

225

Конспект

Темы 1-13: ArduPilot, INAV, PID/фильтры/Rates, Blackbox, ESC/Bluejay, наземные станции, MiiELRS/MilBeta, SineLink, FPV-очки, видеопомехи, ВОЛЗ, спектр, 3D-печать

Практика: ESC/Bluejay, Blackbox, PID/фильтры, восстановление FC/RX/TX, ключи и частоты, MiiELRS/MilBeta CLI

Сценарий: ноутбук + USB, без пайки

2026. MAPC

Содержание

Содержание	2
1. ArduPilot / Mission Planner	3
2. INAV	4
3. Betaflight: PID, фильтры, Rates	5
4. Blackbox	6
5. ESC / Bluejay	7
6. Наземные станции / ретрансляторы	8
7. MilELRS 3/4 + MilBeta	9
8. SineLink	13
9. FPV-очки / VRX	14
10. Видеопомехи	15
11. ВОЛЗ / оптоволоконная линия	16
12. Спектр / спектрограмма	17
13. 3D-моделирование / печать	18
Практика: PID, фильтры и Rates	19
Практика: Blackbox	22
Практика: ESC / Bluejay	25
Восстановление FC из DFU	28
Внешний TX: BetaFPV Micro TX V2 через USB	29
RX: Wi-Fi и Betaflight Passthrough	33
MilELRS / MilBeta: прошивка, ключи, частоты и CLI	34
MilELRS: карта target RX	41

1. ArduPilot / Mission Planner

Объекты и связи

ArduPilot — семейство; ArduCopter — firmware FC; Mission Planner — GCS. RC → RX → FC → выходы. Mission Planner ↔ MAVLink ↔ FC. CRSF не равен MAVLink.

Контуры: положение → скорость → наклон → угловая скорость → выходы. EKF — оценка состояния по датчикам. Спутники ≠ исправная навигация.

Отличия от Betaflight

- Выходы: `SERVOx_FUNCTION`; рама: `FRAME_*`.
- Порты: `SERIALx_PROTOCOL` / `SERIALx_BAUD`; `SERIALx` сверяется с платой.
- Режимы: `FLTMODE*`; дополнительные функции: `RCx_OPTION`.
- Бортовой лог: **BIN / DataFlash**; лог GCS: **TLOG**.
- Настройки BF/PID/mixer не переносятся численно.
- BF 2025.12 уже имеет Altitude Hold и Position Hold; система миссий остаётся отдельным отличием ArduPilot.

Режимы ArduCopter

Acro — вращение. Stabilize — самовыравнивание. AltHold — высота. Loiter / PosHold — положение и высота. Auto — миссия. Guided — внешняя цель. RTL — возврат. SmartRTL — записанный упрощённый путь. Land — посадка.

RTL зависит от пригодных навигационных данных. SmartRTL не гарантирует обход препятствий и требует записанного пути.

Где искать

- DATA / Flight Data → HUD, режим, сообщения; DataFlash Logs → логи.
- PLAN / Flight Plan → миссия.
- SETUP → Mandatory Hardware → рама, датчики, RC, Flight Modes, Servo Output.
- CONFIG → Full Parameter List / Tree → поиск параметров.
- Стабилизация: `ATC_*`; позиция/скорость: `PSC_*`; навигация: `WPNAV_*`, `RTL_*`, `SRTL_*`.

Failsafe — разные причины

RC → `FS_THR_ENABLE`; GCS heartbeat → `FS_GCS_ENABLE`; батарея → `BATT_LOW_*` / `BATT_CRT_*` / `BATT_FS_*_ACT`; оценка состояния → `FS_EKF_*`.

`FS_OPTIONS` — битовая маска. EKF failsafe не заменяет GCS failsafe. Единицы и коды действий — по установленной версии Copter, не по таблице другого аппарата.

Полный конспект: ArduPilot / Mission Planner.

2. INAV

Основа

Локальная firmware **9.0.1**; Configurator **9.0.2** — отдельная версия. INAV: стабилизация, высота, положение, RTH, маршрут; поведение зависит от платформы.

Target, dump, PID, mixer и коды Modes Betaflight не переносятся автоматически. Цепочка: датчики → оценка состояния → цель навигации → стабилизация → выходы.

Режимы

- ANGLE → самовыравнивание.
- NAV ALTHOLD → удержание высоты.
- NAV POSHOLD → удержание положения.
- NAV RTH → возврат к Home по настроенной логике.
- NAV WP → выполнение пригодной загруженной миссии.

Home, Safehome, текущая координата и waypoint — разные объекты. Самолёт и мультикоптер по-разному завершают RTH.

Карта интерфейса

- Setup, CLI version / status → версия, target, состояние.
- Mixer → платформа и распределение выходов.
- Ports → UART; Receiver → протокол и каналы.
- Modes → канал/диапазон → режим.
- Advanced Tuning → навигационные настройки; точные имена → CLI.
- Mission Control → маршрут.
- Programming → Logic Conditions / Global Functions.
- Failsafe → реакция на потерю RC.

Ключевые различия

Modes назначает режим; Logic Condition вычисляет условие; Global Function выполняет действие. RTH на свитче не задаёт failsafe. Потеря RC, потеря GPS и плохая оценка состояния — разные события.

Перед сравнением конфигураций: версия → платформа → target → датчики → Home → процедура failsafe → логика завершения. GPS fix сам по себе не подтверждает пригодность навигации.

Для BF 4.5 корректно сравнение с GPS Rescue; BF 2025.12 уже имеет удержание высоты/положения. INAV отличается также системой навигации и маршрутов.

Полный конспект: INAV.

3. Betaflight: PID, фильтры, Rates

Исходная точка — BF 4.5

CLI → version / diff all → версия и исходные настройки. PID Tuning → нужны **PID Profile** и **Rate Profile**. Это разные профили; часть gyro-настроек глобальная.

Rates

- 1 Rateprofile Settings → Rates Type → нужная система Rates.
- 2 Для **Actual**: Center Sensitivity → центр; Max Rate → край; Экро → форма перехода. По осям отдельно.
- 3 Кривая → ожидаемые значения → Save → повторное чтение.

Rates задаёт команду, PID — следование ей. Числа разных Rates Type неравнозначны. Throttle Limit: SCALE — весь диапазон, CLIP — верхушка. Motor Output Limit — другой параметр. Экро пульта и FC складываются по действию.

Фильтры — по пригодному логу

- 1 Одинаковая ось/участок → Gyro до/после фильтрации и D-term.
- 2 Motors → Bidirectional DShot + корректные RPM → основание RPM Filter.
- 3 PID Tuning → Filter Settings: RPM Filter → моторные гармоники; Dynamic Notch → резонансы; Lowpass → широкий шум.
- 4 Одна группа изменений → Save → сопоставимый лог → оценка шума и задержки.

Gyro Lowpass 2 не отключается автоматически: при разных частотах gyro/PID loop нужен учёт aliasing. Меньше фильтрации — больше шума, меньше задержка.

PID / Feedforward

- 1 Setpoint + Gyro + P/I/D/F + Motor → выбранная ось и событие.
- 2 Насыщение Motor → сначала предел выхода; не автоматическое увеличение P.
- 3 Учебная последовательность анализа **D → P → I → FF**. Не означает обнуление остальных членов.
- 4 PID Profile Settings: Master Multiplier → масштаб; PD Balance → баланс P:D; I → медленная ошибка; Feedforward → начало/изменение команды.
- 5 Save → повторное чтение → сравнение без новых колебаний, шума и насыщения; ухудшение → возврат последнего изменения.

Дополнительно: I Term Relax — накопление I; Anti Gravity — переход газа; TPA — верх газа; Dynamic Damping / D_min — изменение D; Dynamic Idle — минимальные RPM.

Чтение CLI: get rates_type; get rpm_filter; get gyro_lpf; get dterm_lpf; get simplified.

Полная методичка: 19. PID / фильтры / Rates.

4. Blackbox

Открытие и анализ

- 1 Blackbox Explorer → Open log file → BBL/BFL → нужная внутренняя запись.
- 2 Заголовок → firmware, target, частота записи, debug, доступные поля.
- 3 Graph Setup → **Setpoint + Gyro** одной оси → участок события.
- 4 **P/I/D/F + Motor** → реакция и пределы выхода; **eRPM** → обороты.
- 5 Spectrum Analyzer → нужное поле/участок → FFT.
- 6 Вывод: **файл → время → ось → наблюдение → гипотеза → подтверждение.**

Учебный файл: school/Uchebny material/betaflight/blackbox/04.06 v3/btfl_001.bbl; BF 4.5.3, **IFLIGHT_BLITZ_F435**. Это чужой лог, его настройки не становятся пресетом своего FC.

Запись / выгрузка — BF 4.5

- 1 Blackbox → Logging device → реальный Onboard Flash / SD Card.
- 2 Нужные прежние записи → выгрузка. Erase flash только после сохранения нужного.
- 3 Logging rate → учебный ориентир **2 kHz** для фильтров; Debug → **GYRO_SCALED** либо **D_MIN** по задаче.
- 4 Save and Reboot → повторное чтение. USB сам по себе не создаёт полётную запись.
- 5 Flash → Save flash to file; SD → штатное чтение карты / доступный Mass Storage. Внешний logger → его накопитель.

На экзамене используется готовый лог; сохранение настроек записи не подтверждает полётные характеристики.

SpeedyBee F405 V3: SD и аналоговый OSD делят SPI2; возможны зависание OSD и испорченные логи. При конфликте используются отдельно. Подробности — тема 7.

Критические различия

- Motor — команда ESC, не обороты. eRPM — электрические обороты.
- Debug-поля определяются записанным debug_mode; задним числом не добавляются.
- Движущийся с RPM пик → возможная гармоника; постоянный → возможный резонанс. Один FFT причину не доказывает.
- 2 kHz записи → Найквист 1 kHz. Частоты выше не восстанавливаются достоверно.
- Разрывы данных → запись/носитель; не обязательно реальное движение.
- Сравнение: одинаковые поля, единицы, масштаб, близкие условия; smoothing не равен улучшению.

Чтение CLI: get blackbox; get debug_mode; get pid_process_denom.

Полная методичка: 20. Blackbox.

5. ESC / Bluejay

Применимость

Bluejay → совместимый **BLHeli_S / EFM8**. BB21/BB51 — поддерживаемые платформы; **BB10: последний официальный выпуск 0.18.1**. AM32 / BLHeli_32 не прошиваются Bluejay.

Чтение → прошивка → настройки

- 1 Betaflight → Disconnect; ESC Configurator → Select Serial Port → Connect → Read Settings.
- 2 Все карточки → число ESC, firmware, версия, **MCU, Layout**, направления моторов.
- 3 Flash All ESCs → Bluejay → версия → PWM Frequency → точные цели → Flash. Разные цели → отдельно Flash Firmware to this ESC.
- 4 Read Settings → все ESC с ожидаемыми firmware/версией/Layout.
- 5 Индивидуальные Motor Direction и параметры задания → Write Settings → повторное Read Settings.

Локальный вариант: официальный файл для **того же Layout/MCU/выпуска/PWM** → Flash Local Firmware.

USB может питать только FC. Без питания ESC от учебного стенда чтение/запись недоступны. Неполное распознавание → диагностика, не выбор случайного target.

Ignore inappropriate MCU and Layout? не включается для обхода неизвестного железа. Миграция BLHeli_S → Bluejay не гарантирует сохранения смысла всех настроек.

Поля, которые нельзя путать

- Motor Direction — направление; номер мотора/ресурс FC — отдельно.
- Forward/Reverse (3D mode) — реверс тяги; не Bidirectional DShot.
- PWM Frequency — **24/48/96 kHz**, доступность по сборке; не DShot300/600.
- Minimum / Maximum Startup Power — старт / его ограничение.
- RPM Power Protection — нарастание мощности по RPM.
- Motor Timing / Demag Compensation — коммутация.
- Beacon Delay / Strength — звук поиска; чрезмерная сила → нагрев.

Согласование с FC

ESC Configurator → Disconnect → Betaflight Motors → **DShot300/600** → **Bidirectional DShot** по заданию → Motor poles по мотору → Save and Reboot → повторное чтение.

Motor poles — магнитные полюса ротора. Галочка Bidirectional DShot не доказывает корректную RPM-телеметрию без её наблюдения.

SpeedyBee F405 V3: bitbang, burst и DMA имеют ограничения; см. тему 7. UART ESC Sensor не нужен для RPM по Bidirectional DShot.

Полная методичка: 21. ESC / Bluejay.

6. Наземные станции / ретрансляторы

Тема 6 · краткий конспект · 04.10.2026. Отдельная печатная база по этой теме не предусмотрена.

Три разных объекта

Наземная станция, HSK / GCS — оборудование и программа оператора: ввод команд, отображение видео/телеметрии, питание и интерфейсы. Пульс — возможная часть станции, но не вся станция.

Выносной модуль переносит радио- или видеочасть от рабочего места по кабелю.

Ретранслятор принимает информацию одного участка и передаёт её на другой.

Усилитель лишь увеличивает уровень сигнала; эти устройства не взаимозаменяемы.

Управление: оператор → канал до ретранслятора → канал до борта

Телеметрия: оператор ← канал от ретранслятора ← канал от борта

Видео: экран ← собственный тракт видео ← камера

Что определяет совместимость

Уровень	Что должно соответствовать
Данные	RC-каналы, CRSF/SBUS, MAVLink, аналоговое/цифровое видео — нужный формат
Электрический интерфейс	Разъём, распиновка, уровень сигнала, направление вход/выход
Радиолиния	Совместимые устройства и протоколы каждого участка
Обратный канал	Поддержка телеметрии всей цепочкой, а не только одного модуля
Питание	Напряжение, полярность, потребление конкретных устройств

Прямая видимость и исправность первого участка не подтверждают второй.

Дополнительный участок добавляет задержку и ещё одно место возможного отказа.

Уровень приёма ретранслятора не обязательно является уровнем связи конечного RX.

Однонаправленная передача, полудуплекс и полный дуплекс различаются возможностью и временем обратной передачи. Слово «ретранслятор» без схемы не сообщает, какие направления и форматы он поддерживает.

Что запоминать

- Управление, телеметрия и видео рассматриваются отдельно, даже если часть оборудования общая.
- Наличие картинки не доказывает наличие RC; наличие RC не доказывает работу видео.
- Кабельный вынос, радиоповторение и усиление — разные функции.
- «Дальность станции» не является одним неизменным свойством: она зависит от всей линии и условий.
- Станция с Mission Planner не создаёт автономность сама: соответствующие функции выполняются автопилотом.

Основа курса: school/Лекції та PDF/T.1 3.3 Засоби керування БпАК (БпЛА).pdf, с. 1–4; схема выше — обобщение типов тракта, без схемы развёртывания конкретной системы. Термины GCS и автопилота связаны с конспектом ArduPilot.

7. MileLRS 3/4 + MilBeta

Основание: MileLRS **3.86 / 4.42**, MilBeta **2.12**, локальные комплекты **3.86.7 / 4.42.10**. Документы и файлы проверены; прошивка на оборудовании в этой работе не выполнялась.

Кто чем прошивается

Пульт → **EdgeTX**; радиомодуль TX → **MileLRS TX**; приёмник RX → **MileLRS RX**; полётник FC → **MilBeta**; ESC → своя совместимая firmware.

Путь управления: EdgeTX → TX ⇌ RX → CRSF → FC → ESC. Прошивка FC не обновляет RX. Прошивка пульта не обновляет внешний TX.

Обе рассматриваемые ветки MileLRS основаны на **ExpressLRS 3.5.5**. MileLRS 4.x не означает ExpressLRS 4.x. Между MileLRS 3.x/4.x есть разрыв совместимости; в истории 4.10 отмечен ещё один. Практический выбор — **согласованный выпуск на TX и RX**.

Выбор файла, в том числе по фото RX

- 1 Маркировка платы с двух сторон → модель/ревизия → MCU/радиочип → роль TX/RX.
- 2 PDF «**Список модулів»** **нужной ветки** → модель → документированный target/alias.
- 3 Локально milelrs/MILELRS_v386.7_.../ либо MILELRS_v442.10_.../ → папка TX/RX и точный target → firmware.bin / firmware.bin.gz.

Ориентиры alias: **EP1/EP2, RP1/RP2 → HappyModel_EP_2400_ESP8285_RX; RP3 → MATEK_2400_ESP8285_RX_R24D**. Для ES900/BR1 используется соответствующий Generic SX127x; для True Diversity — отдельный Generic ESP32 True Diversity. Полная таблица нужна при выборе конкретной ревизии.

Число антенн, корпус и надпись «ELRS» не определяют target. BR3, NOSW, RP4TD/RP4TDM и LR1121 требуют отдельной сверки. RX-as-TX — отдельная роль.

Карта фото/alias: notes/topics/milbeta-milelrs-rx-targets.md. Полные пути и SHA256: notes/reference/milelrs-firmware-catalog.md. При неуверенной идентификации результат — список кандидатов и недостающая маркировка, не случайный файл.

TX/RX: маршрут Wi-Fi UPDATE

Применимость: работающий отдельный ESP-модуль с доступным Web interface. UART/USB recovery и SPI RX зависят от платы; этот маршрут не подменяет их.

- 1 TX: SYS → Tools → ExpressLRS → WiFi Connectivity → Enable WiFi. RX: автоматический Wi-Fi при отсутствии связи после настроенного AUTO_WIFI_ON_INTERVAL.
- 2 Wi-Fi выбранного модуля → http://10.0.0.1 → UPDATE → Choose File → **его** файл → Update. .gz остаётся сжатым.
- 3 Завершение записи/перезапуск → повторный вход → ожидаемые MileLRS и версия. Target mismatch → сверка платы/alias; принудительная запись не способ определить железо.
- 4 Web **TX** → **TX_ID**. На штатной прошивке этого Mil-поля может ещё не быть.
- 5 milpilots.com → TX_LOCK **по этому TX_ID** → генерация пары **TX_KEY/RX_KEY**.
- 6 Web TX → **TX_LOCK + TX_KEY**. Web RX → **RX_KEY**. Применение формы → перезапуск → повторное чтение полей.
- 7 EdgeTX Model Setup → Internal RF / External RF нужного модуля → **CRSF**. Совместимый **ELRS 3.x Lua** в SCRIPTS/TOOLS/; varta.lua / sentry.lua не заменяют основной ExpressLRS Lua.

8 SYS → Tools → ExpressLRS → согласованный Packet Rate; связь → FC Receiver → нужные каналы движутся.

TX и RX записываются в любом порядке. Зависимость: MilELRS на TX → TX_ID → TX_LOCK; рабочая пара → проверка каналов FC.

Ключи и Wi-Fi

TX_ID — идентификатор TX. **TX_LOCK** — активация именно этого TX. **TX_KEY/RX_KEY** — сгенерированная пара вместо штатной Binding Phrase. **mb_id/MB_LOCK** — отдельная активация FC, не передатчика.

Запасному TX нужен собственный TX_LOCK. Пара ключей может быть общей для TX, которые не работают одновременно; RX_KEY — для нескольких RX. Случайные числа не образуют пару.

Wi-Fi после задания ключей: пароль TX = **TX_KEY**, пароль RX = **RX_KEY**. До перехода со штатного ELRS обычный пароль — `expresslrs`. В Mil DEMO с нулевым ключом сеть открыта, функциональность ограничена, ARM недоступен.

Генератор сайта требует действующего доступа. В этой работе закрытая часть сайта не проверялась; личные ключи в конспект не включены.

BINDING_RATE = 82 — рекомендация школы

BINDING_RATE = 82 зафиксирован со слов пользователя как школьная рекомендация. Это не установленный заводской default.

Поле RX задаёт Packet Rate **ожидания связи**. TX устанавливает соединение на соответствующем режиме; после связи рабочий Packet Rate может меняться через Lua. Это не CLI Betaflight и не UART baud.

Документированные значения: 3.86 → **0, 14, 25, 44, 82**; 4.42 → **0, 7, 14, 25, 44, 82, 145**. 0 — перебор; 25 в PDF — пример, не доказанный default.

Bind & Sync: RX_KEY также задан на TX → RX в Bind → ExpressLRS → Bind & Sync. Прошивка не меняется. BINDING_RATE на RX перезаписывается текущим Packet Rate TX: после синхронизации школьное 82 может измениться. Полное копирование всех полей не гарантируется.

FC: маршрут MilBeta

- 1 CLI → version, dump all → target/базовая версия/исходные настройки.
- 2 milbeta/454/ → BF 4.5.4; milbeta/2026.06_rc2/ → BF 2026.6.0-rc2. В обеих папках проверенные файлы содержат **MilBeta 2.12**. FLYTEX 4.5.2 ... GYRO.hex — исключение, MilBeta 2.05.
- 3 Configurator нужной ветки → Firmware Flasher → Load Firmware [Local] → .hex **точного target FC** → **Full chip erase ON** → DFU → Flash Firmware.
- 4 Перезапуск/Connect → CLI version, get mb_id → ожидаемая база/target и Mil-параметр. При неудачном автопереходе в DFU — аппаратный BOOT по документации платы.
- 5 Совместимые настройки своей платы → восстановление; PID 4.5.x и 4.6.x+ не переносятся слепым dump.
- 6 Ports → UART RX → Serial RX; Receiver → Serial (via UART) → CRSF → сохранение → повторное чтение/каналы.
- 7 С MilELRS RX отдельная активация FC по PDF не нужна. Иначе: get mb_id → сайт, MILBETA → MB_LOCK → set mb_lock = <собственный MB_LOCK> → save. Скобки — место замены, не вводимые символы.

- 8 Аналоговый OSD → Font Manager → milbeta/milbeta.mcm → Upload Font; цифровой DisplayPort — другой путь. Результат: настройки сохранились; шрифт подтверждается только при доступном видео.

Полный каталог FC: notes/reference/milbeta-firmware-catalog.md. Совпадение STM32 не заменяет target платы. MilELRS передаёт обычные CRSF-каналы и без MilBeta; дополнительные совместные функции требуют соответствующих версий.

SpeedyBee F405 V3: два разных ограничения

SD ↔ аналоговый OSD: общая **SPI2** → возможны зависание OSD и повреждение логов. При конфликте: нужен OSD → SD-логирование OFF; нужна SD → аналоговый OSD OFF. Если зависание остаётся — карта удаляется при обесточенном FC, затем новое включение. Цифровой MSP DisplayPort — другой тракт. MilBeta не меняет разводку платы; исправление конкретной сборки не подтверждено.

Bidirectional DShot / RPM: M4 = **PB9 / TIM4_CH4**, обычного отдельного DMA нет → для штатных выходов нужен bitbang. На F405 bitbang исключает DMA на **SPI1 / gyro**. Не отключает гироскоп: меняется способ чтения и нагрузка CPU.

BF **4.5.4:** bitbang AUTO + bidir ON → bitbang активен. **bitbang OFF + burst ON → bidir сбрасывается OFF** при проверке настроек; это подтверждено и в **2025.12.5**. Поэтому после Save важны фактически сохранённые значения.

Чтение: get dshot; status; dma show; dshot_telemetry_info. Для V3 ориентир — **DShot300 + совместимая ESC firmware + активный bitbang**, без назначения случайных DMA. UART ESC Sensor не требуется для этих RPM. Нет питания ESC на USB — отсутствие ответов не доказывает конфликт.

MilBeta CLI: дополнительные поля

MilBeta **2.12**, PDF с. **3, 15, 17-19**. Имена ниже отсутствуют в проверенных штатных BF **4.5.4 / 2025.12.5**; get/set/save — обычный синтаксис BF.

- mb_id / mb_lock → идентификатор/активация FC.
- mb_ch_value_min / max → диапазон отображения; mb_ch_value1...4 → номера CH, **0 отключает позицию**.
- osd_aux_offset → смещение показания; пример **-90** только с согласованным osd_aux_scale.
- mb_crsf_baud → скорость основного CRSF UART; **115200 в PDF — пример**, другой конец должен совпадать.
- mb_rx2_port → физический номер UART второго RX; второй порт всегда CRSF.
- mb_rx2_priority → **0 первый / 1 второй**; mb_rx2_stats → такой же выбор источника статистики.
- mb_rx2_baud → **0 = скорость первого**.
- mb_rx2_timeout → **ms** без пакетов приоритетного RX до выбора запасного; 0 смешивает пакеты, возможны рывки.
- mb_user_msp_params / mb_user_msp_param_names → пользовательские значения/имена для внешнего MSP.

Чтение: get mb_id; get mb_ch_value; get osd_aux_offset; get mb_crsf_baud; get mb_rx2; get mb_user_msp. Неизвестное поле → сверка версии/сборки, не выдуманный аналог.

Пример чисел каналов в аналоговом OSD

MilBeta 2.12 + milbeta.mcm → OSD, элемент AUX Value и нужный профиль. **CH6/7/8 → 0...100**, четвёртая позиция выключена; номера заменяются по заданию.

```
set osd_aux_symbol = 79
set mb_ch_value_min = 0
set mb_ch_value_max = 100
set mb_ch_value1 = 6
set mb_ch_value2 = 7
set mb_ch_value3 = 8
set mb_ch_value4 = 0
save
```

osd_aux_symbol — штатное имя BF; числовой формат 79 здесь из MilBeta PDF.

serialrx_inverted, max_aux_channels, osd_aux_channel, osd_aux_scale тоже не новые имена CLI.

Не для MiELRS 3/4: 24 канала (mb_extra_channels = 8 вместе с max_aux_channels = 20) требуют **MiELRS 5.xx**; описанная статистика MAVLink — **5.16+**. Команды инициирования и специальных боевых функций здесь не приводятся.

Нет связи / нет каналов

Разные числа в Wi-Fi именах TX/RX → пара ключей. ! в имени TX → TX_LOCK и TX_ID. DEMO → нулевые ключи. Нет Bind & Sync → RX_KEY на TX / совместимый Lua. Пара верная, связи нет → выпуск/аппаратура/согласованность параметров, включая ожидаемый Rate. RX связан, каналов FC нет → **UART → Serial RX → CRSF**, а не повторная генерация ключей.

Полный конспект: MilBeta / MiELRS. Источники/страницы: REVIEW Mil.

8. SineLink

Тема 8 · краткий конспект · 04.10.2026. Сведения относятся к предоставленным презентации и раздатке; это не перечень актуальных продаж или характеристик всех ревизий.

Что это

Sine.link — семейство модулей связи в экосистеме Sine Engineering. В учебной схеме наземный модуль соединяется с пультом или наземной станцией, бортовой — с автопилотом. Между ними передаются команды и обратные данные.

Пульт / GCS ↔ наземный Sine.link ↔ бортовой модуль ↔ FC

Это отдельная система связи, не название прошивки ExpressLRS. MiiELRS target, Binding Phrase или пара TX_KEY/RX_KEY не становятся настройками SineLink по совпадению назначения устройств.

Термины из комплекта

Название	Роль в материалах
Sine.link, Sine.link mono, Sine.link 2	Аппаратные варианты связи; возможности и интерфейсы сверяются по модели
CRSF / SBUS	Передача каналов управления на совместимом участке
MAVLink	Обмен сообщениями автопилота и GCS
Sine Navigation System, SNS	Отдельная система оценки положения по сети опорных узлов
«Пасіка»	Программная часть экосистемы для управления и координации
Sine.video	Отдельная линейка видеосвязи

Связь, навигация и видео — три разные функции. Наличие радиомодема само по себе не означает наличия SNS или видеопередачи. Координаты из альтернативной навигационной системы ещё должны быть правильно использованы автопилотом.

Важные ограничения понимания

- Телеметрия — измерения и состояния; не универсальная квитанция «команда физически выполнена».
- Формат на проводе и протокол радиолинии — разные уровни. Поддержка CRSF не означает радиосовместимость с ELRS.
- Обещания дальности и точности в раздатке — заявления для определённых условий, а не гарантии для любого комплекта.
- Скорость передачи определяется не одной несущей частотой: существенны полоса, модуляция, кодирование и качество сигнала. Пример «одно колебание = один символ» в презентации — чрезмерное упрощение.

Источники: school/Uchebny material/Sine_link/SNS_learning_path_0N.pdf, с. 2-5 — роли устройств; с. 8-14 — вводная теория с упрощениями; Sine_Ukr_роздатка (2).pdf, с. 2-7 — состав экосистемы. Раздатка просмотрена визуально. Отдельная печатная база не предусмотрена.

9. FPV-очки / VRX

Состав и совместимость

VRX → приём видео; экран/оптика → отображение; DVR → запись; Head Tracker → отдельные каналы управления.

Аналоговый тракт: камера → FC/OSD → VTX → VRX → экран. Цифровой: камера/видеомодуль → совместимая цифровая система → очки.

Одна частота не означает совместимость цифровых экосистем. HDMI/AV-вход не равен встроенному радиоприёмнику. DVR не обязательно записывает тот же этап, что виден на экране.

Аналоговый приём

VTX ↔ VRX: **частота MHz**, затем band/channel. PAL/NTSC — видеостандарт; 4:3/16:9 — пропорции кадра. Auto Scan может остановиться на соседнем канале; номер без таблицы частот недостаточен.

Антенны: диапазон, поляризация, разъём. RHCP ↔ RHCP / LHCP ↔ LHCP. SMA / RP-SMA — разные центральные контакты; совпадения резьбы недостаточно.

Diversity — несколько приёмных трактов/антенн с выбором или обработкой по системе. Две антенны снаружи не доказывают два независимых приёмника.

Параметры очков

- IPD — межзрачковое расстояние; диоптрии — фокус; FOV — поле зрения.
- Разрешение экрана ≠ разрешение принятого видео.
- Высокий FOV ≠ больше полезной детализации.
- Задержка = камера + кодирование/передача + обработка/экран; DVR имеет свой тракт.
- OSD формируется в видеотракте, а не автоматически самими очками.

Быстрый поиск причины

Источник экрана → совместимость системы → частота → стандарт → соединения. Чёткий OSD без камеры → участок до OSD; камера без OSD → путь через FC/настройка OSD; отсутствие всего → вход/общий тракт.

Картинка помехи — гипотеза; последовательность разделяющих проверок в теме 10.

Полный конспект: FPV-очки и VRX.

10. Видеопомехи

Тракт

Камера → FC/OSD → VTX → радиолиния → VRX → экран. Питание/GND влияют на несколько участков. Признак на картинке не доказывает причину.

Последовательность

- 1 Аналог / цифровая экосистема → правильный вход очков.
- 2 VTX / VRX → **одинаковая частота MHz**, не только номер канала; Auto Scan сверяется.
- 3 PAL/NTSC, формат кадра; VIDEO IN/OUT/GND; разъёмы/антенны.
- 4 Тот же источник → исправный совместимый VRX/экран.
- 5 Аналоговая камера → совместимый проводной монитор → качество до FC.
- 6 Сравнение до FC / после OSD → локализация участка.
- 7 Проводная картинка чистая, радио плохое → VTX/антенна/VRX/частота/обстановка; замена **одного** элемента.
- 8 Запись: **симптом → одно изменение → результат**.

Коммутация стенда — при снятом питании участка. Цифровые камера/кабель/модуль — только совместимые.

Признак → первая область поиска

- Снег, слабая детализация → сигнал/шум, частота, приёмный тракт.
- Двойные контуры, зависимость от положения → отражения.
- Полосы/рябь → питание, наводка, радиопомеха; требуется разделение.
- Скат кадра/срыв → видеостандарт, синхронизация, слабый сигнал.
- **OSD есть, камеры нет** → камера, её питание/провод, VIDEO IN.
- **Камера есть, OSD нет** → путь через FC, OSD Profile/элементы, стандарт/DisplayPort.
- **Нет всего** → источник экрана, общий тракт, питание, VTX/VRX.
- Цифровые блоки/замирение → статистика цифровой линии, совместимость; аналоговые признаки не переносятся.

Мультиметр не исключает короткие пульсации. Повышение мощности VTX не лечит VIDEO/GND; рядом возможна перегрузка VRX.

Результат: воспроизводимо выделенный участок. Только DVR без сравнений → гипотеза + следующая конкретная проверка.

Полная методичка: 22. Видеопомехи.

11. ВОЛЗ / оптоволоконная линия

Тракт и свойства

Электрические данные → оптический передатчик → волокно → фотоприёмник → электрические данные. Волокно передаёт сигнал, не питание оконечных устройств.

SM — одномодовое; MM — многомодовое. Соответствие: тип волокна, длина волны, оконечные модули, направление передачи, разъёмы.

Одинаковый корпус разъёма не означает одинаковую полировку. UPC и APC напрямую не сопрягаются. Цвет — подсказка, маркировка/спецификация — основание.

Потери и уровень

- **dBm** — абсолютная мощность; **dB** — потери/отношение.
- Приёмный уровень = мощность TX — суммарные потери.
- Потери: волокно + соединения + сварки + изгибы; запас учитывается отдельно.
- Уровень должен быть выше чувствительности и ниже перегрузки RX.

Измерения

- VFL → видимые дефекты/непрерывность на пригодном участке; не полный бюджет линии.
- Источник + Power Meter → вносимые потери / уровень при заданной длине волны.
- OTDR → события и расстояния по отражению; параметры измерения и мёртвые зоны существенны.
- Есть свет ≠ передаются правильные данные. Link ≠ правильный протокол конечного устройства.

Типовые причины отказа

Загрязнение торца; несовместимые UPC/APC; малый радиус изгиба; повреждение волокна; несовпадение SM/MM или длины волны; недостаток/избыток оптического уровня; питание или протокол оконечного оборудования.

Невосприимчивость самого волокна к радиопомехам не исключает отказы электроники и повреждения кабеля. Конкретные радиус изгиба и допустимая нагрузка — по кабелю.

Невидимое оптическое излучение → отсутствие наблюдения торца глазом; обломки волокна → отдельное обращение как с острыми частицами.

Полный конспект: ВОЛЗ.

12. Спектр / спектрограмма

Чтение

Spectrum: частота × уровень. Waterfall: частота × время, цвет = уровень. FFT Size — частотное/временное разрешение и нагрузка. Несущая, ширина полосы, Packet Rate и baud — разные величины.

Spectrozir + HackRF: известный учебный источник

- 1 HackRF One → ID → Connect.
 - 2 LNA **20 dB** или ниже; VGA **16 dB**; +10 dB OFF; FFT **4096**; Spur Filter ON.
 - 3 Известная полоса → Start; насыщение/ложные пики → меньше gain.
 - 4 Фон при неактивном источнике → источник активен → те же шкалы/gain/FFT.
 - 5 Частотный участок → ширина → непрерывность/пачки → повторяемость.
 - 6 Повтор изменения состояния источника → подтверждение связи наблюдения с ним.
 - 7 Stop → Disconnect; запись границ полосы, gain, FFT, состояния источника и вывода.
- Вход HackRF максимум −5 dBm. Прямое соединение с RF-выходом TX без рассчитанного измерительного тракта недопустимо.

Картина → допустимый вывод

- Узкая линия → устойчивая составляющая / возможный артефакт.
- Широкая полоса → широкополосное излучение.
- Короткие пачки → пакетная/импульсная активность.
- Следы на разных частотах → возможная перестройка.
- Кратные линии → возможные гармоники.

По рисунку не устанавливаются модель, владелец и назначение передатчика.

Исключение артефактов

Центральный пик → смена центра окна: следует за центром — вероятен DC offset.
Повторяющиеся пики 20/40 MHz → возможные spurs; другой центр / Spur Filter. Много ложных линий исчезло при снижении gain → вероятно перегрузка.

Изменён gain — высоты напрямую не сравниваются. Широкий sweep не наблюдает всю полосу одновременно. Некалиброванный уровень не равен точной мощности передатчика.

Полная методичка: 23. Спектр.

13. 3D-моделирование / печать

Форматы

CAD-проект — исходная конструкция. STL — сетка, единицы не заданы надёжно. STEP — CAD-геометрия, не полная история построения. 3MF — модель/проект с метаданными. G-code — команды конкретному принтеру, не универсальная модель.

Tinkercad: учебная пластина

- 1 Create → 3D Design → mm.
- 2 Box → **20 × 20 × 3 mm**, нижняя грань на Workplane.
- 3 Cylinder → Hole → **Ø4 × 5 mm**, сквозь толщину.
- 4 Оба объекта → Align по центрам X/Y → Group.
- 5 Размеры и сквозное отверстие → Export → STL; исходный проект сохранён.

OrcaSlicer 2.3.2

- 1 Printer → **реальная модель и сопло**; Filament → материал; Process → совместимый профиль.
- 2 Prepare → Add → STL; размеры **20 × 20 × 3**.
- 3 Lay on Face → широкая плоская сторона на столе.
- 4 Quality → Layer height; пример **0.20 mm / сопло 0.4 mm**.
- 5 Strength → учебный пример **3 стены; 4 верхних + 4 нижних слоя; 15% infill**.
- 6 Support OFF для этой пластины; Brim по адгезии; температуры/обдув из профиля материала.
- 7 Slice plate → Preview → первый/средние/верхний слой: отверстие, стены, опора, границы стола.
- 8 Проект → 3MF; Export G-code file → носитель/сеть своего принтера → выбор файла в его меню.
- 9 Первый слой → непрерывное прилегание; дефект → остановка, устранение причины. Остывшая деталь → размеры/отверстие/слой.

Пример геометрии и параметров не является расчётом прочности. После изменений нужен новый Slice.

Ошибка → область поиска

Углы поднялись → адгезия/усадка/охлаждение. Нити → влажность/температура/retraction. Пропуски → подача/засор/расход. Разрыв по слоям → ориентация/сплавление. Малые отверстия → калибровка, не масштаб всей детали.

Layer height — Z, не точность XY. Стены/ориентация не заменяются ростом infill. CoreXY не гарантирует отсутствие расслоения. PLA не означает отсутствие выделений при нагреве.

Полная методичка: 24. 3D-печать.

Практика: PID, фильтры и Rates

Тема 3 нового списка. Основа — учебные материалы **Betaflight 4.5**. Результат: понятный выбор профиля, изменение нужной группы параметров и оценка по сохранённым логам. Проверка настройки на USB не подтверждает качество полёта.

Что изменяется

Стик → Rates / RC Smoothing → Setpoint → PID + Feedforward → моторы

↑
Гуго + фильтры

Группа	На какой вопрос отвечает
Rates	Какое вращение запрашивает положение стика
RC Smoothing	Насколько сглажены входные команды
P	Насколько сильно регулятор отвечает на текущую ошибку
I	Как устраняется накопленная ошибка и постоянное возмущение
D	Как сдерживается быстрое изменение вращения; чувствителен к шуму
Feedforward, FF	Как изменение команды заранее влияет на управление
Фильтры	Как подавляется шум измерений ценой задержки

Rates не устраняют плохой PID, а PID не заменяют подходящие Rates. Одинаковое дрожание изображения может иметь механическую, фильтровую или управляющую причину.

Общий вход: версия и профиль

- 1 **CLI → version, diff all → Save to File.** Зафиксированы исходная версия, target и настройки.
- 2 **PID Tuning → PID Profile / Rate Profile** → имя и номер исходного профиля. Выбор профиля может одновременно активировать его; «посмотрел другой» не означает «остался на прежнем».
- 3 **Copy profile / Copy rateprofile** → отдельный рабочий профиль, если доступен. Сохранён путь возврата к исходному.
- 4 Исходная конфигурация и лог относятся к одной версии и одному аппарату. Для **2025.12.5** числовой набор из 4.5 не используется как готовый preset; сначала выбирается база этой ветки.

Маршрут А. Настройка Rates

- 1 **PID Tuning → Rateprofile Settings → Rates Type: Actual.** Названия полей ниже относятся к Actual; числа из Betaflight Rates или другой модели кривой сюда не переносятся напрямую.
- 2 **Center Sensitivity** → чувствительность около центра. Меньшее значение даёт более спокойную реакцию на малые движения стика.
- 3 **Max Rate** → предельная угловая скорость на полном отклонении, в °/s. Это скорость вращения, не угол наклона.
- 4 **Expo** → форма перехода от центра к краю. Большее Expo расширяет спокойную центральную область; смысл сверяется по графику.
- 5 **Save** → повторное чтение выбранного Rate Profile и кривых по трём осям. График не должен неожиданно меняться из-за другого Rates Type или профиля.

Учебный пример чтения полей: Actual → Center Sensitivity 100; Max Rate 500; Expo 0.20. Это пример, **не школьный обязательный preset и не заводской default**. Для конкретного задания заменяются значения, а порядок и смысл полей сохраняются.

Throttle MID / Throttle EXPO формируют кривую газа. **Throttle Limit SCALE** сжимает весь диапазон; **CLIP** ограничивает верхушку. **Motor Output Limit** ограничивает выход на моторы и не является тем же параметром. Двойное Expo одновременно в пульте и FC меняет ожидаемую кривую.

Маршрут Б. Фильтры по записанному Blackbox

- 1 Blackbox Explorer → лог → один и тот же участок и ось → исходный/фильтрованный gyro. Для нового учебного лога источник рекомендует **2 kHz** и **GYRO_SCALED**; отсутствие нужного поля в старом логе не исправляется сменой настройки после записи.
- 2 Спектр шума → связь с газом/RPM и частотой. Движущиеся вместе с оборотами пики — кандидат на моторный шум; почти постоянный пик — кандидат на механический резонанс. Один FFT не доказывает причину.
- 3 **Motors → Bidirectional DShot** и пригодные данные eRPM → основание для RPM Filter. Наличие DShot без обратных данных не подтверждает работу RPM-фильтра.
- 4 **PID Tuning → Filter Settings → RPM Filter** → подавление основных моторных гармоник. **Dynamic Notch** → оставшиеся выраженные резонансы. **Gyro / D Term Lowpass** → оставшийся широкополосный шум.
- 5 Изменение **одной** группы → Save → сравнение с исходным профилем и сопоставимым логом. Меньше фильтрации обычно означает меньше задержки и больше пропущенного шума; рост множителя не означает «сильнее фильтрует».
- 6 Шум D-term вырос, появились новые узкие пики или ухудшилось следование Setpoint → возврат последнего изменения. Параметры соседней удачной рамы не являются подтверждением.

Gyro Lowpass 2 нельзя отключать автоматически по чужому примеру. В учебном PDF условие отключения связано с одинаковой частотой gyro и PID loop. При переходе, например, 8 kHz → 4 kHz фильтр участвует в защите от наложения спектров. Новые значения без лога не объявляются «оптимальными».

Маршрут В. PID и Feedforward

- 1 Пригодный лог и исправная исходная механика → выбранная ось → **Setpoint, Gyro, P/I/D/F и Motor** на одном временном участке. Если моторный выход упирается в предел, ошибка слежения не доказывает нехватку P.
- 2 **PID Tuning → PID Profile Settings** → рабочий профиль. Сначала определяется характер ошибки; затем изменяется соответствующая группа.
- 3 **Master Multiplier** → общий масштаб. **PD Balance / Tracking** → соотношение быстрого исправления и демпфирования. **I / Drift-Wobble** → более медленная составляющая. Названия слайдеров зависят от выпуска конфигуратора; ориентир — какие P/I/D меняются в таблице.
- 4 Оценка: быстрый уход Gyro за Setpoint и повторные колебания → разбор P:D; медленное возвращение/раскачивание → I и ограничения; запаздывание именно начала команды → FF после настройки основного контура.
- 5 **Feedforward / Stick Response** → ответ на изменение команды. Недостаток даёт отставание; избыток может давать выброс. **Feedforward Boost** влияет прежде всего на начало изменения, а не на всю статическую ошибку.

- 6 **Save → повторное чтение → сравнение логов** с одинаковыми осями, масштабом и близким режимом. Улучшение означает уменьшение ошибки без нового шума, колебаний и насыщения; оценка только «на глаз по 3D-модели» недостаточна.

В PDF используется логика **D → P → I → FF**: достаточное демпфирование, баланс P:D, затем I и FF. Это порядок анализа, а не команда выставить остальные члены в ноль на любом аппарате.

Дополнительные параметры: когда искать

Признак / задача	Параметр и смысл
Накопление I при резкой команде	I Term Relax ограничивает накопление во время быстрого изменения
Возмущение при изменении газа	Anti Gravity усиливает компенсацию переходного процесса
Колебания только в верхней области газа	TPA и его breakpoint; сначала причина и режим D/PD, затем величина
Разное D в спокойном участке и при команде	Dynamic Damping / D_min; для анализа предусмотрен debug D_MIN
Низкие обороты и потеря запаса управления	Dynamic Idle; требует правильных RPM-данных и параметров мотора

Частые неверные выводы

- «Чем выше P/D и Master, тем лучше» — рост ограничивается устойчивостью и шумом.
- «Один провал/пик доказывает неисправный мотор» — нужны сопоставление осей, команд и выхода.
- «Плавная картинка равна хорошему следованию» — сглаживание может скрыть задержку.
- «Профиль сохраняет все фильтры аппарата» — область действия параметра сверяется по версии; не все настройки глобального gyro относятся к выбранному PID Profile.

Короткие команды Betaflight 4.5

Команды чтения; настройки этим блоком не меняются:

```
version
diff all
get rates_type
get rpm_filter
get gyro_lpf
get dterm_lpf
get simplified
```

Источники: school/Лекції та PDF/01 Betaflight/BF 4.5 Filter Tuning.pdf (с. 3–21), BF 4.5 PID Tuning.pdf (с. 2–10, 13–58), BF 4.5 Rates Tuning.pdf (с. 2–17). Конкретные авторские настройки отделены от универсальных принципов. Дополнительная сверка: PID Tuning Tab, Profiles.

Практика: Blackbox

Тема 4 нового списка. Результат: открытый пригодный лог и вывод, привязанный к полям и временному участку. Учебный маршрут можно полностью пройти по существующим файлам без нового запуска моторов.

Маршрут А. Уже имеющийся лог

- 1 **Blackbox Explorer** → **Open log file** → .bbl / поддерживаемый .bfl. Если файл содержит несколько записей — выбор конкретного лога в списке.
- 2 Информация о логге → версия firmware, плата, частота записи, debug и доступные поля. Это настройки **на момент записи**.
- 3 Область графиков / Graph Setup → сначала **Setpoint + Gyro** одной оси. Масштаб времени → участок команды или наблюдаемого сбоя.
- 4 Затем **P, I, D, F** той же оси и **Motor** → сопоставление причины, реакции регулятора и ограничений выхода.
- 5 **Spectrum Analyzer** → спектр выбранного поля на выделенном участке. Название поля, частота дискретизации и масштаб должны оставаться известными.
- 6 Вывод → лог / время / ось / наблюдение / предполагаемая причина / чем подтвердить. Наблюдение отделяется от гипотезы.

Локальный пример: school/Uchebny material/betaflight/blackbox/04.06 v3/btfl_001.bbl. В заголовке подтверждены **Betaflight 4.5.3**, IFLIGHT_BLITZ_F435, Setpoint, Gyro, P/I/D/F, Motor, eRPM и gyroUnfilt. Это **пример формата и полей**, его PID не являются настройками пользовательского аппарата.

Какие линии что означают

Поле / название	Смысл
Setpoint	Запрошенная угловая скорость после обработки команды
Gyro / gyroADC	Измеренное вращение на соответствующем этапе обработки
gyroUnfilt / debug GYRO_SCALED	Данные до нужного этапа фильтрации; точное содержание зависит от версии и debug
axisP / axisI / axisD / axisF	Вклад каждого члена регулятора
rcCommand	Команда RC; не всегда то же, что исходные микросекунды канала
Motor	Команда регулятору; не измеренные обороты
eRPM	Электрические обороты; перевод в механические зависит от числа полюсов мотора
debug[0...]	Смысл задаётся записанным debug_mode

У gyroUnfilt слово «unfiltered» не гарантирует отсутствие фильтра внутри самого датчика. Сравнение спектров разных этапов без указания поля приводит к ошибкам.

Маршрут Б. Настройка записи Betaflight 4.5

- 1 **Blackbox** → **Logging device** → **Onboard Flash** либо **SD Card** по фактической плате. Отсутствие накопителя не исправляется сменой названия устройства в списке.
- 2 Существующие записи → выгрузка по маршруту ниже. **Erase flash** удаляет накопленные логи и используется только после сохранения нужных.
- 3 **Logging rate** → для фильтров учебный ориентир **2 kHz**; для обычного просмотра допустима меньшая частота с соответствующим ограничением анализа. Частота записи не может превышать фактические возможности PID loop/накопителя.

- 4 **Debug mode → GYRO_SCALED** для сравнения шума либо **D_MIN** для Dynamic Damping. Одновременно это разные задачи: нужный debug выбирается **до** записи.
- 5 **Save and Reboot** → повторное чтение устройства, частоты и debug. Режим обычной записи связан с ARM/настроенным режимом Blackbox; USB-подключение само по себе не создаёт полётный лог.

В экзаменационном маршруте дальше используется готовый учебный лог. Его анализ не выдаётся за лётную проверку новых настроек.

Маршрут В. Выгрузка

Onboard Flash: Blackbox → Save flash to file → завершённый файл → открытие в Explorer и наличие записей. Только после этого возможен Erase flash, если нужно освободить память.

SD Card: завершённая запись → отключённое от записи устройство → чтение файлов карты штатным способом платы. При доступном Activate Mass Storage Device Mode используется этот режим; при отсутствии — чтение снятой карты. Искомые файлы Blackbox, а не обычный diff.

Внешний serial logger: запись находится на его накопителе; Save flash to file полётника её не скачивает. Этот вариант требует собственного регистратора и настройки UART, поэтому не выбирается вместо отсутствующего onboard flash.

Практика чтения сигнала

Исключение SpeedyBee F405 V3: SD-карта и аналоговый OSD используют SPI2. Совместная работа может давать замерший OSD и логи с пропусками. Для воспроизводимой учебной записи на этой плате аналоговый OSD отделяется от SD-логирования; для аналогового OSD SD-логирование отключается. Это не относится автоматически к цифровому DisplayPort. Подробности и отдельное ограничение DShot, основание #12583.

Наблюдение	Первый разбор	Чего пока нельзя утверждать
Gyro отстаёт от Setpoint	Начало команды, FF, задержка фильтров, предел Motor	Что обязательно нужен рост P
Выброс после остановки команды	Setpoint сам остановился или подпрыгнул? Затем P:D / FF	Что любой bounceback вызван I
Узкий пик перемещается с eRPM	Моторные гармоники и RPM filter	Какой конкретно мотор неисправен
Пик почти постоянной частоты	Резонанс рамы/узла, несколько режимов	Что это доказанный механический дефект
Широкий шум D-term	Шум гуго и фильтры D	Что повышение D исправит картину
Motor упёрся в границу	Насыщение выхода и доступный запас управления	Что ошибка слежения решается коэффициентом
Разрывы/пустоты данных	Ошибки записи, частота, накопитель	Что провал графика был реальным движением

Спектр и частота записи

FFT показывает распределение частот **в выбранном участке**. Частота по горизонтали и амплитуда/PSD по вертикали — не время и не обороты сами по себе. Для 2 kHz частота Найквиста — 1 kHz; выше неё достоверное восстановление невозможно. Наложение частот может дать ложный низкочастотный пик.

Два логa сравниваются на одинаковых осях, одинаковых единицах, близких условиях и с известными фильтрами. Уменьшение масштаба графика или усиление визуального smoothing не означает улучшение аппарата.

Если лог не открывается или пустой

- 1 Размер и тип файла → файл действительно Blackbox, а не переименованный CLI-текст.

- 2 Список внутренних записей → другая завершённая запись из того же файла.
- 3 Версия Explorer → поддержка версии firmware из заголовка.
- 4 Неполная выгрузка → повторное чтение исходного накопителя, без его очистки.
- 5 Нет нужных debug-полей → анализ доступных данных либо новый лог с нужным debug в отдельной практической работе; задним числом поля не появляются.

Короткие команды Betaflight 4.5

```
version  
get blackbox  
get debug_mode  
get pid_process_denom
```

Источник курса: PDF Filter Tuning, с. 3–14; PID Tuning, с. 24–27, 47–55; локальные BBL.
Первичные справочники: Blackbox Flight Data Recorder, Blackbox Explorer, Debug Modes.
Проверены документы и заголовок учебного файла; этот текст не является результатом полного анализа его полёта.

Практика: ESC / Bluejay

Новая тема **5**. Маршрут для ESC на **BLHeli_S / совместимых EFM8**, через FC passthrough и ESC Configurator. Основание: школьный материал Bluejay и документация проекта; на оборудовании этот маршрут здесь не выполнялся.

1. Чтение и выбор платформы

- 1 Betaflight → Motors → текущий Motor Protocol; затем Disconnect. Последовательный порт освобождён для ESC Configurator.
- 2 ESC Configurator → Select Serial Port → порт FC → Connect → Read Settings.
- 3 Карточки ESC → число прочитанных регуляторов, название firmware, версия, **MCU и Layout**, индивидуальные Motor Direction. Это исходные данные для выбора прошивки и восстановления настроек.

Результат чтения	Дальнейший маршрут
BLHeli_S / Bluejay, поддерживаемый EFM8	Bluejay для прочитанного Layout и MCU
EFM8 BB10, обычно L-layout	Поддержка прекращена; последний официальный Bluejay 0.18.1 . Нельзя выбирать новый выпуск только по совпадению названия
EFM8 BB21 / BB51	Совместимый выпуск и точная аппаратная сборка
BLHeli_32, AM32 или другая ARM-платформа	Собственная прошивка и процедура этой платформы; Bluejay не подходит
Ноль ESC, часть карточек отсутствует, неопределённый Layout	Сначала питание ESC на учебном стенде, соединение FC-ESC и поддержка passthrough; прошивка до распознавания не выбирается

USB-питание FC не означает питание ESC. Если учебный стенд не питает регуляторы, чтение и запись ESC на нём недоступны. Этот результат нельзя исправить выбором случайного target или включением обхода проверки MCU.

2. Установка Bluejay

- 1 Flash All ESCs → **Bluejay** → **версия** → **PWM Frequency**. Автоматически прочитанные аппаратные цели должны соответствовать всем карточкам. Для разных ESC — Flash Firmware to this ESC по одному.
- 2 Flash → завершение записи всех выбранных ESC. Ошибка одного ESC означает незавершённую операцию, даже если остальные обновлены.
- 3 Read Settings → на каждой карточке ожидаемые **Bluejay, версия, Layout, PWM Frequency**.
- 4 Настройки каждого ESC → требуемое Motor Direction, остальные параметры по заданию → Write Settings.
- 5 Повторное Read Settings → значения совпадают с заданными; направления не потеряны при смене firmware.

Ignore inappropriate MCU and Layout? **не используется для преодоления неизвестного target**. Перенос Migrate settings between different firmwares? не гарантирует одинаковый смысл параметров BLHeli_S и Bluejay; исходные направления и настройки сверяются по карточкам.

Локальный файл: официальные release binaries → файл именно для прочитанного Layout, MCU, выпуска и PWM → Flash Local Firmware. Расширение и имя сохраняются. Чужой .hex с подходящей частотой PWM не становится совместимым с платой.

3. Что означает настройка

Поле	Смысл / важное различие
Motor Direction	Направление вращения конкретного мотора; номер мотора и порядок ресурсов FC — отдельные настройки
Forward/Reverse (3D mode)	Реверс тяги относительно середины газа; это не Bidirectional DShot
PWM Frequency	Частота силового переключения ESC: 24 / 48 / 96 kHz , доступность зависит от сборки. Это не DShot300/600
Minimum Startup Power	Минимальная мощность старта; недостаток может мешать старту, повышение не лечит механическую неисправность
Maximum Startup Power	Ограничение мощности при старте / смене направления
RPM Power Protection	Ограничение нарастания мощности с учётом оборотов
Motor Timing	Опережение коммутации; универсального «лучшего» значения нет
Demag Compensation	Компенсация размагничивания; влияет на устойчивость коммутации
Beacon Delay / Strength	Задержка и сила звука поиска; чрезмерная сила вызывает нагрев

Параметры из чужого примера не заменяют штатные значения своей версии. Без задания на изменение достаточно правильно прочитать и объяснить действующую конфигурацию.

4. Согласование с Betaflight

- 1 ESC Configurator → Disconnect → Betaflight → Connect → Motors.
- 2 Motor Protocol → совместимый **DShot300 или DShot600**. Bluejay передаёт RPM через **Bidirectional DShot** при включении этой функции на FC.
- 3 Motor poles → число **магнитных полюсов ротора**, а не число пазов статора; значение определяется по конкретному мотору. Типичный пример 14 нельзя назначать всем моторам.
- 4 Save and Reboot → повторное чтение протокола, Bidirectional DShot и числа полюсов.

RPM Filter использует данные оборотов, но сама галочка Bidirectional DShot ещё не доказывает получение правильной телеметрии. На экзамене без вращения моторов подтверждается **сохранение настроек**, а не качество RPM во всём рабочем диапазоне. Обработка RPM в фильтрах — методика 19.

Типичные ошибки

SpeedyBee F405 V3: для Bidirectional DShot существенен bitbang; сочетание bitbang OFF / burst ON может сбрасывать bidir после Save. Потеря DMA у гироскопа на SPI1 при bitbang не означает отключения гироскопа. UART5 ESC Sensor — отдельный путь, он не нужен для RPM по моторным сигнальным проводам. Разбор платы и подтверждённые версии.

- Read Settings не видит ESC → состояние питания стенда, порт, passthrough, соединение FC-ESC; не смена прошивки наугад.
- Прочитано меньше ESC, чем предусмотрено платой → незавершённая диагностика цепи отсутствующего ESC.
- После записи изменилось направление → индивидуальные Motor Direction; не перестановка номеров моторов для маскировки ошибки.
- 3D mode вместо RPM → отключение ошибочно выбранного режима реверса; Bidirectional DShot находится в FC.

Источники: школьный **BlueJay ESC Settings.pdf**; Bluejay: платформы и возможности, значения настроек, ESC Configurator. Версии и уточнения — REVIEW.

Восстановление FC из DFU

Версия задания: **4.5.5** или **2025.12.5**. Номер Betaflight App — версия программы на ПК, не прошивка FC.

Из интернета

- 1 **CLI → version; diff all → Save to File.**
- 2 **Disconnect → Firmware Flasher → Auto-detect.** Target соответствует маркировке платы.
- 3 **Firmware Version: 4.5.5 / 2025.12.5** — по варианту задания.
- 4 **Build Configuration: Radio Protocol: CRSF, Motor Protocol: DShot; GPS, VTX,** подходящий **OSD (SD)** для аналога или **OSD (HD)** для цифрового видео. Телеметрия CRSF включается в сборку вместе с протоколом.
- 5 **Full chip erase: ON → Load Firmware [Online] → Flash Firmware.**
- 6 Завершение записи → **Connect.** При запросе **Apply Custom Defaults → Apply.**
- 7 **CLI → version** — нужная версия и target; **Setup** — движение 3D-модели.

Из готового файла

- 1 Файл **.hex**, собранный для своей платы и нужной версии с функциями задания.
- 2 **Disconnect → Firmware Flasher → Load Firmware [Local] → .hex → Full chip erase: ON → Flash Firmware.**
- 3 Завершение → **Connect → Apply Custom Defaults**, если предложено → **CLI → version.**

Плата не подключается — DFU

- 1 USB отключён → **BOOT** удерживается → USB подключён → BOOT отпущен.
- 2 В приложении — **DFU.** Target — вручную по маркировке платы.
- 3 **Firmware Flasher → версия и функции → Load Firmware [Online] → Flash Firmware.** Для готового файла — **Load Firmware [Local].**
- 4 USB переподключён без BOOT → **Connect → CLI → version.**

Full chip erase стирает настройки. Дальнейшая настройка — 09, 11, 12.

Betaflight CLI

До прошивки:

```
version
diff all
```

После прошивки:

```
version
status
```

Внешний TX: BetaFPV Micro TX V2 через USB

Отдельный пример для BETAFPV 900MHz Micro TX V2, учебный пример 915 MHz. Полная установка ExpressLRS 4.1.0/FCC915 через USB самого модуля. Это не инструкция выбора target для неизвестного TX 2.4 GHz.

Нужны Windows x64, кабель USB-C с передачей данных, интернет, microSD-кардридер и esptool 5.4.0. Версия 4.1.0 требует RX с ELRS 4.x того же диапазона. Показанный SuperD 2.4 GHz с этим модулем не работает.

1. Подготовить пульт и сохранить TX

- 1 Выключить TX16S.
- 2 Извлечь microSD пульта.
- 3 Через кардридер скопировать всё содержимое SD в отдельную папку на компьютере.
- 4 Подключить антенну внешнего TX, если она снята.
- 5 Отключить внешний аккумулятор модуля, если он использовался.
- 6 Подключить USB компьютера к **USB-C внешнего модуля**.

Ожидается последовательный USB-порт модуля. Пульт остаётся выключенным. Схема относится именно к Micro TX V2; переключатели и разводка старых BETAFPV Micro TX могут отличаться. Устройство Micro TX V2, руководство BETAFPV.

- 1 В **Device Manager** → **Ports (COM & LPT)** записать COM-порт модуля.
- 2 Извлечь архив esptool через **Extract All**.
- 3 Открыть папку esptool-windows-amd64, где находится esptool.exe.
- 4 В её адресной строке ввести powershell и нажать Enter.
- 5 Выполнить строку, заменив **COM12** своим портом:

```
$txPort = 'COM12'
```

- 1 Прочитать всю память TX:
`.\esptool.exe -p $txPort -b 115200 read-flash 0 ALL tx-original.bin`
- 1 Проверить соответствие копии памяти:
`.\esptool.exe -p $txPort -b 115200 verify-flash 0 tx-original.bin`
- 1 Скопировать tx-original.bin и успешный лог в отдельную папку этого модуля.

Ожидается ESP32 и успешное чтение/сравнение. В проверенном учебном примере flash 8 MiB; ALL читает обнаруженный объём. Операция может занять несколько минут. При ошибке копия не считается проверенной; стирание отложить. 115200 выбрано для устойчивого чтения: в проверенном примере чтение при 460800 завершалось ошибкой. Резервирование esptool.

2. Получить полный комплект 4.1.0

- 1 Открыть ExpressLRS Web Flasher.
- 2 Выбрать **Transmitter**.
- 3 В **Firmware Version** выбрать **4.1.0**.
- 4 В **Hardware Vendor** выбрать **BETAFPV**.
- 5 В **Radio Frequency** выбрать **900MHz Transmitter**.
- 6 В **Hardware Target** выбрать **BETAFPV 900MHz Micro TX V2**.

- 7 Сохранить Lua по ссылке **Download ELRS Lua Script** на этом экране.
- 8 Нажать **Next**.
- 9 Нажать **Clear Stored Settings**.
- 10 В **Bind Phrase** ввести собственную фразу пары, одинаковую с её RX 900 MHz.
- 11 В **Regulatory Domain** выбрать **FCC915** для рассматриваемого варианта учебной пары.
- 12 Оставить **WiFi SSID** и **WiFi Password** пустыми.
- 13 В **Flashing Method** выбрать **Local Download**.
- 14 Нажать **Next**.
- 15 Нажать **Download**.
- 16 Скопировать полученный BIN в папку с esptool.exe под именем **firmware.bin**.

Это приложение с аппаратным описанием Micro TX V2 и выбранной фразой. Для полной установки нужны ещё 3 файла **из того же релиза и семейства ESP32 900 TX**. В ссылках ниже зафиксирована сборка 4.1.0, использованная в проверенном учебном примере; они не подходят произвольной другой версии или RX.

- 1 Сохранить в ту же папку bootloader.bin.
- 2 Сохранить туда partitions.bin.
- 3 Сохранить туда boot_app0.bin.
- 4 Проверить, что все 4 BIN лежат рядом с esptool.exe, без добавленного .txt и суффиксов вроде (1).

Если браузер пытается открыть двоичные данные, сохранить ссылку через **Save link as**. Размеры трёх служебных файлов: bootloader 17536 байт, partitions 3072 байта, boot_app0 8192 байта. Это проверка комплекта, не замена проверки записи. Опции TX, структура образов ESP32.

3. Записать 4 образа

- 1 Убедиться, что копия tx-original.bin проверена и сохранена отдельно.
- 2 Закрывать программы, использующие COM-порт TX.
- 3 В ранее открытом PowerShell выполнить **весь блок** ниже:

```
.\esptool.exe -p $txPort -b 230400 write-flash --erase-all `
  0x1000 bootloader.bin `
  0x8000 partitions.bin `
  0xE000 boot_app0.bin `
  0x10000 firmware.bin
```

Обратная кавычка в конце строк - продолжение команды PowerShell; не заменять её апострофом. Полное стирание удаляет старую MILELRS и настройки TX. Именно эти адреса относятся к классическому ESP32 в данном модуле; на ESP32-C3 их переносить нельзя.

- 1 Дождаться успешной записи и проверки каждого из 4 образов без ошибки.
- 2 Отключить USB модуля.

На Micro TX V2 из учебного примера запись этих 4 образов при 230400 и проверка хешей успешно выполнены. Если возникает Failed to connect, сначала проверить правильный COM и кабель; не выбирать случайный другой target. Если запись обрывается, сохранить весь лог и повторить после проверки питания/кабеля. Параметры esptool.

4. Вернуть Lua и проверить TX

Lua - меню управления модулем, хранящееся на SD пульта. Обновление этого файла не заменяет прошивку TX.

- 1 Скопировать скачанный `elrs.lua` на SD в **SCRIPTS/TOOLS/**.
- 2 Безопасно извлечь карту из кардридера.
- 3 Вставить SD в выключенный TX16S.
- 4 Включить пульт с подключённой антенной внешнего TX.
- 5 Коротко нажать **MDL** для настроек текущей модели.
- 6 В **Model Setup** проверить **Internal RF → Off** для этой модели с внешним модулем.
- 7 Проверить **External RF → CRSF**.
- 8 Коротко нажать **SYS**.
- 9 В **Tools** выбрать **ExpressLRS**.
- 10 Коротко нажать ролик для запуска меню.

Ожидается отклик внешнего TX и версия **4.1.0**, также проверяемая на его OLED. Если меню показывает Loading, сначала проверить External RF/CRSF, питание модуля и что открыт новый Lua. При нескольких одноимённых скриптах старые сохранены в копии SD; убрать их из SCRIPTS/TOOLS, оставив новый. Установка Lua, подготовка пульта.

5. Проверить с подготовленным RX 900 MHz

RX уже должен иметь ELRS 4.x и совместимый регион FCC915. Это проверка TX после замены прошивки; привязывать к нему SuperD 2.4 GHz из основного маршрута нельзя.

- 1 Включить дрон с совместимым RX, снятыми пропеллерами и выключенным ARM.
- 2 Проверить связь в Lua и движение каналов в Betaflight → **Receiver**.
- 3 Если связи нет, в Betaflight 4.5+ нажать **Bind Receiver** на вкладке Receiver.
- 4 После перевода RX в Bind выбрать **Bind** в меню ExpressLRS пульта.
- 5 Проверить движение всех нужных каналов.
- 6 Перезапустить питание дрона.
- 7 Проверить, что связь восстановилась без повторного Bind.

В проверенном учебном примере был выбран Bind на TX, после чего команды появились в Betaflight. Этот факт подтверждает работоспособность пары; он не доказывает, что у любого RX достаточно нажать только кнопку на TX.

Перед применением ELRS 4.x проверить способ ARM. Традиционный вариант использует CH5/AUX1; новый **Arm using Switch** требует EdgeTX 2.11+ и ELRS 4.x. Отсутствие этого нового пункта само по себе не означает неисправность радиоканала. Версию EdgeTX читают в **SYS → VERSION**. Наличие движущихся стиков ещё не проверяет ARM. Настройки ARM для ELRS 4.

Откат TX при необходимости

Только для проверенной полной копии этого же модуля. Пульт выключен; USB подключён к внешнему TX. В PowerShell папки esptool задать `$txPort` с актуальным COM, затем выполнить:

```
.\esptool.exe -p $txPort -b 115200 write-flash --erase-all 0 tx-original.bin
.\esptool.exe -p $txPort -b 115200 verify-flash 0 tx-original.bin
```

Вторую строку выполнять только после успешного завершения первой. После успешного сравнения отключить USB и включить пульт. Адрес 0 здесь нужен для полной исходной копии; новый `firmware.bin` приложения так не записывают.

RX: Wi-Fi и Betaflight Passthrough

Прошивка ELRS 3.x → 3.5.5

Параметры ExpressLRS Configurator

- 1 **Official Releases** → 3.5.5.
- 2 **Device Category** — производитель и диапазон; **Device** — модель и ревизия RX по маркировке.
- 3 **Regulatory Domain** и **Binding Phrase** — как у TX. Домен пульта: **SYS** → **ExpressLRS**, внизу экрана.
- 4 **SSID / Password** — пусто.

Через Wi-Fi RX

- 1 **Flashing Method** → **WiFi** → **Build** → сохранить **firmware.bin** / **firmware.bin.gz**. .gz без распаковки.
- 2 Пульт **OFF** → USB полётника → около **60 с** → Wi-Fi RX.
- 3 Сеть **ExpressLRS RX**, пароль **expresslrs**.
- 4 **10.0.0.1** → **Update** → **Choose File** → файл прошивки → **Update**.
- 5 Сообщение об успехе → перезапуск RX.

Проверка: повторный Wi-Fi RX → **10.0.0.1** → версия **3.5.5**.

RX в домашней сети → ПК в той же сети → **elrs_rx.local**. **Target mismatch** → неверный Device.

Через USB полётника — Betaflight Passthrough

Порт RX и CRSF настроены по 09.

- 1 Betaflight: **Disconnect**, приложение закрыто → переподключение USB полётника. RX питается от USB; пульт **OFF**.
- 2 Configurator: **Flashing Method** → **BetaflightPassthrough** → **COM полётника** → **Flash**.
- 3 Сообщение об успехе → Configurator закрыт → переподключение USB → пульт **ON**.

Проверка: **SYS** → **ExpressLRS** → **Other Devices** → **RX** → версия **3.5.5**. Betaflight **Receiver**: стики → движение каналов.

MiELRS / MilBeta: прошивка, ключи, частоты и CLI

Тема 7 · конспект и карта для поиска · 04.10.2026. Основание — предоставленные PDF и локальные файлы прошивок. Проверка по документам и файлам; прошивка оборудования в рамках этой работы не выполнялась.

Быстрый поиск

Нужно найти	Раздел / файл
Кого чем прошивать; откуда TX_ID	«Карта устройств» и «Порядок подготовки» ниже
TX_KEY, RX_KEY, TX_LOCK, MB_LOCK	«Идентификаторы и ключи»
Школьное значение BINDING_RATE	«BINDING_RATE = 82»
Target по модели или фото RX	Распознавание RX и таблица соответствий
Конкретный локальный файл	Полный каталог MilELRS, каталог MilBeta
Исходная инструкция и страница	Карта источников и проверка

Карта устройств: что где работает

Пульт / EdgeTX → радиомодуль TX / MiLELRS
 ↳ радиолиния
 приёмник RX / MiLELRS → CRSF → FC / MilBeta → ESC

Объект	Прошивка	Что определяет выбор файла
Пульт, экран, модель, Inputs/Mixes	EdgeTX	Модель пульта; это отдельное устройство от встроенного TX
Радиомодуль TX	MilELRS TX	Точный модуль, ревизия, радиочип, роль TX
Приёмник RX	MilELRS RX	Точная плата и ревизия; соответствие из списка модулей
Полётный контроллер FC	MilBeta	Target платы FC и базовая версия Betaflight
Регулятор ESC	Bluejay / AM32 / другая совместимая прошивка	Собственная аппаратная платформа ESC; MilBeta сюда не записывается

MiELRS не требует MilBeta для обычной передачи каналов CRSF. Дополнительные возможности связи могут требовать обе прошивки. В MilBeta 2.12 отдельная активация FC не нужна при использовании приёмника MiELRS; для других вариантов в инструкции предусмотрен MB_LOCK. Это условие разработчика, а не общее правило Betaflight.

Версии и отличия от ExpressLRS / Betaflight

Вопрос	Что следует из предоставленных документов
Основа MiEELRS 3.86	ExpressLRS 3.5.5
Основа MiEELRS 4.42	Тоже ExpressLRS 3.5.5 . Цифра 4 относится к ветке MiEELRS
Совместимость 3.x и 4.x	MiEELRS 4.00 объявлен несовместимым с 3.x; в 4.10 отмечен ещё один разрыв совместимости
Практическое правило версий	Согласованный выпуск на TX и RX; совпадения «оба 4.x» недостаточно для любого сочетания
Привязка	Сгенерированная пара TX_KEY/RX_KEY и активация TX_LOCK вместо переноса обычной Binding Phrase
Настройки	Web interface и Lua; часть параметров и функций отличается от штатного ExpressLRS
Каналы в 4.x	В истории 4.00 указан постоянный Wide; Hybrid не следует переносить из обычного ELRS как универсальную настройку
MilBeta	Модификация Betaflight с дополнительными функциями; номер MilBeta и номер базового Betaflight — разные версии

Радиочип задаёт возможности микросхемы, но рабочие характеристики готовой платы также зависят от усилителей, фильтров и антенны. Возможность ввести значение в интерфейсе не подтверждает пригодность конкретного железа. Список функций в PDF также не гарантирует включение каждой функции во всякую бинарную сборку.

Идентификаторы и ключи

Поле	Что означает	Откуда берётся → куда относится
TX_ID	Идентификатор конкретного TX	Web interface TX , http://10.0.0.1 после установки MilELRS → основание для TX_LOCK
TX_LOCK	Активация конкретного TX	milpilots.com → генерация по TX_ID → поле TX_LOCK этого TX
TX_KEY	Передающая часть пары ключей	Генерация пары на milpilots.com → TX
RX_KEY	Приёмная часть той же пары	Та же генерация → RX; также TX, если нужен пункт Bind & Sync
mb_id	Идентификатор FC для MilBeta	CLI полётника → <code>get mb_id</code> ; это не TX_ID
MB_LOCK / mb_lock	Активация MilBeta при варианте без MilELRS RX	Раздел MILBETA сайта → по mb_id → настройка FC

Произвольные числа вместо сгенерированной пары не работают. TX_LOCK относится к физическому модулю: запасному TX нужен собственный TX_LOCK. Документация допускает одну пару для основного и запасного TX, которые не работают одновременно, и RX_KEY для нескольких RX. В общие конспекты реальные ключи не записываются.

Доступ к генератору требует действующего доступа пользователя к milpilots.com. Названия полей подтверждены PDF; закрытая часть сайта в этой работе не проверялась.

Порядок подготовки: кого чем прошивать

Это карта последовательности, а не назначение прошивки ещё не определённой плате.

- Идентификация TX, RX и FC** → точные модели и ревизии; для FC также исходная версия и target. Три устройства означают три независимых выбора файла.
- TX и RX → один согласованный выпуск MilELRS** из подходящих TX_* и RX_*. Основной путь для работающих ESP-модулей — загрузка соответствующего `firmware.bin / firmware.bin.gz` через Wi-Fi UPDATE; сжатый `.gz` остаётся сжатым. UART/USB и восстановление зависят от платы, поэтому файл и способ определяются вместе. SPI-приёмник внутри FC нельзя автоматически считать отдельным UART RX.
- TX после MilELRS → Web interface → TX_ID**. До установки MilELRS этого поля в штатном интерфейсе может не быть.
- Сайт → TX_LOCK по TX_ID + пара TX_KEY/RX_KEY**. Затем TX получает TX_LOCK и TX_KEY, RX — RX_KEY. Параметры связи согласуются между модулями.
- Повторное чтение версии и параметров после перезапуска** → проверка того, что записано, а не только сообщения об успешной загрузке.
- FC → MilBeta**, если это требуется заданием. Исходный `dump all` сохраняет настройки; файл выбирается по target FC и базовой ветке BF; инструкция MilBeta требует **Full chip erase**. Восстановление настроек — с учётом совместимости ветки, затем CRSF, порты и назначения каналов.
- Аналоговый OSD → Font Manager → milbeta.mcm → Upload Font**, если используются символы MilBeta. Этот файл локально находится в `milbeta/milbeta.mcm`; цифровой DisplayPort — другой путь, загрузка аналогового шрифта к нему не относится.

TX и RX можно записать в любом порядке. Зависимость здесь смысловая: TX_ID доступен после MilELRS на TX; рабочая радиопара нужна для проверки каналов, а окончательная проверка связки — после настройки FC.

Обычные маршруты прошивки устройств: FC, внешний TX, RX. Указанные в них сборка штатного ExpressLRS, Binding Phrase и версия 3.5.5 не заменяют Mil-файлы, ключи и выпуск из этой карты.

Рабочий маршрут Wi-Fi UPDATE: TX и RX

Применимость: отдельный ESP TX/RX, исправная действующая прошивка и доступный Web interface. Для неработающего загрузчика, STM32-модуля или SPI RX этот маршрут не подставляется автоматически.

- 1 **Файл** → каталог → выпуск → роль TX/RX → точный target. Локальный `firmware.bin.gz` выбирается без распаковки, если он предусмотрен для этого target.
- 2 **TX** → EdgeTX SYS → Tools → ExpressLRS → WiFi Connectivity → Enable WiFi. **RX** → автоматический Wi-Fi при отсутствии радиосвязи после своего AUTO_WIFI_ON_INTERVAL; интервал зависит от сохранённой настройки.
- 3 Сеть именно выбранного модуля → `http://10.0.0.1`. Для штатного ELRS обычный пароль `expresslrs`; после задания Mil-ключей — соответствующий **TX_KEY / RX_KEY**; у Mil DEMO сеть открыта.
- 4 UPDATE → Choose File → подготовленный файл → Update. При несовпадении target — сверка аппаратуры и документированного alias; обход ошибки не служит способом распознавания платы.
- 5 Завершение загрузки и перезапуск → повторное соединение с модулем → **MilELRS и ожидаемый выпуск** в интерфейсе. Результат для TX и RX фиксируется отдельно.
- 6 Web TX → TX_ID → `milpilots.com` → TX_LOCK и пара ключей → соответствующие поля TX/RX → применение формы и перезапуск. Повторное чтение подтверждает сохранение.
- 7 EdgeTX Model Setup → нужный Internal RF либо External RF → **CRSF**; SYS → Tools → ExpressLRS → рабочий Packet Rate, согласованный с ожиданием RX. Затем FC Receiver → движение нужных каналов.

Если Web interface исправного штатного RX показывает неподходящее старое имя, вопрос решается по плате и списку alias. При неясном target предусмотрен раздел Tools на сайте Mil, указанный в списке модулей; содержимое закрытого раздела здесь не проверялось. Случайный файл и принудительное подтверждение несовпадения не заменяют эту проверку.

Lua хранится на SD в `SCRIPTS/T00LS/`. Для рассматриваемых веток нужен совместимый **ExpressLRS 3.x Lua**, как указано в Mil PDF; наличие на пульте скрипта для обычного ELRS 4.x само по себе совместимость не подтверждает. `scripts/varta.lua` и `scripts/sentry.lua` из локальных комплектов — дополнительные скрипты, а не замена основного ExpressLRS Lua.

Рабочий маршрут FC: установка MilBeta

- 1 CLI → `version, dump all` → исходная версия, target и настройки. В каталоге MilBeta выбирается **эта плата**, а не просто её тип STM32.
- 2 Betaflight Configurator нужной базовой ветки → Firmware Flasher → Load Firmware [Local] → выбранный MilBeta .hex; **Full chip erase** включён.
- 3 FC в загрузчике DFU → Flash Firmware → завершение записи → обычное подключение. Если автоматический переход не сработал, аппаратный BOOT конкретной платы и повторное USB-подключение дают DFU; способ платы сверяется с её документацией.

- 4 CLI → version, get mb_id → базовая версия/target и наличие MilBeta-параметра. Наличие только названия Betaflight в строке версии не опровергает MilBeta: исходные локальные файлы дополнительно проверены по внутренней строке MILBETA.
- 5 Настройки → восстановление **совместимого** dump своей платы. Переход 4.5.x → 4.6.x+ не допускает слепого переноса PID. Затем Ports → Serial RX на UART приёмника; Receiver → Serial (via UART) → CRSF, сохранение.
- 6 Активация → при MilELRS RX отдельный MB_LOCK по PDF не требуется. При другом RX: get mb_id → сайт, вкладка MILBETA → MB_LOCK → set mb_lock = <собственный MB_LOCK> → save. Угловые скобки обозначают место замены, не буквальный ввод.
- 7 Аналоговый OSD → Font Manager → milbeta.mcm → Upload Font. Затем повторное чтение портов/каналов и настроек; проверка шрифта — только при доступном видеотракте.

Стирание FC не прошивает RX, а загрузка шрифта не меняет firmware VTX. Если в задании уже установлена нужная версия, повторная перепрошивка ради настройки не нужна.

BINDING_RATE = 82 — школьная рекомендация

BINDING_RATE = 82 — рекомендация школы, зафиксированная со слов пользователя 04.10.2026. Она не объявляется заводским значением.

Параметр задаёт Packet Rate, на котором **RX ожидает установления связи**. После соединения рабочий Packet Rate может меняться через Lua. Это настройка MilELRS, а не команда CLI Betaflight и не скорость UART.

Значение / версия	Смысл
82	Школьный выбранный режим ожидания; TX должен устанавливать связь на соответствующем Packet Rate
0	Перебор доступных Packet Rate при ожидании связи
25 в PDF	Пример формата записи; текст не называет его заводским default
MilELRS 3.86	Документированный набор: 0, 14, 25, 44, 82
MilELRS 4.42	Документированный набор: 0, 7, 14, 25, 44, 82, 145

Заводское значение конкретного бинарника по этим PDF не установлено. Уже настроенный модуль также не доказывает default.

Bind & Sync перезаписывает BINDING_RATE на RX текущим Packet Rate TX.

Поэтому после синхронизации на другом Packet Rate сохранённое школьное 82 может измениться. Поле RX и текущий Packet Rate TX — связанные, но разные настройки.

Bind & Sync и Wi-Fi

Bind & Sync передаёт настройки привязки; прошивку он не обновляет. Для появления пункта в Lua на TX должен быть задан **RX_KEY**. RX переводится в Bind, затем используется ExpressLRS → Bind & Sync.

По PDF передаются RX_KEY, CUSTOM_FREQ, CUSTOM_FREQ2, кроме четвёртого элемента freq2mode, и BINDING_RATE по текущему TX Packet Rate. Поэтому синхронизация не означает полного копирования всех параметров.

После задания ключа пароль Wi-Fi — соответствующий TX_KEY или RX_KEY; штатный expresslrs больше не является универсальным паролем. При нулевом ключе документация описывает DEMO, открытую Wi-Fi сеть, ограниченное соединение и недоступный ARM.

Если не связывается: признаки из инструкции

Наблюдение	Что оно означает / что сверяется
Числа в именах Wi-Fi TX и RX различаются	Вероятная ошибка пары TX_KEY/RX_KEY
В имени Wi-Fi TX есть !	Ошибка TX_LOCK; соответствие именно этому TX_ID
Пара верная, связи нет	Совместимость выпусков, аппаратуры и согласованность параметров, включая ожидаемый Packet Rate
DEMO, RX уходит в Wi-Fi примерно через минуту	Нулевые ключи; это предусмотренное ограничение демонстрационного режима
Bind & Sync отсутствует	Наличие RX_KEY на TX; затем версия Lua/прошивки
RX связан, каналы FC не двигаются	Путь RX → UART FC → Serial RX → CRSF; bind сам по себе этот участок не проверяет
Target mismatch при загрузке	Сверка платы, роли и документированного alias; совпадение радиочипа не основание для принудительной записи

Локальные версии MilBeta

milbeta/454/ — файлы с именем BF 4.5.4; milbeta/2026.06_rc2/ — BF 2026.6.0-rc2. В проверенных файлах SPEEDYBEEF405V3 обеих папок найдена строка **MILBETA v2.12**. Суффикс RC обозначает предварительный выпуск базовой ветки.

Исключение: milbeta/FLYTEX/betaflight_4.5.2_STM32F405_FLYTEX405V2_GYR0.hex содержит **MILBETA v2.05**. Имя соседнего PDF 2.12 не обновляет этот бинарник.

PDF MilBeta 2.12 отдельно предупреждает: PID-настройки **4.5.x** и **4.6.x+** **несовместимы**. Полный dump нельзя механически переносить между этими ветками. Target для SPEEDYBEE, FLYTEX или любого примера не становится target другой платы с тем же STM32.

SpeedyBee F405 V3: SD / OSD и Bidirectional DShot

Относится именно к **SPEEDYBEEF405V3**, а не ко всем платам с STM32F405. Аппаратная разводка не меняется при установке MilBeta; наличие отдельного исправления в конкретном Mil-бинарнике не установлено.

SD-карта и аналоговый OSD сидят на SPI2. В Betaflight зарегистрированы зависание/исчезновение OSD и неполные/повреждённые Blackbox-логи при совместной работе. Практический маршрут при этом конфликте: нужен аналоговый OSD → SD-логирование отключено; нужна запись на SD → аналоговый OSD отключён. Если OSD не восстанавливается, карта удаляется на обесточенном FC, затем выполняется новое включение. Цифровой OSD по UART/MSP DisplayPort не использует этот аналоговый чип.

Это известная несовместимость совместной работы в затронутых конфигурациях, **не доказательство, что каждый выпуск и каждая карта всегда физически допускают только одну функцию**. Замена MilBeta на другую прошивку сама по себе не считается подтверждённым исправлением. Основания: Betaflight #12583, подтверждение разработчика #13156.

Bidirectional DShot / RPM — отдельный вопрос. У V3 мотор M4 — PB9 / TIM4_CH4, без обычного индивидуального DMA канала; для штатных выходов важен **DShot bitbang**. На STM32F405 его включение исключает DMA на SPI1, где подключён BMI270. **Отключается DMA-доступ, не сам гироскоп:** чтение остаётся другим способом, с большей нагрузкой CPU. Это ограничение STM32F4, проявляющееся при такой разводке V3.

В штатном BF 4.5.4 dshot_bitbang = AUTO при включённом bidirectional выбирает bitbang. При **bitbang OFF + burst ON** конфигурационная проверка отключает dshot_bidir; та же проверка есть в **2025.12.5**. Поэтому исчезнувшая после Save галочка может быть следствием несовместимого сочетания, а не неисправностью ESC. get dshot, status, dma show, dshot_telemetry_info помогают различить настройки, ресурсы

и получение RPM. Отсутствие RPM при непитаемых ESC на USB не доказывает конфликт платы.

Для учебного разбора V3: DShot300, совместимая ESC firmware, Bidirectional DShot и активный bitbang; burst не используется как способ получения обратной RPM-телеметрии. Настройки ресурсов не переназначаются по чужому примеру. **UART ESC Sensor не нужен для RPM через Bidirectional DShot.** Основания по коду и ограничениям версий — REVIEW новых тем, раздел F405 V3.

Дополнительные параметры MilBeta: чего нет в обычном BF

Основание — **MilBeta 2.12**, с. 3, 15, 17-19. Названия ниже сопоставлены с таблицами настроек штатных **Betaflight 4.5.4 и 2025.12.5**. Синтаксис get, set, save обычный; дополнение Mil — имена параметров и их функции. Наличие в конкретной сборке устанавливается через get.

Параметр	Назначение / чтение
mb_id, mb_lock	Идентификатор FC и его активация; get mb_id
mb_ch_value_min, mb_ch_value_max	Диапазон численного отображения каналов в OSD
mb_ch_value1 ... mb_ch_value4	Номера отображаемых каналов; 0 отключает соответствующую позицию
osd_aux_offset	Дополнительное смещение отображаемого значения AUX, например для знакового угла
mb_crfsf_baud	Пользовательская скорость основного CRSF UART; 115200 в PDF — пример, не default
mb_rx2_port	Номер физического UART второго RX, не индекс CLI serial; второй порт работает в CRSF
mb_rx2_priority	Приоритет: 0 — первый RX, 1 — второй
mb_rx2_stats	Источник отображаемой статистики: 0 — первый, 1 — второй
mb_rx2_baud	Скорость второго UART; 0 — как у первого
mb_rx2_timeout	Пауза без пакетов приоритетного RX до выбора запасного, ms ; 0 смешивает пакеты и может вызывать рывки
mb_user_msp_params, mb_user_msp_param_names	Набор пользовательских значений и имён для чтения внешним MSP-устройством

serialrx_inverted, max_aux_channels, osd_aux_channel, osd_aux_symbol, osd_aux_scale **есть в штатном Betaflight**. Они могут использоваться рядом с Mil-параметрами, но не относятся к новым именам CLI.

Пример: числа каналов в OSD

MilBeta 2.12, аналоговый OSD со шрифтом MilBeta. Каналы **CH6/CH7/CH8**, диапазон отображения **0-100**; четвёртая позиция выключена. Это пример назначения, не пресет каналов задания.

```
set osd_aux_symbol = 79
set mb_ch_value_min = 0
set mb_ch_value_max = 100
set mb_ch_value1 = 6
set mb_ch_value2 = 7
set mb_ch_value3 = 8
set mb_ch_value4 = 0
save
```

OSD → элемент AUX Value; osd_aux_symbol = 79 выбирает числовой формат по с. 15 PDF. Само имя osd_aux_symbol штатное, дополнительное поведение задано MilBeta. Сначала включён элемент и нужный OSD Profile; затем отображаемые значения соотносятся с Receiver. Смещение osd_aux_offset = -90 имеет смысл только при согласованном масштабе osd_aux_scale, а не как самостоятельная «калибровка сервы».

Чтение дополнительных полей

```
get mb_id  
get mb_ch_value  
get osd_aux_offset  
get mb_crsf_baud  
get mb_rx2  
get mb_user_msp
```

Изменение baud требует одинаковой скорости на другом конце соединения. При двух RX основной порт задаётся обычным Ports → Serial RX, второй — mb_rx2_port. Его номер и настройки берутся из фактической схемы, универсального UART3 для всех плат нет.

Не переносить из MilBeta PDF на MilELRS 3/4

24 канала через mb_extra_channels = 8 и max_aux_channels = 20 в MilBeta 2.12 документированы **только с MilELRS 5.xx**. Аналогично описание статистики MAVLink требует **MilELRS 5.16+**. Эти возможности не считаются доступными на локальных MilELRS 3.86 / 4.42 по одному факту наличия PDF 2.12.

Команды в этом разделе относятся к обычной конфигурации FC, портов и отображения. Разделы исходных документов об инициировании и специальных боевых функциях в руководство не перенесены.

Термины интерфейса

English	Українською	По-русски / смысл
Target	цільова плата / збірка	Аппаратная цель сборки, включая разводку и периферию
Transmitter, TX	передавач	Передающий радиомодуль
Receiver, RX	приймач	Приёмный радиомодуль
Packet Rate	частота пакетів	Частота передачи пакетов управления; не baud rate UART
Binding	прив'язка	Установление связи согласованной пары
Full chip erase	повне стирання чипа	Удаление прежней прошивки/настроек при записи FC
Firmware	прошивка	Программа устройства; номер программы на ПК — отдельная версия

Источники: MilELRS 3.86, с. 2–6 и история; MilELRS 4.42, с. 2–7, 20–21; MilBeta 2.12, с. 3–4. Точные файлы и основания — в REVIEW. Общий механизм Wi-Fi UPDATE дополнительно сверен с официальной инструкцией ExpressLRS; специфические Mil-поля взяты из предоставленных PDF.

MiELRS: карта target RX

Карта для человека и агента · 04.10.2026. Основной конспект · Полный каталог файлов.

Как получается точный ответ по фотографии

Фото обеих сторон → читаемая маркировка платы, модель и ревизия → радиочип и MCU → соответствие в списке модулей нужной версии → точное имя target → реально существующий локальный файл.

Признак	Что даёт	Чего не доказывает
Модель и ревизия на PCB	Основу выбора target	Одного похожего названия продавца недостаточно
ESP8285 / ESP32 / ESP32-C3 / STM32	Семейство контроллера	ESP32 и ESP32-C3 не взаимозаменяемы
SX1276 / SX1280 / LR1121 и др.	Группу радиочипа	Совпадение чипа не означает одинаковые GPIO, PA, LNA и RF-switch
Число антенн и радиочипов	Отличие diversity / true diversity, подсказку к модели	Две антенны не определяют точную плату
Размер, форма, цвет	Вспомогательное сравнение	Цвет термоусадки не идентификатор

В предоставленных «Списках модулей» есть соответствия моделей, но **нет полного фотоатласа всех плат**. По фотографии без читаемой маркировки возможен только список кандидатов. Уверенный ответ содержит основание; при неоднозначности — один недостающий признак, а не угаданный target.

Если модель неизвестна

Документированный путь: штатная прошивка RX → Wi-Fi → UPDATE → currently running firmware → анализ файла в milpilots.com → Инструменты → соответствующая сборка MiELRS. Имя target в работающем Web interface и маркировка PCB также помогают сверке. Само наличие похожего файла в каталоге совместимость не доказывает.

Частые соответствия

Списки 3.86 и 4.42: с. 2 — SX1276, с. 4 — SX1280. Название жирным в PDF — основная сборка; пункты под ним — совместимые модели. Ниже сохранены **точные имена локальных папок**.

Модель RX / поисковые имена	Радиочип → папка target
HappyModel ES900 RX; RadioMaster BR1; BAYCKRC 900 Nano; BETA FPV 900 / 400 RX; BrotherHobby 900 Nano; EMAX 900; Foxeer 900; GEPRC Nano 900; HGLRC Hermes 900; HiYOUNGER 900; iFlight 900 / 900 Nano; Jumper AION Mini 900; NeutronRC 900; Vyriy ExpressLRS 750	RX_SX1276/Generic_ESP8285_SX127x_900MHz_RX
BAYCKRC 900 Dual Core; BETA FPV SuperD 900; GEPRC True Diversity 900; HappyModel ES900 Dual; HGLRC Gemini 900; Foxeer True Diversity 900	RX_SX1276/Generic_ESP32_True_Diversity_900MHz_RX
HappyModel EP1 / EP2; RadioMaster RP1 / RP2; BETA FPV 2.4 AIO / Lite; Foxeer Lite 2.4; GEPRC Nano(SE) 2.4; HGLRC Hermes 2.4; iFlight 2.4 Nano; JHEMCU EP24S	RX_SX1280/HappyModel_EP_2400_ESP8285_RX
MATEK R24-D; RadioMaster RP3 Diversity	RX_SX1280/MATEK_2400_ESP8285_RX_R24D
MATEK R24; BAYCKRC 2.4 Nano; JHEMCU RX24T	RX_SX1280/MATEK_2400_ESP8285_RX
BETA FPV 2.4 Nano; EMAX 2.4 PA RX; Cyclon Nano 2.4	RX_SX1280/BETA FPV_Nano_2400_ESP8285_RX
BETA FPV SuperD 2.4; Anyleaf dual radio; BAYCKRC 2.4 Dual Core; GEPRC Dual Diversity 2.4; HGLRC Gemini 2.4	RX_SX1280/BETA FPV_SuperD_2400_RX

Таблица относится к указанным моделям из PDF; новая ревизия с иным MCU или разводкой требует отдельного подтверждения.

Ловушки выбора

- **RadioMaster BR3** — отдельная сборка, не Generic ESP32 True Diversity. В локальной папке есть варианты . . .900Mz_RX и . . .900Mz_NOSW_RX; общий пункт BR3 в PDF сам по себе не определяет вариант NOSW.
- **RP3, RP4-TD и RP4-TD-M** — разные позиции. Сходное слово Diversity не даёт права заменить один target другим.
- **LR1121** встречается во множестве различных плат. Для DBR, XR, GemX, FLYTEX и других требуется точная модель и ревизия; принадлежности к LR1121 недостаточно.
- **RXASTX** означает использование приёмного модуля в роли передатчика. Для обычного RX это другая роль и другая сборка.
- `firmware.bin` и `firmware.bin.gz` внутри одной папки — два представления файла для способов загрузки, а не две модели приёмника.
- Частотный диапазон антенны не заменяет аппаратный target. Выбор другой частоты в интерфейсе не меняет фильтры и усилители платы.

Формат ответа агента на будущее фото

Модель + ревизия → признаки на фото → выпуск MileELRS →
 RX_<чип>/<target>/firmware... → основание (PDF, страница или штатный target) →
 уверенность / недостающий признак.

При отсутствии доказательства совместимости результат — «кандидат», а не разрешение на запись. Перечень всех локальных targets обеих версий сохранён в каталоге; он позволяет найти файл по уже установленной модели.