



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**

**Студент**

02.09.2025  
(Подпись, дата)  
02.09.2025  
(Подпись, дата)

И.Б. Трамов  
(И.О.Фамилия)  
В.К. Залыгин  
(И.О.Фамилия)

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

## **РЕФЕРАТ**

РПЗ 20 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 .....	12
1.3.2 Структура и организация памяти микроконтроллера .....	13
1.4 Описание принципиальной электрической схемы .....	14
1.4.1 Подключения МК и программатора .....	15
1.4.2 Подключение микросхемы памяти .....	16
1.4.3 Подключение модуля CH340C .....	16
1.4.4 Подключение усилителя РАМ и RC-фильтра .....	17
1.4.5 Расчёт потребляемой мощности .....	18
2 Технологическая часть .....	19
2.1 Выбор инструментов и средств разработки .....	19
2.2 Общая модель исполнения .....	19
2.3 Портирование S.A.M. под МК ATmega128A .....	19
2.3.1 Устранение ошибок сборки .....	19
2.3.2 Работа с памятью программы .....	19
2.4 Модуль буфера входного потока .....	19
2.5 Модуль проигрывания звукового файла .....	19
2.6 Программирование МК .....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ А ИСХОДНЫЙ ТЕКСТ ПРОГРАММЫ .....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ Б СПЕЦИФИКАЦИЯ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ . . . .	23

## **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 разработать 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, выполнять необходимые преобразования, а затем озвучивать его. Как и оригинальная программа SAM, устройство должно поддерживать флаги, передаваемые во входящем тексте (флаг обозначается при помощи тире на месте первого символа). Также устройство должно уметь подавать сигнал о готовности к вводу после инициализации, передавать информационные и отладочные сообщения по UART передающему устройству.

Поскольку встроенной в МК ОЗУ объёмом 4 кБ не хватает для генерации звукового потока, необходимо использовать внешнюю память, которая расширяет адресное пространство данных вплоть до 64 кБ, чего уже достаточно для работы алгоритмов синтеза речи. Согласно даташиту микроконтроллера, работа с внешней памятью осуществляется при помощи вспомогательного регистра-защёлки, который необходим для хранения младших бит адреса до окончания цикла чтения или записи.

Для создания качественного звучания сигнал ШИМ, генерируемый МК, проходит несколько этапов обработки: сначала он поступает на RC-фильтр, который сглаживает высокочастотную составляющую, затем усиливается усилителем мощности, повышающим уровень сигнала по напряжению и току и обеспечивающим необходимую громкость динамика.

Для быстрого и простого соединения МК с компьютером устройство снабжается 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.

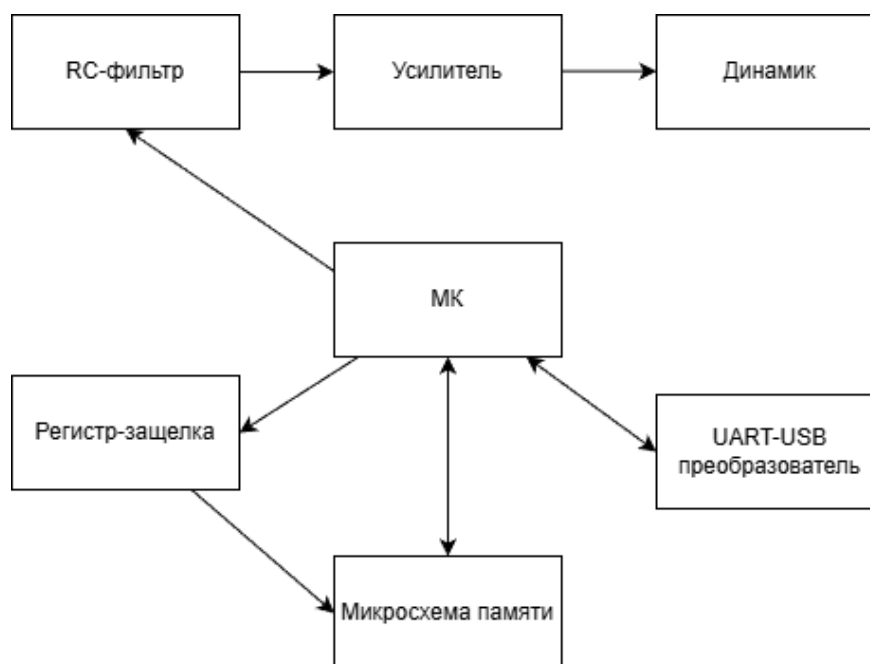


Рисунок 1 — Структурная схема

Микроконтроллер играет центральную роль в устройстве и потому расположен в центре схемы. Подключение к компьютеру, передача и приём данных от него производится через UART-USB преобразователь. Звуковой сигнал формируется на основе сигнала ШИМ, проходящего обработку в RC-фильтре и усилителе. Внешняя память и регистр-защёлка образуют подсистему расширения ОЗУ микроконтроллера.

### 1.3 Описание функциональной схемы

На основе структурной схемы выполнена функциональная схема устройства, которая уточняет состав внутренних модулей микроконтроллера и логические связи между ними и внешними блоками. Функциональная схема представлена на рисунке 2.

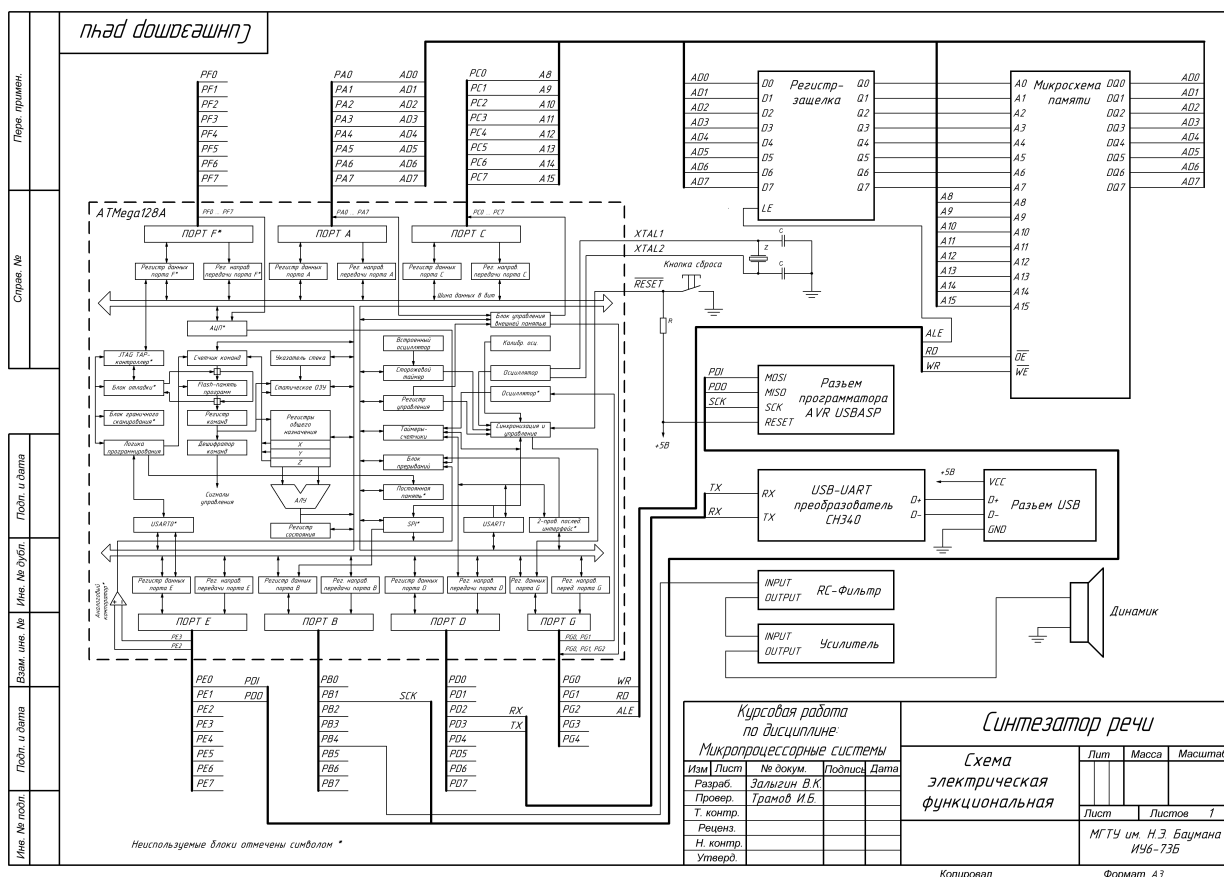


Рисунок 2 — Функциональная схема

На функциональной схеме микроконтроллер ATmega128A изображён в развернутом виде: показаны ядро AVR, блок программной Flash-памяти, внутренняя SRAM, контроллер внешней памяти, таймеры/счётчики, интерфейсы USART, SPI, модуль тактирования и система прерываний. Тем самым становится видно, какие аппаратные ресурсы микроконтроллера участвуют в работе синтезатора речи.

Передача текста от персонального компьютера осуществляется по интерфейсу USB-UART. На функциональной схеме этот путь представлен как цепочка: ПЭВМ — виртуальный последовательный порт — USB-UART преобразователь — интерфейс USART1 микроконтроллера. USART1 принимает байтовый поток, генерирует прерывания по приёму символов и передаёт их в ядро, где выполняется программная обработка: разбор текстовых флагов SAM, преобразование текста в фонемы и формирование параметров синтеза речи. В обратном направлении по тому же каналу передаются служебные и отладочные сообщения.

Для хранения промежуточных данных и выходного звукового буфера используется внешняя статическая память. В функциональном представлении подсистема памяти состоит из контроллера внешней памяти внутри микроконтроллера, шины адреса, шины данных, регистра-защёлки и микросхемы SRAM. Контроллер внешней памяти формирует последовательность сигналов на шинах адреса и данных, а также управляющие сигналы чтения и записи. Регистр-защёлка выполняет функцию временного хранения части адресной информации, что позволяет совместно использовать одни и те же линии для передачи адреса и данных. С точки зрения программы внешняя память воспринимается как продолжение внутренней SRAM, доступ к которой осуществляется обычными операциями чтения и записи по нужным адресам.

Звуковой тракт на функциональной схеме представлен как последовательность модулей «ШИМ-выход таймера» — «Цифро-аналоговое преобразование на RC-фильтре» — «Усилитель мощности» — «Динамик». Таймер/счётчик 0 работает в режиме генерации ШИМ и получает от программной части массив значений, соответствующих дискретам звукового сигнала. Контроллер прерываний обеспечивает регулярную загрузку новых значений в регистр сравнения таймера с заданной частотой дискретизации (22,05 кГц), а RC-фильтр сглаживает высокочастотную составляющую сигнала, играя роль простейшего цифро-аналогового преобразователя. Усилитель мощности обеспечивает согласование по уровню и по мощности с динамиком.

Отдельным блоком на функциональной схеме выделены узлы тактирования и сброса. Кварцевый резонатор и схема генератора формируют опорную частоту 8 МГц, которая подаётся на модуль тактирования микроконтроллера и определяет производительность ядра и периферийных блоков. Система сброса объединяет цепь аппаратного сброса (кнопка) и вход внешнего программатора, позволяя переводить микроконтроллер в известное начальное состояние как при включении питания, так и по требованию оператора.

Наконец, показан интерфейс с программатором по SPI. Модуль SPI микроконтроллера используется для внутрисхемного программирования

памяти программ и конфигурационных фьюзов. На функциональной схеме это отражено как отдельный канал взаимодействия с внешним модулем «Программатор», который задействуется только на этапе разработки и обслуживания устройства.

### 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.

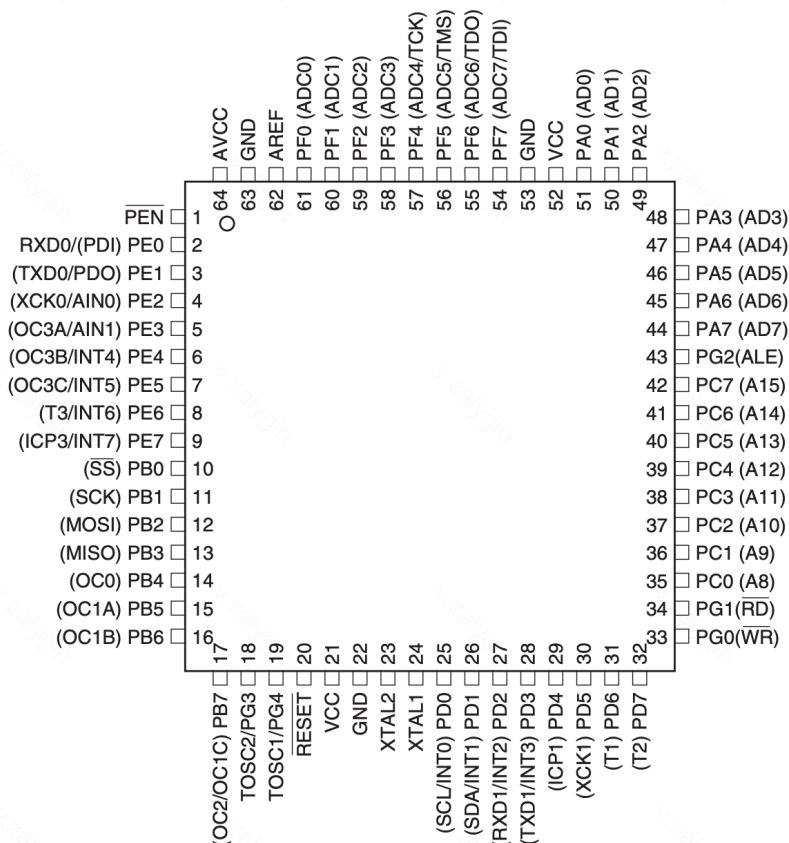


Рисунок 3 — Распиновка ATmega128A в корпусе TQFP64

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

### 1.3.2 Структура и организация памяти микроконтроллера

В ATMega128A используется несколько типов памяти, каждый из которых имеет собственное адресное пространство и назначение. Программная память представляет собой встроенную Flash-память объёмом 128 Кбайт, организованную в виде слов по 16 бит. В ней размещается основной код программы, векторы прерываний, таблицы констант и, при необходимости, загрузчик. Доступ к Flash из программы осуществляется через специальные инструкции чтения программной памяти, а запись возможна только в режиме самопрограммирования под управлением бутлоадера.

Адресное пространство данных имеет объём 64 Кбайт и объединяет несколько областей. В самом начале располагаются 32 регистра общего назначения R0–R31, которые доступны по самым быстрым однтактовым инструкциям. Далее следуют регистры ввода-вывода, в которых отображены все периферийные модули микроконтроллера: таймеры/счётчики, интерфейсы USART, SPI и TWI, АЦП, портовые регистры, регистры прерываний и конфигурации. Начиная с адреса, следующего за расширенной областью регистров ввода-вывода, располагается внутренняя SRAM объёмом 4 Кбайт. В ней размещаются стек, глобальные и статические переменные, а также небольшие буферы данных.

При включённом интерфейсе XMEM верхняя часть адресного пространства данных отводится под внешнюю память. В рассматриваемом проекте во внешнюю область проецируется микросхема статической ОЗУ AS6C1008. Шестнадцатиразрядная адресная шина микроконтроллера позволяет адресовать до 64 Кбайт внешней памяти, поэтому используется младшая часть объёма микросхемы SRAM; старший адресный бит A16 фиксируется в нуле. Для программы внешняя память выглядит как непрерывное продолжение внутренней SRAM, что позволяет размещать в ней крупные структуры данных.

Алгоритмы синтеза речи SAM активно используют массивы промежуточных данных и выходной буфер звукового сигнала. В данной реализации эти массивы размещаются именно во внешней ОЗУ, тогда как внутренняя

память микроконтроллера резервируется под стек, системные переменные и небольшие служебные буферы. Такой подход повышает надёжность системы и снижает риск непредсказуемых сбоев из-за переполнения памяти.

Отдельно в микроконтроллере присутствует энергонезависимая EEPROM-память объёмом 4 Кбайт. В данной курсовой работе она не используется, однако потенциально может применяться для хранения настроек синтезатора речи (громкость, тембр, скорость произнесения и т.п.), сохраняемых между включениями устройства.

1.4 Описание принципиальной электрической схемы

Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 4.

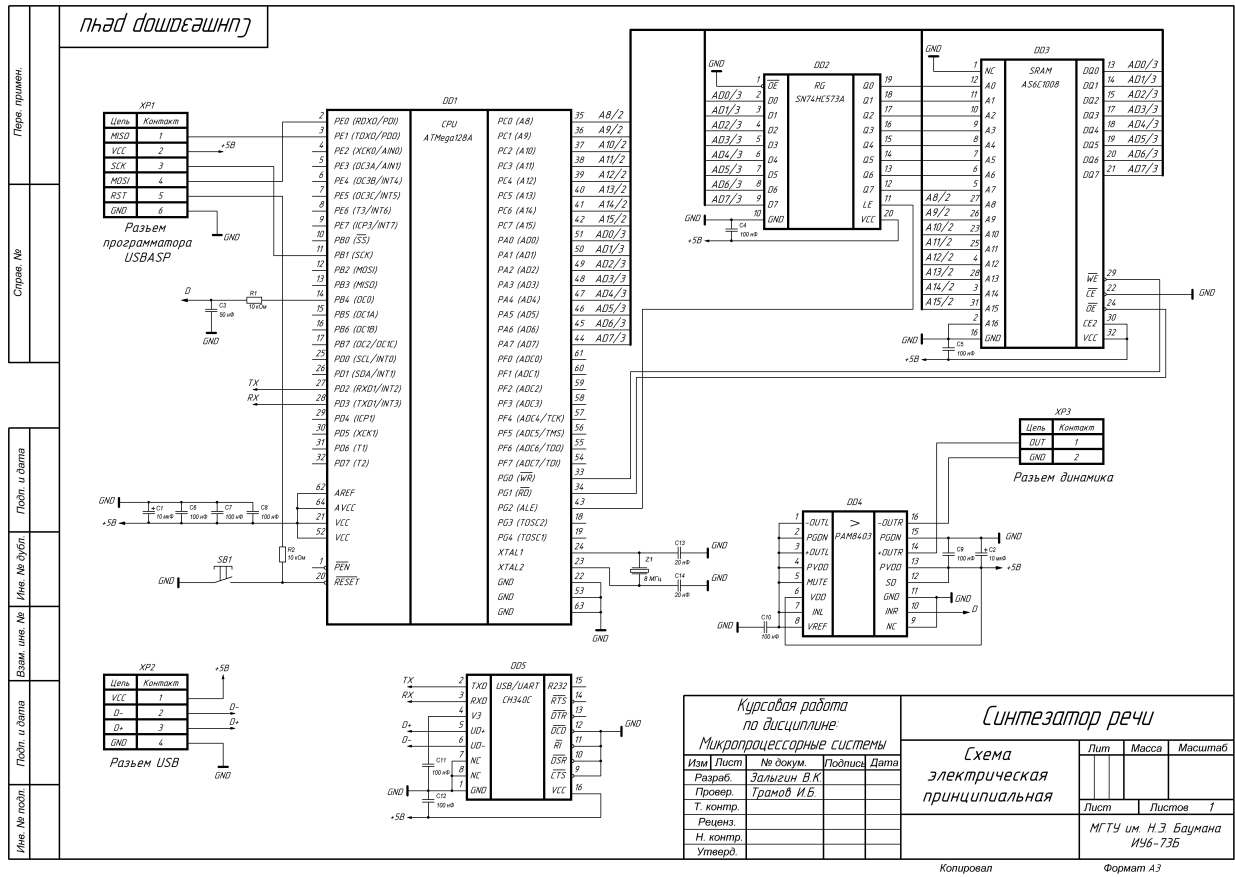


Рисунок 4 — Принципиальная схема

На принципиальной схеме центральным элементом является микроконтроллер ATmega128A (DD1), к выводам которого подведены цепи питания, тактирования, сброса, программирования, интерфейса внешней памяти, интерфейса связи с ПК и звуковой тракт. В отличие от функциональной схемы, здесь все блоки представлены в виде условных графических обозначений конкретных микросхем с указанием их типов, номеров выводов и позиционных

обозначений, что позволяет по схеме непосредственно проектировать печатную плату.

Питание устройства осуществляется от шины +5 В, поступающей с разъёма USB. Вблизи выводов питания микроконтроллера и других ИМС размещены конденсаторы развязки, обеспечивающие фильтрацию помех по питанию и устойчивую работу схемы при скачках потребляемого тока. Тактовый генератор построен на кварцевом резонаторе Z1 частотой 8 МГц, подключённом к выводам XTAL1 и XTAL2 микроконтроллера. Два конденсатора небольшой ёмкости (C13 и C14) образуют с резонатором стандартный пьезоэлектрический генератор по схеме Pierce. Цепь сброса включает подтягивающий резистор R2, соединяющий вывод RESET с шиной +5 В, и кнопку SB1, замыкающую этот вывод на общий провод; при нажатии кнопки микроконтроллер переходит в состояние аппаратного сброса.

Справа от микроконтроллера размещён узел внешней памяти, включающий регистр-защёлку DD2 (SN74HC573A) и микросхему статического ОЗУ DD3 (AS6C1008). Снизу показан интерфейс USB-UART на микросхеме CH340C (DD5), связанный с разъёмом USB и выводами USART1 микроконтроллера. В нижней правой части схемы расположен аудиотракт: RC-фильтр, усилитель мощности PAM8403 (DD4) и разъём динамика XP3. Все функциональные узлы связаны с микроконтроллером таким образом, чтобы обеспечить выполнение алгоритма синтеза речи и обмен данными с внешним компьютером.

#### **1.4.1 Подключения МК и программатора**

Для удобства разработки и отладки устройство поддерживает внутрисхемное программирование по SPI. На схеме показан разъём программатора USBasp XP1. Его выводы MISO, MOSI и SCK подключены соответственно к выводам PB3, PB2 и PB1 микроконтроллера, которые совмещают функции интерфейса SPI и портовых линий. Вывод VCC разъёма соединён с шиной +5 В устройства, а вывод GND — с общим проводом, что позволяет при необходимости запитывать плату от программатора.

Вывод RESET микроконтроллера подключён к разъёму XP1 и используется программатором для перевода МК в режим программирования. В штатном режиме этот вывод подтянут к питанию резистором R2 и может принудительно замыкаться на землю кнопкой SB1. Такая схема обеспечивает как аппаратный сброс пользователем, так и корректное управление режимами микроконтроллера со стороны программатора.

#### **1.4.2 Подключение микросхемы памяти**

Подключение внешней памяти реализует стандартный параллельный интерфейс XMEM, поддерживаемый ATMega128A. Линии порта A микроконтроллера используются как мультиплексированная шина AD0–AD7: они подключены одновременно ко входам D0–D7 регистра-защёлки DD2 и к двунаправленной шине данных D0–D7 микросхемы SRAM DD3. Сигнал ALE, формируемый выводом PG2, подаётся на вход LE регистра-защёлки. В момент начала цикла обращения по шине на порт A выводится младший байт адреса, и фронт ALE фиксирует это значение на выходах Q0–Q7 DD2, которые подключены к адресным входам A0–A7 микросхемы AS6C1008.

Старшие адресные биты A8–A15 формируются выводами порта C микроконтроллера и напрямую подключены к соответствующим выводам памяти. Управляющие сигналы чтения и записи формируются выводами порта G: сигнал /RD (PG1) подаётся на вход /OE ОЗУ, а сигнал /WR (PG0) — на вход /WE. Вывод /CE микросхемы памяти подключён к общему проводу, а вывод CE2 — к шине +5 В, что обеспечивает постоянно разрешённое состояние микросхемы; фактический выбор режима работы определяется только сигналами /OE и /WE. Адресный вход A16 подключён к общему проводу, поэтому используется младшая половина доступного адресного пространства ОЗУ. В цепях питания регистра-защёлки и памяти установлены керамические конденсаторы C4 и C5, уменьшающие уровень помех.

#### **1.4.3 Подключение модуля CH340C**

Сопряжение микроконтроллера с персональным компьютером по USB реализовано на микросхеме USB-UART преобразователя CH340C (DD5). На её выводы UD+ и UD– подведены линии D+ и D– разъёма USB XP2, а вывод VCC



подключён к шине +5 В. Встроенный стабилизатор ядра микросхемы питается от вывода V3, к которому подключены сглаживающие конденсаторы C11 и C12.

Последовательный интерфейс UART со стороны микроконтроллера реализуется линиями USART1. Вывод PD3 (TXD1) подключён к входу RXD микросхемы CH340C, а вывод PD2 (RXD1) — к её выходу TXD. Такое соединение обеспечивает двусторонний обмен данными: текст и управляющие флаги от компьютера поступают на RXD1 микроконтроллера, а диагностические сообщения и ответы передаются по линии TXD1 в сторону CH340C и далее в хост-систему. Остальные выводы микросхемы CH340C, связанные с аппаратным управлением модемными сигналами (CTS, DSR, DTR и др.), в данной схеме не используются и остаются свободными либо подтянутыми к фиксированным уровням согласно рекомендациям производителя.

#### **1.4.4 Подключение усилителя РАМ и RC-фильтра**

Формирование аналогового звукового сигнала начинается на выводе PB4 микроконтроллера, который использует функцию OC0 — выход таймера/счётчика Timer0 в режиме ШИМ. Прямоугольный ШИМ-сигнал с частотой несущей значительно выше максимальной звуковой частоты поступает на RC-фильтр, образованный резистором R1 и конденсатором C3. Фильтр сглаживает высокочастотную составляющую и восстанавливает огибающую, соответствующую требуемому уровню звукового сигнала.

С выхода RC-фильтра (узел D на схеме) сигнал подаётся на вход INL усилителя мощности РАМ8403 (DD4). Усилитель питается от шины +5 В, к его выводам питания подключены конденсаторы C9, C10 и C2, обеспечивающие локальную фильтрацию питания и стабильную работу при изменении нагрузки. В данной схеме используется один канал усилителя (правый или левый), второй канал может оставаться неиспользуемым либо работать параллельно, в зависимости от выбранной конфигурации. Выход усилителя соединён с разъёмом XP3, к которому подключается динамик. Такое построение тракта позволяет получить достаточную громкость при питании от USB и относительно малых размерах устройства.

#### 1.4.5 Расчёт потребляемой мощности

Для оценки энергопотребления устройства требуется определить суммарный ток, потребляемый всеми узлами при работе в типовом и в наиболее тяжёлом режимах. В дальнейшем расчёт планируется вести по паспортным данным микросхем при напряжении питания 5 В.

Общая потребляемая мощность устройства будет определяться как

$$P_{\{\text{sum}\}} = U_{\{\text{пит}\}} \cdot I_{\{\text{sum}\}},$$

## **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