

**Экосистема операционной системы FX-RTOS  
Руководство пользователя**

## Оглавление

Описание.....	3
Поддерживаемое оборудование и инструментальные средства .....	3
Библиотеки связующего программного обеспечения.....	3
Гипервизор.....	6
Драйверы .....	7

## Описание

Программное обеспечение представляет библиотеку с расширенным набором сервисов операционной системы, реализующих стандартные протоколы передачи данных, отказоустойчивые файловые системы и решения для запуска приложений в безопасной среде. Назначение: Управление аппаратными компонентами передачи, обработки и хранения информации встраиваемых систем под управлением ОСРВ «FX-RTOS»

Функциональный состав:

1. Поддержка протокола USB-устройств;
2. Поддержка протокола обмена с картами памяти MMC;
3. Поддержка промышленных протоколов обмена CAN и CanOpen;
4. Поддержка сетевых протоколов TCP/IP;
5. Поддержка прикладного протокола Интернета Вещей MQTT;
6. Журналируемая FAT-совместимая файловая система для блочных устройств хранения информации;
7. Слой трансляции для ПЗУ технологии NAND-Flash;
8. Гипервизор второго типа на основе аппаратных технологий виртуализации для архитектуры ARMv8-A.

## Поддерживаемое оборудование и инструментальные средства

Программно-аппаратные комплексы на процессорах с архитектурами ARM (Cortex-M, Cortex-A), RISC-V, Эльбрус 2000, x86\_64, MIPS, MSP430, AVR32

## Библиотеки связующего программного обеспечения

1. Библиотека, реализующая коммуникационный протокол USB со стороны устройства (позволяет подключать устройства с FX-RTOS к ПК) в составе:
  - Модуль стандартных управляющих запросов USB.
  - Модуль устройства класса USB Mass Storage (MSC) и протокола SCSI

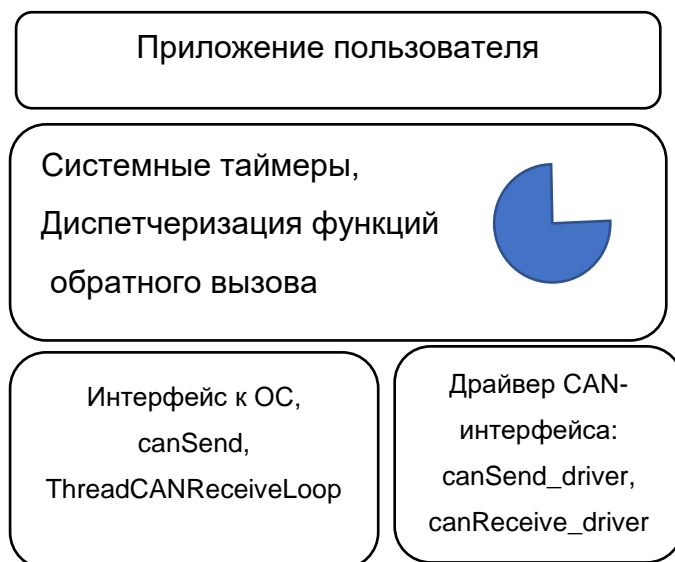
- Модуль устройства класса Human Interface Device (HID)

Совместимы со спецификациями USB 2.0, USB 1.1

В комплекте присутствует драйвер USB, совместимый с контроллерами Миландр K1986BE92, K1986BE1.

2. Библиотека, реализующая протокол CAN, CanOpen.

В основе реализации лежит идея слабо связанных компонентов: универсального алгоритмического модуля, независимого от среды выполнения, аппаратного, и слоя поддержки операционной системой. Протоколно-алгоритмическая часть реализована на основе библиотеки Canfestival-3, из которой убран слой поддержки оборудования. Добавлен слой портирования, использующий системный таймер и средства синхронизации FX-RTOS.



В комплекте присутствует драйвер контроллера CAN, совместимый с соответствующими блоками на МК Миландр K1986BE92, K1986BE1.

3. Реализация протокола MQTT-клиента на базе сетевого стека FX-RTOS

Реализован слой портирования с системного таймера и примитивов синхронизации FX-RTOS. Кроссплатформенная алгоритмическая часть протокола MQTT поверх стека TCP/IP основана на библиотеке LwIP, Реализует модели издатель/подписчик MQTT-клиента. Библиотека подходит для использования в устройствах Интернета Вещей с ограниченными ресурсами, объем используемой памяти не превышает 64 КБ.

В комплекте присутствует драйверы контроллера Ethernet MAC, совместимые с соответствующими блоками на МК LPC17xx, STM32.

4. Библиотека, реализующая журналируемую FAT-совместимую файловую систему.

Отказоустойчивая файловая система, совместимая с FAT32, журналируемая, обеспечивает восстановление таблицы распределения файлов в случае сбоев питания. Поддерживаемые версии FAT – FAT32, FAT16, FAT12. Данная система предназначена для постоянных запоминающих устройств с блочной организацией памяти: жестких дисков HDD, SSD, карт памяти. В качестве основы была использована традиционная реализация FAT из проекта с открытым исходным кодом Ptex, в которую были добавлены интерфейс поддержки аппаратного обеспечения и функция журналирования, обеспечивающая восстановление состояния ФС из контрольной точки до сброса питания. Журнал устроен внутри виртуального корневого каталога «/», таким образом его размер для FAT32 не может превышать 4 ГБ. Операция изменения данных в ФС вначале заносится в журнал, вместе с метками о начале и конце записи на диск, для диагностики состояния ФС при каждом запуске ОС.

В операционных системах с традиционным FAT без журналирования, журнал на диске не виден, его невозможно повредить при дефрагментации.

5. Файловая система для флеш-накопителей

Файловая система для флеш-накопителей на основе памяти типа NAND реализует слой трансляции адресов, выравнивание износа, обработку сбоев питания.

Алгоритм записи обеспечивает лучшую надёжность по сравнению с другими методами, выполняя циклическую запись в следующие страницы NAND, обеспечивая выравнивание износа по всему кристаллу.

Кроссплатформенная алгоритмическая часть основана на библиотеке с открытыми исходными кодами Dhaga. Добавлен драйвер, эмулирующий шину NAND через PIO микроконтроллера.

Поверх слоя трансляции адресов может быть использована любая традиционная файловая система, в том числе из ФС, указанной в п 1.1.

## Гипервизор

В рамках разработки гипервизора 2 типа (hosted) для OCPB FX-RTOS разработаны:

1. Ядро гипервизора (обработка исключений режима EL2, переключение контекста виртуальных машин, зеркалирование прерываний (mirroring)).
2. Реализация механизмов отображения физической памяти виртуальной машины на физическую память хоста (stage 2 translation), управление таблицами страниц.
3. Вспомогательные функции (создание-удаление виртуальных машин, инициализация контекста).
4. Инфраструктура виртуализации устройств (вызовы обработчиков виртуализации устройств по обращению виртуальной машины к определенным физическим адресам в виртуальной машине).
5. Поддержка платформы AArch64 для FX-RTOS (инициализация, обработка прерываний и исключений, виртуальная память).
6. Минимальный набор драйверов для хостовой системы (драйвер для GIC и Generic Timer).
7. Минимальный набор виртуальных устройств для запуска FX-RTOS в виртуальной машине (таймер, контроллер прерываний, отладочный интерфейс печати из виртуальной машины).

Гипервизор реализован как расширение ядра FX-RTOS, которое предоставляет интерфейсы для создания виртуальных машин.

Гипервизор позволяет запускать экземпляр гостевой FX-RTOS в качестве одного из процессов хостовой FX-RTOS с гипервизором. Это создаст возможность сосуществования в рамках одной аппаратной платформы как надежных приложений реального времени, которые могут выполнять инфраструктурные задачи и задачи взаимодействия с пользователем. В перспективе предполагается возможность добавления поддержки других ОС и OCPB.

Гипервизор предназначен для работы на процессоре с архитектурой AArch64, набором команд ARMv8.0 или старше, и контроллером прерываний версии GICv3 или старше.

Отладка и тестирование производились на симуляторе sbsa-ref в виртуальной машине Qemu.

## Драйверы

- Драйверы Ethernet:
  - Драйвер адаптера Ethernet для МК NXP LPC1768;
  - Драйвер адаптера Ethernet для МК STMicroelectronics STM32F4, STM32L4, STM32F7;
  - Драйвер адаптера Ethernet для МП Atmel SAMA5D;
- Драйверы USB device:
  - Драйвер USB устройства МК Миландр серий 1986BE9x, 1986BEх;
- Драйверы MMC:
  - Драйвер контроллера MMC для МП Atmel SAMA5D;