



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе
по дисциплине «Микропроцессорные системы»
на тему:

Синтезатор речи

Студент

ИУ6-73Б
(Группа)

(Подпись, дата)

В.К. Залыгин
(И.О. Фамилия)

Руководитель

(Подпись, дата)

И.Б. Трамов
(И.О. Фамилия)

2025 г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ИУ6

А.В. Пролетарский

« 2 » сентября 2025 г.

**З А Д А Н И Е
на выполнение курсовой работы**

по дисциплине Микропроцессорные системы

Студент группы ИУ6-73Б

Залыгин В.К.

Тема курсовой работы: Синтезатор речи

Направленность курсовой работы: учебная

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР): кафедра

График выполнения работы: 25% – 4 нед., 50% – 8 нед., 75% – 12 нед., 100% – 16 нед.

Техническое задание:

Разработать на основе микроконтроллера устройство озвучивания передаваемого текста. Обеспечить поддержку текста на русском и английском языках. Текст на устройство должен передаваться по протоколу UART.

Разработать схему, алгоритмы и программу. Отладить проект в симуляторе или на макете. Оценить потребляемую мощность. Описать принципы и технологию программирования используемого микроконтроллера.

Оформление курсовой работы:

1. Расчетно-пояснительная записка на 30-35 листах формата А4.
2. Перечень графического материала:
 - а) схема электрическая функциональная;
 - б) схема электрическая принципиальная.

Дата выдачи задания: «2» сентября 2025 г.

Руководитель курсовой работы

02.09.2025

(Подпись, дата)

И.Б. Трамов

(И.О.Фамилия)

Студент

02.09.2025

(Подпись, дата)

В.К. Залыгин

(И.О.Фамилия)

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах; один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

РЕФЕРАТ

РПЗ 14 с., 4 рис., 0 табл., 0 источн., 2 прил.

МИКРОКОНТРОЛЛЕР, ATMEGA128A, СИНТЕЗ РЕЧИ, TTS, UART, SAM

Курсовая работа посвящена разработке проекта TTS (text-to-speech) устройства на основе микроконтроллера ATMega128A семестра AVR и программы SAM для генерации звуковой речи на русском и английском языках на основе передаваемого на устройство по UART текста.

Основная цель курсовой работы состоит в формировании навыков разработки и проектирования микропроцессорных систем путем освоения современных технологий проектирования систем на основе микроконтроллеров, а также программируемых систем на кристалле.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1 Конструкторская часть | 8 |
| 1.1 Анализ требований ТЗ | 8 |
| 1.2 Описание структурной схемы | 8 |
| 1.3 Описание функциональной схемы | 9 |
| 1.3.1 Описание архитектуры и характеристики ATmega128A | 10 |
| 1.3.2 Структура и организация памяти микроконтроллера | 11 |
| 1.4 Описание принципиальной электрической схемы | 11 |
| 1.4.1 Подключения МК и программатора | 12 |
| 1.4.2 Подключение микросхемы памяти | 12 |
| 1.4.3 Подключение модуля СН340С | 12 |
| 1.4.4 Подключение усилителя РАМ и RC-фильтра | 12 |
| 1.4.5 Расчет потребляемой мощности | 12 |
| 2 Технологическая часть | 13 |
| 2.1 Выбор инструментов и средств разработки | 13 |
| 2.2 Общая модель исполнения | 13 |
| 2.3 Портирование S.A.M. под МК ATmega128A | 13 |
| 2.3.1 Устранение ошибок сборки | 13 |
| 2.3.2 Работа с памятью программы | 13 |
| 2.4 Модуль буфера входного потока | 13 |
| 2.5 Модуль проигрывания звукового файла | 13 |
| 2.6 Программирование МК | 13 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 14 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 15 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А ИСХОДНЫЙ ТЕКСТ ПРОГРАММЫ | 16 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б СПЕЦИФИКАЦИЯ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ | 17 |

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

МК – микроконтроллер

МК система – микропроцессорная система

программатор – специальное устройство, позволяющее записывать и читать память программ микроконтроллера, а также конфигурировать его состояние

TTS – (анг. Text-To-Speech) технология синтеза речи на основе передаваемого текста

UART –

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа «Синтезатор речи» выполняется на основании учебного плана кафедры ИУ6.

К одному из наиболее широко используемых в учебных и практических разработках семейств микроконтроллеров относятся 8-разрядные микроконтроллеры AVR фирмы Atmel (в настоящее время – Microchip), которые основаны на RISC-архитектуре с гарвардской организацией памяти, обладают развитой системой периферийных модулей, низким энергопотреблением и сравнительно простой системой программирования. AVR-микроконтроллеры применяются в измерительной технике, системах автоматизации и управления, в встраиваемой аудио- и видеоаппаратуре, а также в образовательных макетах и учебных стендах, что делает их удобной основой для реализации курсовых и дипломных проектов.

Целевым микроконтроллером в данной работе является ATMega128A, относящийся к семейству высокопроизводительных 8-битных AVR. Он обладает расширенным объемом программной памяти (128 кБайт Flash), внутренней ОЗУ и энергонезависимой EEPROM-памятью. К архитектурным особенностям данного микроконтроллера относятся наличие нескольких таймеров/счетчиков с поддержкой режима ШИМ, универсальных последовательных интерфейсов (USART, SPI, TWI), встроенного АЦП, а также внешнего интерфейса памяти XMEM. Наличие двух независимых USART, развитой системы прерываний и широкого диапазона тактовых частот обеспечивает гибкость при организации обмена с внешними устройствами и генерации звука.

В основе проекта лежит S.A.M. (The Software Automatic Mouth – TODO ссылка) – программа синтеза речи (TTS) для английского языка, созданная компанией Don't ask software в 1982 году для компьютеров Commodore C64, Atari 8-bit, а также Apple II. S.A.M. является одной из первых коммерческих программ синтеза речи, выпущенных на рынок. Программа включает в себя преобразователь текста в фонемы, который называется reciter, функцию преобразования фонем в речь для окончательного вывода (в формате .wav

файла), а также набор функций для отладки. Изначально написанная на ассемблере под целевые компьютеры, в 2015 году благодаря стараниям Stefan Maske программа была дизассемблирована в код на языке C и выложена в открытый доступ (лицензия программы не была указана в связи с неуспешными попытками связаться с создателями, компания Don't ask software ныне не существует). Программа обладает поразительно малыми размерами – «боевая» автономная версия программы под x86 занимает менее 39 кБ дискового пространства и требует менее 128 кБ оперативной памяти для работы (в основном занимаемой выходным .wav файлом). Данная особенность программы позволяет портировать ее даже для самых маленьких МК систем. В рамках данной курсовой работы ставится задача портирования S.A.M. под МК ATMega128A.

С точки зрения проекта микроконтроллер ATMega128A обладает всеми необходимыми свойствами:

- наличие 128 кБ памяти программы;
- ОЗУ размером в 4 кБ, которое расширяется до 64 кБ при использовании внешней памяти и протокола XMEM;
- наличие нескольких таймеров, поддерживающих ШИП;
- наличие интерфейсов передачи данных, таких как UART;
- высокая производительность МК на частоте 8 МГц;
- простота и открытость архитектуры МК семейства AVR для настройки.

По завершении проектирования была выполнена проверка работоспособности схемы и программного обеспечения на макете.

1 Конструкторская часть

1.1 Анализ требований ТЗ

Согласно техническому заданию, необходимо работать на основе микроконтроллера устройство озвучивания текста на русском и английском языках. Текст к микроконтроллеру должен передаваться по UART.

Микроконтроллер должен уметь работать с UART и считывать входящий текст для озвучивания, выполнять необходимые преобразования над текстом, а затем озвучивать его. Как и оригинальная программа SAM, устройство должно поддерживать флаги, передаваемые в входящем тексте (флаг обозначается при помощи тире на месте первого символа). Также устройство должно уметь подавать сигнал о готовности к вводу, иметь писать информационные и отладочные сообщения по UART передающему устройству.

Поскольку встроенной в МК ОЗУ 4 кБ не хватает для генерации, необходимо использовать внешнюю память, которая расширяет адресной пространство вплоть до 64 кБ (чего уже будет хватать для генерации). Согласно даташиту работа с внешней памятью должна осуществляться при помощи вспомогательного регистра-защелки, который необходим для хранения младших бит адреса .

Для создания качественного звучания сигнал ШИМ, генерируемый МК, должен пройти несколько этапов обработки: RC-фильтр, который срежет верхние частоты, а также усилитель, который увеличит ток с динамика и вследствие этого увеличит громкость динамика.

Для быстрого и простого соединения МК с компьютером предлагается снабдить устройство преобразователем UART-USB.

1.2 Описание структурной схемы

По результатам анализа требований к устройству, можно сформулировать ряд компонентов, необходимых для работы устройства:

- микроконтроллер;
- UART-USB преобразователь;
- микросхема памяти;
- регистр-защелка;

- RC-фильтр;
- усилитель;
- динамик.

На рисунке 1 представлена структурная схема устройства.

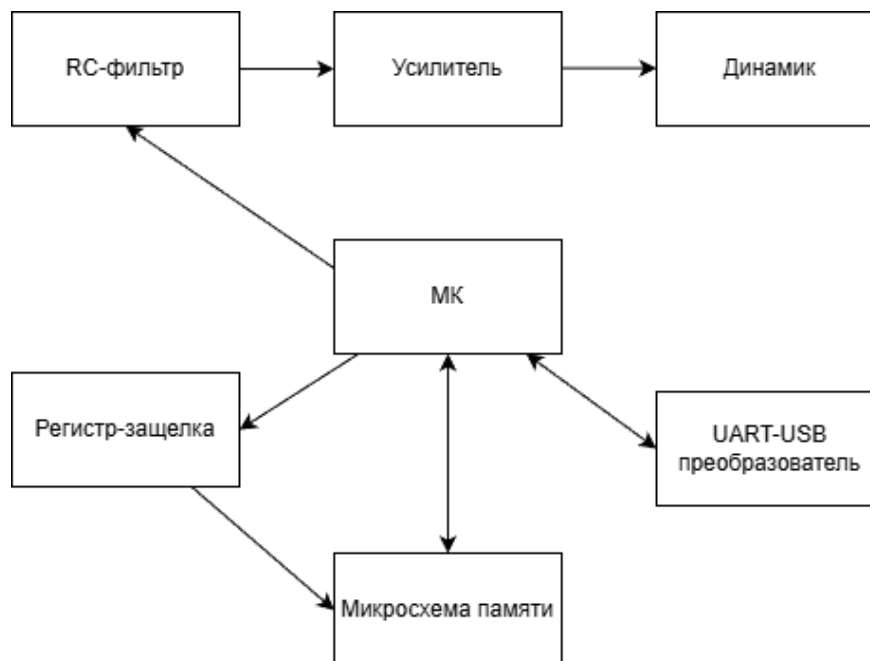


Рисунок 1 — Структурная схема

Микроконтроллер играет центральную роль в устройстве и потому расположен в центре схемы. Подключение к компьютеру, передача и принятие данных от него производится через UART-USB преобразователь. Звуковой сигнал формируется на основе сигнала ШИМ, проходящего обработку в RC-фильтре и усилителе.

1.3 Описание функциональной схемы

На основе структурной схемы для детализации выполнена функциональная схема устройства. Функциональная схема представлена на рисунке 2

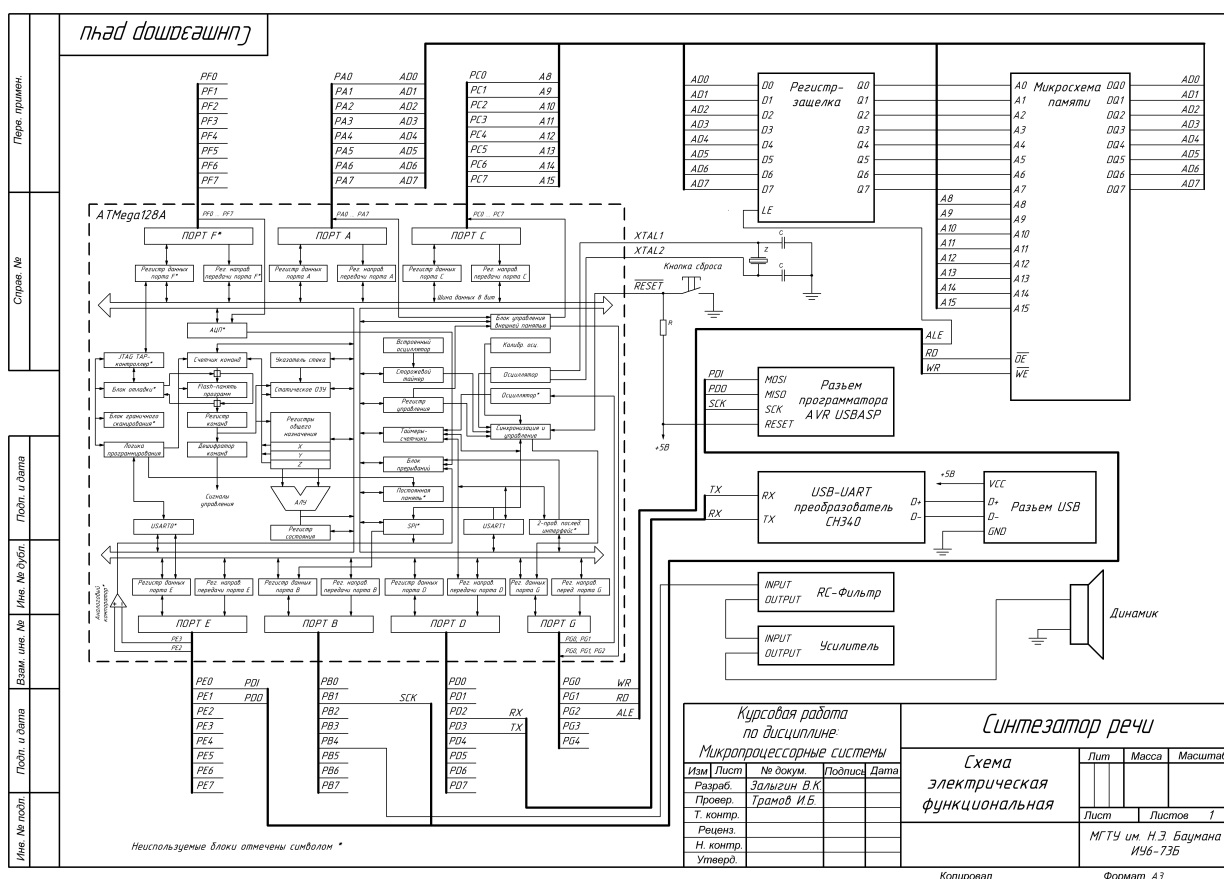


Рисунок 2 — Функциональная схема

1.3.1 Описание архитектуры и характеристики ATmega128A

Микроконтроллер входит в семейство AVR, имеет гарвардскую архитектуру (программа и данные находятся в разных адресных пространствах) и систему команд, близкую к идеологии RISC. Процессор AVR имеет 32 8-битных регистра общего назначения, объединённых в регистровый файл.

В основном микроконтроллер можно встретить в корпусе TQFP64, распиновка которого показана на рисунке 3.

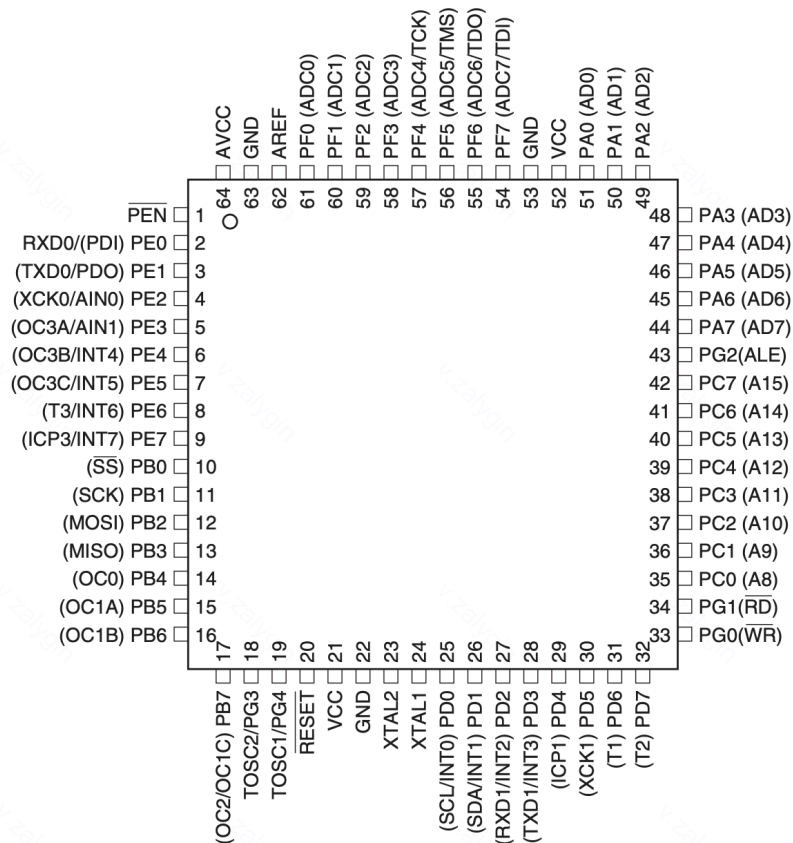


Рисунок 3 — Распиновка

Большинство ножек имеют несколько назначений: помимо 7 портов ввода-вывода, к ним также подключено множество периферии: 2 8-битных и 2 16-битных счетчика с поддержкой ШИМ, АЦП, Two-wire, два интерфейса USART, интерфейс SPI (с возможности внутрисхемного программирования), сторожевой таймер, аналоговый компаратор, JTAG.

1.3.2 Структура и организация памяти микроконтроллера

1.4 Описание принципиальной электрической схемы

Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 4

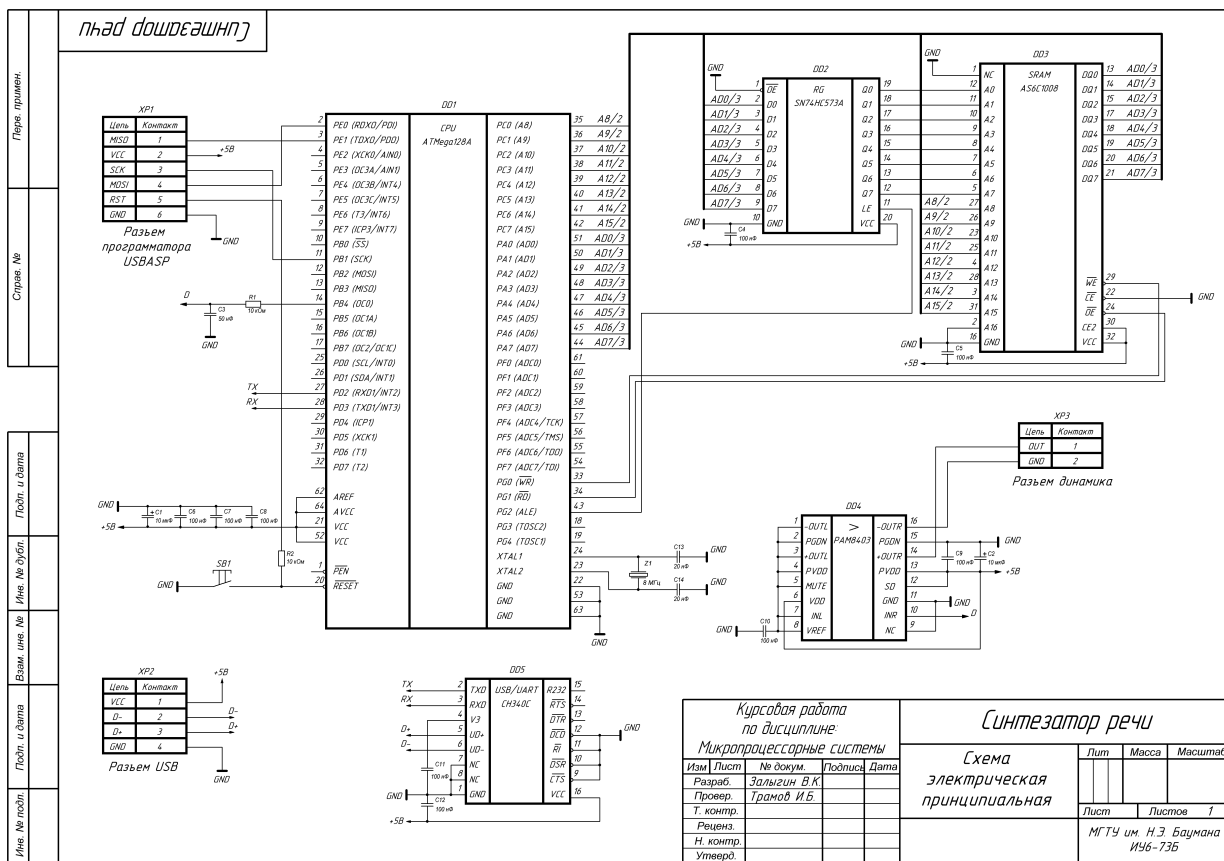


Рисунок 4 — Принципиальная схема

1.4.1 Подключения МК и программатора

1.4.2 Подключение микросхемы памяти

1.4.3 Подключение модуля CH340C

1.4.4 Подключение усилителя РЧМ и RC-фильтра

1.4.5 Расчет потребляемой мощности

2 Технологическая часть

2.1 Выбор инструментов и средств разработки

2.2 Общая модель исполнения

2.3 Портирование S.A.M. под МК ATMega128A

2.3.1 Устранение ошибок сборки

2.3.2 Работа с памятью программы

2.4 Модуль буфера входного потока

2.5 Модуль проигрывания звукового файла

2.6 Программирование МК

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ИСХОДНЫЙ ТЕКСТ ПРОГРАММЫ
Листов 1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
СПЕЦИФИКАЦИЯ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ
Листов 0