В РАЗРАБОТКЕ

Racebox DataTrack

Автомобильный регистратор данных

Руководство пользователя

Версия ПО: 0.13

ИП Бородаенко Дмитрий Николаевич
125581, Москва, ул. Фестивальная, 22к5
www.racebox.ru, info@racebox.ru
Группа в ТГ: @racebox_chat

Оглавление

1. История изменений ПО

Версия ПО	Дата выпуска	Описание
0.06	04.08.2024	• Сохранение и загрузка настроек RaceChrono • Исправление функции запуска логгера по параметру RPM • Поддержка формата логов VBO
0.07	01.09.2024	• Поддержка воспроизведения лога в шину CAN (CAN replay) • Возможность добавления идентификатора авто к имени файла лога
0.08	10.10.2024	• Поддержка тарировочных таблиц для каналов ADC • Добавлен учёт локального времени для RTC
0.09	05.02.2025	• Поддержка входа тахометра • Поддержка триггеров для отправки кадров CAN • Отображение отправляемых кадров CAN в меню
0.10	14.05.2025	• Улучшение стабильности работы карт памяти • Исправление совместного приёма обычных и расширенных кадров CAN
0.11	06.06.2025	• Поддержка передачи данных в приборы Racebox • Исправление ошибок работы CAN2 • Добавлена возможность переключения скорости CAN из меню
0.12	29.06.2025	• Улучшение стабильности при работе с шиной CAN • Поддержка работы с шиной LIN (меню, логгер, парсинг параметров, сканирование ID)
0.13	27.10.2025	• Добавлен режим CAN-шлюза (CAN gateway) для пробрасывания кадров CAN из одной шины в другую • Добавлены режимы потокового вывода данных в консоль (trace) для CAN и LIN • Добавлен триггер по запуску прибора (STARTUP) для старта логгера • Добавлен новый тип триггера по значениям параметров (PARAM) для старта логгера, выдачи кадров CAN и срабатывания звукового сигнала тревоги (alert) • Активированы настройки offset и scale для параметров ADC, вычисляемых по тарировочным таблицам • Добавлена прокрутка параметров в терминале

		• Добавлен сброс настроек прибора при извлечённой карте памяти и удержании кнопки более 5 секунд • Изменение основного файла конфигурации на Datatrack.ini (с обратной совместимостью Racebox.ini) • Изменение имён параметров GPS (добавлен префикс “GPS”) • Добавлен статус логгирования для каналов ADC в терминале • Добавлен параметр RTC_Time при логгировании с настроенными часами реального времени и отключенным GPS • Исправлен учёт локального времени в логах • Улучшена стабильность логгирования кадров CAN

2. Термины и определения

Термин / Аббревиатура	Расшифровка	Определение
ADC	Analog-to-Digital Converter	Аналогово-цифровой преобразователь – устройство, преобразующее аналоговый сигнал (напряжение) в цифровое значение
API	Application Programming Interface	Набор определений, протоколов и инструментов для взаимодействия между разным программным обеспечением
ASC	Vector ASC Log File	Распространённый текстовый формат файла для записи данных CAN и LIN, используемый такими инструментами, как Vector CANalyzer/CANoe
Big-endian	-	Порядок байтов, при котором старший байт (MSB) хранится по наименьшему адресу памяти
BLE	Bluetooth Low Energy	Протокол беспроводной персональной сети с низким энергопотреблением и малой дальностью связи
CAN	Controller Area Network	Стандарт промышленной сети, ориентированный, прежде всего, на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков (ISO 11898)
CAN ID	CAN Identifier	Уникальное значение в CAN-кадре, которое идентифицирует содержимое сообщения и его приоритет (меньший ID = выше приоритет). Бывает 11-битные и 29-битные идентификаторы CAN.
CSV	Comma-Separated Values	Простой текстовый формат файла для хранения табличных данных, где значения разделены точкой с запятой (в данной реализации)
DLC	Data Length Code	4-битное поле в CAN-кадре, которое указывает количество байт данных в кадре (от 0 до 8 байт)
GND	Ground	«Электрическая земля» – базовая точка в электрической цепи, относительно которой измеряются напряжения
GNSS / GPS	Global Navigation Satellite System / Global Positioning System	GNSS – общий термин для всех спутниковых навигационных систем (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou). GPS – конкретная американская система. В потребительском контексте часто используются как синонимы.
Lawicel	-	Протокол передачи данных, используемый в бесплатном инструменте для работы с CAN-шиной – CANHacker (не путать с оборудованием CAN Hacker из Новосибирска)
LIN	Local Interconnect Network	Стандарт промышленной сети, ориентированный на управление автомобильными системами низкой ответственности (ISO 17987)
LIN ID	LIN Identifier	“Теоретический” идентификатор кадра LIN, идентифицирующий содержимое сообщения
LIN PID	LIN Protected Identifier	Фактический идентификатор кадра LIN в шине, содержащий в себе идентификатор и контрольную сумму для обнаружения ошибок
Little-endian	-	Порядок байтов, при котором младший байт (LSB) хранится по наименьшему адресу памяти
LSB	Least Significant Bit	Бит в двоичном числе, имеющий наименьший вес (крайний правый).
MSB	Most Significant Bit	Бит в двоичном числе, имеющий наибольший вес (крайний левый)
Racebox	-	Распространённые в РФ приборы для замеров динамики автомобилей по GNSS
RaceChrono	-	Популярное мобильное приложение для регистрации данных и замеров результатов в автоспорте

RTC	Real-Time Clock	Часы реального времени – электронное устройство, которое отслеживает текущее время, даже когда основная система выключена
RTR	Remote Transmission Request	Бит в CAN-кадре, используемый для запроса данных у другого узла сети, вместо передачи данных
TeraTerm	-	Распространённый бесплатный терминал (эмулятор последовательной консоли)
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter	Универсальный асинхронный приёмопередатчик – узел вычислительных устройств, предназначенный для организации связи с другими цифровыми устройствами
UTC	Coordinated Universal Time	Основной стандарт времени, по которому регулируются часы и время во всем мире
VBO	VBOX Log File	Проприетарный текстовый формат файла данных, создаваемый регистраторами VBOX компании Racelogic
VBOX	-	Семейство высокоточных GPS-регистраторов и приборов от компании Racelogic
Аналоговый сигнал	Analog Signal	Непрерывный сигнал, значение которого плавно изменяется с течением времени
Дискретный сигнал	Discrete/Digital Signal	Сигнал, принимающий только 2 значения (0, 1). Прибор работает с двумя типами входных ДС: - разрыв цепи / напряжение (настраиваемое) - разрыв цепи / «электрическая земля» (0В)
Кадр CAN	CAN Frame	Полная единица передачи данных по шине CAN, содержащая идентификатор (ID), данные и управляющие биты
Кадр LIN	LIN Frame	Полная единица передачи данных по шине LIN, состоящая из заголовка (от мастера) и ответа (от slave-устройства)
Триггер	Trigger	Условие или событие, которое инициирует определённое действие, например, начало или остановку записи данных

3. Общие сведения

Racebox DataTrack – регистратор данных для автоспорта, инженерных работ и диагностики. Прибор позволяет расшифровывать и записывать параметры из цифровых шин данных автомобиля (CAN и LIN), навигационные параметры от GNSS-модуля, аналоговые и дискретные сигналы.

Функции прибора

- Интерфейсы:
  - Шины CAN 2.0: 2 канала
  - Шина LIN: 1 канал
  - Аналоговые (0-15В): 4 канала
  - Дискретные (GND): 3 канала
  - Дискретный вход тахометра (12В)
  - Вход навигационного модуля GNSS (NMEA UART, поддерживаются автоматическая конфигурация модулей на чипсетах uBlox 7/8/9/10)
  - UART, USB
  - Bluetooth Low Energy 4.0
- Функции логгера:
  - Расшифровка параметров из шин данных, аналоговых и дискретных каналов, с возможностью масштабирования и применения тарировочных таблиц
  - Триггеры начала записи (по запуску прибора, по кнопке, по значению параметра)
  - Настраиваемые источники и частота записи данных
  - Запись «сырых» данных из шин CAN/LIN и каналов ADC
- Функции работы с CAN-шинами:
  - Аппаратная фильтрация кадров CAN
  - Электронное управление терминальными резисторами CAN (120 Ом)
  - Выдача данных в шины CAN из лога или генератора периодики
  - Триггеры выдачи данных в шину CAN из генератора кадров или лога (по запуску прибора, по нажатиям кнопки, по полученному кадру CAN, по значениям параметров)
  - CAN-шлюз между двумя каналами с возможностью фильтрации кадров и изменения данных «на лету»
  - Поддержка протокола Lawicel для бесплатного ПО CANHacker
- Функции работы с LIN-шиной:
  - Выдача данных в шину LIN из генератора периодики (требует доработки платы)
  - Сканирование устройств на шине
- Функции подключения к внешним устройствам:
  - Поддержка мобильных приложений, совместимых с приборами Racebox
  - Поддержка мобильного приложения RaceChrono в части трансляции данных от автомобиля (CAN, ADC)

    - Поддержка передачи данных в прибор Racebox для отображения параметров на индикаторе
    - Поддержка внешних GNSS-модулей (GPS, GLONASS, Galileo) с частотой выдачи навигационных данных до 16Гц (опционально)
    - USB / UART API (в разработке)
- Питание:
    - 9–36В – от сети автомобиля, с предохранителем и защитой от переполюсовки
    - 5В – от USB
- Поддержка карт памяти MicroSD форматов SDHC и SDXC
- Просмотр параметров и входных данных через терминальные приложения
- Часы реального времени
- 4 светодиода состояния прибора
- Режим кард-ридера
- Возможность доработки ПО под задачи заказчика

4. Органы управления и подключение

Органы управления

Расположение разъёмов и органов управления прибора показаны на рисунке 1.

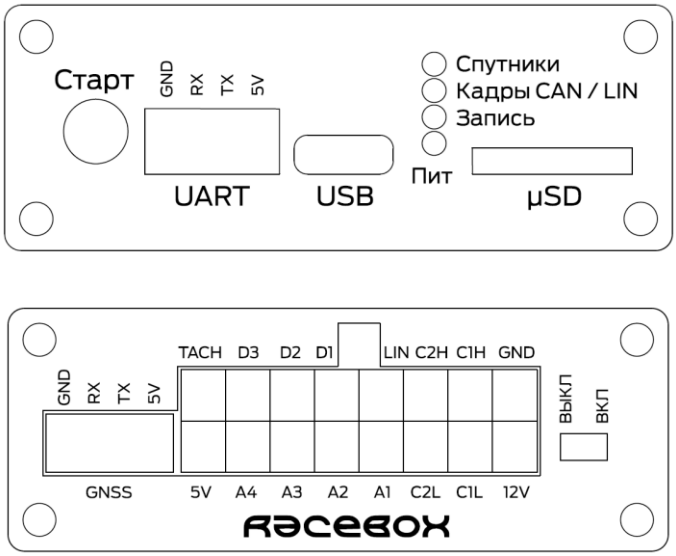


Рисунок 1 – Внешний вид панелей прибора

На лицевой панели прибора расположены:

- Кнопка **Старт** – используется для запуска/остановки записи лог-файлов (длинное нажатие) и запуска/остановки выдачи кадров CAN (одно или два коротких нажатий – см. настройки выдачи данных)
- Разъём **UART** – используется для отладки и подключения внешних устройств по интерфейсу UART
- Разъём **USB** – используется для подключения к ПК
- Светодиоды:
  - **Спутники** – длительность включения показывает уровень приёма навигационных сигналов от спутников GNSS
  - **Кадры CAN / LIN** – частота включения показывает интенсивность приёма/выдачи сообщений в шины CAN и LIN
  - **Запись** – показывает работу прибора с картой памяти
  - **Пит** – показывает статус питания прибора
- Разъём карты памяти **MicroSD**

На задней панели прибора расположены:

- Разъём подключения внешнего модуля **GNSS** по интерфейсу UART
- **Основной разъём** для подключения к электропроводке автомобиля

- Выключатель питания прибора от основного разъёма (12В). Состояние выключателя не влияет на работу прибора, подключенного через разъём USB.

Подключение прибора

Подключение прибора к электросети автомобиля осуществляется через 16-контактный основной разъём при помощи адаптера, входящего в комплект поставки. Назначение контактов разъёма приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Контакты основного разъёма

Контакт	Назначение	Контакт	Назначение
GND	Электрическая «земля»	**12V**	«Плюс» питания прибора 9–36В
C1H	Шина CAN1 (High)	**C1L**	Шина CAN1 (Low)
C2H	Шина CAN2 (High)	**C2L**	Шина CAN2 (Low)
LIN	Шина LIN	**A1**	Аналоговый вход 1 (0–15В)
D1	Дискретный вход 1 (разрыв/земля)	**A2**	Аналоговый вход 2 (0–15В)
D2	Дискретный вход 2 (разрыв/земля)	**A3**	Аналоговый вход 3 (0–15В)
D3	Дискретный вход 3 (разрыв/земля)	**A4**	Аналоговый вход 4 (0–15В)
TACH	Вход тахометра (8-12В)	**5V**	Выход питания 5В для внешних датчиков (нагрузка до 300 мА)

5. Логгирование данных

Прибор позволяет гибко настраивать запись (логгирование) данных из различных внешних источников. В приборе реализована одновременная или раздельная работа нескольких логгеров:

- **Логгер параметров автомобиля** – основной логгер, позволяющий в режиме реального времени расшифровывать и записывать данные на карту памяти с привязкой ко времени (GPS или RTC). Запуск логгера производится длинным нажатием кнопки **Старт** или автоматически по настраиваемым триггерам. Формат записи данных: **VBO** (текстовый формат приборов VBOX) или **CSV** (текстовый табличный формат с разделителями). Настройка логгера производится в разделе **GENERAL–LOGGER** конфигурационного файла. Запись параметров настраивается раздельно для каждого параметра в разделе **PARAM** конфиг-файла. Логгер позволяет записывать данные от следующих источников:
    - **CAN-шина** (2 канала, скорость 125-1000 кбит/с, возможность электронного подключения терминирующих резисторов 120 Ом). Для настройки параметров, записываемых из CAN-шины, необходимо иметь описание параметров с привязкой к кадрам данных CAN (CAN-матрица).
    - **LIN-шина** (1 канал, скорость 9600-20000 бит/с). Для настройки параметров, записываемых из LIN-шины, необходимо иметь описание параметров с привязкой к кадрам данных LIN.
    - **Аналоговые каналы** (4 канала, диапазон напряжения 0-15 В, с фильтрацией и защитой от выбросов напряжения). Для настройки записи аналоговых сигналов необходимо знать соотношение значений параметра и измеряемого напряжения в виде линейной функции или калибровочной таблицы (в приборе реализована линейная интерполяция табличных значений). Аналоговые входы также могут использоваться для записи дискретных значений типа «разрыв/12В».
    - **Дискретные каналы** (3 канала типа «разрыв/земля», с фильтрацией и защитой от выбросов напряжения).
    - **Вход тахометра** (2 канал, диапазон напряжений считывания импульса 8-15В, с фильтрацией и защитой от выбросов напряжения). В приборе можно настроить запись значений частоты (Гц) или скорости вращения (об/мин) для данного входа.

    - **GNSS-модуль** (1 канал UART GNSS). Реализована конфигурация и работа с GNSS-приёмниками на чипсетах uBlox серий M8, M9, M10, работающих по протоколу NMEA 0183 и интерфейсу UART TTL. Включение/отключение записи параметров GNSS настраивается в разделе GENERAL–GNSS конфиг-файла.
    - **Часы реального времени (RTC).** При отсутствии GNSS-модуля часы могут быть настроены при помощи файла **Time.ini**. При наличии GNSS-модуля часы автоматически настраиваются по данным от спутников GNSS.
- **Логгер данных CAN** – используется для записи «сырых» кадров с данными CAN в форматах ASC (текстовый формат приборов Vector) или CSV с привязкой ко времени, с микросекундным разрешением. Максимальная частота логгирования одного канала до 3000 кадров CAN в секунду (около 90% загрузки шины CAN на скорости 500 кбит/с). Включение/отключение записи данных CAN настраивается раздельно для каждой шины в разделе CAN конфиг-файла.
- **Логгер данных CAN** – используется для записи «сырых» кадров с данными LIN в форматах ASC (текстовый формат приборов Vector), с миллисекундным разрешением. Включение/отключение записи данных LIN настраивается в разделе LIN конфиг-файла
- **Логгер данных аналоговых и дискретных (ADC) каналов** – используется для записи значений напряжения аналоговых каналов и состояния дискретных каналов в формате CSV, с привязкой ко времени. Максимальная частота логгирования – 200 Гц для одного канала или 50 Гц если настроено логгирование всех каналов. Включение/отключение записи данных ADC настраивается раздельно для каждого канала в разделе ADC конфиг-файла.

6. Конфигурация прибора

Конфигурация прибора производится при помощи конфигурационных файлов (пока), расположенных на карте памяти. Файлы сохраняются в текстовом формате и могут быть отредактированы в любом текстовом редакторе. При установке в прибор пустой карты памяти, на неё будут сохранены конфигурационные файлы с текущими настройками прибора, а также шаблоны конфигурационных файлов. При установке в прибор карты памяти с заполненными конфигурационными файлами, прибор будет настроен по данным из этих файлов.

Предусмотрена функция сброса конфигурации прибора к заводским настройкам. Для этого необходимо извлечь карту памяти и зажать кнопку **Старт** более 5 секунд.

Конфигурационные файлы, используемые прибором:

- **Datatrack.ini** – основной конфигурационный файл прибора. Имеется обратная совместимость со старым файлом Racebox.ini, если он имеется на карте памяти. Если на карте памяти имеются оба файла, Datatrack.ini имеет больший приоритет.
- **CAN_Transmit.ini** – файл конфигурации выдачи данных в шину CAN (опционально)
- **CAN_Gateway.ini** – файл конфигурации шлюза CAN (опционально)
- **Time.ini** – файл настройки часов реального времени (опционально)
- Файлы калибровочных таблиц аналоговых входов (опционально) в формате CSV с разделителем “;”

Основной конфигурационный файл Datatrack.ini

Файл имеет следующую структуру настроек:

1. **[GENERAL]** – раздел общих настроек прибора, содержит следующие настройки:
    - **LOGGER** – настройки логгера параметров автомобиля
        - **max_rate** – максимальная частота записи параметров, в Гц. В случае максимальной нагрузки, при записи нескольких типов логов, частота может снижаться ниже заданной настройки.
        - **trigger** – настройка триггера условия, при котором начинается запись лога параметров. Возможные значения:
            - **STARTUP** – запись начинается сразу после запуска прибора.
            - **BUTTON** – запись начинается по длительному нажатию кнопки **Старт**. Триггер по умолчанию.
            - **PARAM** – запись начинается и завершается по значениям параметра, настраиваемых в поле “**trg_cond”**
            - **SPEED** – запись начинается при превышении скорости движения 2 км/ч и завершается при снижении скорости ниже 1 км/ч и удержании её более 10 секунд, при качественных навигационных данных. [устаревшая настройка]
            - **RPM** – запись начинается при превышении оборотов двигателя порогового значения **RPM_log_start** и завершается при снижении оборотов двигателя ниже значения **RPM_log_stop**. Для работы данного триггера необходима настройка параметра RPM, получаемого из шины CAN или от входа тахометра. Параметр должен иметь в имени строку «RPM». [устаревшая настройка]

- **trg_cond** – условие срабатывания триггера на запись лога по значению параметра в виде формулы “PARAM(op1 start_value : op2 stop_value)” (в кавычках, без пробелов), где:
    - **PARAM** – имя параметра, настроенного в разделе [PARAM];
    - **op1, op2** – операторы сравнения: == (равно), != (не равно), > (больше), < (меньше), >= (больше или равно), <= (меньше или равно);
    - **start_value** – значение параметра для события запуска;
    - **stop_value** – значение параметра для события остановки.

  Пример: “RPM(>500:<100)” – триггер сработает на старт записи лога при значении параметра RPM более 500 и на остановку записи лога при значении ниже 100.

  В триггере на запись лога предусмотрена задержка между событиями в 300 мс, таким образом допустима настройка на одинаковые значения параметра (например, состояние кнопки) – “BTN(==1:==1)”
- **log_format** – формат лог-файла: **CSV** – табличный формат с разделителями, **VBO** – текстовый формат, используемый в приборах Racelogic.
- **RPM_log_start** – пороговое значение оборотов двигателя для начала записи лога параметров [устаревшая настройка]
- **RPM_log_stop** – пороговое значение оборотов двигателя для завершения записи лога параметров [устаревшая настройка]
- **vehicle_id** – уникальный идентификатор автомобиля (строка до 50 символов), который будет добавлен в имена лог-файлов

- **GPS** – настройки навигационного модуля
    - **state** – состояние навигационного модуля: **ON** или **OFF**
    - **rate** – частота выдачи навигационных данных (по умолчанию – 16 Гц)
    - **log** – запись навигационных параметров (координаты, скорость, высота и т.д.) в лог-файл параметров: **ON** или **OFF**
- **TONE** – настройка звуковых сигналов
    - **state** – состояние всех звуковых сигналов устройства: **ON** или **OFF**
    - **alert_trigger** – условие срабатывания триггера на выдачу звукового сигнала тревоги длительностью 2 сек. Настройка триггера аналогична настройке, приведённой для поля **trg_cond**.
- **BLE** – настройка беспроводного соединения Bluetooth Low Energy для работы с мобильными приложениями
    - **state** – состояние беспроводного соединения: **ON** или **OFF**
    - **protocol** – протокол, используемый прибором для передачи данных. Возможные значения:
        - **Racebox** – протокол для передачи навигационных данных в приложения, поддерживающие работу с приборами Racebox (официальное приложение для приборов Racebox), RaceBuddy, Harry’s LapTimer, RaceChrono, TrackAddict.
        - **Racechrono_DIY** – протокол для передачи выбранных параметров автомобиля в приложение RaceChrono. Настройка параметров описана в пункте **[RACECHRONO BLE]**

        - **Racebox_Data** – протокол для передачи параметров в приборы Racebox. Настройка параметров описана в пункте **[RACEBOX DATA].**
    - **TIME** – настройка часов реального времени прибора
        - **offset** – смещение времени прибора, определяемого по GPS, от времени UTC: от -12 до +12 часов
    - **LIN** – настройка параметров шины LIN
        - **state** – состояние шины LIN: **ON** или **OFF**
        - **speed** – скорость шины LIN в бит/с: **9600, 10400, 19200, 20000**
        - **tx_id** – список идентификаторов заголовков кадров LIN, выдаваемых в шину, в шестнадцатеричном формате, задаётся в квадратных скобках с разделителем “|”: от **0** до **3F**
        - **tx_period** – период выдачи заголовков кадров LIN в шину
        - **log** – настройка логгера «сырых» данных из LIN-шины: **ON** или **OFF**
2. **[CAN]** – раздел настроек CAN-шин прибора
    - **CAN1(2)** – настройки канала CAN1 или CAN2 прибора
        - **state** – состояние канала CAN: **ON** или **OFF**. Канал CAN2 может быть включен только при включении канала CAN1.
        - **speed** – скорость шины CAN в кбит/с: **125, 250, 500, 1000**
        - **mode** – тип идентификаторов кадров CAN (CAN ID), используемых в данной шине: **NORM** (11-бит) или **EXT** (29-бит)
        - **term_res** – подключение терминального резистора (120 Ом) в шину: **ON** или **OFF**. Как правило, при подключении прибора к функционирующей шине, подключение терминального резистора не требуется.
        - **filter_hex** – настройка списка CAN ID в шестнадцатеричном формате для фильтрации, задаётся в квадратных скобках с разделителем “|”: от **0** до **7FF** для кадров с 11-битным CAN ID или от **0** до **7FFFFFFF** для кадров с 29-битным CAN ID. При задании пустого списка прибор будет обрабатывать все кадры, выдаваемые в шину.
        - **log** – настройка логгера «сырых» данных из CAN-шины: **ON** или **OFF**
        - **log_format** – формат лог-файла «сырых» данных, записываемых из CAN-шины: **ASC** – текстовый формат данных, используемый в приборах Vector (CANalyzer), **CSV** – текстовый табличный формат данных с разделителем “;”.
3. **[ADC]** – раздел настроек аналоговых и дискретных каналов прибора
    - **A1(2,3,4)** – настройки аналоговых входов A1 – A4

      D1(2,3) – настройки дискретных входов D1 – D3
        - **state** – состояние входа: **ON** или **OFF**.
        - **type** – тип входа. Возможные значения:
            - **ANALOG_12V** (для входов A1-A4) – вход для аналоговых сигналов с уровнем напряжения от 0 до +15 вольт.
            - **DS_12V** (для входов A1-A4) – вход для дискретных сигналов («0» или «1») типа «разрыв / 12В». Пороговые значения по умолчанию: для уровня «1» - выше 8.4В, для уровня «0» - ниже 3.6В. Состояние между этими значениями является неопределённым и зависит от предыдущего состояния.

- **DS_GND** (для входов D1-D3) - вход для дискретных сигналов («0» или «1») типа «разрыв / земля». Пороговые значения по умолчанию: для уровня «1» - ниже 2В, для уровня «0» - выше 3В (обеспечивается внутренней подтяжкой к напряжению питания). Состояние между этими значениями является неопределённым и зависит от предыдущего состояния.

- **log -** настройка логгера «сырых» данных входов ADC: **ON** или **OFF**. В лог-файл записывается уровень напряжения или состояние выбранного входа («0» или «1») в текстовом формате «CSV».

4. **[PARAM]** – раздел конфигурирования параметров автомобиля. В данном разделе описываются преобразования данных, получаемых со входов прибора (CAN, LIN, ADC) в физические параметры автомобиля.
   - **ИМЯ_ПАРАМЕТРА** – уникальное имя вычисляемого параметра автомобиля. Задаётся строкой на латинице до 20 символов.
     - **src** – канал источника данных. Возможные значения: **CAN1, CAN2, LIN, A1-4, D1-3, TACH_RPM, TACH_FREQ**.
     - **id** (для данных из CAN) – идентификатор кадра CAN в шестнадцатеричном формате: от **0** до **7FF** для кадров с 11-битным CAN ID или от **0** до **7FFFFFFF** для кадров с 29-битным CAN ID.
     - **id** (для данных из LIN) – идентификатор кадра LIN в шестнадцатеричном формате: от **0** до **3F**.
     - **byte_order** – порядок расположения байтов данных (endianness) в кадре CAN или LIN: BE – для «big-endian» (сначала старший байт), LE – для «little-endian» (сначала младший байт). Параметр имеет значение для данных, занимающих более 1 байта. Пример: 16-битное слово 12 FA при использовании порядка BE имеет значение 0x12FA = 4858, а при использовании порядка LE имеет значение 0xFA12 = 64018.
     - **bit** (для данных из CAN или LIN) – номер стартового бита параметра в 64-битном пакете данных: от **0** до **63**. Указывается наиболее значащий бит (MSB) старшего байта для данных BE или наименее значащий бит (LSB) младшего байта для данных LE. Пример нумерации битов данных в кадре CAN приведена на рисунке 3.
     - **size** (для данных из CAN или LIN) – размер параметра в битах: от **0** до **63**.
     - **data_type** (для данных из CAN или LIN) – тип преобразуемых данных:
       - **UINT** – беззнаковый целочисленный;
       - **INT** – знаковый целочисленный;
       - **FLOAT** – вещественный с плавающей запятой;
       - **BOOL** – булевый.
     - **table** (для данных ADC) – путь к файлу с калибровочной таблицей аналогового входа. Файл должен быть расположен на карте памяти и иметь текстовый табличный формат CSV с разделителем “;”. Таблица должна содержать от 2 до 50 строк вида “напряжение;значение”, отсортированных по возрастанию напряжения, по которым прибор с помощью линейной интерполяции высчитывает значение параметра.

- **scale** – коэффициент масштабирования: целое или вещественное число. Значение параметра высчитывается как *param_value = scale * raw_data + offset*.
- **offset** – смещение: целое или вещественное число. Значение параметра высчитывается как *param_value = scale * raw_data + offset*.
- **param_type** – тип параметра, используемый для его отображения и записи:
  - **UINT** – беззнаковый целочисленный;
  - **INT** – знаковый целочисленный;
  - **FLOAT** – вещественный с плавающей запятой;
  - **BOOL** – булевый, со значениями “1” или “0”;
  - **ON_OFF** – булевый, со значениями “ON” или “OFF”;
  - **HEX** – целочисленный шестнадцатеричный.
- **range_min** – нижний предел значения параметра. Значения ниже данного предела будут обрезаны при записи или отображении.
- **range_max** – верхний предел значения параметра. Значения выше данного предела будут обрезаны при записи или отображении.
- **Invert** – инвертирование значения для булевых параметров: **ON** или **OFF**.
- **log** – настройка записи параметра в лог-файл параметров: **ON** или **OFF**.

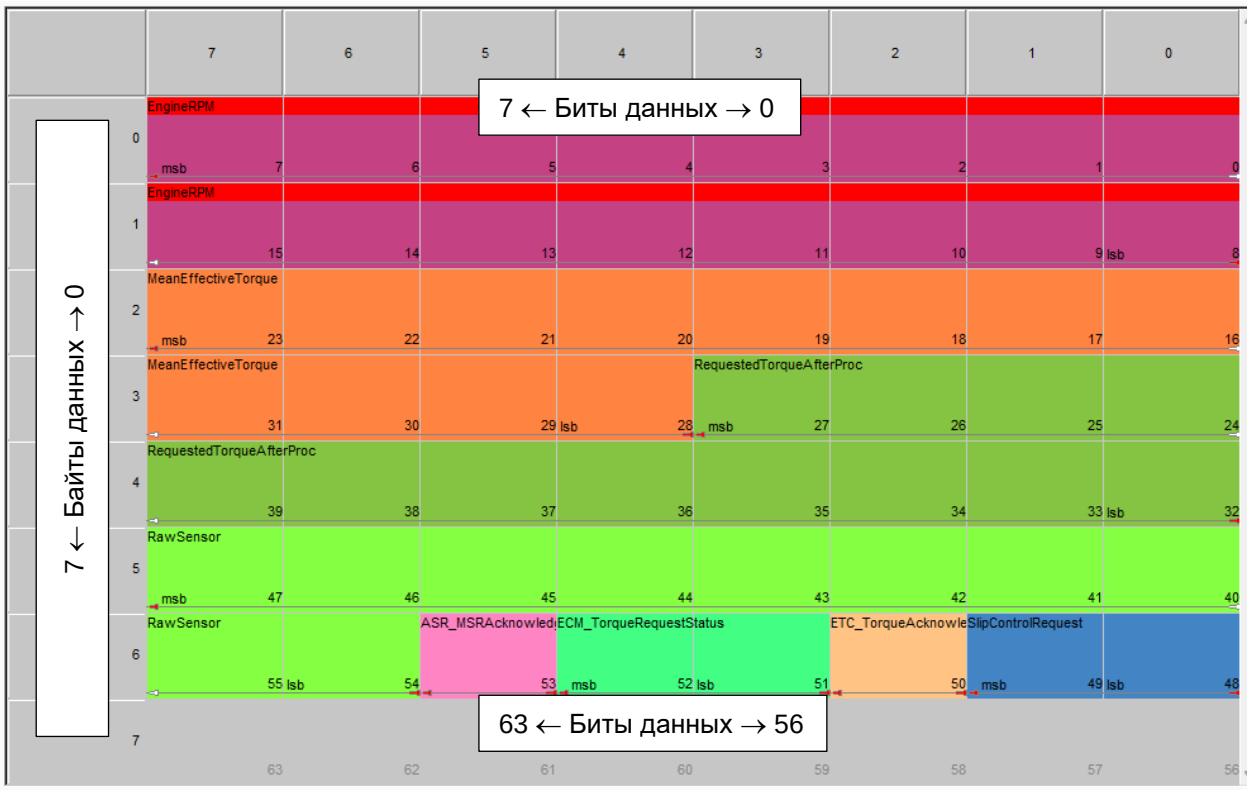


Рисунок 3 – Нумерация битов в кадре CAN (данные для примера)

5. **[RACECHRONO BLE]** – раздел настройки упаковки параметров автомобиля в сообщения BLE, выдаваемые в приложение RaceChrono. Параметры упаковываются в 20-байтовые сообщения, где байты 0-3 – идентификатор сообщения, 4-19 – секция с данными. Далее, данные настройки должны быть прописаны в приложении RaceChrono в меню «Настройки» - «Транспортное средство» - «Каналы (CAN-шина)».

- **ИМЯ_ПАРАМЕТРА** – имя параметра автомобиля из списка настроенных параметров в разделе [PARAM].
  - **id** – идентификатор сообщения: от **1** до **10**.
  - **start_byte** – начальный байт секции данных для запаковки параметра: от **0** до **15.**
  - **size_bytes** – длина параметра в байтах: от **1** до **16.**
  - **data_type** – тип запаковываемых данных:
    - **INT** – знаковый целочисленный;
    - **FLOAT** – вещественный с плавающей запятой.
  - **period** – период выдачи параметра в миллисекундах. Если внутри одного сообщения заданы параметры с разными периодами, то будет использоваться наименьшее значение периода.

6. **[RACEBOX DATA]** – раздел настройки упаковки параметров автомобиля в сообщения BLE, выдаваемые в прибор Racebox. Параметры упаковываются в 20-байтовые сообщения, где байт 0 – идентификатор сообщения, 1-19 – секция с данными. Далее, для корректной работы, данные настройки должны быть прописаны в конфигурационном файле прибора Racebox.
   - **ИМЯ_ПАРАМЕТРА** – имя параметра автомобиля из списка настроенных параметров в разделе [PARAM].
     - **id** – идентификатор сообщения: от **1** до **10**.
     - **start_byte** – начальный байт секции данных для запаковки параметра: от **0** до **18.**
     - **size_bytes** – длина параметра в байтах: от **1** до **19.**
     - **data_type** – тип запаковываемых данных:
       - **INT** – знаковый целочисленный;
       - **FLOAT** – вещественный с плавающей запятой
       - **BOOL** - булевый.
     - **period** – период выдачи параметра в миллисекундах. Если внутри одного сообщения заданы параметры с разными периодами, то будет использоваться наименьшее значение периода.

Конфигурационный файл **Datatrack.ini** сохраняется на карту памяти в папке Racebox при первой установке карты памяти в прибор. Там же сохраняется файл-шаблон Datatrack_template.ini, содержащий пример заполнения конфигурационного файла.

Файл конфигурации выдачи данных CAN_Transmit.ini

Файл имеет следующую структуру настроек:

1. **[CAN GENERATOR]** – настройки генератора периодических и асинхронных кадров для выдачи в шину.
   - **ИМЯ_ГЕНЕРАТОРА** – уникальное имя генератора кадров (строка до 20 символов, до 50 генераторов).
   - **channel** – канал выдачи кадров. Возможные значения: **CAN1, CAN2**.

- **id** – идентификатор кадра CAN (ID) в шестнадцатеричном формате: от **0** до **7FF** для кадров с 11-битным CAN ID или от **0** до **7FFFFFFF** для кадров с 29-битным CAN ID.
- **type** – тип выдаваемого кадра. Возможные значения:
  - **DAT11B** – кадр данных с 11-битным ID
  - **RTR11B** – удалённых кадр (remote) с 11-битным ID
  - **DAT29B** – кадр данных с 29-битным ID
  - **RTR29B** – удалённых кадр (remote) 29-битным ID
- **data** – статический массив байтов для отправки в шину. Данные задаются в шестнадцатеричном формате, в квадратных скобках с разделителем "|": от **00** до **FF**.
- **period** – период выдачи кадра в шину, в мс. Если период равен 0, то кадр отправится в шину 1 раз (асинхронно).

2. **[CAN REPLAY]** – настройки воспроизведения лог-файла в шину CAN.
   - **ИМЯ_ПРОИГРЫВАТЕЛЯ** – уникальное имя проигрывателя кадров (строка до 20 символов, до 5 проигрывателей).
   - **file –** путь к лог-файла шины CAN в формате ASC (строка до 100 символов).
   - **filter –** список до 20 CAN ID, которые будут отфильтрованы из лога. Задаётся в квадратных скобках с разделителем "|": от **0** до **7FF** для кадров с 11-битным CAN ID или от **0** до **7FFFFFFF** для кадров с 29-битным CAN ID.
   - **repeat** – повтор файла после окончании воспроизведения. Возможные значения: **ON**, **OFF**.
3. **[CAN TRIGGER]** – настройка триггеров для начала выдачи данных в шину.
   - **ИМЯ_ТРИГГЕРА** – уникальное имя триггера (строка до 20 символов, до 10 триггеров).
   - **event** – события, по которому срабатывает триггер. Возможные значения:
     - **STARTUP** – триггер срабатывает сразу после включения прибора.
     - **PARAM** – триггер срабатывает по значениям параметра, настраиваемых в поле **trg_cond**.
     - **BUTTON** – триггер срабатывает по одиночному нажатию кнопки **Старт**.
     - **BUTTON2** – триггер срабатывает по двойному нажатию кнопки **Старт**.
     - **FRAME** – триггер срабатывает при получении кадра CAN с заданным ID.
   - **trg_cond** – условие срабатывания триггера типа **PARAM**. Формат настройки аналогичен формату, приведённому в разделе **[GENERAL] – LOGGER**. Задержка между событиями триггера отсутствует.
   - **src** – канал ожидания кадра для срабатывания триггера типа **FRAME**. Возможные значения: **CAN1**, **CAN2**, **ANY** (любой канал).
   - **id** – ID кадра CAN, при получении которого срабатывает триггер типа **FRAME**.
   - **tx** – список до 10 генераторов и/или проигрывателей лога. Имена задаются в квадратных скобках с разделителем "|".

Примеры настроек выдачи данных в шину находятся в файле CAN_Transmit.ini на карте памяти.

Файл конфигурации CAN-шлюза CAN_Gateway.ini

Файл имеет следующую структуру настроек:

1. **[GENERAL] – GATEWAY** – общие настройки шлюза.
   - **state** – состояние шлюза: **ON** / **OFF**.
   - **CAN1_default_rule** – правило фильтрации и передачи кадров из CAN1 в CAN2 по умолчанию:
     - **PASS_ALL** – передавать все кадры из CAN1 в CAN2, кроме заблокированных правилам типа **STOP** в разделе [CAN1 → CAN2]
     - **STOP_ALL** – блокировать все кадры из CAN1 в CAN2, кроме разрешённых правилами типа **PASS** в разделе [CAN1 → CAN2]
   - **CAN2_default_rule –** правило фильтрации и передачи кадров из CAN2 в CAN1 по умолчанию, настройка аналогична.
2. **[CAN1 → CAN2]** – настройка правил фильтрации и преобразования кадров из CAN1 для передачи в CAN2.
   - **RULE_NAME** – уникальное имя правила (строка до 20 символов, до 10 правил для каждого канала).
   - **type** – тип правила: **STOP** / **PASS** - блокировка / передача кадра с определённым CAN ID.
   - **id** – идентификатор принимаемого кадра по шине CAN1 в шестнадцатеричном формате: от **0** до **7FF** для кадров с 11-битным CAN ID или от **0** до **7FFFFFFF** для кадров с 29-битным CAN ID.
   - **tx_id** – изменение идентификатора выдаваемого кадра в шину CAN2 в шестнадцатеричном формате: от **0** до **7FF** для кадров с 11-битным CAN ID или от **0** до **7FFFFFFF** для кадров с 29-битным CAN ID. При отсутствии поля или 0, выдаваемый CAN ID меняться не будет.
   - **tx_type** – изменение типа выдаваемого кадра. Возможные значения:
     - **DAT11B** – кадр данных с 11-битным ID
     - **RTR11B** – удалённых кадр (remote) с 11-битным ID
     - **DAT29B** – кадр данных с 29-битным ID
     - **RTR29B** – удалённых кадр (remote) 29-битным ID
   - **mask** – маска, накладываемая побайтово на поле данных принятого кадра CAN1 перед отправкой в шину CAN2, в соответствии с полем **mask_mode**. Данные задаются в шестнадцатеричном формате от “00” до “FF” или “XX”, в квадратных скобках с разделителем “|”.
     - **00-FF** – применение байта маски к соответствующим байтам принятых данных;
     - **XX** – не менять соответствующий байт принятых данных.
   - **mask_mode** – режим накладывания маски на поле данных принятого кадра CAN1:
     - **REPLACE** – замена байтов данных (new_byte = mask_byte);
     - **AND** – побитовое “И” (tx_byte = rx_byte & mask_byte);
     - **OR** – побитовое “ИЛИ” (tx_byte = rx_byte | mask_byte);
     - **XOR** – побитовое “исключающее ИЛИ” (tx_byte = rx_byte ^ mask_byte);
     - **NOT** – побитовая инверсия (tx_byte = ~rx_byte).

3. **[CAN2 → CAN1]** – настройка правил фильтрации и преобразования кадров из CAN2 для передачи в CAN1. Настройка производится аналогично.

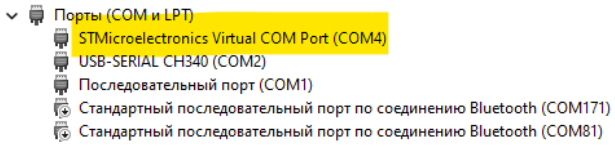
Примеры настроек шлюза CAN находятся в файле CAN_Gateway.ini на карте памяти.

7. Работа с прибором через терминал

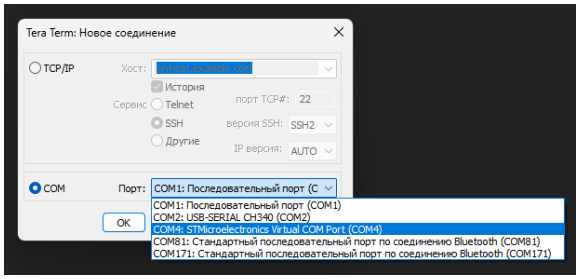
Подготовка терминального приложения (на примере TeraTerm)

В приборе реализован терминальный режим работы с выводом отладочной информации и консоли приборы через виртуальный COM-порт USB. Для работы с прибором через терминал необходимо:

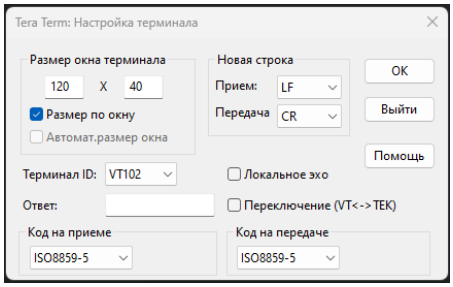
1. При необходимости установить драйвер виртуального COM-порта STM32 (https://disk.yandex.ru/d/i0NHVIjlcH2CoQ)
2. Скачать программу для работы с терминалом TeraTerm (https://disk.yandex.ru/d/A0qA4HkxAFstCQ)
3. Убедиться, что при подключении прибора по USB он определяется в диспетчере задач как COM-порт (Windows) или в списке устройств /dev/ttyUSB… (Linux и MacOS)

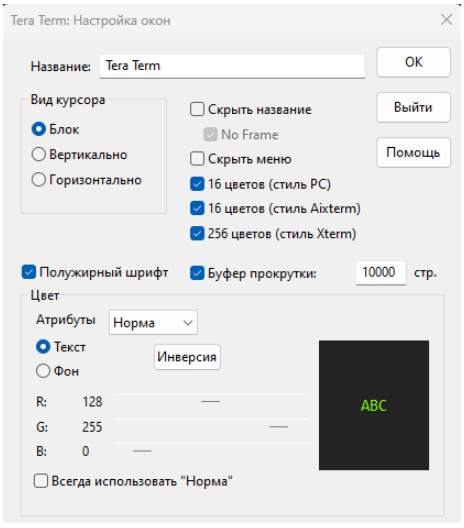


4. Запустить TeraTerm, выбрать для подключения COM-порт прибора (меню «Файл» – «Новое соединение»)



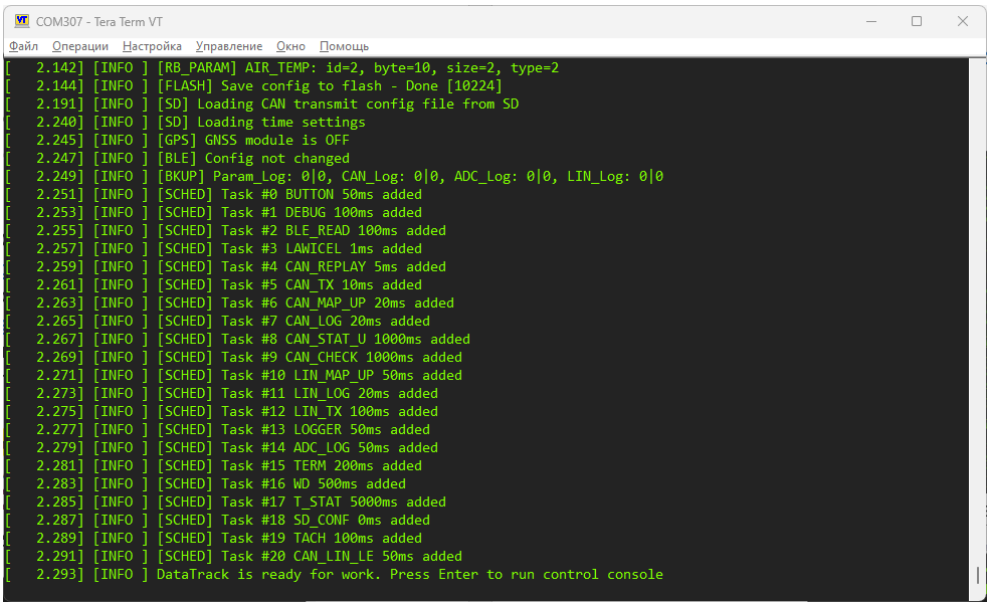
5. Задать рекомендуемые настройки терминала TeraTerm



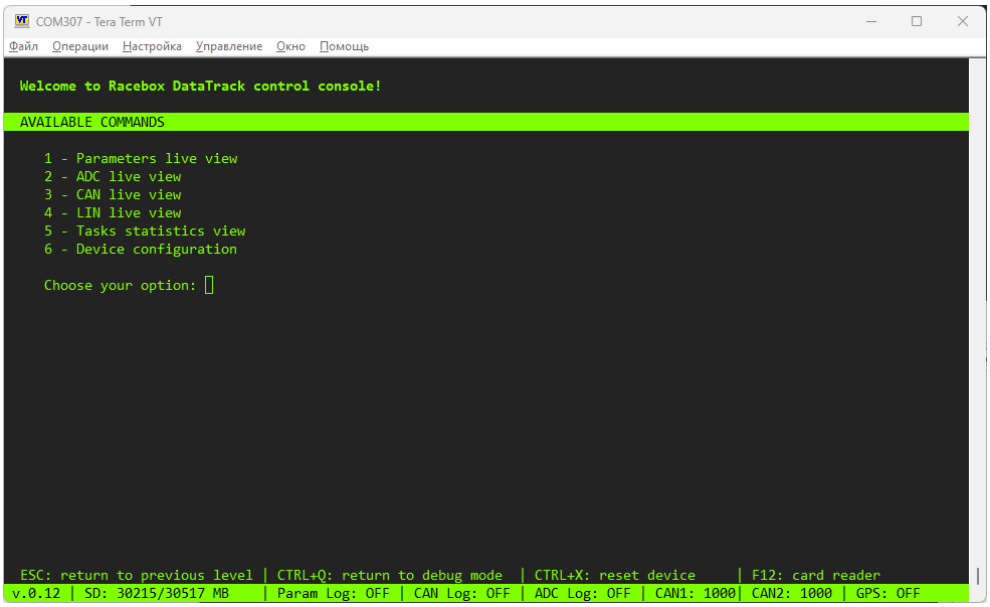


Пример конфигурационного файла TeraTerm можно скачать по ссылке: https://disk.yandex.ru/d/CSmbKLdGFyM1gw

6. Убедиться, что TeraTerm отправляет и получает данные. Нажав Ctrl+X – прибор должен перезагрузиться.

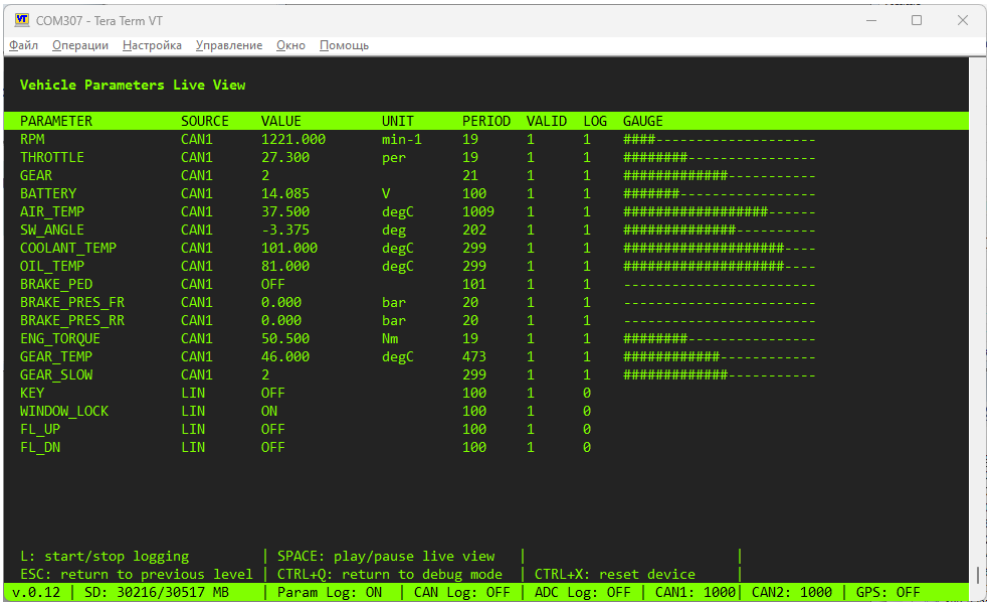


7. После загрузки прибора нажать Enter для входа в основное меню консоли.



8. Выбрать необходимый пункт нажатием клавиш 1 – 5.
9. Возврат в основное меню происходит по нажатию ESC, выход из консоли – по нажатию Ctrl+Q.
10. В нижней строке отображаются основные параметры работы приборы: версия ПО, доступный и общий объём карты памяти, статусы логгеров, настройки каналов CAN, статус и количество доступных спутников GNSS.

Меню Parameters Live View – просмотр сконфигурированных параметров

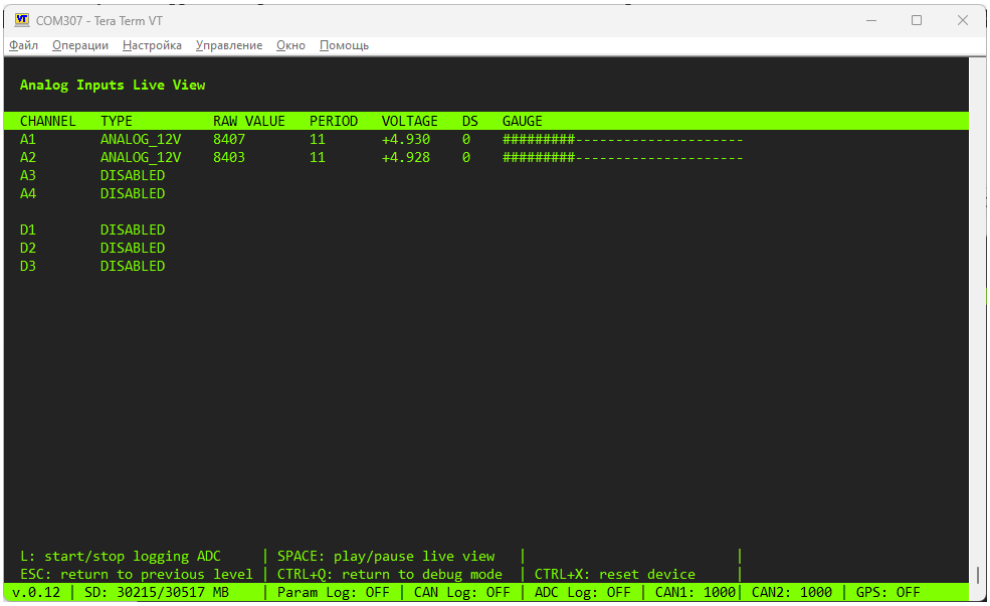


В данном меню доступен просмотр значений сконфигурированных параметров в реальном времени, периодов обновления параметров, показателей валидности и настройки логгирования. Так же в меню отображаются значения параметров в виде шкал, с учётом заданных диапазонов.

Доступны следующие горячие клавиши:

- **L** – старт и остановка записи лога параметров;
- **Пробел** – заморозка текущих значений.

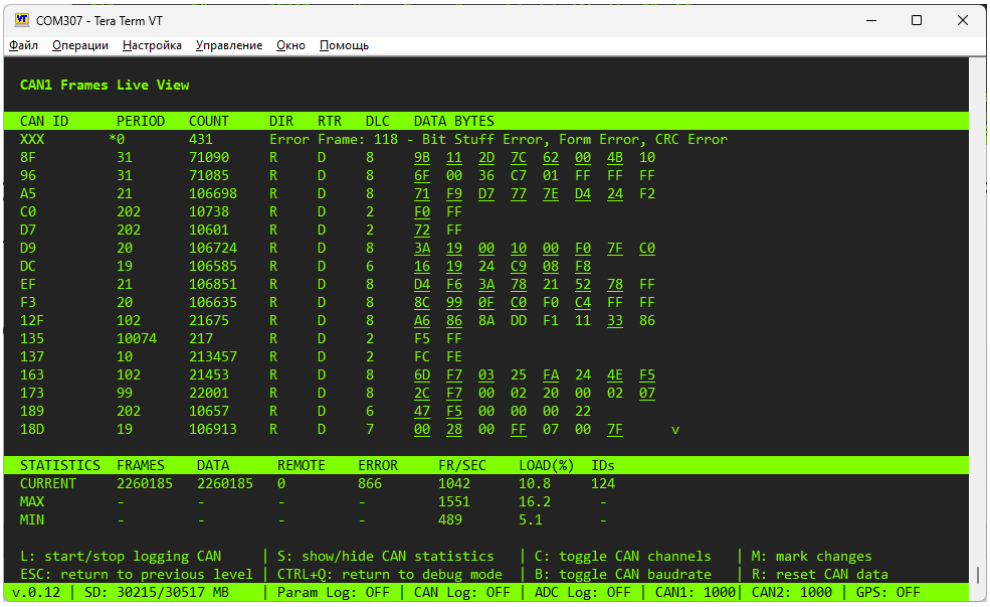
Меню Analog Inputs Live View – просмотр аналоговых каналов



В данном меню доступен просмотр конфигурации, текущих значений и напряжений аналоговых каналов, периодов их обновления, дискретных статусов и настроек логгирования. Так же в меню отображаются значения напряжений на входах в виде шкал, с диапазоном 0–15В. В меню доступны следующие горячие клавиши:

- **L** – запуск/остановка записи лога напряжений или дискретных статусов аналоговых каналов;
- **Пробел** – заморозка текущих значений.

Меню CAN Frames Live View – просмотр данных в каналах CAN



В данном меню доступен просмотр карты принимаемых и отправляемых кадров в каналах CAN1 и CAN2. Отображаются следующие параметры CAN:

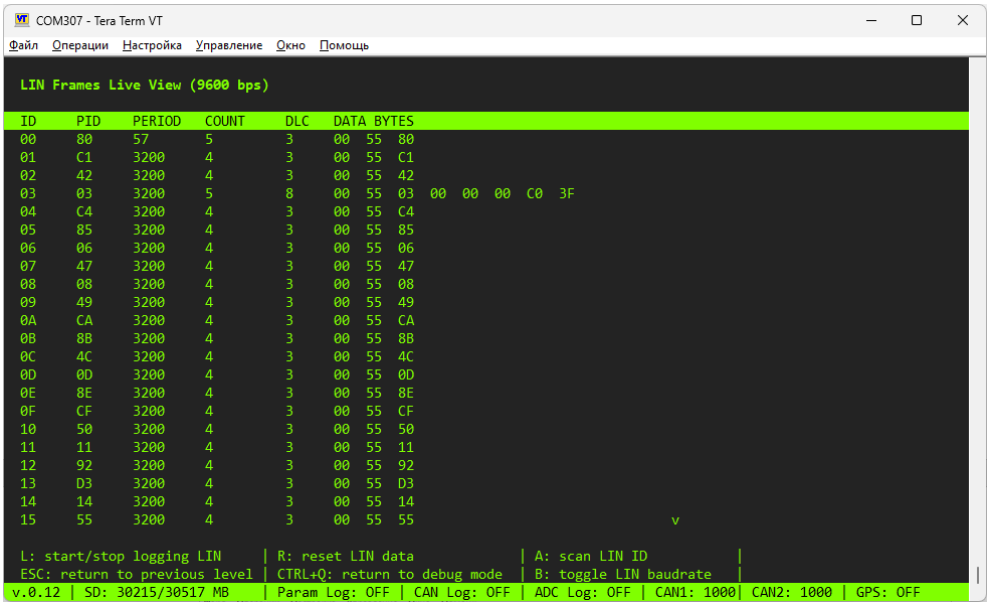
- Идентификатор кадра CAN (обычный или расширенный)
- Период обновления кадра и признак его исчезновения (символ *)
- Количество принятых и отправленных кадров
- Направление кадра: R – принимаемый (receive), T – отправляемый (transmit)
- Признак Remote-кадров: D – кадры с данными, R – кадры запросов (remote)
- Размер области данных кадра в байтах (DLC)
- Значений байтов данных
- Маркировка изменённых кадров (подчёркивания байтов, изменившихся в течении менее 3 секунд)
- Ошибочные кадры с расшифровкой кодов ошибок
- Меню статистики канала содержит текущие, минимальные и максимальные значения:
    - Количество кадров (общее, данные, запросы, ошибки)
    - Поток кадров в секунду
    - Загрузка шины
    - Количество идентификаторов

В меню доступны следующие горячие клавиши:

- **L** – запуск/остановка записи лога кадров CAN;
- **Пробел** – заморозка текущих значений;

- **S** – показать/скрыть меню статистики;
- **C** – переключение между каналами CAN1 и CAN2;
- **M** – включение/отключение маркировки изменившихся байтов данных;
- **B** – переключение скорости канала (125, 250, 500, 1000 кбит/с);
- **R** – сброс карты кадров и статистики текущего канала;
- **T** – включение/отключение поточного режима отображения.

Меню LIN Frames Live View – просмотр данных в шине LIN



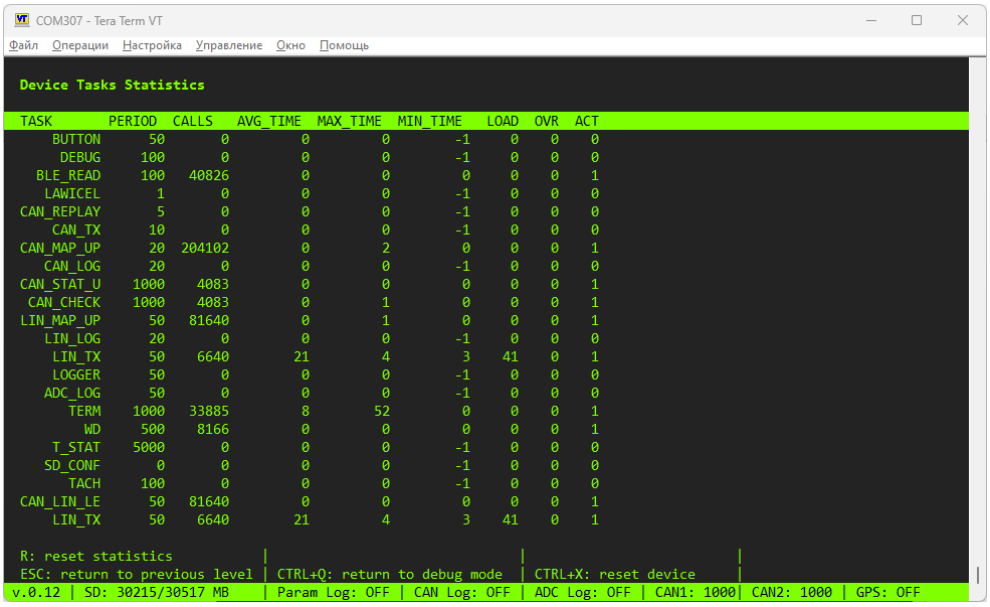
В данном меню доступен просмотр карты принимаемых и отправляемых кадров LIN. Отображаются следующие параметры LIN:

- Идентификатор кадра LIN (ID)
- Защищённый идентификатор кадра LIN (PID)
- Период обновления кадра и признак его исчезновения (символ *)
- Количество принятых и отправленных кадров
- Размер кадра в байтах (DLC)
- Значений байтов данных

В меню доступны следующие горячие клавиши:

- **L** – запуск/остановка записи лога кадров LIN;
- **Пробел** – заморозка текущих значений;
- **B** – переключение скорости канала (9600, 10400, 19200, 20000 бит/с);
- **R** – сброс карты кадров шины LIN;
- **A** – запуск/остановка перебора ID отправляемых заголовков (3 байта: Break 0x00 + Sync 0x55 + ID) в диапазоне от 0x00 до 0x3F. После выполнения перебора и отключении данного режима в буфере на отправку остаются ID, на которые был получен ответ. Для отправки кадров LIN (работа в режима Master) необходима доработка печатной платы прибора – установка компонентов R46 и D15 (PCB rev.0.4).
- **T** – включение/отключение поточного режима отображения.

Меню Device Tasks Statistics – внутренняя статистика прибора



В данном меню отображается статистика и отладочная информация диспетчера задач прибора.

8. Обновление встроенного ПО

Обновление ПО прибора производится при помощи HEX-файла прошивки, размещаемого на карте памяти. Актуальные версии ПО размещаются на сайте racebox.ru. Для обновления ПО необходимо:

1. Скачать файл прошивки в формате HEX.
2. Скопировать файл прошивки с именем Racebox_Track_*.hex в корневую папку карты памяти.
3. Вставить карту памяти в выключенный прибор.
4. Включить прибор (подать питание 12В или USB), удерживая в момент включения кнопку **Старт.**
5. При корректном обнаружении файла прошивки на приборе будут мигать все 4 светодиода.
6. Для начала обновления в течении 10 секунд после включения прибора зажать кнопку **Старт** на 2 секунды. Если кнопка не будет нажата в течении 10 секунд, прибор перейдёт в режим кард-ридера.
7. После начала обновления на приборе будут загораться светодиоды снизу вверх, показывая статус обновления.
8. После обновления ПО прибор перейдёт в нормальный режим работы.
9. Посмотреть версию установленного ПО можно в нижнем левом углу терминала (см. раздел 5).