

УДК 004.3

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ МРЗ-ФАЙЛОВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ СЕМЕЙСТВА AVR

Бережной А.Б., Цололо С.А.

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

drstein2012@mail.ru, sergey@tsololo.com

Аннотация

Бережной А.Б., Цололо С.А. Разработка устройства воспроизведения МРЗ-файлов на микроконтроллере семейства AVR. Разработано устройство на микроконтроллере семейства AVR, которое выполняет считывание файлов формата МРЗ с флеш-карты SD и воспроизводит их. Разработка устройства выполнена с применением макетирования на отладочном комплекте, разработанном ранее.

Введение

В настоящее время семейство микроконтроллеров (МК) семейства AVR производства Atmel является достаточно популярным и широко используется для разработки периферийных устройств различного назначения. Доступность, универсальность и достаточная мощность данной платформы позволяют реализовывать устройства разной сложности.

В данной работе описывается процесс разработки макета устройства воспроизведения (МРЗ-плеера), которое выполняется считывание и воспроизведение МРЗ-файлов с карты Secure Digital (SD) с помощью соответствующего кодека. При этом устройство выполняет следующие базовые функции:

1. Чтение данных с карты SD, отформатированной в формате FAT 16/32 по протоколу Serial Peripheral Interface (SPI).
2. Отправка МРЗ-файлов на микросхему-кодек VS1011E по протоколу SPI для воспроизведения.

Кроме базовых функций устройство также реализует некоторые из функций управления процессом воспроизведения:

- воспроизведение / пауза;
- перемотка (вперед / назад)
- регулировка уровня звука.

Структурная схема устройства и подбор компонентов

Структурная схема разработанного устройства приведена на рис. 1, из которого видно, что устройство состоит из пяти основных блоков, выполняющих определенные функции. Рассмотрим каждый из блоков более подробно.

1. SD-карта – флеш-карта памяти формата SD с NAND-архитектурой любой емкости со встроенным SPI-интерфейсом. В рамках разработанного устройства используется для хранения данных.

2. Микроконтроллер – выполняет основные функции управления всем устройством и выполняет роль посредника, передавая данные с SD-карты МРЗ-кодеку. По результатам анализа задачи, было принято решение об использовании МК семейства AVR производства Atmel. Выбор конкретной микросхемы определялся поставленными задачами – для комфортной работы с SD-картой и МРЗ-кодеком требуется как минимум 32кБ программной памяти (встроенные блоки флеш-памяти) и не менее 1КБ оперативной памяти. В соответствии с этими параметрами диапазон выбора внутри семейства начинается с МК

Atmega32. Однако было принято решения учесть возможные последующие модификации и улучшения разрабатываемого устройства, которые не должны повлечь за собой внесение каких-либо изменений в схемотехнику устройства. Поэтому МК был выбран с некоторым «запасом», и им стал контроллер Atmega64 в TQFP-корпусе [1] (рис. 2а)

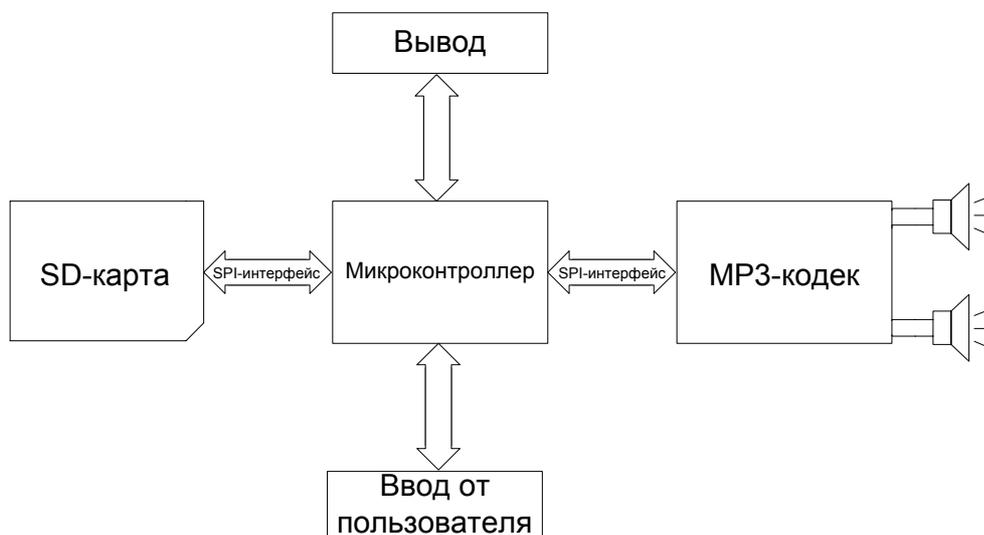


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

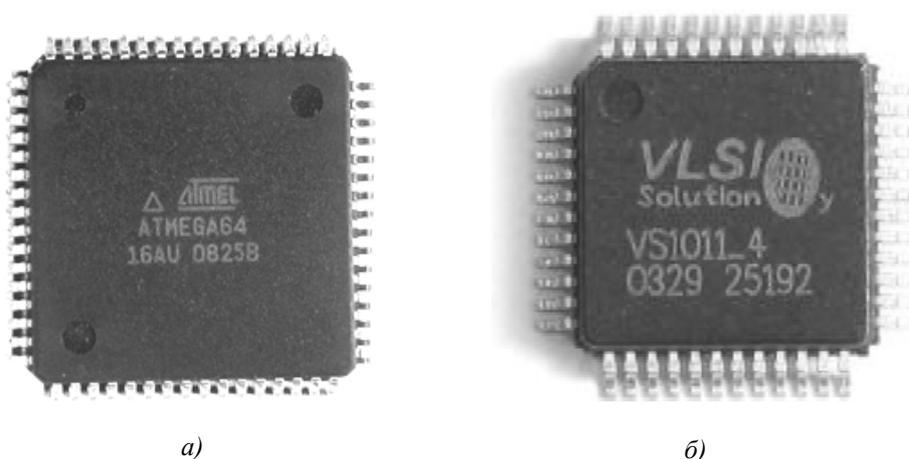


Рисунок 2 – Микроконтроллер (а) и MP3-кодек (б) разработанного устройства

3. **MP3-кодек.** Основной функцией разрабатываемого устройства является воспроизведение MP3-файлов, поэтому необходимо иметь возможность каким-либо образом декодировать этот тип данных и преобразовывать его в аналоговый сигнал для воспроизведения. Существует как минимум два варианта реализации декодирования – либо программно-аппаратная реализация воспроизведения с использованием каналов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в МК, либо использование микросхемы MP3-кодека, который способен декодировать mp3-файл и воспроизводить его без написания какого-либо вспомогательного кода. Программный алгоритм воспроизведения MP3-файлов не являлся основной целью работы, поэтому был выбран второй подход, а вместе с ним и микросхема VS1011E производства VLSI Solution [2] (рис. 2),

4. **Блок вывода** информации используется для отладки устройства, и представлять собой соединение с компьютером по интерфейсу Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART). В окончательном варианте реализации устройства для вывода информации может быть использован символьный жидко-кристаллический (ЖК) экран.

5. **Блок ввода** от пользователя реализуется с помощью кнопок, которые подключаются к выводам Atmega64, отвечающим за внешние прерывания.

Алгоритм работы устройства

В процессе работы устройства можно выделить два основных этапа:

1. Начальная инициализация.
2. Обработка данных и воспроизведение звука

Остановимся на каждом из этих этапов более подробно.

Начальная инициализация. Начальной инициализацией устройства управляет МК. После включения питания МК начинает выполнение самонастройки, в процессе которой в соответствии с прошивкой настраиваются порты ввода/вывода, интерфейсы передачи данных, внутренние прерывания и периферия кристалла. Следующим шагом инициализируется внешняя периферия, роль которой для разработанного устройства выполняют SD-карта и MP3-кодек. При этом поскольку рассматривается только макет устройства, то будем считать, что питание на внешнюю периферию уже подано, в реальном же устройстве необходимо схему питания реализовывать так, чтобы питанием периферии управлял МК. Алгоритм инициализации периферии в этом случае полностью соответствует базовому алгоритму, который приводится в справочных материалах используемого МК.

Обработка данных и воспроизведение звука. Как уже было сказано, работа с SD-картой начинается с инициализации, но прежде всего необходимо рассмотреть основные контакты SD-карты (рис. 3) и её интерфейс [3]. Работа с SD-картой будет производиться по интерфейсу SPI, это альтернативный режим работы карты, он является более простым по сравнению с использованием их базового интерфейса. Обоснованных причин использовать родной режим работы карты нет, поэтому работа будет производиться в альтернативном режиме. В МК Atmega64 имеется аппаратно-реализованный интерфейс SPI, что существенно упрощает подключение SD-карты.

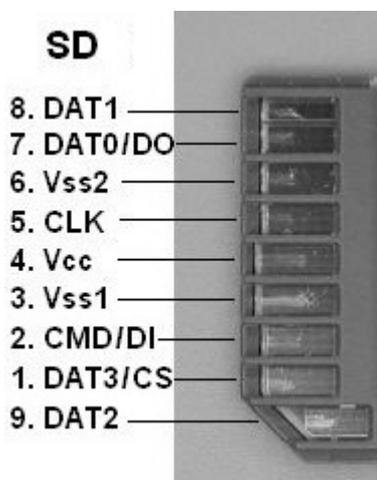


Рисунок 3 – Контакты (распиновка) SD-карты

Инициализация SD-карты выполняется по алгоритму (рис. 4), который представляет собой модификацию базового алгоритма, описанного в спецификации SD-карт памяти.

Необходимо отметить, что четкое соблюдение всех шагов алгоритма, представленного в спецификации, не гарантирует корректную инициализацию, поскольку каждый производитель

SD-карт может внести изменения в структуру, которые потребуют изменения алгоритма, либо производитель может вообще не встроить SPI режим работы в карту из соображений экономии. В таком случае карта работать не будет. Поэтому при выборе конкретной SD-карты необходимо учитывать как имя производителя, так и ценовую категорию SD-карты.

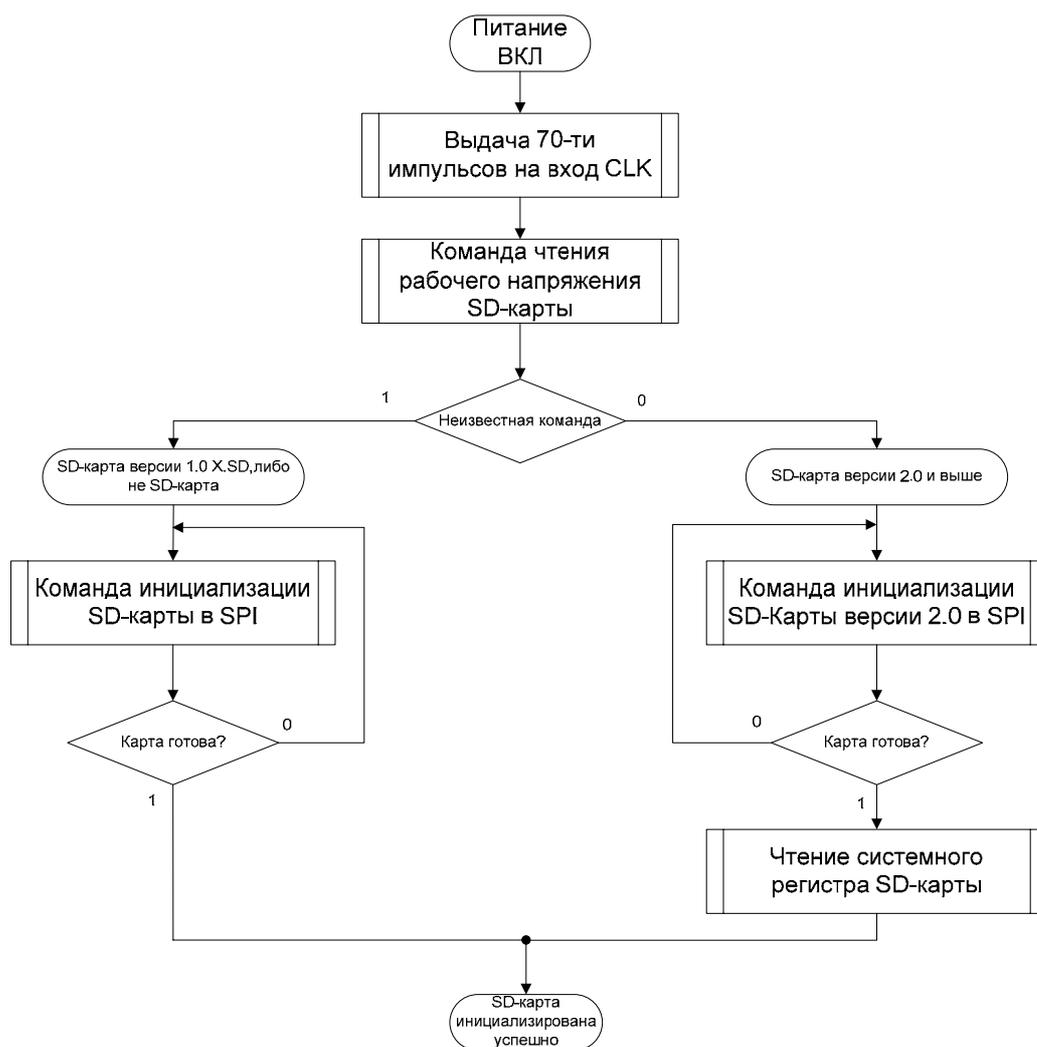


Рисунок 4 – Алгоритм инициализации SD-карты

После инициализации карты необходимо смонтировать на ней файловую систему FAT [4]. Для этого был написан код, который в зависимости от форматирования карты (FAT16/32) монтирует соответствующую файловую систему. Поскольку устройство никак не повреждает файловую систему SD-карты (функции записи на карту не реализованы), то это делает устройство совместимым с ПК. Достаточно просто скопировать на SD-карту необходимые файлы и затем уже работать с ними на устройстве.

Естественным ограничением здесь является то, что карта должна быть предварительно отформатирована в FAT16/32. Файловая система FAT12 не поддерживается, хотя расширение модуля файловой системы для этого не представляет сложности. Однако было принято решение не делать этого, так как карты с такой файловой системой на практике встречаются довольно редко и легко могут быть переформатированы.

После инициализации карты и монтирования FAT-системы устройство ожидает команду воспроизведения от пользователя. После нажатия на соответствующую кнопку устройство начинает считывать с SD-карты первый MP3-файл из корневой папки блоками по 512 байт и передавать их на MP3-кодек, который и начинает проигрывание файла. Поскольку все кнопки управления подключены на выходы внешних прерываний МК, то появляется возможность регулировать звук во время воспроизведения с помощью отправки соответствующей команды от МК MP3-кодеку по шине управления. Кнопки перемотки на следующий трек реализуются аналогичным образом.

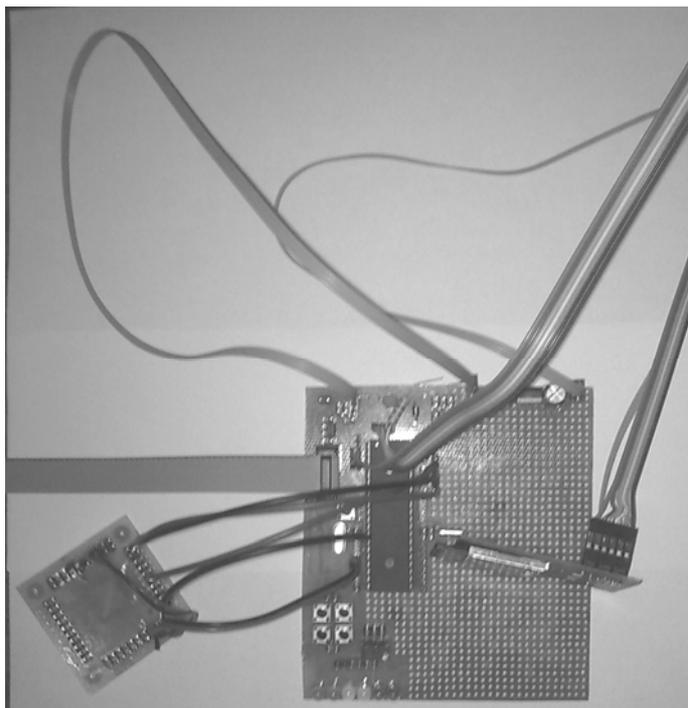


Рисунок 5 – Разработанное устройство

Необходимо также добавить, что существует возможность обеспечения совместимости устройства и компьютера по USB 2.0, для этого потребуется написание кода работы по USB-интерфейсу для МК и усложнение схемотехники устройства, либо соединение с помощью специализированной микросхемы-конвертера интерфейсов, например FT232RL, которая представляет собой преобразователь USB-to-UART. Третьим вариантом обеспечения совместимости устройства с PC является выбор более мощного и дорогого контроллера, в который будет встроена аппаратная поддержка USB-интерфейса.

Выводы

В ходе реализации устройства воспроизведения были разработаны и опробованы многие схемотехнические и программные решения реализации подобных устройств. Также были разработаны библиотеки, существенно упрощающие отладку любых устройств на базе микроконтроллеров AVR через UART, а также библиотека работы с файловой системой FAT на базе микроконтроллера, которая легко может переноситься из проекта в проект.

Необходимо также добавить, что данный проект может быть реализован на базе более мощного микроконтроллера, например на линейке 32-х битных контроллеров фирмы STMicroelectronics, которые обладают значительно большим быстродействием и функционалом по сравнению с МК семейства AVR. Это позволит на их базе реализовать устройство со встроенной системой реального времени (RTOS) и такими популярными возможностями как сенсорный дисплей, акселерометр, Wi-Fi и Bluetooth модулями и многими другими функциями, которые уже стали привычными для рядового пользователя.

Список литературы

- Atmega64 Datasheet [электронный ресурс]. – Режим доступа: www.atmel.com/Images/doc2490.pdf
- VLSI VS1011E datasheet [электронный ресурс]. – Режим доступа: www.vlsi.fi/fileadmin/datasheets/vs1011.pdf
- SD Specifications. Part 1. Physical Layer Simplified Specification Version 3.01, May 18, 2010 [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.sdcard.org/downloads/pls/simplified_specs/Part_1_Physical_Layer_Simplified_Specification_Ver_3.01_Final_100518.pdf
- Microsoft EFI FAT32 File System Specification [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/en-us/windows/hardware/gg463080>