режиме следования

При старте системы в режиме следования, держите раму горизонтально и руками выставите камеру в горизонтальное положение и ровно по курсу. Камера легко «перескакивает» между магнитными полюсами, и достаточно примерно развернуть ее, дальше она сама перейдет к нужной точке.



Плавно поворачивайте и наклоняйте раму. Повороты в пределах $\pm 45^\circ$ задают скорость управления камерой от 0 до 100%. Камера поворачивается в соответствии с настройками скорости следования, пока ее углы не сравняются с углами рамки, или не будут достигнуты заданные ограничения (если камера при повороте рамы движется непредсказуемо, возможно выставлено неправильное направление вращения моторов и потребуется изменить флаг **Инвертировать** на вкладке базовых настроек).

Для достижения плавности в управлении, увеличивайте параметры **Сглаживание** (вкладка RC), **Экспонента**, и уменьшайте **Скорость** и **Ограничение ускорений**. Для динамичного управления, наоборот, убирайте сглаживание и экспоненту, и повышайте скорость.

В случае сбоя стабилизации из-за внешнего воздействия, камера может полностью утратить синхронизацию с рамой. В этом случае ее нужно вернуть руками. ОЧЕНЬ ВАЖНО при этом держать раму горизонтально, т. к. в этот момент калибруется нулевой угол рамы.

Одной из интересных возможностей является переключение режима следования на лету, в процессе съемки (при помощи переключения профилей). При этом сохраняется текущий угол камеры.

Вкладка «Дополнительно»

- **Настройки ИНС** - опции, влияющие на точность определения углов наклонов камеры.
 - **Доверие гироскопу** - чем выше значение, тем большая роль отводится гироскопу при определении углов. Это уменьшает ошибки, связанные с ускорениями при старте/остановке или движением по дугам. Но при этом хуже компенсируется дрейф гироскопа, приводя к наклону линии горизонта с течением времени. Для полетов на небольших скоростях, рекомендуется установить небольшие значения (40..80), что даст более стабильный горизонт в течение длительного периода времени. В случае полетов с агрессивными маневрами, лучше установить значение побольше (100..150)
 - **Компенсировать ускорения** — указание использовать физическую модель мультиротора для компенсации ускорений при полете. *Эта настройка работает только при подключении внешнего полетного контроллера или второго IMU на раме.*
- **Настройки частот**
 - **Скорость порта** — тактовая частота, на которой передаются данные по COM-порту между контроллером и GUI. Настраиваемая скорость может быть полезна для удаленного соединения через Bluetooth или модем, где небольшие скорости позволяют достичь более устойчивой связи.
 - **Частота ШИМ** — задает частоту ШИМ для управления моторами (ШИМ — это способ изменить выходное напряжение путем включения/выключения тока с высокой частотой). Доступны два режима — низкочастотный в слышимом диапазоне, и бесшумный ультразвуковой. В бесшумном режиме частота переключений выше, и поэтому потребуется немного увеличить выходную мощность, т.к. больше энергии рассеивается в тепло при переключениях ключей в драйверах моторов.
- **Выходы на моторы** — эта настройка задает соответствие физического выхода на мотор для логических осей стабилизации. Если ваша система двухосевая, отключите третью ось, чтобы алгоритм стабилизации работал правильно.
- **Подстройка RC** – позволяет скорректировать неточности аппаратуры управления.
 - **ROLL, PITCH, YAW trim** – подстройка нуля логических каналов управления. Нулем в данном приложении считается уровень PWM 1500. Лучше подстроить его в настройках аппаратуры управления, руководствуясь показаниями входного сигнала на вкладке «Диагностика». Если сделать сложно (например, в качестве управляющего устройства используется аналоговый джойстик) можно подстроить нули в GUI. Установите ручки в центр и нажмите **AUTO**. Текущие показания будут считаны и приняты за нулевой отсчет.
 - **Мертва зона** — задает мертвую зону около нейтрального положения ручки управления. Внутри этой зоны, управление не действует. Эта настройка работает только в инкрементальном режиме управления скоростью, и позволяет улучшить управляемость исключив ошибки возврата ручки в центр или дрожания из-за погрешностей в обработке сигнала.
 - **Экспонента** — настраивает степень прогиба кривой экспоненты, которая позволяет получить более точный контроль в зоне малых значений вблизи центра, но более грубый контроль ближе к краям. Действует только в режиме **СКОРОСТЬ** для всех осей, и в режиме **СЛЕДОВАТЬ** для оси YAW.
- **Датчик**
 - **Фильтр гиро** – фильтрация показаний гироскопа. Не рекомендуется выставлять значения, отличные от 0, т. к. усложняется настройка PID-регулятора. Может помочь в случае высокого уровня шума с гироскопа (цифровой шум или высокочастотные вибрации) Оценить зашумленность можно по графикам на вкладке «Диагностика»
 - **Повышенная чувствительность гироскопа** — повышает чувствительность сенсора вдвое. Может пригодиться для настройки подвеса для больших камер, когда параметры PID близки к верхним границам, но удовлетворительное качество стабилизации все ещё не достигнуто. Увеличение чувствительности равнозначно увеличению P и D параметров в два раза.

- **Включить подтяжки I2C** - включает встроенные подтяжки линий SDA, SCL шины I2C. *Для 32битной платы включение подтяжек не имеет смысла.*
- **IMU на раме** — задает месторасположение второго сенсора IMU. Более подробно в разделе «Базовые настройки»

Вкладка «Сервис»

Кнопка меню

Если вы подключили кнопку меню (разъем BTN), то можно назначить различные команды многократным нажатиям кнопки. Доступные команды:

- **Включить профиль 1..3** — загружается выбранный профиль
- **Calibrate ACC** – калибровка акселерометра. Поведение соответствует кнопке в GUI.
- **Swap RC PITCH – ROLL** — временное переключение входа с приемника по каналу PITCH на канал ROLL. В большинстве случаев, достаточно одного канала для управления наклоном подвеса по тангажу. Перед полетом, вы можете переключиться на канал ROLL и точно выставить крен. Повторное нажатие переключает вход обратно, и в памяти сохраняется текущее значение управления ROLL
- **Swap RC YAW – ROLL** — аналогично предыдущему пункту
- **Set tilt angles by hand** – на несколько секунд отключает моторы и запоминает положение камеры. В дальнейшем камера остается в этом положении. Функция может быть полезна для точной установки горизонта или угла наклона перед полетом.
- **Reset controller** – полная перезагрузка с прохождением калибровки и т. д.
- **Motors Toggle, motors ON, Motors OFF** – переключать состояние моторов, или включать и выключать их.
- **Frame upside-down** – быстрая перестройка системы под расположение рамы вверх-ногами (при сохранении обычного расположения камеры). При этом переключается инверсия мотора YAW и на 180° поворачивается настройка второго IMU на раме. При повторном выполнении команды, настройки возвращаются в первоначальное состояние.

Мониторинг батареи

Сенсор напряжения используется для предупреждения о разряде, а также для компенсации падения напряжения при нормальном процессе разряда батареи.

- **Калибровать** - если отображаемое напряжение отличается от реального, нажмите эту кнопку и укажите реальное напряжение (измерив его с помощью вольтметра). Контроллер автоматически изменит калибровочные коэффициенты, чтобы измеряемое им напряжение соответствовало реальному. Учтите, что при сбросе настроек на заводские, эта калибровка также теряется.
- **Низкое напряжение - тревога** - если опция включена, будет выдан сигнал на пищалку при падении напряжения ниже порога.
- **Низкое напряжение - остановка** - если опция включена, при падении напряжения ниже порога моторы будут остановлены для уменьшения потребляемого контроллером тока.
- **Компенсировать падение напряжения** - если опция включена, автоматически будет увеличен параметр POWER для всех моторов, пропорционально разнице между текущим напряжением батареи, и референсным, заданным в поле «**Полная батарея**». Чтобы эта опция имела эффект, при настройке подвеса указывайте POWER меньше 255, чтобы был запас для его увеличения.
- **Значения по умолчанию** - выберите тип батареи, чтобы загрузить в настройки порогов типичные значения для этого типа и количества ячеек.

Пищалка

Предназначена для подачи звуковых сигналов при наступлении определенных событий. Можно включить или отключить сигнализацию для разных типов событий. На некоторых платах выход на пищалку сделан отдельно. К нему можно подключить активную пищалку (со строенным генератором), рассчитанную на 5В и ток не более 40ма.

Можно не подключать пищалку, а издавать звук моторами. Учтите, что они могут издавать звук, только

когда включены и подано основное напряжение питания.

Световая сигнализация

На плате присутствует сигнальный светодиод (LED), который показывает текущие режимы работы:

- **LED не горит** — пауза перед калибровкой, чтобы успеть убрать руки
- **LED редко мигает** — идет калибровка. В зависимости от режима, обеспечьте неподвижность или следуйте инструкциям
- **LED быстро мигает** — ошибка системы, стабилизация не может быть выполнена. Для диагностики ошибки подключите GUI
- **LED горит постоянно** — идет стабилизация в нормальном режиме
- **LED горит постоянно, но иногда мигает** — в процессе работы регистрируются ошибки шины I2C или срыв синхронизации.

Вкладка «Диагностика»

В этой вкладке отображаются сырые данные с датчиков, отладочная информация, и входные сигналы на логических каналах управления.

- **ACC_X,Y,Z** – данные акселерометра.
- **GYRO_X,Y,Z** – данные гироскопа. Помогают определить качество настройки ПИД-регулятора, в частности P и D.
- **ERR_ROLL,PITCH,YAW** – графики максимальной ошибки стабилизации. Соответствуют пиковым индикаторам в панели приборов и показывают максимальные углы отклонений камеры.

Каждый график может быть включен или выключен. Ползунок **Масштаб** позволяет увеличить/уменьшить диапазон по оси Y.

Если включен чекбокс «**Получать доп.информацию**», в GUI передается следующая отладочная информация:

- **RMS_ERR_R, RMS_ERR_P, RMS_ERR_Y** – средняя амплитуда вибрации, измеренная гироскопом. Она помогает определить, какая из осей склонна к самовозбуждению: при появлении даже легкой вибрации в системе, график одной из осей вырастет быстрее остальных.
- **FREQ_R, FREQ_P, FREQ_Y** – главная частота вибрации. Этот показатель имеет смысл, только если вибрации имеют заметную амплитуду. Если частота вибрации не меняется при изменении настроек ПИД, это может говорить о наличии механических резонансов в системе, и самовозбуждение как правило, начинается на этих частотах. Применяйте режекторные фильтры для устранения этих резонансов (см. раздел «**Фильтры**» в будущих версиях).

Обновление прошивки

Автоматическое обновление

Для проверки наличия новой версии прошивки, подключитесь к плате и нажмите кнопку «**Проверить**» Вы получите список всех доступных версий (включая старые), с подробным описанием изменений. Выберите версию для загрузки и нажмите кнопку «**Обновить!**». Обычно процесс обновления занимает 10-30 секунд.

ВНИМАНИЕ! Не отключайте USB-кабель от платы во время обновления.

Если при попытке обновления вы видите ошибку "CreateProcess error=14001", требуется установить Microsoft Visual C++ 2008 x86 redistributable по этой ссылке: <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=5582>.

Можно настроить систему для проверки обновлений автоматически. Она выполняется раз в сутки при запуске приложения.

Ручное обновление

Эта возможность нужна для восстановления прошивки после сбоя автоматического обновления, если вы не можете подключиться к GUI. Для загрузки прошивки в ручном режиме, выполните последовательность действий:

1. Отключите питание и USB кабель
2. Замкните перемычку FLASH на плате
3. Подключите плату USB кабелем к компьютеру
4. Запустите GUI, перейдите во вкладку «Обновление» - «Ручное». Выберите COM-порт где определяется плата, **НО НЕ НАЖИМАЙТЕ КНОПКУ «ПОДКЛЮЧИТЬ»**
5. Выберите hex-файл с прошивкой для загрузки. Выберите версию платы V3
6. Нажмите кнопку «**ЗАПИСЬ**» и дождитесь окончания прошивки.
7. Снимите перемычку FLASH на плате и отключите питание для перезагрузки контроллера.

Если плата нормально подключается к GUI, последовательность ручной загрузки прошивки упрощается:

1. Подключите плату USB кабелем к компьютеру
2. Подключитесь из GUI, перейдите во вкладку «Обновление» и выберите hex-файл с прошивкой для загрузки.
3. Нажмите кнопку «**ЗАПИСЬ**» и дождитесь окончания прошивки.

Возможные проблемы при обновлении

Вопрос: Процесс записи прошивки был прерван, и плата больше не работает и не подключается к GUI. Что делать?

Вопрос: Я по ошибке залил не ту прошивку (от другой платы, не тот файл, и т.д.). Симптомы те же.

Решение: Ничего страшного, испортить плату таким способом невозможно в принципе. Нужно записать специальную «восстановительную» прошивку, которая расположена в директории *SimpleBGC_GUI/firmware/simplebgc_recovery_32bit.hex*. Заливать ее нужно в ручном режиме, как описано выше. После этого, можно будет обновить прошивку на нормальную во вкладке автоматического обновления.

Вопрос: Я видел, что у кого-то есть более поздняя версия прошивки. Но при проверке обновлений я ее не вижу. Почему?

Ответ: Это нормально. Могут быть разные версии аппаратной части, для которых подходят не все выпускаемые версии прошивки. Кроме того, есть бета-версии прошивки, доступные только бета-тестерам. При обновлении вы будете получать только стабильные версии, выпущенные для вашей платы.

Вопрос: Можно ли обновить прошивку на Make или Линуксе?

Ответ: К сожалению, нет. Используется утилита от компании ST (разработчика микропроцессора, используемого в контроллере), которая есть только в версии для Windows.

Вопрос: У моей платы нет USB разъема, но есть встроенный Bluetooth. Могу ли я обновить прошивку?

Ответ: Да, прошивка обновляется точно также, как и по USB. Встроенный модуль уже имеет необходимые настройки.

Вопрос: Я подключил внешний Bluetooth-модуль и он замечательно работает с GUI. Можно ли через него обновить прошивку?

Ответ: можно, только если он правильно настроен: скорость=115200, четность=Even, стоп-биты=1 (такая настройка обозначается как 8E1). Обратитесь к инструкции на свой модуль, чтобы узнать как поменять его настройки.

Вопрос: Обязательно ли отключать основное питание от платы для обновления прошивки?

Ответ: нет, не обязательно.

Вопрос: После обновления прошивки я не могу подключиться к GUI – выдается ошибка о несоответствии версий. Почему?

Ответ: Важно, чтобы GUI был совместим с загруженной в микроконтроллер прошивкой. В информации о прошивке обычно указана ссылка на GUI, который совместим с ней. Также можно найти нужную версию GUI на нашем сайте www.basecamelectronics.com в разделе Downloads (и в его русской версии).

Вопрос: При обновлении я получаю ошибку «CreateProcess error=14001»

Решение: На компьютере отсутствует необходимая библиотека. Требуется установить Microsoft Visual C++ 2008 x86 redistributable по этой ссылке: <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=5582>.

Пошаговая настройка подвеса

Настройка механики

Установите камеру и сбалансируйте подвес по всем трем осям. От качества балансировки зависит качество стабилизации. Для проверки балансировки каждой оси, возьмите подвес в руки с отключенным питанием, и резко двигайте вперед-назад или влево-вправо вдоль каждой из осей, стараясь поймать резонанс и раскачать подвес. Если это не удастся, или частота резонанса очень низкая — ось сбалансирована нормально.

НА ЗАМЕТКУ: При хорошей балансировке и отсутствии трения, можно серьезно ограничить потребляемые токи с сохранением требуемого качества стабилизации

Если вы перематывали моторы самостоятельно, рекомендуется проверить их намотку. Для этого снимите их с подвеса, подключите к контроллеру, установите параметры $P = 0$, $D = 0$, $I = 0.1$ для каждой оси, **МОЩНОСТЬ** достаточную для вращения, и подключите основное питание. Моторы должны плавно вращаться при наклонах сенсора. Допускаются небольшая неравномерность вращения из-за залипания магнитов ротора и железа статора. Но рывков быть не должно.

Особое внимание уделите установке сенсора. Он должен быть установлен так, чтобы его оси были строго параллельно осям моторов. Также обратите внимание на жесткость механических связей между моторами (начиная с самого первого), несущими элементами подвеса, и площадки, на которую крепится сенсора. Сенсор служит источником сигнала обратной связи для моторов, и любая свобода может привести к самовозбуждению и появлению резонанса на частоте колебаний этой механической системы. Недостаточная жесткость может стать причиной сложной настройки и неустойчивой работы в реальных условиях (вибрации на раме, воздушные потоки).

Калибровка гироскопа

Калибровка гироскопа выполняется при каждом включении питания и длится около 4-х секунд. Постарайтесь **МАКСИМАЛЬНО ОБЕЗДВИЖИТЬ** сенсор подвеса в первые секунды после подачи питания, пока мигает сигнальный светодиод. При включении у вас есть 3 секунды перед началом калибровки, чтобы зафиксировать подвес.

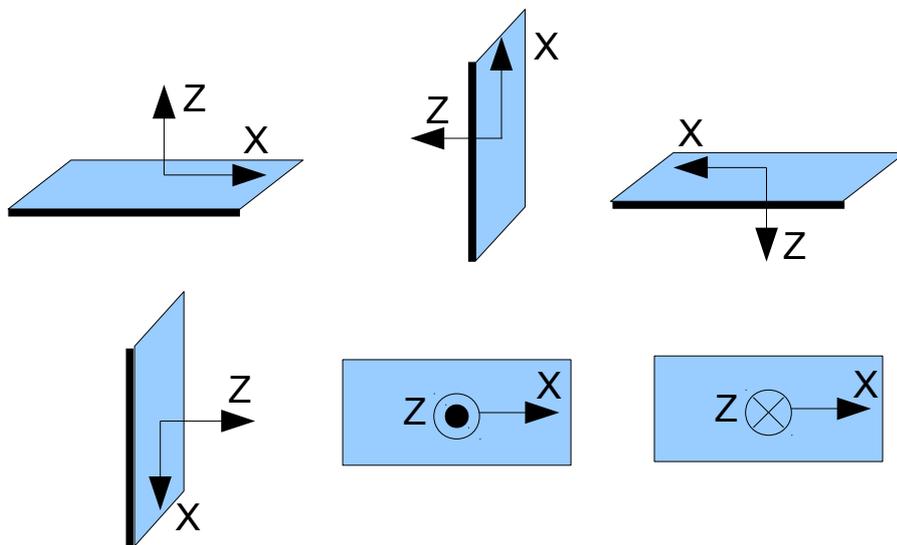
Калибровка акселерометра

Выполняется один раз при настройке. Также рекомендуется периодически калибровать акселерометр, если показания сенсора по осям ROLL, PITCH отклоняются от нуля при идеальном горизонтальном положении сенсора. Также, желательно перекалибровать акселерометр при значительных изменениях температуры.

Простой режим: установите сенсор строго горизонтально по двум осям и нажмите **КАЛИБРОВАТЬ АКСЕЛЕРОМЕТЕР** в GUI или кнопку меню. Светодиод будет моргать в течение 3 секунд, постарайтесь обеспечить сенсору неподвижность. В случае, если сенсор и камера установлены не параллельно, важно установить ровно именно сенсор, а не камеру.

Расширенный режим (рекомендуется): выполните калибровку в простом режиме. Затем последовательно вращайте сенсор на 90 градусов, чтобы все стороны сенсора побывали в положении «смотрит вверх» (всего 6 положений с учетом базового). Зафиксировав сенсор в каждом положении, нажимайте кнопку **КАЛИБРОВАТЬ АКСЕЛЕРОМЕТЕР** или кнопку меню и ждите около 3-х секунд. Последовательность не важна, но важно калибровку в «базовом» положении выполнить первой, так как калибровка в простом режиме отменяет результаты расширенной калибровки. Нажимать кнопку **ЗАПИСАТЬ** после калибровки не нужно.

НА ЗАМЕТКУ: Точная калибровка акселерометра очень важна для сохранения ровной линии горизонта при энергичном пилотировании.



Настройка параметров

- Подключите основное питание.
- Настройте **МОЩНОСТЬ** в соответствии с рекомендациями выше.
- Запустите автоопределение количества полюсов и направления вращения. Скорректируйте вручную.
- Настройте ПИД-регулятор в соответствии с рекомендациями выше. Для определения качества стабилизации используйте показания пикового индикатора углов отклонения в приборной панели. Для тестов наклоняйте раму на небольшие углы и постарайтесь минимизировать показания индикаторов. На данном этапе можно добиться попадания в диапазон меньше 1 градуса. Впрочем, 2-3 градуса тоже хороший результат.
- Опционально: подключите внешний полетный контроллер и проведите калибровку параметров **УСИЛЕНИЕ ПОЛЕТНОГО КОНТРОЛЛЕРА**. После этого можно добиться пиковых углов отклонения не более 0.2 градуса.

Проверка работы подвеса в реальных условиях

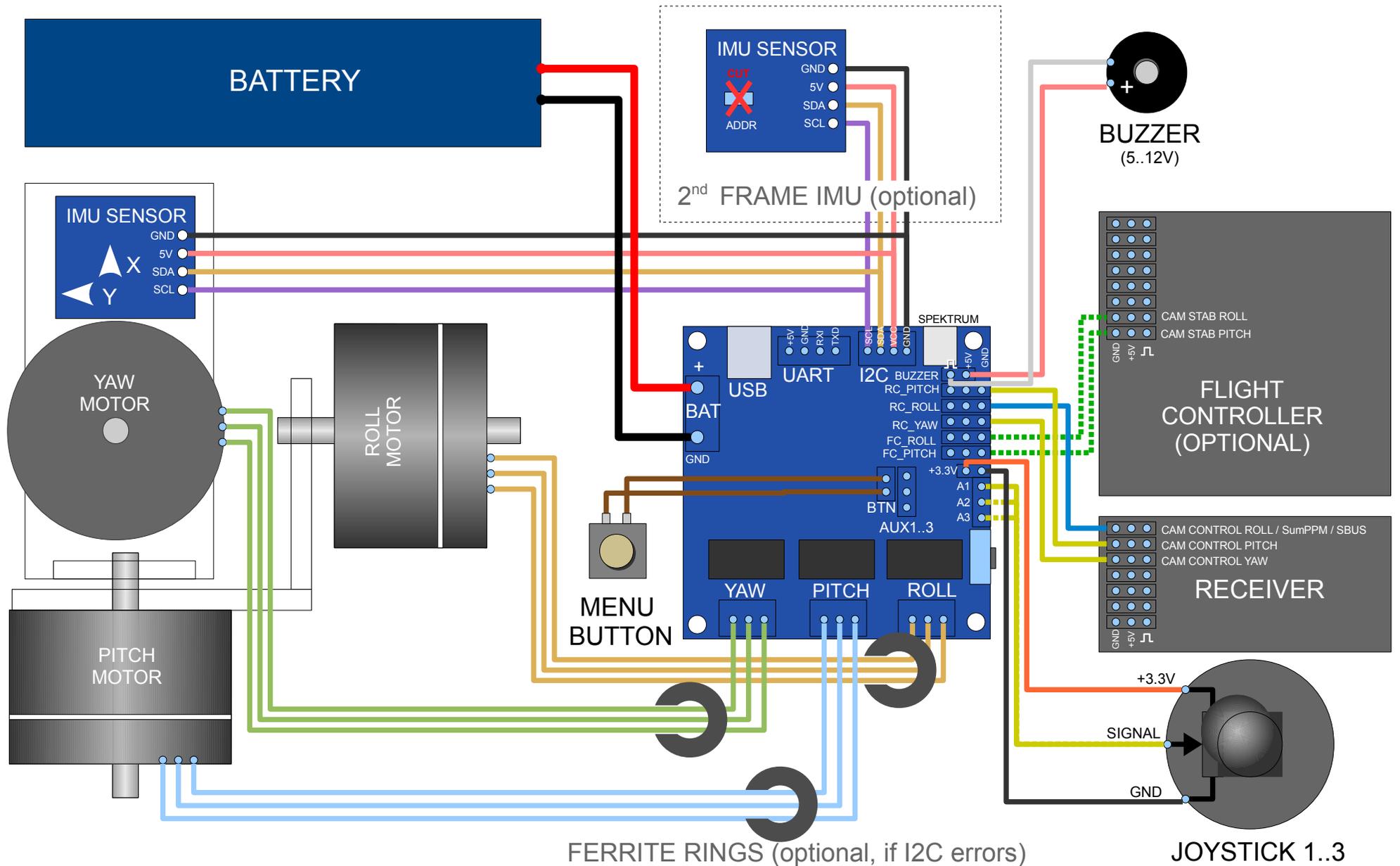
Не отключая программу настройки, запустите маршевые двигатели мультиротора (**соблюдая технику безопасности и крепко держа раму НАД головой!**) на номинальную мощность, и по графику посмотрите на показания гироскопа и акселерометра. Если от рамы передаются вибрации, сенсоры покажут их степень. Вибрации в любом случае затрудняют работу сенсоров и ухудшают качество стабилизации. Если уменьшить вибрации применением виброразвязок и правильной балансировкой винто-моторной группы не удастся, уменьшите значения PID-регулятора, чтобы ослабить их влияние.

НА ЗАМЕТКУ: безколлекторные моторы, по сравнению с обычными сервоприводами, обеспечивают очень быструю реакцию, но относительно слабый момент. Поэтому им сложно бороться с воздушными потоками от винтов, особенно при прямом попадании на элементы подвеса. Если вы делаете раму и подвес самостоятельно, постарайтесь исключить это (например, удлинив лучи и слегка отклонив моторы от центра в случае крепления подвеса под днищем, или подняв камеру над пропеллерами в случае крепления подвеса между моторами в H-раме). Учтите, что при движении на скорости или наличии ветра, воздушный поток от винтов отклоняется и может задевать элементы подвеса.

Возможные проблемы

Проявление проблемы	Возможные причины	Способ устранения
Не крутятся моторы	-Не подключено питание -Перепутана полярность -параметр МОШНОСТЬ=0	-Проверьте все соединения -Установите МОШНОСТЬ в диапазоне 50..200
-Камера пытается выровняться, но опрокидывается обратно -Стабилизация работает нормально, но срывается на определенном угле наклона	-Камера не отбалансирована -В моторе в намотке допущена ошибка или оборвана/замкнута одна фаза - МОШНОСТЬ выставлена недостаточно высокой	-Отбалансируйте систему по всем осям (см. выше) -Проверьте намотку, сняв мотор (см. выше) - Повысьте значение параметра «МОШНОСТЬ»
При быстром вращении по YAW камера отклоняется по ROLL или PITCH и медленно возвращается в горизонт.	-Плохо откалиброван акселерометр -Сенсор расположен не параллельно осям моторов	-Откалибруйте акселерометр по 6 точкам -Установите сенсор согласно рекомендациям
При полете из стороны в сторону с ускорением, горизонт слегка наклоняется и потом возвращается обратно	-Это нормальное влияние ускорений на акселерометр	-Попробуйте увеличить параметр «Доверие гироскопу» на вкладке «Дополнительно»
Стрелка по оси YAW медленно вращается с течением времени	-Очень медленный дрейф (не больше градуса в минуту) - это нормально, т. к. сказывается дрейф гироскопов.	Обратите внимание на неподвижность сенсора при включении питания и калибровке гироскопов.
При работе слышен хруст или щелчки	-Ошибки на шине I2C. Подключите GUI и проверьте строку «Ошибки I2C». Ошибки возможны, если провода до сенсора слишком длинные, или ШИМ выходов на моторы создает наводки на сигнал сенсора.	-Уменьшите номинал резисторов подтяжки на плате сенсоров (обратитесь к производителю платы за консультацией) -Поставьте ВЧ-фильтр на выходы на моторы и/или на шину I2C (пропустите кабели в 2-3 витка через ферритовое кольцо)
Появляется мелкая дрожь	-Самовозбуждение обратной связи при высоком параметре D	-Определите по графикам, на какой оси эта проблема, и уменьшите параметр D
Появляются осцилляции	Самовозбуждение обратной связи при низком параметре D или высоком P	Уменьшите P, увеличьте D
GUI не может подключиться к плате	-Выбран неправильный COM-порт -Не совпадает версия GUI и прошивки -В плату залита некорректная прошивка	-Попробуйте разные COM-порты -Залейте самую свежую прошивку и скачайте соответствующий ей GUI с сайта - подробнее в разделе «Обновление прошивки»

SimpleBGC 3.0 (32bit) connection diagram



SimpleBGC 3.0 (32bit) bluetooth connection

