

Гусеничная тележка на радиоуправлении (НРТК). Сборка и настройка.

Ниже — обучающая инструкция на примере конкретного типового решения: два BLDC-двигателя 48V 1500W с датчиками Холла, двухканальный ESC Flipsky FT85BD, радиоканал ExpressLRS на приёмнике HappyModel ES900RX и конвертер Matek CRSF→PWM.

Материал - это практическая работа: конкретные разъёмы, каналы, порядок подключения, настройки в Flipsky ESC Tool и контрольные проверки (включая **failsafe**).

Главная мысль: в этой сборке безопасность и предсказуемость задаются тремя вещами — (1) корректный **failsafe** на конвертере/радио, (2) правильная калибровка нейтралей в ESC, (3) аккуратная силовая часть 48V (предзаряд/anti-spark, предохранитель, правильная «земля»).

1. Что получится в итоге

Результат сборки

Вы получите рабочий модуль привода НРТК с отдельным управлением бортами:

2 независимых канала тяги (левый и правый двигатель);

управление по ExpressLRS (CRSF) через конвертер в PWM;

корректная нейтраль, прогнозируемый реверс и безопасный **failsafe**;

готовность к установке на гусеничную или колёсную базу.

Базовая безопасность 48V

Важно: 48V — это уже «силовая» электроника. Делайте первый запуск только на подставке, держите руки/одежду/провода вдали от вращающихся частей, используйте предохранитель по линии АКБ и аккуратную коммутацию.

Запомните: сначала настраиваем **failsafe** и нейтраль, потом увеличиваем токи/динамику. Нельзя «добавить мощности», пока не доказали, что при потере связи платформа гарантированно остановится.

2. Типовой набор железа

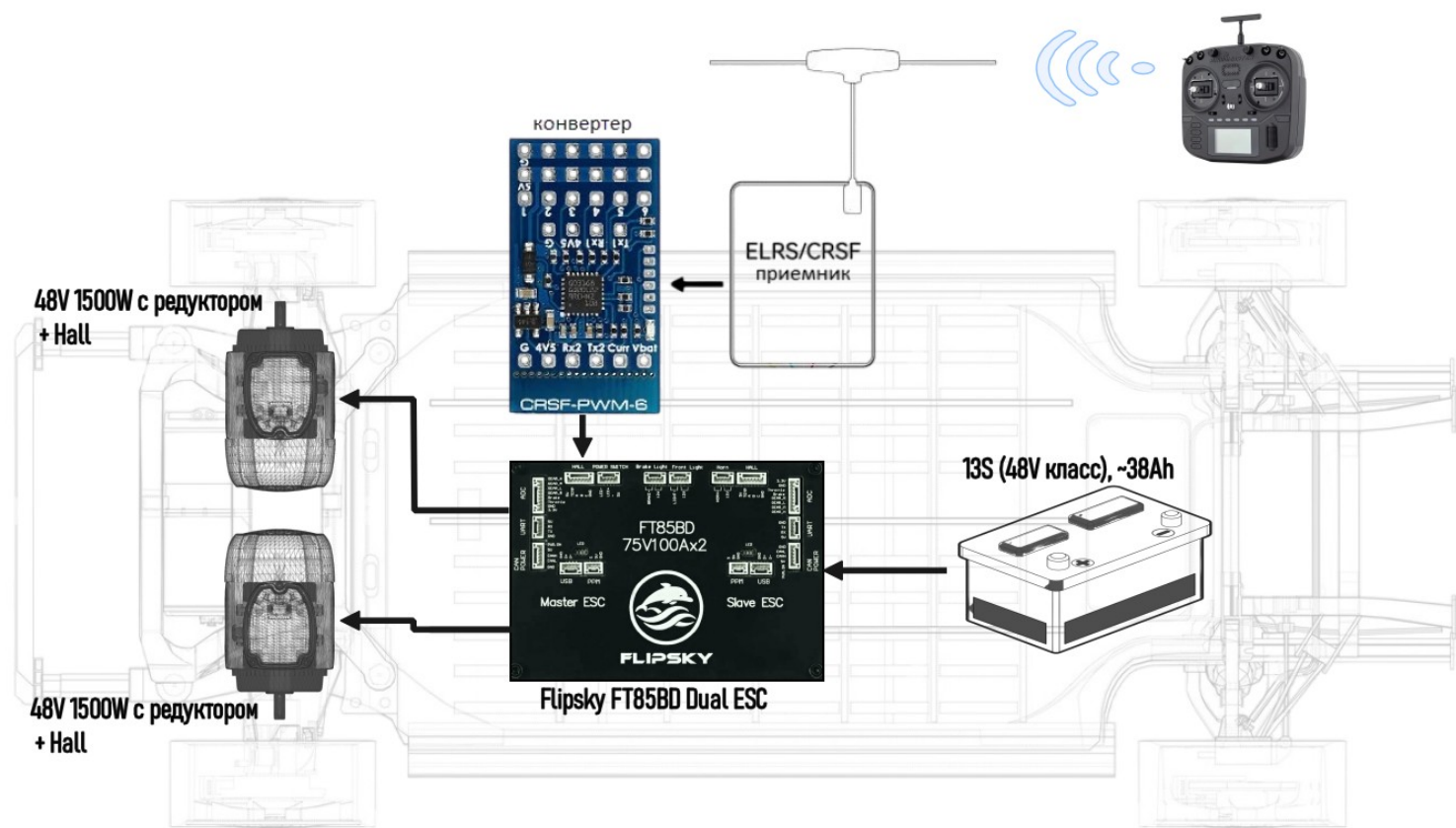


Таблица комплектующих

Позиция	Модель (как в проекте)	Кол-во	Ключевые параметры	Зачем/ примечание
Двигатель BLDC	48V 1500W с редуктором + Hall	2	48V класс, 1500W, Hall	Тяга левого/правого борта (на

				гусеницах Hall очень полезен для низких скоростей)
ESC (двухканальный)	Flipsky FT85BD Dual ESC (алюминиевый корпус)	1	Класс 85V, 2 канала управления, USB-настройка	Один корпус — два независимых канала управления моторами
АКБ (тестовый)	13S (48V класс), ~38Ah	1	13S Li-ion: максимум ~54.6V	Для проверки работоспособности; для полевых испытаний лучше более надёжный АКБ/химия
Приёмник ELRS	HappyModel ES900RX	1	Питание 5V, протокол CRSF	Приём команд от аппаратуры и выдача CRSF на конвертер
Конвертер	Matek CRSF→PWM (6ch/10ch)	1	CRSF in, PWM out	Преобразует CRSF в PWM каналы для ESC; важен failsafe к аналов
Питание логики	DC-DC 48V → 5V	1	Стабильные 5V	Питает приёмник и конвертер (не перегружайте 5V линии

				ESC, если они не рассчитаны на это)
--	--	--	--	-------------------------------------

Замены и допущения

Двигатели: можно использовать любой BLDC 48V класса подходящий по моменту/оборотам и с Hall (желательно).

АКБ: можно любой тип/сборка, если соответствует напряжению и отдаёт требуемый ток; **Ah** — это ёмкость, а не допустимый ток.

Приёмник: можно ELRS-приёмник с PWM-выходами (тогда конвертер не нужен), но в этой статье разбирается именно цепочка **ES900RX (CRSF) → Matek (PWM)**.

набор компонентов (типовой)

Типовой набор компонентов

	Двигатель BLDC. 48V 1500W с редуктором + Hall
	Flipsky FT85BD (регулятор оборотов двигателей)
	ES900RX (приемник ELRS)



Matek CRSF→PWM (конвертер протоколов)



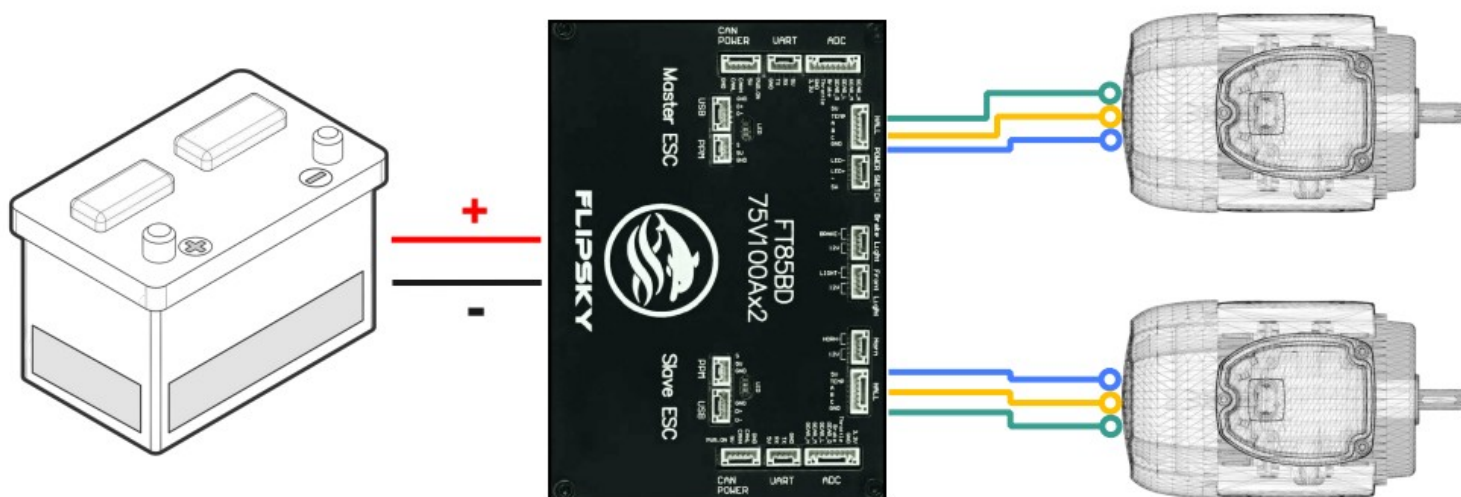
АКБ 13S (48V), ~38Ah

Типовой комплект железа для НРПК 48V, два независимых борта

3. Схема подключения (силовая и управление)

Силовая часть: АКБ → ESC → моторы

Силовая часть максимально простая: АКБ подаётся на силовые клеммы ESC, от ESC идут 3 фазы на каждый двигатель.



Важно: поставьте предохранитель по линии АКБ и продумайте размыкание питания (аварийный стоп). На 48V при подключении возможна искра из-за зарядки входных конденсаторов ESC.

Фазы мотора

Подключите 3 толстых провода мотора к 3 фазным выходам ESC (обычно три цвета: жёлтый/зелёный/синий). Если направление вращения окажется неверным, направление меняют в настройках ESC (или перестановкой двух фаз — если ваш ESC/режим это допускает).

Датчики Холла

Подключите Hall-разъём двигателя к Hall-разъёму ESC. Типовая логика проводов (проверяйте распиновку именно вашей пары мотор/ESC):

Hall (типовой вариант кабеля в комплекте регулятора оборотов):

Красный → +5V (питание датчиков Хола на двигателе)

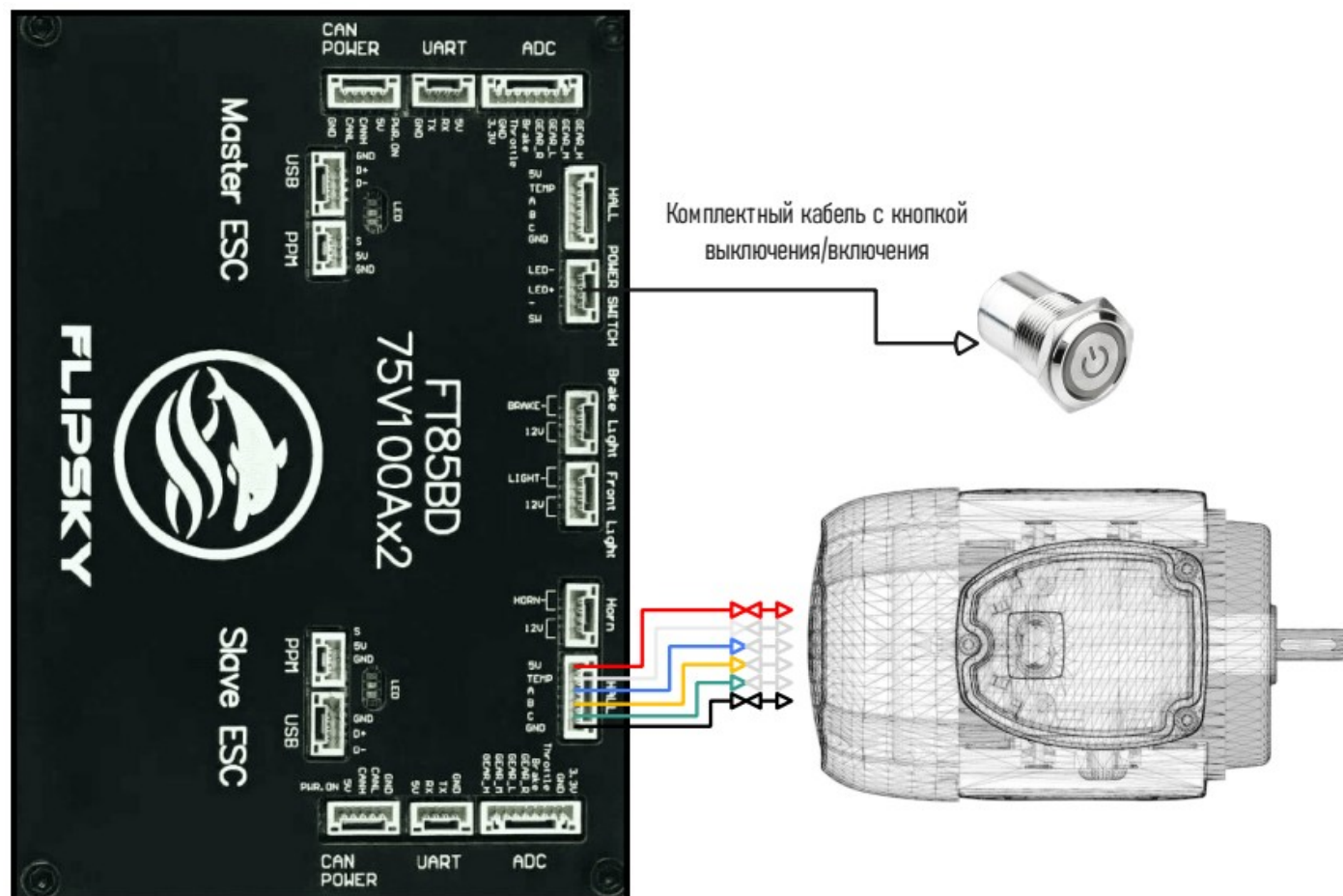
Чёрный → GND

Жёлтый → Hall1

Зелёный → Hall2

Синий → Hall3

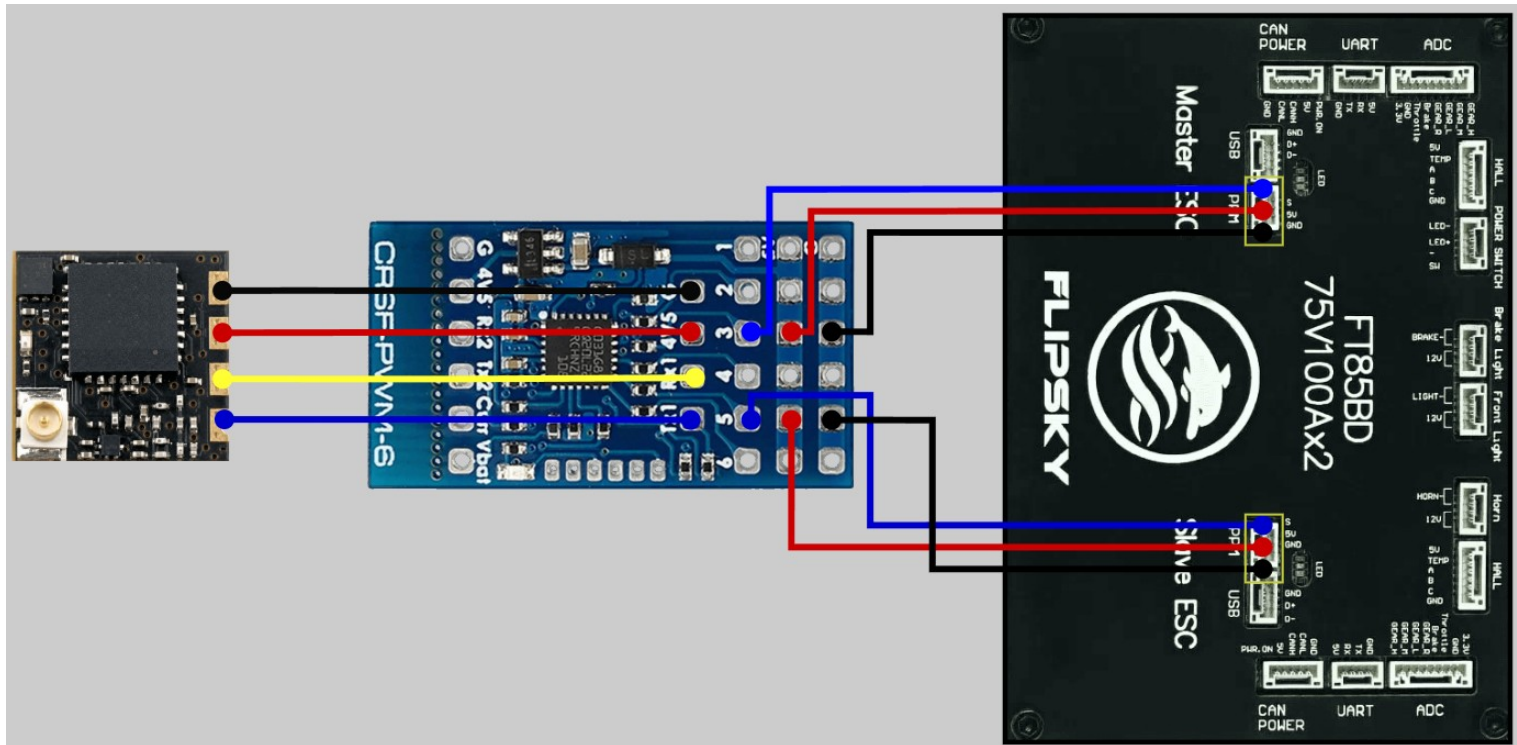
Белый (если есть на двигателе) → Temp (если в моторе есть датчик температуры)



Внимание: «цвет к цвету» не всегда совпадает у разных производителей. Если мотор не калибруется или дёргается на старте — первым делом проверяйте Hall-распиновку и выбранный режим (sensored/hybrid).

Управление: ES900RX → CRSF → PWM → ESC

Приёмник ES900RX выдаёт управление как CRSF по UART (TX/RX) . Конвертер Matek принимает CRSF и выдаёт PWM по каналам.



ES900RX ↔ Matek CRSF→PWM (UART/CRSF):

Matek TX1 → RX приёмника

Matek RX1 → TX приёмника

Matek 4V5/5V → VCC (5V) приёмника

Matek GND → GND приёмника

Matek PWM → ESC (PPM/PWM input):

CH2 → ESC Right (правый борт)

CH4 → ESC Left (левый борт)

Почему моторы управляются по каналам CH2 и CH4 (а не CH3)

У Matek CRSF→PWM канал CH3 по умолчанию «особый»: он предназначен под throttle и при потере сигнала управления (**failsafe**) выставляет значение длины импульса PWM равное **988** по умолчанию. Если ваш ESC откалиброван так, что значение **988** соответствует реверсу или движению, при потере связи мотор может начать крутиться без команды.

Результат: вынос моторов на CH2 и CH4 (где нейтраль/поведение проще контролировать) резко снижает риск произвольного движения при **failsafe**.

4. Настройка радио (EdgeTX/OpenTX + ExpressLRS)

Биндинг и базовые проверки

Задача этого шага — убедиться, что приёмник ES900RX стабильно связан с передатчиком.

Передатчик: включить режим работы ELRS (внутренний либо внешний модуль в режиме CRSF).

Забиндить приёмник (по стандартной [процедуре ELRS](#)).

Проверить, что ES900RX питается от 5V и корректно отображает статус связи (индикация).

Раскладка каналов и миксы для двух бортов

В этой сборке удобно использовать «танковый» микс: один стик газ (**THR**), второй стик поворот (**Ail**). На выходе получаем два канала для конвертера:

Выходные каналы (пример под эту статью):

CH2 = Right (правый борт) = THR - Ail

CH4 = Left (левый борт) = THR + Ail

Важно: если вы меняете стандартную раскладку каналов (например, с AETR на AERT), фиксируйте это в модели передатчика. Ошибки «канал не тот» встречаются чаще всего.

Настройки радио (танковый микс)

Mixes — формирование CH2 и CH4



«Танковый микс для отдельного управления бортами».

5. Настройка конвертера Matek CRSF→PWM

Failsafe по умолчанию: CH3=988

У Matek CRSF→PWM есть важная особенность: CH3 «зарезервирован под throttle» и по умолчанию имеет **failsafe 988**. У остальных каналов логика **failsafe** отличается: значение канала (кроме CH3) может «запоминаться» при первом получении CRSF (то есть не всегда это строго 1500).

Внимание: если вы "повесите" двигатель на CH3, то при потере связи он может уйти в «минимум» (988), а после калибровки ESC это иногда превращается в реверс - прямой путь к самопроизвольному движению. **Объяснение CH3 = 988 в конце ↓.**

Практический план каналов для этой сборки

Чтобы повторить проект «как есть», используйте:

CH2 → правый двигатель (Right)

CH4 → левый двигатель (Left)

Так вы обходите CH3 с его особым **failsafe** и упрощаете проверку безопасности.

Проверка PWM на выходе конвертера

Перед подключением к ESC полезно проверить, что конвертер действительно выдаёт ожидаемый PWM:

при нейтрالي — около 1500 мкс (или эквивалентная нейтраль, которую вы зададите калибровкой);

при полном газе — верхнее значение;

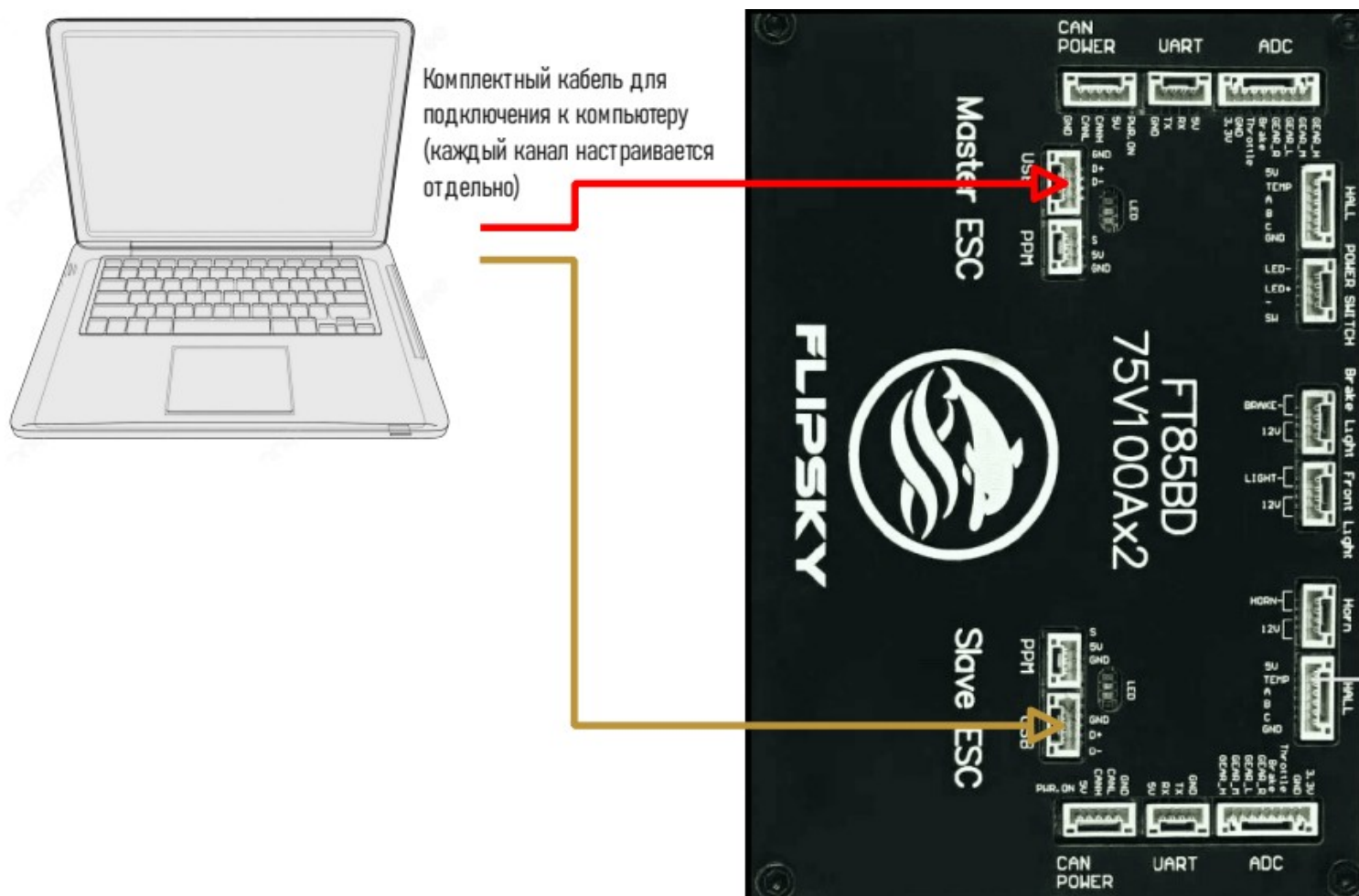
при полном реверсе — нижнее значение;

при failsafe (выключили передатчик) — оба канала уходят в «стоп/нейтраль».

Результат: вы убедитесь, что на вход ESC приходит корректный и безопасный PWM ещё до силового запуска моторов.

6. Настройка ESC в Flipsky ESC Tool

Подключение к ПК и драйвер



Подключите Flipsky FT85BD к компьютеру по USB и откройте Flipsky ESC Tool (в проекте использовалась версия **v1.6**). Если устройство не определяется, иногда помогает установка USB-драйвера (часто через утилиты типа Zadig).

Важно: настройки делайте на вывешенной платформе. На этапе калибровок мотор может неожиданно начать вращаться.

Калибровка мотора (FOC/Detect) с Hall

Логика настройки всегда одна и та же: сначала «понимаем мотор», потом «понимаем управление».

Подключитесь к ESC кнопкой **Connect**.

Flipsky ESC Tool V1.6 20251014

File Help

Read Setup Write Setup Restore Factory Setup Reboot ESC

Motor Setup Control Setup Test and Display Firmware Update

Motor Parameter Identification

Motor Rated Current(A)	Li-ion Battery Series(S)	Cell Cut-Off End Volt(V)
50	13	3,10

Rm(mΩ)	Lq(μH)	Ld(μH)	Φ(mWb)
32,8267	56,4236	32,4589	19,6841

CAN-BUS

ESC Basic Setup

Startup Mode	Motor Sensor Port	HFPI Saliency Gain	HFPI Voltage Gain
HALL	Hall Sensors	1,0	1,3

Rotation Direction	Min PWM Frequency(Hz)	Max PWM Frequency(Hz)	Motor Temp Sensor Type
Negative	5021	30000	NTC 10K at 25°C

Motor Temp NTC β (K)	Motor Temp PTC α (%/K)	Zero Duty Mode	Power On Beeping Hint
3380	0,610	Keep Output	ON

Beeping Level(%)	Observer Erpm Threshold	FOC Brake Mode	Brake Erpm Threshold
50	1250	Duty Detected	250

Field Weakening Control

Flux Weakening Current(A)	Positive Ramp Time(ms)	Negative Ramp Time(ms)
---------------------------	------------------------	------------------------

Port COM17-Flipsky 1 Baud 460800 Refresh Connect 2 Multiple ESCs Check Disconnect

Откройте раздел калибровки/определения мотора (Motor Setup).

Запустите калибровку. По итогам вы должны увидеть корректные параметры и отсутствие ошибок.

Flipsky ESC Tool V1.6 20251014

File Help

Read SetupWrite SetupRestore Factory SetupReboot ESC

Motor SetupControl SetupTest and DisplayFirmware Update

Motor Parameter Identification

Motor Rated Current(A)
50

Li-ion Battery Series(S)
13

Cell Cut-Off End Volt(V)
3,10

Rm(mΩ)
30,5900

Lq(μH)
56,3213

Ld(μH)
32,3806

Φ(mWb)
19,4611

ESC Basic Setup

Startup Mode
HALL

Motor Sensor Port
Hall Sensors

HFPI Saliency Gain
1,0

HFPI Voltage Gain
1,3

Rotation Direction
Negative

Min PWM Frequency(Hz)
4670

Max PWM Frequency(Hz)
10000

Motor Temp Sensor Type
NTC 10K at 25°C

Motor Temp NTC β (K)
3380

Motor Temp PTC α (%/K)
0,610

Zero Duty Mode
Keep Output

Power On Beeping Hint
ON

Beeping Level(%)
50

Observer Erpm Threshold
1250

FOC Brake Mode
Duty Detected

Brake Erpm Threshold
250

Field Weakening Control

Flux Weakening Current(A)

Positive Ramp Time(ms)

Negative Ramp Time(ms)

Motor #1
ESC ID:12
Startup:HALL
Rm:30.590 mΩ
Lq:56.321 uH
Ld:32.381 uH
Motor Flux:19.461 mWb
Kp:0.0394^N.0563
Ki:21.4130^30.5900
PWM Freq:4670^10000 Hz
Sensor Code:1

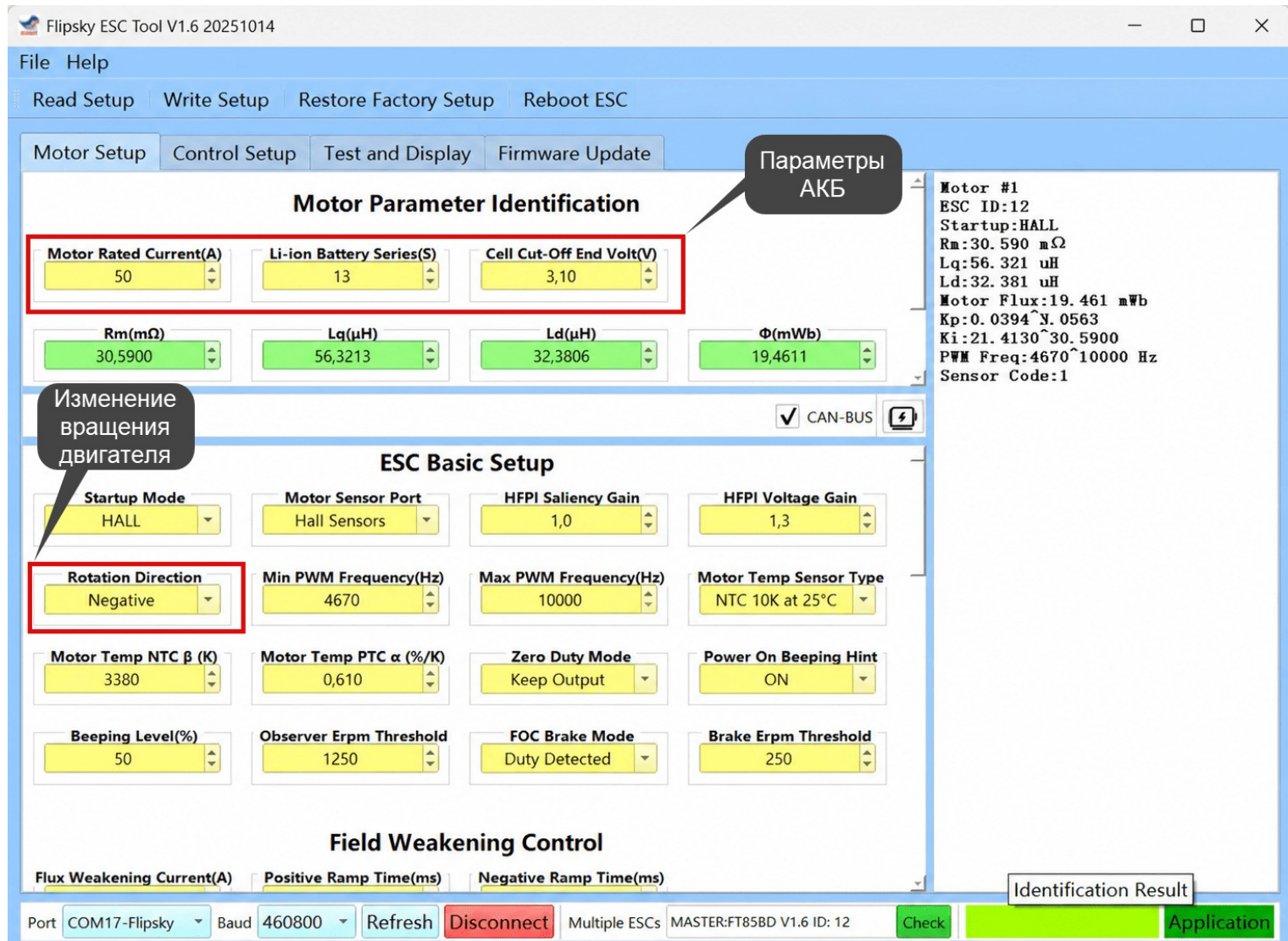
☒ CAN-BUS 

Identification Result

Port COM17-Flipsky Baud 460800 Refresh Disconnect Multiple ESCs MASTER:FT85BD V1.6 ID: 12 Check Application

Настройки батареи и защиты

Укажите типовые параметры батареи (минимальное/максимальное напряжение под вашу химию). Для 13S Li-ion максимум около **54.6V**. Включайте защиты аккуратно: сначала добейтесь стабильной работы, затем подбирайте лимиты под реальную механику и охлаждение.



Если нужно — поменяйте направление вращения (в настройках ESC), чтобы левый и правый борт крутили «вперёд» при одинаковой команде.

Control Setup: PPM и калибровка канала

Запишите измененные данные в ESC - кнопка **Write ESC**.

Flipsky ESC Tool V1.6 20251014

File Help

Read Setup Write Setup Restore Factory Setup Reboot ESC

Motor Setup Control Setup Test and Display Firmware Update

Motor Parameter Identification

Motor Rated Current(A)
50

Li-ion Battery Series(S)
13

Cell Cut-Off End Volt(V)
3,10

Rm(mΩ)
30,5900

Lq(μH)
56,3213

Ld(μH)
32,3806

Φ(mWb)
19,4611

☒ CAN-BUS

ESC Basic Setup

Startup Mode
HALL

Motor Sensor Port
Hall Sensors

HFPI Saliency Gain
1,0

HFPI Voltage Gain
1,3

Rotation Direction
Negative

Min PWM Frequency(Hz)
4670

Max PWM Frequency(Hz)
10000

Motor Temp Sensor Type
NTC 10K at 25°C

Motor Temp NTC β (K)
3380

Motor Temp PTC α (%/K)
0,610

Zero Duty Mode
Keep Output

Power On Beeping Hint
ON

Beeping Level(%)
50

Observer Erpm Threshold
1250

FOC Brake Mode
Duty Detected

Brake Erpm Threshold
250

Field Weakening Control

Flux Weakening Current(A)

Positive Ramp Time(ms)

Negative Ramp Time(ms)

Identification Result

Motor #1

ESC ID:12

Startup:HALL

Rm:30.590 mΩ

Lq:56.321 uH

Ld:32.381 uH

Motor Flux:19.461 mWb

Kp:0.0394 N.0563

Ki:21.4130^30.5900

PWM Freq:4670^10000 Hz

Sensor Code:1

Port COM17-Flipsky Baud 460800 Refresh Disconnect Multiple ESCs MASTER:FT85BD V1.6 ID: 12 Check Application

В разделе управления:

Flipsky ESC Tool V1.6 20251014

File Help

Read Setup Write Setup Restore Factory Setup Reboot ESC

Motor Setup **Control Setup** Test and Display Firmware Update

Control Setup

ESC ID 12	CAN Status Frequency(Hz) 100	CAN Bus Baud Rate 1000K(default)	Multi-ESC Sync Control OFF
Throttle Response Level level 5	Input Signal Deadband(%) 10	Smart Switch Keep Power On	Brake Light Level(%) 20
Traction Control System ON	TC Erpm Diff Max 2880	TC Erpm Diff Min 50	Emergency Switch Disable
Signal Ramp Time Pos(s) 0,10	Signal Ramp Time Neg(s) 0,10	Input Signal Type PPM	

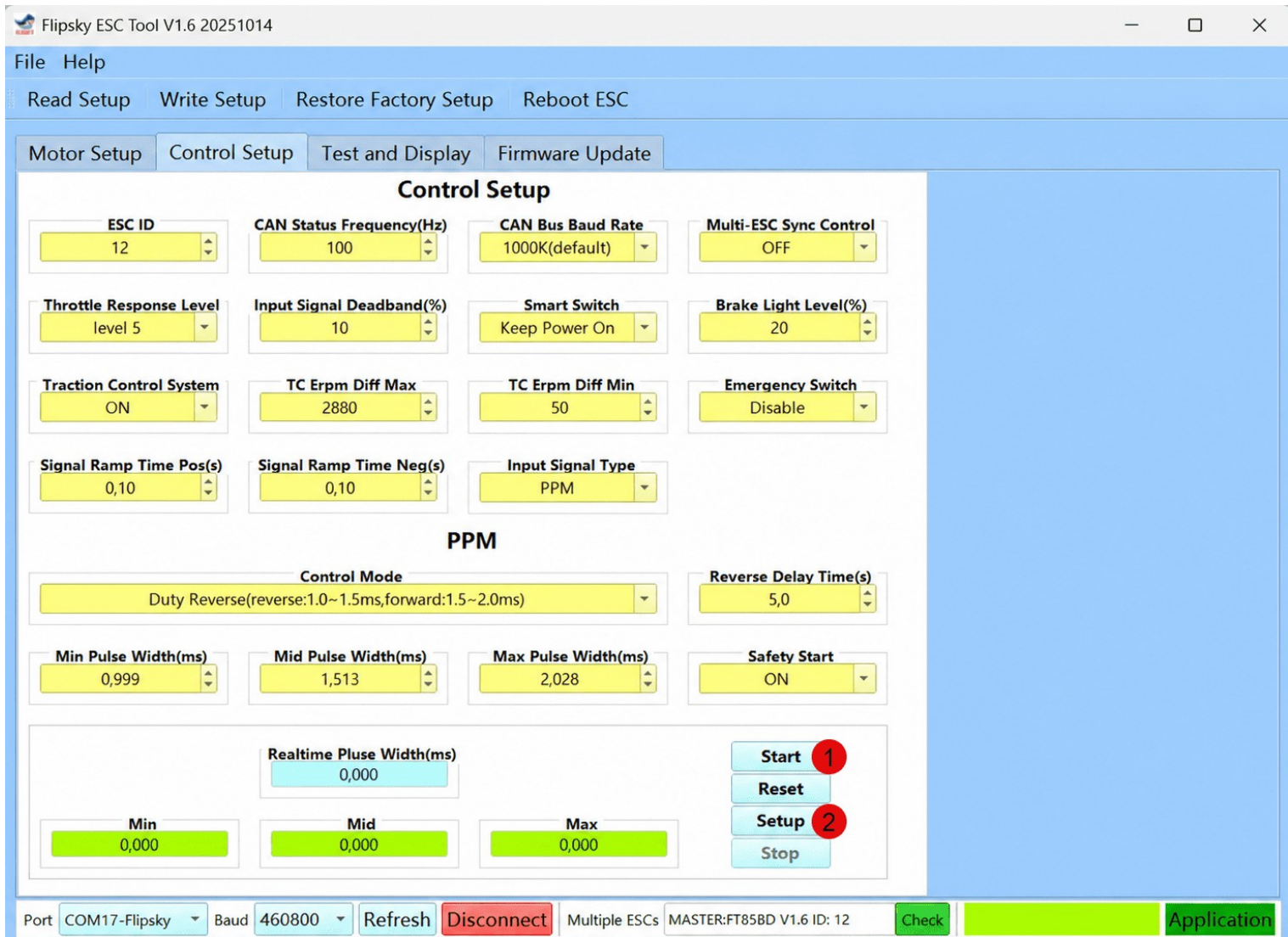
PPM

Control Mode Duty Reverse(reverse:1.0~1.5ms,forward:1.5~2.0ms)			Reverse Delay Time(s) 5,0
Min Pulse Width(ms) 0,999	Mid Pulse Width(ms) 1,513	Max Pulse Width(ms) 2,028	Safety Start ON
Realtime Pluse Width(ms) 0,000			Start Reset Setup Stop
Min 0,000	Mid 0,000	Max 0,000	

Port COM17-Flipsky Baud 460800 Refresh Disconnect Multiple ESCs MASTER:FT85BD V1.6 ID: 12 Check Application

выберите режим управления PPM (серво-PWM (п.3));

если есть пункт синхронизации каналов, на этапе первичной настройки удобнее держать синхронизацию выключенной (п.2) и настраивать каналы по отдельности;



Нажимаем кнопку Start, перемещаем стик с назначенным каналом до максимальных и минимальных значений, оставляем в среднем значении (среднее значение – когда колеса никуда не крутятся), нажимаем кнопку Setup (сохраняем)..

Запомните: «нейтраль» — это не «примерно не крутится». Нейтраль должна быть устойчивой: чтобы от шумов/дрейфа PWM мотор не начинал медленно ползти.

Правый/левый мотор: настройка по очереди

Для двух бортов действуем системно:

Сначала полностью настраиваем правый мотор (CH2): моторная калибровка → батарея → PPM → калибровка канала → сохранить (**Write Setup**).

Затем полностью настраиваем левый мотор (CH4) тем же порядком.

После этого проверяем совместную работу: одинаковый газ даёт одинаковое направление и близкие обороты (поправки делаются миксами/лимитами в аппаратуре).

Результат: каждый канал ESC «понимает» свой PWM-диапазон, имеет стабильную нейтраль и корректный реверс, а платформа одинаково управляется с обоих бортов.

7. Первый запуск и проверка failsafe

Запуск на подставке

Поднимите платформу так, чтобы гусеницы/колёса не касались пола.

Включите питание логики (5V), убедитесь, что приёмник связан.

Подайте питание на ESC (48V).

Плавно дайте газ: оба борта должны крутить в одном направлении «вперёд».

Проверьте руль: поворот должен ускорять один борт и замедлять другой (в зависимости от микса).

Тест: выключили передатчик → оба борта стоп

Это обязательный тест. Делайте его только на подставке:

Оставьте стики в нейтрالي.

Выключите передатчик.

Убедитесь, что оба мотора остановились и не пытаются крутиться назад/вперёд.

Внимание: если при **failsafe** любой мотор начинает вращаться — запрещено переходить к езде. Возвращайтесь к разделам про выбор каналов (CH2/CH4) и калибровку нейтрالي.

Чек-лист перед выездом

Чек-лист «ГОТОВО К ПОЛЮ»

Быстрая проверка перед реальными испытаниями.

Предохранитель по линии АКБ установлен.

Есть понятное отключение питания (выключатель/аварийный стоп).

Failsafe проверен: оба борта стоп.

Провода силовые и Hall закреплены, не трутся о механику.

ESC имеет охлаждение/обдув (если требуется по нагрузке).

Нейтраль стабильная: моторы не «ползут» при отпущенных стиках.

8. Типовые проблемы и решения (по этой сборке)

Таблица: симптом → причина → решение

Симптом	Вероятная причина	Решение
При потере связи один мотор крутится назад	Двигатель сидит на CH3 с failsafe=988 или нейтраль ESC откалиброван а неправильно	Перевести моторы на CH2/CH4; проверить failsafe ; заново откалибровать min/mid/max
Дёргается на старте,	Hall	Проверить распиновку Hall,

плохо едет медленно	подключён неверно или не включён sensored/hybrid режим	повторить motor detect/калибровку
Связь нестабильна, «рандомные» команды	Плохое питание 5V или земля/помехи	Поставить нормальный DC-DC 48→5V, общий GND, закрепить проводку
Не удаётся подключиться к ESC по USB	Драйвер/ порт/кабель	Сменить кабель/порт, поставить драйвер (при необходимости через Zadig)

Карточки частых ошибок

Ошибка: перепутали TX/RX между ES900RX и конвертером

Симптом: приёмник связан, но PWM на выходе конвертера не меняется.

Проверьте правило: TX одного устройства идёт в RX другого, и наоборот. Для UART-based ELRS (CRSF) это стандартный принцип .

Ошибка: калибровали ESC без уверенного failsafe

Симптом: на стенде всё «почти нормально», но при выключении передатчика мотор оживает.

Сначала добейтесь, чтобы конвертер выдавал безопасные значения при failsafe (и чтобы моторы были на CH2/CH4), и только затем калибруйте нейтраль/края на ESC.

Пояснения по CH3. Почему не используем в Matek?

988 — это длительность PWM-импульса на выходе конвертера, измеряемая в микросекундах: 988 µs = 0.988 ms (миллисекунды).

В RC/ESC под “PWM/PPM” обычно понимают не «ШИМ по скважности», а **серво-сигнал по ширине импульса**: контроллер смотрит, сколько длится импульс, и по этому понимает команду газа. Типовая частота — около **50 Гц** (период ~20 ms), а команда кодируется шириной импульса.

Почему именно 988, а не “круглые” 1000:

В экосистеме ExpressLRS/CRSF “нормальный диапазон” часто мапится как **988...2012 μ s**, и шаг получается **примерно 1 μ s на «деление»** (1024 позиции).

Поэтому 988 μ s — это просто **нижний край диапазона**, который принят в этой связке, а не “особая сверхточность”.

Что значит “CH3 failsafe = 988” на Matek CRSF→PWM:

У Matek (и в документации ELRS про PWM/конвертеры) указано, что **по умолчанию failsafe = 1500 μ s для всех каналов, кроме Output/CH3, где по умолчанию 988 μ s** (CH3 трактуется как throttle).

То есть при потере CRSF-сигнала конвертер может выдать на CH3 **импульс 988 μ s**, что соответствует “минимуму”.

Почему это может привести к вращению мотора:

Если ESC настроен в **двунаправленном режиме** (вперёд/назад) и откалиброван как:
~1500 μ s = **нейтраль**,
~1000 μ s = **полный реверс**,
~2000 μ s = **полный вперёд**,
то **988 μ s** будет воспринято как **реверс (или сильное торможение/реверс)**.

Поэтому при потере связи мотор на CH3 может начать крутиться, если ваша нейтраль и диапазоны так откалиброваны.

Мини-таблица для ориентира (для “нормального диапазона” ELRS):

988 μ s — минимум

1500 μ s — центр/нейтраль (обычно)

2012 μ s — максимум

Для чего такая точность “такая точность?”:

Да, значение задаётся в микросекундах, и многие устройства реально оперируют **шагом порядка 1 μ s** (это нормальная “цифровая” дискретизация таймера), но это не значит, что железо гарантирует идеально ровно 988.000 μ s — важен сам факт, что это **нижний край диапазона**, и ESC калибруется под реальные min/mid/max.

Настройки управления роботами в EdgeTx. НРТК.

Передатчики с прошивкой EdgeTX отличаются исключительной гибкостью и могут быть адаптированы к самым сложным требованиям управления. К сожалению, эта гибкость сопровождается сложным интерфейсом, который может запутать новичков и предложить опытным пилотам слишком широкий выбор вариантов. Например, здесь нельзя просто включить микширование элевонов — вам нужно собрать микс каналов из доступных элементов. Это требует осмысления и планирования.

Данное руководство дает краткий обзор теории управления EdgeTX, а затем переходит к примерам настройки, тюнинга и устранения неисправностей для стандартных компоновок роботов. Как только ваш робот станет управляемым, вы сможете углубляться в теорию настолько, насколько пожелаете.

1. Структура управления и навигация

Что и где происходит?

Почти вся настройка робота выполняется на трех экранах меню Model Setup: **INPUTS**, **MIXES** и **OUTPUTS**. Сигналы от стиков, переключателей и крутилок проходят через эти экраны, прежде чем будут отправлены на приемник:

1. Сигнал положения генерируется осью стика или переключателем.

2. Сигнал направляется на экран **INPUTS** для возможной модификации перед передачей в микшеры.
3. Экран **MIXES** позволяет комбинировать сигналы из **INPUTS** и направлять их на несколько портов приемника.
4. Экран **OUTPUTS** позволяет выполнить финальную модификацию направления и величины комбинированных сигналов перед передачей в эфир.

Заметка: Темы в этом руководстве расположены в порядке, удобном для сборщика роботов, что может отличаться от физического пути прохождения сигнала через каскады передатчика.

Навигация по меню

Система навигации EdgeTX использует физические кнопки для перемещения между страницами, выбора опций и настройки значений. В некоторых версиях есть сенсорные экраны.

Для передатчиков с кнопками и роликом:

MDL — короткое нажатие для настроек модели, длинное для выбора модели.

SYS — короткое нажатие Radio Setup.

RTN (или Back) — возврат на предыдущую страницу или отмена действия.

PAGE> / PAGE< — навигация между экранами и вкладками.

Wheel/Push to Enter — ролик выбора опции, ввод значения или подтверждение нажатием.

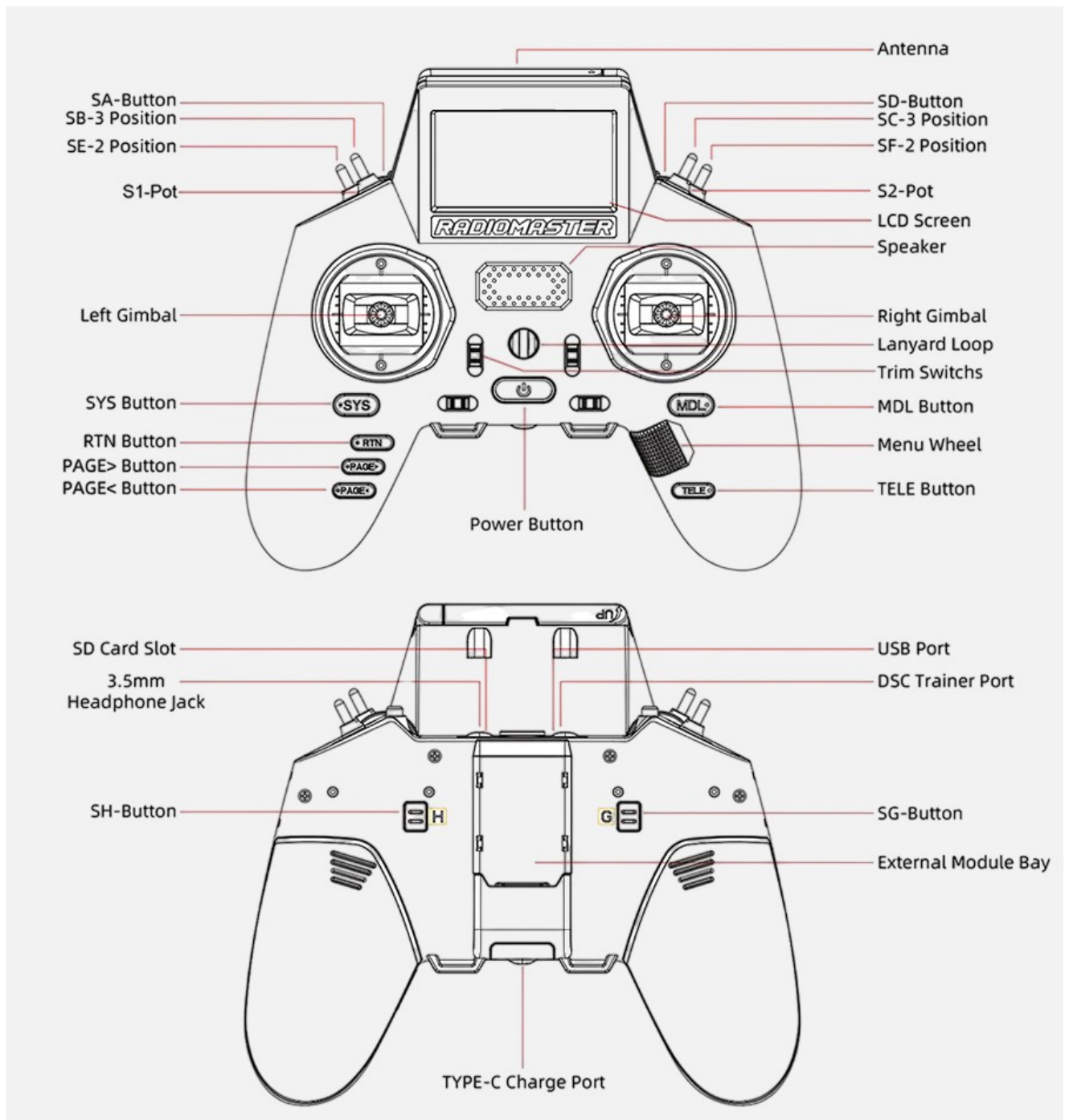
Для передатчиков с сенсорными экранами:

Свайп влево/вправо — перемещение между экранами.

Нажатие на иконки групп и ярлыков — быстрая навигация к конкретной странице.

Quick Menu — нажатие на «X» или пустую область экрана для закрытия.

Если вы запутались, долгое нажатие на **RTN / Back** обычно возвращает вас на главный экран.



ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДАТЧИКОМ RADIOMASTER ZORRO

2. Экран MIXES: Связь входов с выходами

Экран микшеров объединяет входы и распределяет их по портам приемника. Базовое управление боевым роботом обычно требует микса, чтобы один стик координировал левый и правый моторы для движения вперед/назад и вращения.

Микс привода на одном стике

В EdgeTX нет predetermined миксов. Этот микс позволяет правому стику управлять рулем (Aileron) и газом (Elevator). Левый контроллер мотора подключается к CH1, правый — к CH2.

Перейдите на экран **MIXES**. Изначально он может выглядеть так:

ИСХОДНЫЙ ЭКРАН
MIXES



MIXES	4/64	6/13
CH1	100%	Ail
CH2	100%	Ele
CH3	100%	Thr
CH4	100%	Rud
CH5		
CH6		
CH7		

Настройка CH1:

1. Выделите строку **CH1**, нажмите **Enter** для вызова меню действий.
2. Выберите **Insert After**.
3. В поле **Source** выберите **Ele**, затем **Return**.

ДОБАВЛЕНИЕ
ИСТОЧНИКА ELEVATOR В
CH1

MIXES	5/64	6/13
CH1	100	Ail
+=	100	Ele
CH2	100	Ele
CH3	100	Thr
CH4	100	Rud
CH5		
CH6		

Настройка CH2:

1. Выделите строку **CH2**, нажмите **Enter** -> **Edit**.
2. Установите **Weight** на **-100**.
3. Вернитесь, нажмите **Enter** на **CH2** -> **Insert Before**.
4. В поле **Source** выберите **Ail**.

Ваш экран **MIXES** теперь должен выглядеть так:

ГОТОВЫЙ МИКС
ПРИВОДА

MIXES	6/64	6/13
CH1	100	Ail
+=	100	Ele
CH2	100	Ail
+=	-100	Ele
CH3	100	Thr
CH4	100	Rud
CH5		

Выходной канал на переключателе

Иногда точность стика не нужна — например, для активации флиппера.

Флиппер (flipper) — это один из самых популярных типов активного оружия в боевой игровой робототехнике. Это механизм, который представляет собой подвижную платформу (рычаг, лопатку или панель), способную резко подбрасывать противника вверх.

Назначим переключатель **SE** на канал **CH5**:

1. Выберите **CH5** в **MIXES**, нажмите **Enter**.
2. В **Source** установите **!SE**.

НАЗНАЧЕНИЕ

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ НА CH5

MIXES	7/64	6/13
CH1	100%Ail	
+=	100%Ele	
CH2	100%Ail	
+=	-100%Ele	
CH3	100%Thr	
CH4	100%Rud	
CH5	100%SE	

3. Экран INPUTS: Настройка отклика управления

Здесь мы модифицируем сигнал от стика перед микшированием. Мы можем менять «вес» (чувствительность) и назначать условия.

Переключатель двойных расходов руля

Вес 100 на канале Aileron часто делает руль слишком резким. Уменьшим его в **INPUTS**:

1. В **INPUTS** выделите **Ail** -> **Edit**.
2. Установите **Weight** на **50**.

УМЕНЬШЕНИЕ ВЕСА РУЛЯ

INPUTS	4/64	5/13
I Ail	50%Ail	---
I Ele	100%Ele	---
I Thr	100%Thr	---
I Rud	100%Rud	---
I 05		
I 06		
I 07		

Чтобы иметь возможность вернуть полную скорость поворота (например, для самовыравнивания), добавим вторую строку с переключателем **SC**:

1. В настройках первой строки **Ail** выберите **Switch SC↑**.
2. Добавьте строку **Insert After** с весом **100** без указания переключателя.

Внимание: Передатчик оценивает строки сверху вниз. Если условие первой строки (SC вверху) выполнено, используется она. Если нет — он переходит к следующей.

НАСТРОЙКА DUAL RATES

INPUTS	5/64	5/13
I Ail	50 Ail	SC↑
	100 Ail	---
I Ele	100 Ele	---
I Thr	100 Thr	---
I Rud	100 Rud	---
I05		
I06		

Простой переключатель инверсии

Когда робот на колесах переворачивается, руль работает верно, а газ инвертируется. В EdgeTX инверсия газа по щелчку тумблера **SF** делается в две строки:

1. Для **Ele** создайте первую строку: **Switch SF↑, Weight 100**.
2. Создайте **Insert After: Weight -100** (без условия по тумблеру).

МИКС ДЛЯ ПЕРЕВЕРНУТОГО РЕЖИМА

INPUTS	6/64	5/13
I Ail	50 Ail	SC↑
	100 Ail	---
I Ele	100 Ele	SF↑
	-100 Ele	---
I Thr	100 Thr	---
I Rud	100 Rud	---
I05		

4. Экран OUTPUTS: Ограничение и реверс

Этот экран — последняя точка перед передачей сигнала.

Ограничение движения сервопривода

Если лифтер полностью убирается на -75% и выдвигается на +90%, нужно ограничить диапазон, чтобы сервопривод не заклинило:

1. В **OUTPUTS** выберите канал (например, **CH3**) -> **Edit**.
2. Установите **Min** на -75 и **Max** на 90.

УСТАНОВКА ЛИМИТОВ КАНАЛА

OUTPUTS		1500us		7/13	
CH1	0.0	-100	100	→	---
CH2	0.0	-100	100	→	---
CH3	0.0	-100	100	→	---
CH4	0.0	-100	100	→	---
CH5	0.0	-100	100	→	---
CH6	0.0	-100	100	→	---
CH7	0.0	-100	100	→	---

OUTPUTS		1116us		7/13	
CH1	0.0	-100	100	→	---
CH2	0.0	-100	100	→	---
CH3	0.0	-75.0	90.0	→	---
CH4	0.0	-100	100	→	---
CH5	0.0	-100	100	→	---
CH6	0.0	-100	100	→	---
CH7	0.0	-100	100	→	---

Бонус: Расширенный отклик серво

По умолчанию EdgeTX ограничен диапазоном -100...100. Чтобы выйти за эти рамки (до 150%):

1. Перейдите на вкладку **SETUP** модели.
2. Активируйте чекбокс **E.Limits**.

ВКЛЮЧЕНИЕ РАСШИРЕННЫХ ЛИМИТОВ

```
SETUP 2/13
Model name ---
Timer1 OFF ---
Timer2 OFF ---
Timer3 OFF ---
E.Limits ☒
E.Trims ☐ [Reset]
Show Trims No
```

Инвертирование отклика (Реверс)

Если мотор или сервопривод работают в обратную сторону, используйте функцию **Direction** на экране **OUTPUTS**. Измените значение на **INV**.

1. Прокрутите страницу вниз, чтобы выделить **CH2**, затем нажмите Enter, чтобы открыть меню действий.
2. Нажмите Enter, чтобы открыть экран редактирования (**EDIT screen**).
3. Прокрутите вниз до строки «**Направление / Direction**» и нажмите Enter, чтобы изменить режим на **INV**
4. **Return, Return.**

РЕВЕРС КАНАЛА

```
OUTPUTS 1500us 7/13
CH1 0.0 -100 100 → --- Δ
CH2 0.0 -100 100 → --- Δ
CH3 0.0 -100 100 → --- Δ
CH4 0.0 -100 100 → --- Δ
CH5 0.0 -100 100 → --- Δ
CH6 0.0 -100 100 → --- Δ
CH7 0.0 -100 100 → --- Δ
```

```
OUTPUTS 1500us 7/13
CH1 0.0 -100 100 → --- Δ
CH2 0.0 -100 100 ← --- Δ
CH3 0.0 -100 100 → --- Δ
CH4 0.0 -100 100 → --- Δ
CH5 0.0 -100 100 → --- Δ
CH6 0.0 -100 100 → --- Δ
CH7 0.0 -100 100 → --- Δ
```

5. Устранение неисправностей миксов

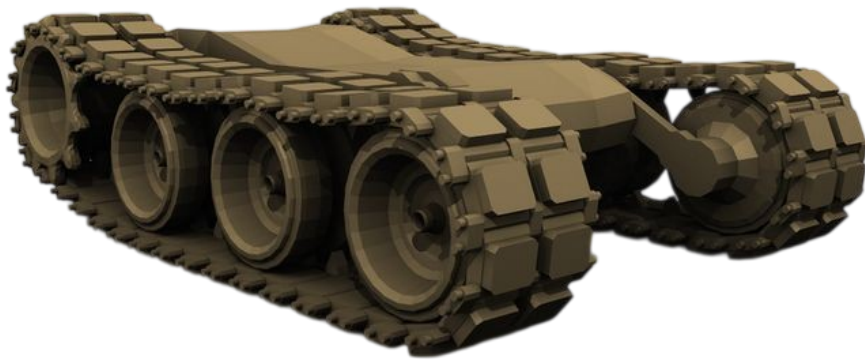
Важно: Всегда тестируйте робота с отключенным оружием в безопасном месте.

Исправление проблем с движением

Проблема	Причина / Решение
При команде "вперед" работает только один мотор, при повороте — другой.	Включено микширование и в пульте, и в контроллере. Отключите микс в контроллере.
При команде "вперед" робот вращается на месте.	Инвертируйте (INV) канал того мотора, который едет назад.
При команде "вперед" робот едет прямо назад.	Инвертируйте (INV) оба канала: CH1 и CH2 .
При повороте направо робот едет налево.	Поменяйте местами разъемы CH1 и CH2 в приемнике.

Создание «танкового микса» в EdgeTX

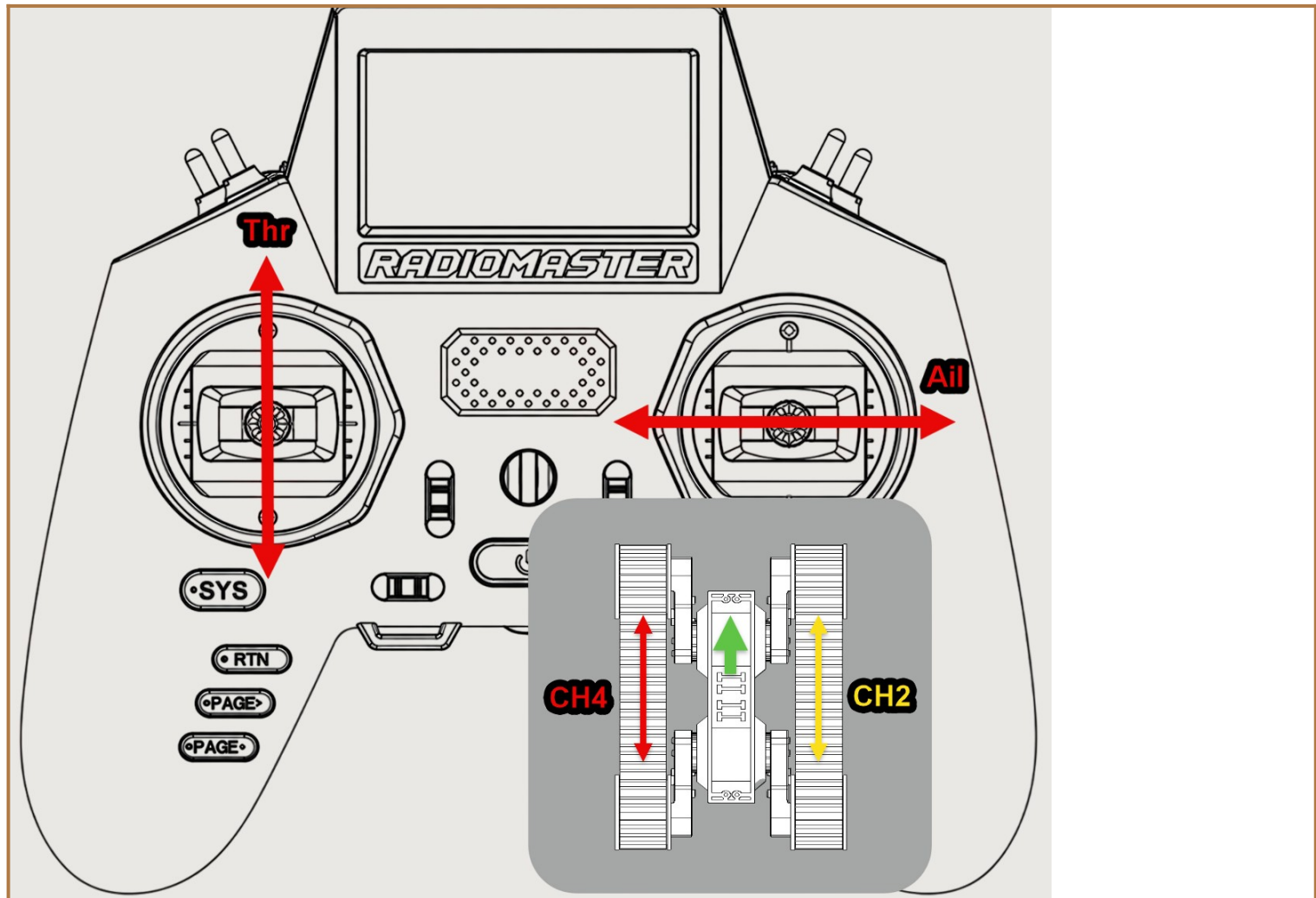
Этот материал — практическое руководство по созданию «танкового микса» в EdgeTX, применяемого для раздельного управления двумя бортами НРТК. Разбираем конкретную раскладку каналов, порядок действий в меню **Mixes** и способы проверки без подключения ESC.



Материал привязан к конкретной сборке: двухканальный ESC Flipsky FT85BD, конвертер Matek CRSF→PWM, приёмник HappyModel ES900RX. Правый мотор — CH2, левый мотор — CH4.

Главная мысль: танковый микс — это два канала, каждый из которых суммирует «газ» и «руль» с разными знаками. **CH2 = Thr – Ail**, **CH4 = Thr + Ail**. При нейтрале оба канала выдают 1500 мкс — моторы стоят. Именно с этой нейтрале начинается правильный failsafe.

1. Исходные допущения



Перед настройкой миксов зафиксируйте раскладку, с которой будете работать. Если у вас другой режим пульта или другой порядок каналов — скорректируйте названия источников в миксах соответственно.

Параметр	Значение в этой сборке
Режим пульта	Mode 2 — стандарт для большинства пультов
Порядок каналов	AETR — по умолчанию в EdgeTX
Источник «газ»	Thr — левый стик, вертикальная ось
Источник «руль»	Ail — правый стик, горизонтальная ось
Правый мотор (борт)	CH2
Левый мотор (борт)	CH4

Важно: CH3 намеренно не используется для моторов — у конвертера Matek CRSF→PWM канал CH3 зарезервирован под throttle и

имеет **failsafe** значение **988** по умолчанию, что создаёт риск самопроизвольного движения при потере связи.

2. Настройка Mixes — пошаговый порядок

Переходите в меню: **Model** → **Mixes**. Для редактирования строки — длинное нажатие на канал, затем **Edit** или **Add**.

Шаг 1 — Очистить CH2 и CH4 от стандартных миксов

По умолчанию EdgeTX с раскладкой AETR назначает:

CH2 = Ele

CH4 = Rud

Эти строки нужно **удалить** (Delete) перед тем, как добавлять новые. Иначе старые строки будут суммироваться с вашими и давать некорректный результат.

Шаг 2 — CH2: правый мотор

Добавьте **две строки** микса для канала **CH2**:

Строка	Multiple x (Mux)	Source	Weight	Комментарий
1	:= Replace	Thr	+100%	Газ — основной вклад
2	+= Add	Ail	−100%	Руль — вычитается (минус!)

Результат: **CH2 = Thr – Ail**

CH02 "Right"

Line 1

Source: Thr
Weight: 100%
Offset: 0
Multiplex: Replace (:=)

Line 2

Source: Ail
Weight: -100% ← минус!
Offset: 0
Multiplex: Add (+=)

Шаг 3 — CH4: левый мотор

Добавьте **две строки** микса для канала CH4:

Строка	Multiplex (Mux)	Source	Weight	Комментарий
1	:= Replace	Thr	+100%	Газ — основной вклад
2	+= Add	Ail	+100%	Руль — прибавляется (плюс!)

Результат: **CH4 = Thr + Ail**

CH04 "Left"

Line 1	
Source:	Thr
Weight:	100%
Offset:	0
Multiplex:	Replace (:=)

Line 2	
Source:	Ail
Weight:	100% ← плюс!
Offset:	0
Multiplex:	Add (+=)

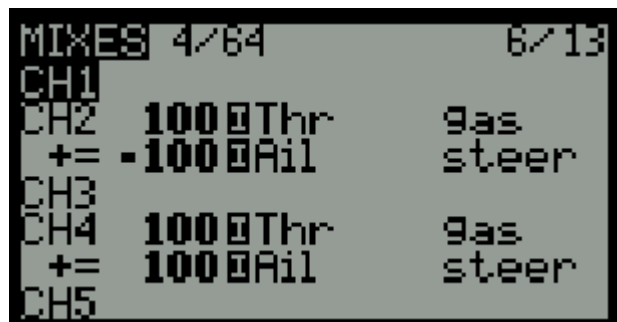
Шаг 4 — CH1 и CH3: оставить или очистить

Каналы **CH1** и **CH3** не подключены к ESC в данной сборке. Их можно оставить с дефолтными значениями или очистить для порядка — на работу привода это не влияет.

Результат: два канала настроены. CH2 и CH4 теперь несут в себе полный «танковый» микс: газ и дифференциальный руль.

3. Итоговый вид экрана Mixes

После всех шагов страница **MIXES** в EdgeTX должна выглядеть так:



CH01 _____
(по умолчанию или пусто)

CH02 Right _____
:= +100% Thr
+= -100% Ail

CH03 _____
(по умолчанию или пусто)

CH04 Left _____
:= +100% Thr
+= +100% Ail

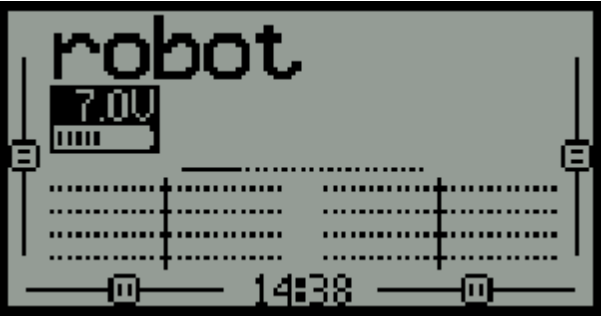
CH05–CH08 _____
(не используются)

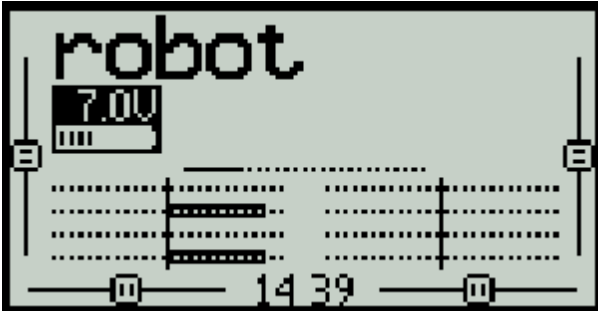
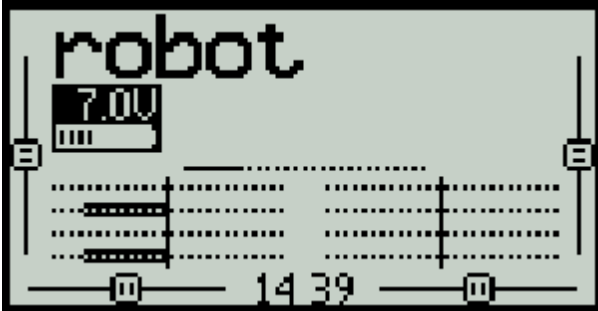
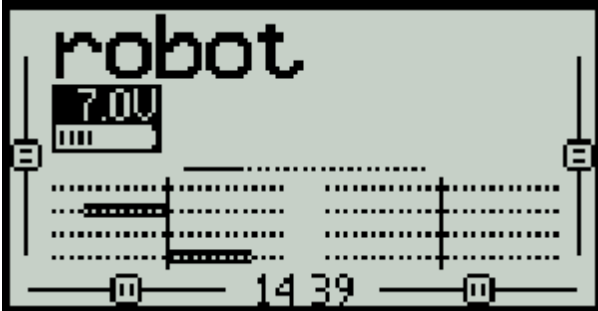
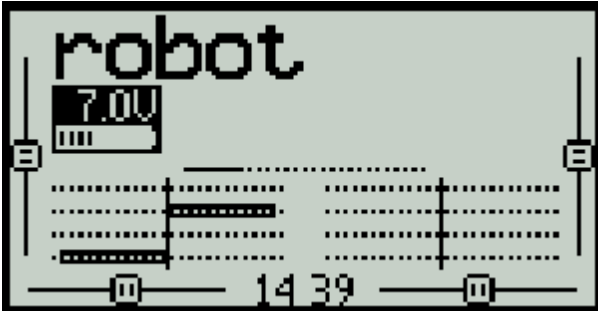
Важно: порядок строк внутри одного канала имеет значение. Строка с **Replace** (:=) должна быть первой — она задаёт базовое значение. Строка с **Add** (+=) идёт второй — она добавляет руль поверх газа.

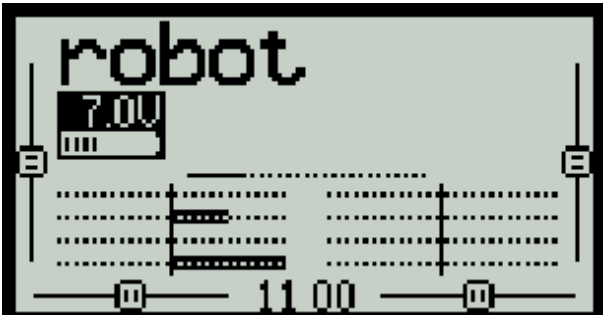
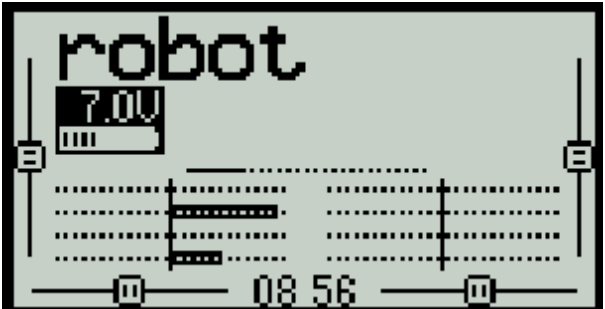
4. Проверка без ESC — Channel Monitor

Откройте монитор каналов прямо на пульте: **Model → Channel Monitor** (или долгое нажатие **PAGE** в зависимости от версии EdgeTX). Проверяйте значения, двигая стики.

В нашей конфигурации CH2 - правый борт, CH4 - левый борт.

Действие стиками	CH2 (Right)	CH4 (Left)	Ожидаемая логика
Оба стика в центре 	1500	1500	Нейтраль — оба мотора стоят
Thr вверх, Ail в центре	↑	↑	Прямолинейное

	растёт	растёт (одинаково)	движение вперёд
Thr вниз, Ail в центре 	↓ падает	↓ падает (одинаково)	Прямолинейный реверс
Thr в центре, Ail вправо 	↓ падает	↑ растёт	Разворот вправо на месте
Thr в центре, Ail влево 	↑ растёт	↓ падает	Разворот влево на месте
Thr вверх + Ail вправо	меньше	больше	Дуга вправо на ходу

			
Thr вверх + Ail влево 	больше	меньше	Дуга влево на ходу

Если поворот инвертирован

Если при отклонении **Ail** вправо платформа едет влево — знаки руля нужно поменять местами:

В **CH2**, строка 2: поменяйте **−100%** на **+100%**

В **CH4**, строка 2: поменяйте **+100%** на **−100%**

Внимание: не меняйте направление вращения мотора в ESC, чтобы «исправить» поворот — это запутает логику. Направление поворота корректируется только знаком в миксах или реверсом канала **Ail** на странице Inputs.

5. Важно: стик газа должен центрироваться

Для двунаправленного управления (вперёд + реверс через центральную нейтраль) стик **Thr** обязан возвращаться в центральное положение при отпускании. Если этого не происходит — при отпускании стика мотор будет продолжать крутить.

Запомните: на большинстве пультов левый вертикальный стик (**Thr**) по умолчанию *не имеет возвратной пружины* — он фиксируется в любом положении. Для управления НРТК это нужно исправить.

Есть два подхода:

Вариант	Что делать	Плюсы / минусы
Механически й	Установить возвратную пружину на вертикальную ось левого гimbала (снять заднюю крышку пульта, затянуть или добавить пружину)	Честное решение, все функции пульта остаются. Требуется разборка.
Программны й	Использовать Ele вместо Thr как источник газа — правый стик, вертикаль, всегда с пружиной	Не требует разборки. Управление одной рукой. Менее интуитивно.

Альтернативный микс через Ele

Если используете **Ele** как газ, миксы принимают такой вид:

```
CH02  Right
      := +100% Ele
      += -100% Ail

CH04  Left
      := +100% Ele
      += +100% Ail
```

В этом случае оба управляющих стика (**Ele** — вертикаль и **Ail** — горизонталь) находятся на **правом гimbале**, и оба имеют пружину центрирования.

Результат: при любом варианте — механическом или программном — стик газа должен уверенно возвращаться в центр. Это обязательное условие корректной нейтрали и безопасного **failsafe**.

6. Итоги

Готовые формулы и логика работы микса:

ТАНКОВЫЙ МИКС – EdgeTX MIXES

CH2 (Right) = Thr – Ail
CH4 (Left) = Thr + Ail

Нейтраль: оба канала → 1500 мкс
Газ вперёд: оба канала растут одинаково
Поворот: один растёт, другой падает
Failsafe: стики в центре → 1500 → стоп