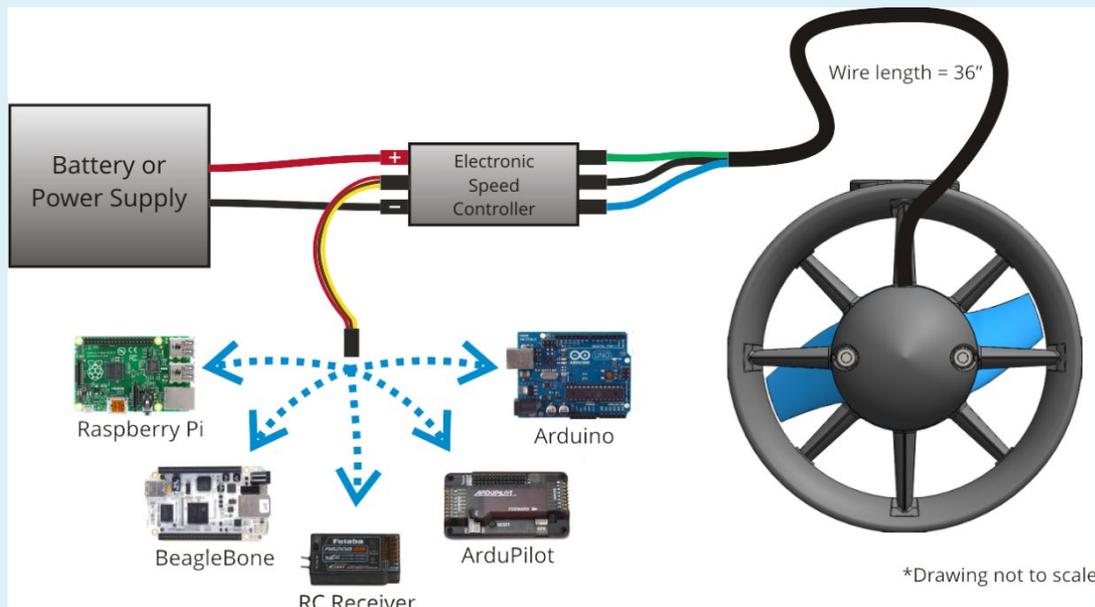




# Электронные регуляторы скорости Electronic speed controller

...то, что заставляет крутиться мотор

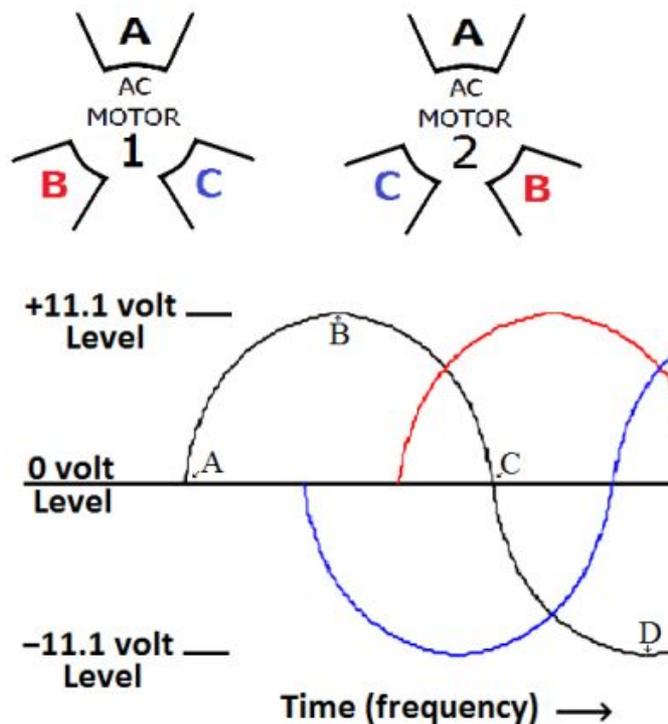
# Что такое электронный регулятор скорости?



Электронный регулятор хода (англ. *ESC, Electronic Speed Controller*) — устройство для управления оборотами электродвигателя, применяемое на радиоуправляемых моделях с электрической силовой установкой.



# Как работает ESC?



## Управляющий сигнал

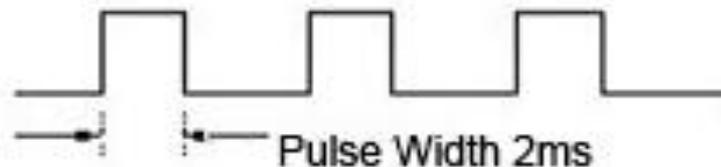
Minimum Pulse



Neutral Position



Maximum Pulse



Управляющий сигнал

Три фазы

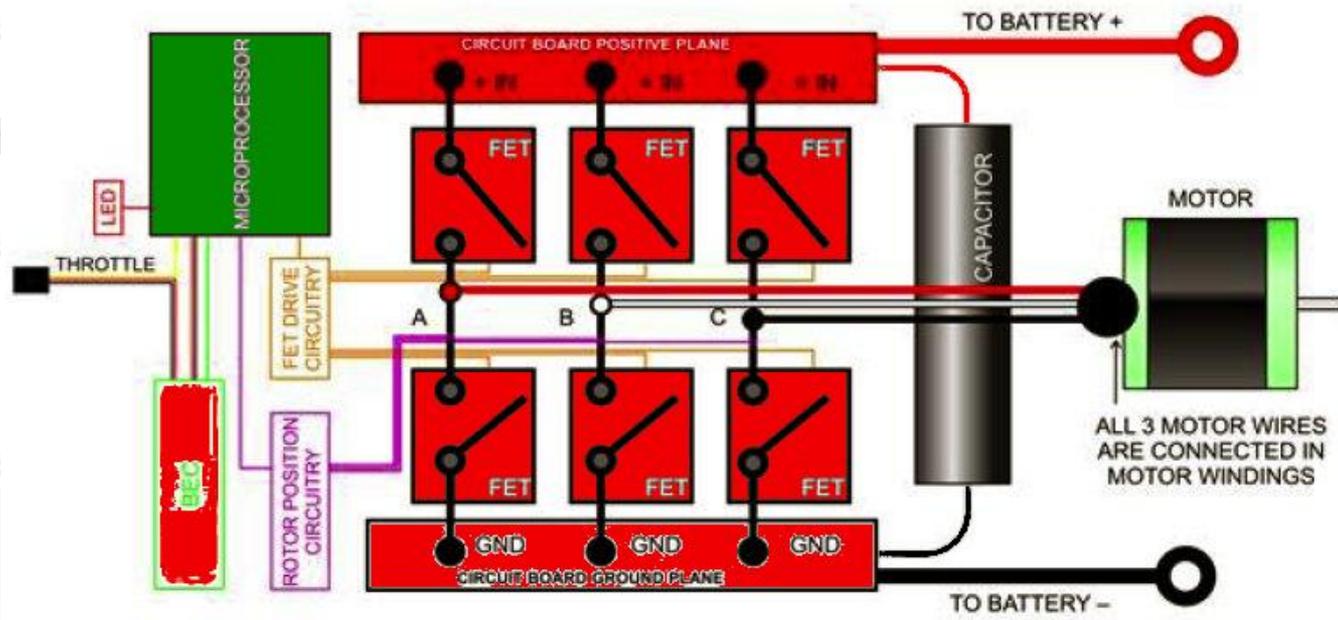
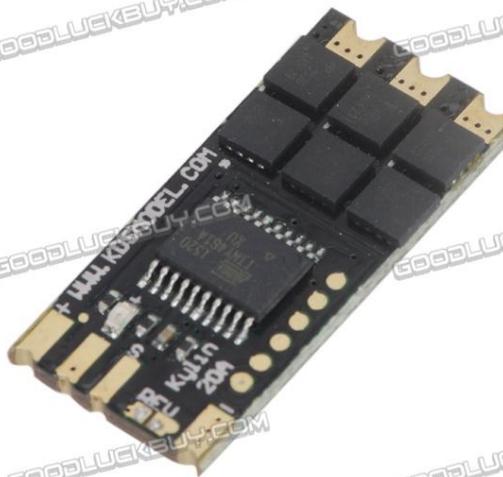
# Что внутри ESC?

ESC содержит в себе:

- **логический блок** – фактически микропроцессор со своей прошивкой,
- **силовой блок**, формирующий из входного напряжения по сигналам логического блока (их обычно шесть) три синусоиды, на выходе для сглаживания синусоид ставят большой емкий конденсатор
- **блок питания 5 Вольт (battery eliminator circuit, BEC)** – используется для питания полетного контролера, иногда может отсутствовать, такие ESC (без BEC) называются OPTO.

Логический блок может содержать в себе разнообразную защиту: от перегрева, от замыкания и так далее.

У ESC может быть вход для датчика оборотов двигателя, который нужен для поддержания постоянных оборотов для различной нагрузки



# Входы и выходы, обозначения ESC

Питание

Диапазон напряжения

Максимальный ток

ВЕС/OPTO



Сигнальный провод

Провода к двигателю (фазы)

Выходы:

- питание от батареи
- сигнал от полетного контролера

Выходы:

- три фазы на двигатель
- 5 вольт для полетного контролера (если есть ВЕС).

# Прошивки ESC

Основные виды прошивки

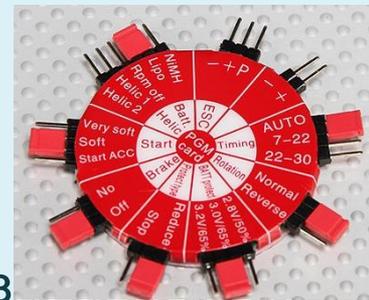
1. BLHeli (наиболее популярная)
2. SimonK
3. Hobbyking

Так же есть много разных вариантов альтернативных прошивок.

Для последних моделей ESC прошивка заливается через сигнальный провод с помощью USB-переходника.



# Настройка ESC



Настройка ESC подразумевает установку параметров, заложенных в прошивку, которые определяют поведение ESC в различных условиях

Настройка осуществляется либо с помощью специальной настроечной карты (program card), либо с помощью USB-переходника и соответствующей программы.

Так же возможна настройка ESC RC-передатчиком через подключения приемника к ESC

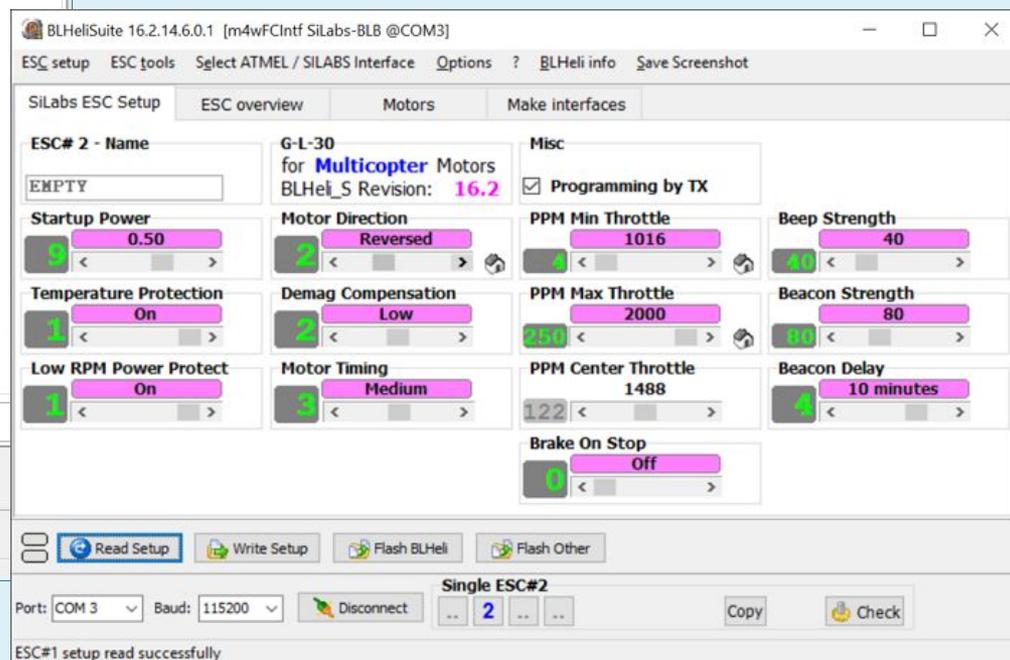
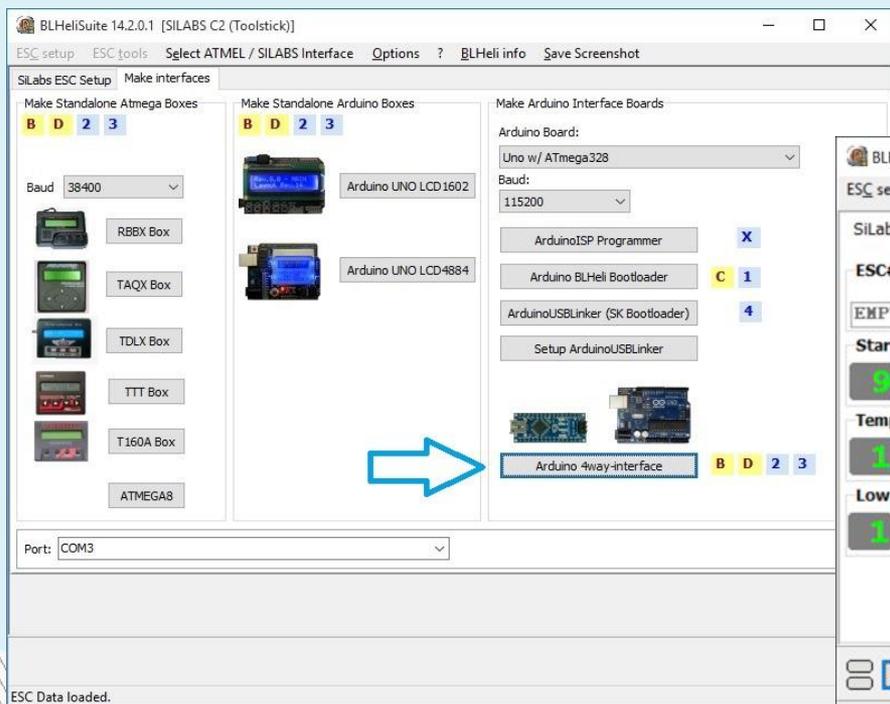


# Настройка ESC с прошивкой

## BLHeli

Используется специальный USB-переходник (зависит от типа микропроцессора, используемого в ESC и программа BLHeliSuit

У ESC с прошивкой BLHeli есть два вида микропроцессоров: ATMEL и SILABS



# Основные параметры ESC

**Режим старта** (*Start mode*) — быстрый, жёсткий, плавный. Режим замедляющий набор оборотов при старте двигателя. Требуется для двигателей с редукторами или тяжёлыми лопастями (например, крупные [радиоуправляемые вертолёты](#)).

**Режим газа** (*Throttle type* или *Throttle mode*) — настройка зависимости оборотов мотора от положения ручки газа. Может иметь автокалибровку. Обычно задается в виде двух величин: уровня входного сигнала при котором выдается нулевая мощность и уровня сигнала при котором выдается максимальная мощность.

**Тормоз** (*Brake*) — включение/выключение режима торможения двигателем. В некоторых контролерах есть функции регулировки усилия торможения от 0 до 100 %. Основное предназначение — [автомодели](#). Для мультикоптеров – выключено.

**Напряжение выключения мотора** (*Cut-off voltage*) — установка минимального [напряжения](#) батареи при котором контролер отключает двигатель для защиты батареи от глубокого разряда. Позволяет обеспечить нормальное функционирование приёмника и [сервомашинок](#) при разряженной батарее, выключив такой мощный потребитель, как ходовой двигатель, что нужно для обеспечения аварийной посадки.

**Тип выключения мотора** (*Cut-off mode*) — мягкое или жёсткое выключение мотора при срабатывании защиты. Мягкий режим означает снижение мощности двигателя, а не выключение его. Часто применяется на радиоуправляемых моделях, почти обязательно на летающих. Снижение мощности сразу заметно пилоту и позволяет безопасно вернуть модель.

**Опережение** (*Timing*) — установка угла (0-30°) опережения коммутации обмоток. При регулировке изменяется [мощность](#) двигателя и (обратно пропорционально мощности) [КПД](#).

# Второстепенные параметры

## ESC

**Реверс (Reverse)** — включение или выключение режима реверса двигателя. Преимущественно реверс используется для [авто-](#) и [судо-моделей](#). При минимальном положении газа – полная мощность и обратное вращение двигателя, при среднем положении газа – нулевая мощность, при максимальном положении газа – полная мощность и прямое вращение.

**Гувернер (Governor)** — в этом режиме регулируется не мощность, а обороты двигателя. Контроллер самостоятельно добавляет или убирает мощность при изменении нагрузки. Часто используется для [радиоуправляемых вертолёт](#)ов.

**Время ускорения или задержка ускорения (Acceleration time или Acceleration delay)** — настройка времени набора оборотов от нуля до максимума. Требуется для тех же случаев, что и настройка «Режим старта».

**Ограничение тока (Current limiting)** — установка максимальной [силы тока](#) при превышении которой мощность будет ограничиваться или двигатель будет автоматически отключен.

**Частота импульсов контроллера (PWM Frequency)** — настройка позволяющая улучшить линейность регулирования частоты вращения двигателя. Применяется, как правило, для высокооборотных 3-4-х витковых моторов с малой [индуктивностью](#).

# Сгоревшие ESC

