

Поддержка драйвера USB host для STM32 в ОС Embox

Автор: Чубуков Филипп Александрович, 17.Б11-мм

Научный руководитель: к.ф.-м.н., Доцент кафедры Системного Программирования Д. В. Луцив

Консультант: Разработчик ООО “Embox” А. В. Бондарев

Рецензент: Разработчик ООО “Embox” А. И. Калмук

Введение

- Микроконтроллеры
- Семейство микроконтроллеров STM32
- Работа микроконтроллеров в режиме USB-хоста
- ОСРВ Embox

Цели и задачи

Целью работы является создание для ОС Embox драйвера поддержки USB хост-контроллера микроконтроллера семейства STM32. Для ее выполнения были поставлены следующие задачи:

- Провести обзор предметной области
- Реализовать драйвер поддержки USB хост-контроллера для семейства микроконтроллеров STM32 в проекте Embox
- Провести апробацию полученного решения

STM32

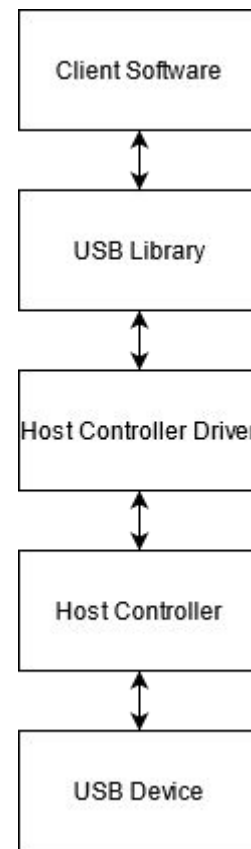
- Семейство микроконтроллеров на основе 32-битных ARM Cortex-M
- Широкий спектр представителей различных подсемейств для различных задач
- USB в STM32

Embox

- ОС реального времени для встраиваемых систем
- Гибкая конфигурация за счет Mubuild системы
- Частичная поддержка STM32

USB интерфейс

- Хост-контроллер
- Хабы и конечные устройства
- Различные типы передач
 - Управляющие
 - Передача массивов данных
 - Прерывания
 - Изохронные
- Модель работы USB стека



STM32 USB

- OTG FS (On The Go Full Speed)
- Управляющие регистры
- Основные события на шине
 - Подключение USB-устройства
 - Энумерация USB-устройства
 - Выполнение USB-передач
 - Отключение USB-устройства

Разворачивание окружения для разработки и отладки

- Плата STM32F429ZI
- Система отладки openocd
- Отладчик gdb с поддержкой ARM
- Minicom - утилита для использования последовательного порта модема в UNIX-подобных операционных системах



Рис. STM32F429ZI

Библиотека HAL

- Часть STM32CUBE
- Обертка над низкоуровневыми операциями

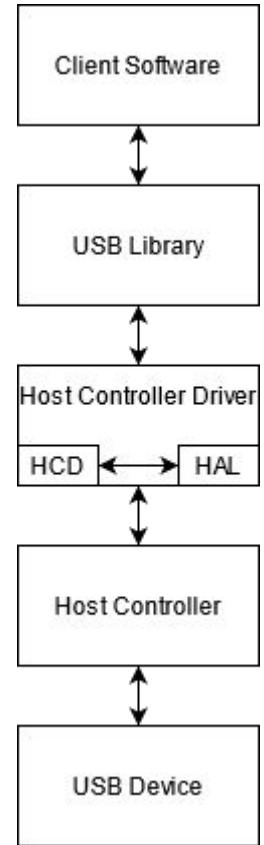


Рис. Модель USB стека с HAL

Интерфейс драйвера хост-контроллера

- Инициализация драйвера в системе
- Запуск хост-контроллера
- Управление хабом хост-контроллера
- Выполнение USB-передач
- Обработка прерываний

Реализация драйвера хост-контроллера

- Создание нового модуля и выстраивание зависимостей
- Инициализация необходимой периферии для различных семейств STM32 при запуске хост-контроллера
- Инициализация ядра USB и режима хоста
- Реализация прерываний
- Эnumерация USB-устройств
- Реализация логики выполнения USB-передач
 - Открытие USB-каналов
 - Отслеживание выполнения транзакций

Тестирование инициализации

- Инициализация модуля
- Инициализация хост-контроллера
- Инициализация USB-устройства

```
runlevel: init level is 2
      unit: initializing embox.driver.usb.stm32_hc.stm32f4_hc: done
      unit: initializing embox.init.start_script:

Started shell [tish] on device [ttyS0]
loading start script:
embox>lsusb
Bus 000 Device 001 ID 14cd:1212
Bus 000 Device 000 ID 0000:0000
embox>
```

Рис. Успешная инициализация хост-контроллера и USB-устройства

Тестирование работы с USB-устройством

- Монтирование USB-устройства
- Чтение USB-устройства
- Запись на USB-устройство

```
embox>lsusb
Bus 000 Device 001 ID 14cd:1212
Bus 000 Device 000 ID 0000:0000
embox>mount -t vfat /dev/sda /mnt
embox>cd /mnt
embox>ls
./read_test
embox>cat read_test
read test done!
embox>touch write_test
embox>ls
./write_test
./read_test
embox>
```

Рис. 1 Успешная работа с USB-устройством

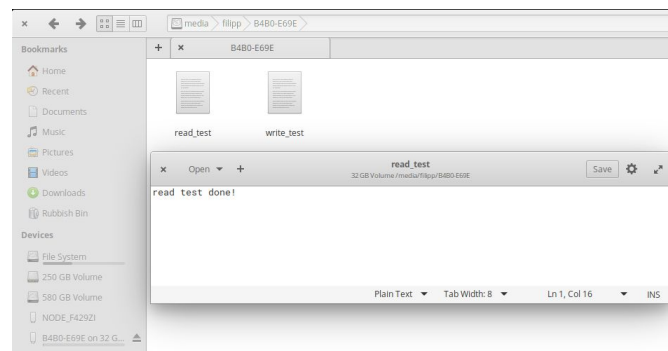


Рис. 2 Отображение устройства в ОС Linux

Автоматическое тестирование

- `block_dev_test`
- Добавление проверки в стартовый скрипт

```
embox>block_dev_test -i 1 -n 10 sda
Starting block device test (iters = 1)...
iter 0...
Testing 0 (of 62333951)
Testing 1 (of 62333951)
Testing 2 (of 62333951)
Testing 3 (of 62333951)
Testing 4 (of 62333951)
Testing 5 (of 62333951)
Testing 6 (of 62333951)
Testing 7 (of 62333951)
Testing 8 (of 62333951)
Testing 9 (of 62333951)
OK
embox>
```

Рис. Тестирование чтения и записи USB-устройства командой `block_dev_test`

Результаты

- Сделан обзор предметной области, а именно USB-интерфейса, ОС Embox и работы USB в семействе микроконтроллеров STM32
- Реализован драйвер поддержки хост-контроллера STM32 в ОС Embox
- Проведена апробация драйвера на микроконтроллере STM32F429ZI