

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Система защиты офиса от несанкционированного доступа

Студент	<u>В.С.Сидорин</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.М.Слукин</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	_____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Промышленная электроника»

_____ А.А. Шевцов
(подпись) (И.О. Фамилия)

«___» _____ 2016__ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Сидорин В.С. _____

1. Тема__ Система защиты офиса от несанкционированного доступа

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР__30.05.2016г

3. Исходные данные:

Средство идентификации – модуляция голоса. Uвх звукового
канала = 35 мВ. Полоса частот записи и воспроизведения сигналов
60 – 700 Гц. Rвых звукового канала = 0,35 Вт.

4. Содержание выпускной квалификационной работы(разделов) Введение 1 Инженерная
интерпретация задачи 2 Структурная схема 3 Элементная база 4 Цифровая и
аналоговая части устройства 5 Печатная плата
Заключение. Литература. Приложение.

5.Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1 Обзор средств биометрии – 1лист. 2 Цифровой блок: принц схема и сборочный чертёж–
2листа. 3 Структурная схема– 1лист. 6 Аналоговый
блок: принц. схема и печ. плата– 2листа.

6. Консультанты по разделам

7. Дата выдачи задания «_20_»__декабря_____2015__ г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

_____ А.М. Слукин
(подпись) (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ В.С. Сидорин
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация

Разрабатывается микропроцессорная система, ориентированная на помещения средней секретности.

Ключевые слова: защита офиса, модуляция голоса, микропроцессорная система защиты, блок-схема устройства, структурная схема, цифровой и аналоговый блоки, печатная и монтажная платы.

Во введении рассматривается необходимость и целесообразность использования данного устройства.

В первой главе даётся интерпретация задачи.

Во второй главе проводится разработка обобщённой блок-схемы устройства, на основании которой разработана структурная схема.

В третьей главе производится расчёт характеристик и выбор элементов схем.

В четвёртой главе разработаны цифровой и аналоговый блоки устройства.

В пятой главе разработаны печатная и монтажная платы.

В пояснительной записке 46 лист, 18 таблиц, библиограф. 49 назв.; в графической части - 6 листов формата А1.

Содержание

Введение	5
1 Инженерная интерпретация задачи	7
2 Структурная схема	8
3 Расчёт и выбор элементов схемы	11
4 Цифровая и аналоговая части устройства	15
4.1 Разработка цифровой части устройства	15
4.2 Разработка аналоговой части устройства	26
5 Печатная плата устройства	40
5.1 Разработка печатной платы	40
5.2 Компоновка печатной платы	40
Заключение	42
Литература	43

Введение

Охрана, офисов, банков, государственных учреждений всегда требовала применения самых современных специальных средств, однако если до недавнего времени проблема заключалась в охране объекта от внешних вторжений, то сегодня чрезвычайно важно противостоять внутренним угрозам. Одним из популярных методов разграничения доступа является использование автоматических систем опознавания личности с помощью средств биометрической защиты (рисунок В1.1).

Предпочтительным из них является метод опознавания по характеристикам голоса.

Без использования цифрового преобразования попытки подобной минимизации неминуемо ведут к потере качества передаваемой информации, что неприемлемо в условиях высокой точности. Кроме необходимости минимизации передаваемой и хранимой информации, в связи с резким увеличением информативной важности данных, когда одно слово или звук могут определять судьбу всего человечества, как бы это ни казалось пафосным, появилась потребность в кодировании и различных видах защиты информации. Цифровое преобразование сигналов позволяет защитить передаваемую информацию путем изменения формы и вида сигнала. После подобного преобразования к сигналу имеют доступ только узкий круг пользователей, обладающих возможностью обратного преобразования. Это позволяет значительно сократить вероятность доступа несанкционированных пользователей. Увеличение или уменьшение этой вероятности зависит только от возможностей кодировщика или, напротив, взломщика. Необходимость анализа аналоговых сигналов для их дальнейшего использования также требует преобразования сигнала в цифровую последовательность. Сравнение сигналов, их сочетание, изменение возможно только после представления этих сигналов в цифровом виде. Цифровые преобразования позволяют значительно увеличить круг возможностей и, соответственно, задач, стоящих перед анализом сигналов любой сложности.

Целью работы является создание защитного устройства, которое позволило бы значительно увеличить степень защиты помещения посредством «дополнительного замка». Зачастую подобрать код или ключ не составляет большого труда. Для увеличения защитных способностей общей системы защиты целесообразно использовать дополнительный уровень защиты, который бы использовал исключительно параметры самого человека.

В данной работе в качестве «ключа к двери» используются исключительные черты голоса человека, его тембральный окрас, частотные характеристики. Данный вид антропометрических систем защиты выбран в силу его относительной простоты и высокой надежности, а также сравнительно недорогими и доступными компонентами разрабатываемого устройства.

В поставленную задачу входят создание цифровой и аналоговой части устройства.

1 Инженерная интерпретация задачи

Сформулируем стоящую перед нами задачу: требуется разработать устройство, «узнающее» человека по голосу.

Голос будет приниматься через микрофон, и, оцифровываясь при помощи дельта - модулятора, поступает в процессор. Далее идёт анализ сигналов, полученных от дельта-модулятора путем сравнения с уже заданными в памяти сигналами: если сигнал не коррелирует со значением, записанным в памяти, то происходит переход к следующей строке таблицы, далее снова идёт анализ сигналов и т.д. Если при прохождении всей таблицы истинности не нашлось сигнала, коррелирующего с полученным то, делается вывод, что обладатель голоса, спектр которого исследовался, не обладает доступом на данную территорию, в случае достижения необходимого уровня корреляции подается сигнал управления на усилитель управления электромагнитного замка. Кроме того, перед началом сканирования голоса пользователю требуется ввести код доступа, только после правильного ввода кода человек допускается до сканирования.

2 Структурная схема

Перед разработкой структурной схемы, для поставленных задач, составили обобщённую блок-схему. Так как она отражает все процессы алгоритма устройства в полной мере, то разрабатывать детализированную блок-схему алгоритмов нет необходимости.

Первые два блока реализуют начальное состояние. В этом состоянии загорается светодиод «Питание», вводится код доступа. По окончании ввода необходимо обозначить нажатием кнопки «Ввод».

После нажатия кнопки «Ввод» устройство переходит в состояние выполнения программы сравнения кода. Алгоритм выполняет поиск начального адреса запрограммированного кода и его загрузку. Далее осуществляется сравнение набранного кода с полученным из памяти. В случае неправильного набора кода доступа выдается звуковое сообщение об отказе в доступе.

При совпадении кодов контроллер приступает к выполнению программы сканирования голоса, о чем свидетельствует соответствующее голосовое сообщение. Контроллер начинает прием данных от дельта - модулятора. Алгоритм выполняет поиск начального адреса запрограммированного спектра и его загрузку. Далее контроллер осуществляет сравнение полученных спектров. В случае неудовлетворительного результата из памяти считывается следующий спектр и сравнение повторяется. Если при прочтении всех спектров не находится коррелирующий спектр, то выдается сообщение об ошибке. При удовлетворительном результате сравнения подается управляющий сигнал на усилитель управления электромагнитного замка. После чего контроллер ожидает закрытия двери, что сопровождается звуковым сообщением «открыто», и, после получения сигнала от датчика, а также после нажатия клавиши «Сброс» дверь закрывается.

На основании разработанного алгоритма составлена структурная схема устройства.

Обеспечение необходимой надежности достигается выбором архитектуры устройства. Наибольшими возможностями в этом отношении обладают устройства, построенные по принципу магистральной архитектуры.

Магистраль (шина) - это группа линий передачи информации, объединенных общим функциональным признаком (например, магистраль данных, адресов, управления). Магистраль представляет собой набор проводников, к которым параллельно подсоединены все компоненты устройства. Посылая по магистрали электрические сигналы, любая компонента устройства может передавать информацию другим устройствам. В определенный момент времени обмен информацией может проходить только между определенными двумя компонентами устройства.

В современных ЭВМ за каждой линией закреплен соответствующий сигнал, причем конструктивно за каждым сигналом закреплен один и тот же контакт на всех разъемах, предназначенных для подсоединения внешних устройств магистрали.

Связь между блоками, подключенными к магистрали, осуществляется, как правило, при помощи нескольких шин.

Шины данных - это двунаправленные линии, по которым передается информация между устройствами ЭВМ. Процесс однократного обращения к шине данных называется шинным циклом. Шинный цикл обычно состоит из нескольких периодов - машинных тактов и сопровождается сигналами управления, определяющими тип цикла (цикл чтения данных, цикл записи данных и т.д.). Если одним из устройств, участвующих в обмене данными, является микропроцессор, то сигналы по линии управления поступают от процессора. Кроме сигналов управления микропроцессор выставляет сигналы адреса, определяющие номер устройства, обменивающегося данными [21].

.

В качестве основного устройства, обрабатывающего данные и вырабатывающего управляющие импульсы, используется микроконтроллер. Для записи спектров звуковых колебаний воспользовались внешним запоминающим устройством (ЗУ). В качестве внешнего ЗУ использовано ОЗУ. Шина адреса связана с ОЗУ. Ввод речи осуществляется через микрофон. Для преобразования речевого сигнала в цифру используем аналогово-цифровой преобразователь, построенный по принципу дельта-модулятора, выход которого соединен с последовательным портом микроконтроллера. Для сопровождения пользователя речевой информацией используем динамик, который выдает сигналы, поступающие из микроконтроллера, предварительно преобразованные из цифровой последовательности в аналоговый сигнал. Для ввода кода доступа и его отображения применили устройство ввода/вывода, которое связано с микроконтроллером через контроллер ввода/вывода, данные поступают через шину данных.

3 Расчёт и выбор элементов схем

Разработанная нами структурная схема, инженерная интерпретация задачи, а также непосредственно тема работы позволяют сделать вывод о необходимости использования микропроцессорной техники. Перед выбором и разработкой конкретных схем различных блоков устройства необходимо произвести расчёт отдельных характеристик, результаты которого могут помочь оптимально выбрать элементы.

Исходные данные, используемые для расчёта:

- уровень входного напряжения звукового канала, 35 мВ;
- полоса частот записи и воспроизведения сигналов, 60...700 Гц;
- уровень выходной мощности звукового канала, 0,35 Вт.

Определим временную постоянную:

$$\tau = \frac{1}{2\pi \cdot f_{гр}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 700} \approx 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ с}, \quad (3.1)$$

где $f_{гр}$ –согласно заданию на выпускную работу.

Рассчитаем необходимый фильтр из выражения:

$$\tau = R \cdot C, \quad (3.2)$$

R и C – параметры фильтра.

Задавшись одним из параметров фильтра можно рассчитать другой параметр фильтра. Примем $C=30$ нФ, тогда:

$$R = \frac{\tau}{C} = \frac{2,3 \cdot 10^{-4}}{30 \cdot 10^{-9}} = 7578 \text{ Ом} \quad (3.3)$$

Из стандартного ряда для сопротивлений примем $R = 7,5$ кОм.

Для дальнейшего преобразования звука необходимо сформировать выборку аналогового сигнала, т.е. значения функции, взятые в дискретные моменты времени. Частота, с которой производятся отсчеты дискретных значений сигнала (частота дискретизации) определяет точность представления этого сигнала в виде дискретно-временной функции. Дискретизация сигнала может быть выполнена с помощью устройства .

Генератор импульсов выдает на вход, ключевого элемента, последовательность коротких импульсов с периодом повторения T . На другой вход ключевого элемента поступает исходное значение $x(t)$. Ключевой элемент замыкает цепь сообщения только во время импульса. В результате на выходе формируется последовательность дискретных выборок сообщения. Для нормального восстановления распознавания дискретного сигнала необходимо учитывать предел по частоте дискретизации, определенный теоремой Котельникова: частота дискретизации должна превышать верхнюю граничную не менее чем в два раза. Для высокочастотной аппаратуры это соотношение составляет 5-8 раз.

$$f_d = (5 \div 8) \cdot f_{zp} = 6 \cdot 700 = 4,2 \text{ кГц} \quad (3.4)$$

Примем $f_d = 25 \text{ кГц}$. Далее находим временной интервал наблюдения:

$$t_{набл} = \frac{1}{f_d} = \frac{1}{25000} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ с} \quad (3.5)$$

Используя полученную по формуле (3.5) величину, вычислим возможное количество уровней, то есть разрешающую способность сигнала:

$$N = \frac{\tau}{t_{набл}} = \frac{2,3 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-5}} = 5,75 \quad (3.6)$$

Количество уровней дискретизации, которое мы нашли, используя временные показатели устройства, дает возможность рассчитать минимальное пропускное напряжение, шаг квантования:

$$\delta = \frac{U_{BX}}{N} = \frac{35 \cdot 10^{-3}}{6} = 0,0058 \text{ В} \quad (3.7)$$

Так как сигнал передается всегда при наличии помех, то с точки зрения защиты от них следует различать только те значения передаваемого сигнала, разность между которыми не менее чем вдвое превосходит максимальное значение помехи (рисунок 3.2.).

Наложение такого условия позволяет различать соседние по величине значения передаваемой функции даже в самом неблагоприятном наложении помехи. Уровни соседних по величине значений функции оказываются при этом очень

различными Исходя из этого, накладываем условие на максимальный уровень помех:

$$\xi_{\max} = \frac{\delta}{2} = \frac{5,8 \cdot 10^{-3}}{2} = 2,9 \text{ мВ} \quad (3.8)$$

Из выражения (3.8) следует, что уровень помех не должен превышать 2,9 мВ.

Рассчитав, таким образом, основные характеристики проектируемого нами устройства приступим к выбору элементов схемы.

Достижение необходимых параметров устройства возможно при использовании микропроцессорной техники и интегральных микросхем.

Логическая организация (архитектура) микропроцессоров ориентирована на достижение универсальности применения, высокой производительности и технологичности. Универсальность микропроцессоров определяется возможностью их разнообразного применения и обеспечивается программным управлением МП, позволяющим производить программную настройку МП на выполнение определенных функций, магистрально-модульным принципом построения, а также специально аппаратно-логическими средствами: сверхоперативной регистровой памятью, многоуровневой системой прерывания, прямым доступом к памяти, программно - настраиваемыми схемами управления вводом-выводом и т.п.

Ограниченные возможности существующей элементной базы, а также трудности, связанные с программным исполнением некоторых операций обработки, обуславливают необходимость выполнения ряда операций с использованием аналоговых устройств.

При использовании микропроцессора в качестве комплектующего элемента разработчик системы избавлен от необходимости проектировать и сопровождать технической документацией самую сложную часть изделия. Проектная документация на аппаратные средства изделия содержит только документацию на аппаратуру сопряжения микропроцессора с датчиками и исполнительными механизмами объекта управления. Удельный вес прикладного программного обеспечения в микропроцессорных системах имеет устойчивую тенденцию к увеличению, а удельный вес аппаратных средств - к снижению.

Используя исходные данные и рассчитанные параметры, выбираем микропроцессор типа AT89S8252 серии МК51 [25]. Отечественным примером данной серии является микроконтроллер KM1816BE51 (n-МОП технология, корпус DIP-40). Основными причинами, определившими выбор именно этой серии, был тот факт, что данная серия является классической, обладает удачной системой команд и хорошими возможностями. Она выпускается (например, фирма Atmel выпускает более 50 разновидностей МК этой серии) и применяется по сей день.

Микроконтроллер AT89S8252 выполнен на основе КМОП технологии и выпускается в корпусах БИС, имеющих 40 выводов (PDIP), 44 вывода (TQFP и PQFP) и 44х выводном носителе кристалла PLCC.

Имеется возможность расширения памяти программ и внешней памяти данных. Отличительной особенностью систем команд микроконтроллеров 51 семейства МК51 является наличие быстрых команд деления и умножения, возможность логической обработки отдельно адресуемых бит, развитая система условных ветвлений

Микроконтроллер имеет 4 восьмибитных порта ввода/вывода P0, P1, P2 и P3. Выходы портов P1, P2, P3 имеют схему внутренней «подпитки». Эти порты часто называют «квазидвунаправленными» в отличие от двунаправленного порта P0, который такой схемы «подпитки» не имеет. Кроме обычного ввод/вывода порты P0 и P2 используются в циклах обращения к внешней памяти.

По завершении такого цикла порт P2 восстанавливает свое состояние, а порт P0 записывается код 0FFH. Порты P0 и P2, используются для вывода адреса и выдачи - приёма данных.

4 Цифровая и аналоговая части устройства

4.1 Разработка цифровой части устройства

4.1.1 Контроллерный блок

Как уже было сказано ранее, в качестве микропроцессора, выбрали AT89S8252 производства фирмы Atmel. Его технические данные приведены в таблице 4.1. Цоколёвка корпуса AT89S8252 и названия выводов. Обозначение и назначение выводов микросхемы указаны в таблице 4.2.

Таблица 4.1 – Паспортные данные микроконтроллера AT89S8252

Параметры	Значение
Совместимость с приборами семейства	MCS-51 TM
Перепрограммируемая Flash память, Кбайт	8
СОЗУ, байт	256
Встроенное ЭСППЗУ, Кбайт	2
Количество циклов стирание/запись ЭСППЗУ	100000
Рабочие частоты, МГц	12, 24
Напряжение питания, В	+2,7 ±10%, +5±20%
Режимы	пассивный, стоповый
Диапазон рабочих температур, °С	+0.....+70
Трёхуровневая блокировка памяти	
32 программируемых линии ввода/вывода	
Три 16 разрядных таймера/счётчика	
Девять источников прерывания сигналов	
Программируемый сторожевой таймер	

Таблица 4.2 – Обозначение и назначение выводов ИМС AT89S8252

Номера выводов	Наименование	Назначение
1-8	P1.0 – P1.7	8 – разрядный квазидвунаправленный порт. Реализуемые специальные функции: P1.0 – T2 Вход внешнего таймера/счётчика 2. P1.1 – T2EX установка, перезагрузка и управление Таймера/счётчика 2. P1.4 – SS выбор порта . P1.5 – MOSI порт вывода данных, при подключении входа интерфейса SPI. P1.6 – MISO порт ввода данных, при подключении

		выхода интерфейса SPI . P1.7 – SCK вывод задающего генератора, для синхронизации входов канала SPI.
9	RST	Управляющий сигнал сброса.
10-17	P3.0 – P3.7	8 – разрядный квазидвунаправленный порт. Реализуемые специальные функции: P3.0 – RXD последовательный входной порт . P3.1 – TXD последовательный порт вывода. P3.2 – Вход внешнего прерывания 0 ($\overline{INT0}$). P3.3 – Вход внешнего прерывания 1 ($\overline{INT1}$). P3.4 – Вход таймера/счётчика 0 (T0). P3.5 – Вход таймера/счётчика 1 (T1). P3.6 – Выход строб-сигнала ($\overline{WR}$,) при записи во внешнюю память данных. P3.7 – Выход строб-сигнала ($\overline{RD}$) при чтении из внешней память данных.
18-19	XTAL2, XTAL1	Входы подключения кварцевого резонатора
20	GND	Земля
21-28	P2.0 – P2.7	8-разрядный квазидвунаправленный порт.
29	$\overline{PSEN}$	Разрешении внешней памяти программ
30	ALE / $\overline{PROG}$	Выходной сигнал разрешения фиксации адреса внешней памяти / Сигнал программирования
31	$\overline{EA}$ / VPP	Блокировка работы с внутренней памятью / Напряжение программирования
32 - 39	P0.0 – P0.7	8-разрядный двунаправленный порт
40	Vcc	Вывод для подключения питания

Через порты P2 и P0 организован доступ к внешней памяти, выводы порта P3 RXD и TXD (3.0 и 3.1) используются в качестве последовательного порта для связи с аналогово-цифровым преобразователем.

Тактовый генератор, подключённый к внешним выводам XTAL2 и XTAL1, управляет работой внутреннего генератора, который в свою очередь формирует сигналы синхронизации. Выбрали резонатор типа: НС-49S-12М с частотой синхронизации 12 МГц [26]. Сдвигающие для генерации фазу конденсаторы C2 и C3 приняли типа: К10-7В-50В-30пФ±10% [27]. Для создания дисбаланса системы параллельно кварцевому резонатору поставили резистор R2 типа: МЛТ-0,125-51К±10% [28].

Цепь сброса построена по стандартной схеме [21]. Для неё выбрали следующие элементы: оцифрованный переключатель типа КМД1-1 [29], способный коммутировать напряжение до 50В и ток силой 1,5А, конденсатор С1 типа К50-6-50В-10мкФ $\pm$ 10%, резистор R1 МЛТ-0,125-10К $\pm$ 10%.

Порт ЕА (внешний доступ) необходимо соединить с землёй [25], чтобы устройство могло выбрать код местоположение памяти, начинающиеся с 0000 до 27FFH.

Для повышения помехозащищенности работы устройства, то есть для устранения отражающего эффекта в шине, ко всем задействованным портам P.0-P0.7....P3.0-P3.7 микроконтроллера DD1 относительно плюсовой шины питания подключены подтягивающие резисторы R3-R10 и R11...R26 типа НР-1-4-8М-1К $\pm$ 10% [29].

При нажатии кнопки “СБРОС” происходит сброс микроконтроллер DD1 принудительно, который индуцируется на семисегментном индикаторе в виде слова “СБР”.

4.1.2 Организация внешней дополнительной памяти

Объемы запоминающего устройства микропроцессора дополнили внешней памятью.

Увеличения объемов оперативного запоминающего устройства микроконтроллера добились за счет подключения блока статических ОЗУ, в качестве которых выбрали 4 микросхемы памяти типа МВ8464-12 производства фирмы Fujitsu[®]. Объединение этих микросхем выполнено на основе страничного метода организации памяти, то есть увеличиваем объём хранимой информации. Все адресные входы и входы данных включены параллельно, различными являются только сигналы выборки кристалла, которые подключены через схему выбора кристалла.

Выбор данной микросхемы обусловлен следующими факторами.

Устройство предполагает длительную работу, причем в процессе его эксплуатации возможно изменение круга лиц, обладающих доступом в охраняемое

данным устройством помещение. Поэтому целесообразно использовать статическое ОЗУ. Эти ОЗУ в отличие от динамических не нуждаются в дополнительной принудительной регенерации при длительном использовании, так как в качестве элементов памяти в них используются статические триггеры, а не электрические конденсаторы, сформированные внутри кристалла. Кроме того, в отличие от ПЗУ, они содержат функциональные узлы и сигналы, обеспечивающие режим записи информации, так как в ПЗУ функции элементов питания выполняют переключки между шинами строк и столбцов в накопителе. Данная микросхема выполнена на КМОП -элементах, что обеспечивает небольшую потребляемую мощность, причем при хранении ее значение на 2-3 порядка меньше чем в режиме обращения, а также способность сохранять записанную информацию при пониженном до 2-3 В напряжении питания. Микросхема работает в режимах записи, считывания и хранения информации. Данная микросхема относится к группе асинхронных, что позволяет подачу сигналов CS в форме как импульсов, так и уровня напряжения. Во втором случае сигнал записи (считывания) должен иметь форму импульса. Микросхема позволяет запись (считывание) информации восьмиразрядными словами. Входы и выходы совмещены, поэтому соответствующие выводы микросхем обладают свойством двунаправленной проводимости. Записываемая и считываемая информация вводится в микросхему и выводится из нее по одним линиям, что определяет мультиплексный режим работы. Основные параметры выбранной микросхемы памяти [31] приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Паспортные данные микросхемы MB8464-12

Параметры	Значение
Информационная емкость, бит	65536
Время выборки, нс	не более 150
Мощность потребления в режиме обращения, мВт	470
Мощность потребления в режиме хранения при $U_{cc}=5,5В$, мВт	22
Мощность потребления в режиме хранения при $U_{cc}=2В$, мВт	11
Напряжения питания, В	$5\pm 10\%$
Тип корпуса	Керамический CERDIP 2121.28-6
Совместимость по входу и выходу	с ТТЛ- и КМОП схемами

Микросхема изображена на рисунке 4.3. Обозначение и назначение выводов микросхемы указаны в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Обозначение и назначение выводов микросхемы MB8464-12

Номера выводов	Наименование	Назначение
1	NC	Свободный
2-10, 21, 23-25	A12, A7-A0, A10, A11-A8	Адресные входы
11-13, 15-19	DQ0-DQ2, DQ3-DQ7	Вход/выход данных
14	GND	Общий вывод (0В)
20	$\overline{E1}$	Выбор микросхемы
22	$\overline{G1}$	Разрешение выдачи информации
26	E2	Сигнал разрешения стирания
27	$\overline{W}$	Сигнал разрешения записи
28	Vcc	Напряжение питания

Шину порта P0 использовали в качестве шины адреса/данных внешней памяти. Недостающие линии шины адреса организовали, используя выводы порта P2 P2.0-P2.4. Порт P0 обладает малой нагрузочной способностью, поэтому его подключение к ОЗУ осуществили через 8 разрядный адресный регистр типа M8282 производства фирмы Intel и шинный формирователь типа M8286 также производства Intel. Изображение выбранных микросхем адресного регистра и

шинного формирователя приведены на рисунке 4.4. Обозначение и назначение выводов микросхем [31] указаны в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Обозначение и назначение выводов микросхем M8282 и M8286

Тип ИМС	Номера выводов	Наименование	Назначение
M8282	1-8	A0-A7	Входы данных
	9	$\overline{OE}$	Разрешение передачи
	10	GND	Общий вывод (0В)
	11	STB	Стробирующий сигнал
	12-19	B7-B0	Выходы данных
	20	Vcc	Напряжение питания (+5В)
M8286	1-8	A0-A7	Выводы данных для локальной машины МП
	9	$\overline{OE}$	Разрешение передачи
	10	GND	Общий вывод (0В)
	11	T	Выбор направления передачи
	12-19	B7-B0	Выводы данных для системной машины
	20	Vcc	Напряжение питания (+5В)

Через порт P0 в режиме временного мультиплексирования осуществляется выдача младшего байта адреса и подача байта данных. Младший байт адреса передаётся в микросхемы памяти, используя адресный регистр M8282, включенный в режиме шинного формирователя, для чего на вход $\overline{OE}$ (разрешение формирования выходного сигнала) подали низкий потенциал. На вход STB через буфер, созданный на инверторе SN7404 производства фирмы Texas Instruments [32], подали управляющий сигнал строга адреса внешней памяти ALE с выхода AT89S8252. Выходы B0-B7 регистра подключили к адресным входам ОЗУ A0-A7. Порт P2 также буферизировали использовав регистр M8282, включенный в режиме шинного формирователя. На вход $\overline{OE}$ подали логический ноль, а на вход STB постоянно высокий потенциал. Для этого использовали резистор R27 сопротивлением 2 кОм, МЛТ-0,125-2К±10%. Данные из ОЗУ читаются через шинный формирователь M8286, на вход $\overline{OE}$ которого подали сигнал “0”, а выход T через буфер выполненный на инверторе SN7404, соединили с выходом микропроцессора $\overline{RD}$.

Входа $\overline{E1}$, $E2$, $\overline{G1}$, $\overline{W}$ ОЗУ подключили к устройству выбора кристалла и режима работы микросхемы, описание которого даётся в пункте 4.1.4.

В качестве дополнительного ПЗУ использовали микросхему M2764A-25 производства Intel. Данная микросхема изготовлена запатентованной технологией Intel NMOS II-E, которая улучшает работу устройства, уменьшает расход энергии, увеличивает надежность и эффективность. ПЗУ обладает способностью многократного перепрограммирования (стирание производится ультрафиолетовым излучением) [31]. Это свойство микросхем обеспечено применением элементов питания со свойствами управляемых перемычек, функции которых выполняют транзисторы со структурой МНОП и транзисторы n-МОП с плавающим затвором. В режиме хранения подобные микросхемы обеспечивают отсутствие напряжений на элементах питания с тем, чтобы исключить рассасывания заряда в диэлектрической среде. Теоретическими расчетами доказана возможность сохранения заряда сотни лет. На практике для микросхем этого типа гарантийный срок хранения информации без питания составляет около 5 лет (информация может быть стёрта в течении 3 лет если подвергать микросхему непрямоу облучению комнатным светом). Следовательно, эта микросхема относится к группе энергонезависимых. Ее основные параметры: емкость - 8K8 бит; время доступа - 250 нс; мощность потребления – в пределе 870 мВт; напряжения питания - +5В; температурный режим - от -55⁰С до +125⁰С Обозначение и назначение выводов микросхемы (рисунок 4.5) указаны в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Обозначение и назначение выводов ИМС M2764A-25

Номера выводов	Наименование	Назначение
1	V_{PP}	Напряжение программирования
2-10, 21, 23-25	A12, A7-A0, A10, A11-A8	Адресные входы
11-13, 15-19	DQ0-DQ2, DQ3-DQ7	Вход/выход данных
14	GND	Общий вывод (0В)
20	$\overline{CE}$	Выбор микросхемы
22	$\overline{OE}$	Разрешение выдачи информации

26	N.C.	Свободный
27	$\overline{PGM}$	Сигнал разрешения программирования
28	Vcc	Напряжение питания

Адресные входы и входы данных подключили параллельно к аналогичным входам ОЗУ. Также подключили входа выбора микросхемы и разрешения выдачи информации.

Для устранения отражающего эффекта шины данных, адреса и портом МПС нагрузили буферными резисторами. Для этого использовали стандартные наборы резисторов типа HP1-4-8M-1K $\pm$ 10%.

4.1.3 Устройства ввода/вывода данных

В качестве устройства вывода информации о состоянии микропроцессора использовали дисплей на основе семисегментного индикатора типа CC04-41GWA производства фирмы Kingbright [26]. Основные параметры выбранного семисегментного индикатора приведены в таблице 4.7. Чтобы разгрузить микропроцессор от рутинных операций опроса клавиатуры и поддержания изображения на индикаторах использовали БИС контроллера клавиатуры/дисплея (ККД) 8279 производства Intel. Цоколёвка корпуса Intel 8279 с выводами представлена на рисунке 4.7. Обозначение и назначение выводов микросхемы указаны в таблице 4.8.

Таблица 4.7 – Паспортные данные семисегментного индикатора СС04-41GWA

Параметры	Значение
Материал	GaP
Цвет свечения	Зелёный
Длина волны λ_D , нм	568
Прямой ток $I_{пр}$, мА	10
Минимальная сила света $I_{v_{мин.}}$, мКд	1,9
Максимальная сила света $I_{v_{макс.}}$, мКд	6,4
Количество сегментов	7
Количество разрядов	4
Схема включения	Общий катод
Высота знака, мм	10,16
Максимальное прямое напряжение U_F , В	2,5
Максимальное обратное напряжение U_R , В	5
Максимальный прямой ток $I_{пр.макс.}$, мА	25
Максимальный импульсный прямой ток, мА	140
Рабочая температура, °C	-40....+85

Таблица 4.8 – Обозначение и назначение выводов ИМС Intel 8279

Номера выводов	Наименование	Назначение
1,2, 5-8, 38,39	RL_0 - RL_7	Линии возврата от клавиатуры
3	CLK	Линия внутренней синхронизации
4	IRQ	Запрос на прерывание
9	RESET	Сброс
10	$\overline{RD}$	Чтение данных с внешней шины
11	$\overline{WR}$	Отправка данных через внешнюю шину
12-19	DB_0 - DB_7	Двухнаправленная шина данных
20	V_{SS}	Общий вывод
21	A_0	Буферный адрес (команда/данные)
22	$\overline{CS}$	Выбор микросхемы
23	$\overline{BD}$	Гашение изображения на дисплее
24-27	OUT A_0 -OUT A_7	Канал дисплея А
28-31	OUT B_0 -OUT B_7	Канал дисплея В
32-35	SL_0 - SL_3	Линии сканирования
36	SHIFT	Сдвиг
37	CNTL/STB	Управление / стробирующий сигнал ввода
40	V_{CC}	Напряжение питания

Вход A0 ККД соединён с портом P0.0 через шинный формирователь. Чтобы контроллер и МК не обменивались данными в непрерывном режиме, соединили вход выборки контроллера с устройством выбора микросхемы.

Канал данных ККД соединён с общей шиной данных, которая подключена к порту P0 через шинный формирователь. Линии чтения/записи контроллера соединили с соответствующими выходами микросхемы через буферную схему, выполненную на инверторе SN7404. Вход CLK соединили с выходом ALE, тем самым подавая на него сигнал синхронизации частотой 2 МГц.

Сигнал гашения изображения $\overline{BD}$ через инвертор SN7404 объединили с сигналами линий сканирования по схеме 2-ИЛИ-НЕ (ИМС типа SN7402 [32] фирмы Texas Instruments).

В качестве устройства ввода предварительного кода доступа и управления устройством доступа выбрали кнопочную клавиатуру – набор кнопок, отображающих цифры десятичной системы счисления с 0 по 9, и управляющие команды: “Ввод” и “Сброс”. Использовали кнопки КМД1-1. Эти кнопки выдерживают силу тока в 1,5 А и напряжение в 50 В. Схема включения кнопок приведена на рисунке 4.8.

Таким образом, ККД обеспечивает ввод в МК51 кода нажатой клавиши (одной из 12) и поддерживает изображение на семисегментном индикаторе. Для сканирования клавиатуры и дисплея работает в режиме инверсного дешифратора. На выходе линий сканирования установили диоды, для защиты от короткого замыкания между собой его выходов при одновременном нажатии нескольких клавиш. Выбрали диоды типа КД922А [34] со следующими параметрами:

$$I_{\text{пр.макс}} = 0,005 \text{ А}, U_{\text{пр.макс.}} = 0,4 \text{ В}, U_{\text{обр.макс.}} = 18 \text{ В}.$$

Индикатор включили через токоограничивающие резисторы, сопротивление которых рассчитали по формуле:

$$R = \frac{U^1}{I_{\text{пр.}} \cdot 25 \cdot 10^{-3}} = 96 \text{ Ом}, \quad (4.1)$$

где U^1 – напряжение логической единицы, В;

$I_{\text{пр}}$ – максимально допустимый ток через сегмент, А, согласно таблицы 4.7.

МЛТ-0,125-100±5%, – принятое, по справочнику [28], значение резистора R77-R84.

4.1.4 Устройство выбора микросхемы

В качестве устройства выбора кристалла использовали микросхему SN74155N производства Texas Instruments. Обозначение и назначение выводов микросхемы [34] указаны в таблице 4.9. Микросхема представляет из себя дешифратор, включенный по схеме 3X8. Для этого соединили друг с другом обе информационные линии и использовали их в качестве дополнительного адресного входа A2, также соединили между собой оба входа строб-импульсов и подали на них напряжение низкого уровня.

Таблица 4.9 – Обозначение и назначение выводов ИМС SN74155N

Номера выводов	Наименование	Назначение
1, 15	1D, $\overline{2D}$	Информационные входы
2, 14	$\overline{1G}$, $\overline{2G}$	Стробирующий вход
3, 13	A1, A0	Адресные входы
4-7	$\overline{1Q3} - \overline{1Q0}$	Выходы
8	GND	Общий
9-12	$\overline{2Q3} - \overline{2Q0}$	Выходы
16	Vcc	Напряжение питания

Выбор микросхемы осуществляется тремя старшими линиями адреса A14...A16, которые поступают на вход дешифратора. Первый выход дешифратора подключен к входу ПЗУ $\overline{CE}$ и стробирует режим чтения микросхемы, задающийся при помощи подачи сигнала низкого потенциала с выхода $\overline{PSEN}$ микропроцессора через стандартную буферную схему. С выходов 2 – 5 дешифратора подаются сигналы выборки на входы $\overline{E1}$, E2, ОЗУ, предварительно согласовываясь инверторами. Входа $\overline{W}$ микросхем ОЗУ соединены с выходом микропроцессора $\overline{WR}$. Выход 6 дешифратора соединён с входом $\overline{CS}$ ККД, и стробирует работу контроллера.

Электролитический конденсатор, включённый между шиной питания и сигнальной землёй, фильтрует переменную составляющую низкой частоты от источника питания. Выбрали конденсатор типа K50-35-25B-47мкФ $\pm$ 20%.

Вывод +5В каждой микросхемы необходимо включить через конденсатор ёмкостью 33 нФ на сигнальную землю, одна из ножек которого располагается не дальше 5мм. Выбрали конденсатор типа: K10-7B-50B-33нФ $\pm$ 10%.

4.2 Разработка аналоговой части устройства

4.2.1 Расчёт блоков аналогово-цифрового преобразователя

В качестве аналогово-цифрового преобразователя используем дельта-модулятор. Некоторые его свойства, а также принцип работы рассмотрен при обосновании выбора элементной базы. В дельта-модуляторе аналоговый сигнал квантуется с очень низким разрешением (как правило, 1 бит) на частоте, во много раз превышающей максимальную частоту спектра сигнала. Однобитные дельта-модуляторы обладают превосходной дифференциальной и интегральной линейностью благодаря линейности 1-бит квантователя. Здесь не требуется высокочастотная лазерная подгонка, как в других архитектурах АЦП. При соблюдении условия теоремы Котельникова (полоса частот полезного сигнала меньше или равна половине величины частоты дискретизации) аналоговый фильтр на входе преобразователя должен обладать высокой крутизной АЧХ за полосой пропускания. Это необходимо для эффективного ослабления высокочастотных помех и шумов, проникающих в рабочую полосу в результате интерференции с гармониками частоты дискретизации. В подавляющем большинстве случаев это активный фильтр нижних частот.

Разработаем структурную схему преобразователя. Представлен блок дельта модулятора, преобразующего аналоговый сигнал в последовательный непрерывный поток нулей и единиц, следующих с частотой дискретизации.

Замкнутая цепь обратной связи состоит из вычитающего устройства, интегратора, компаратора и ЦАП. Этот ЦАП принимает последовательный поток данных, а сигнал с его выхода вычитается из входного сигнала. Из теории обратной связи следует, что средняя величина на выходе ЦАП при достаточном петлевом усилении может достигать значения на входе модулятора. Интегратор может быть представлен как фильтр. Компаратор, синхронизируется тактовыми импульсами, следующими с частотой опроса, преобразуя медленный входной сигнал в сигнал переменного тока высокой частоты, меняющейся в зависимости от среднего значения напряжения на входе. Для различных входных величин в одном интервале квантования данные от 1-бит АЦП мало что значат. Только когда накоплено большое число отсчетов, мы получаем результирующее значение. Если входной сигнал близок к положительному краю половинной шкалы, то в битовом потоке на выходе больше единиц, чем нулей, и, наоборот, если сигнал ближе к отрицательному краю, то больше нулей. Для сигнала, близкого к середине шкалы, количество нулей и единиц примерно одинаково.

Входной сигнал от микрофона поступает на активный фильтр высоких частот первого порядка, позволяя избавиться от постоянной составляющей и усилить входной сигнал. Далее сигнал поступает на вычитающее устройство, на выходе которого возникает разностный сигнал между входом и обратной связью преобразователя - цифро-аналоговым преобразователем. С выхода вычитающего устройства сигнал, проходя через интегратор, поступает на компаратор, который вырабатывает импульс, стробируясь тактовым сигналом микропроцессора. Выход компаратора подключен к последовательному входу микропроцессора и к инвертирующему входу вычитающего устройства, предварительно проходя через фильтр низких частот, играющий роль цифро-аналогового преобразователя.

4.2.1.1 Расчёт схемы входного усилителя

В качестве входного усилителя, воспользуемся фильтром высоких частот выполненном на основе неинвертирующего усилителя. Его схема изображена на рисунке 4.12. К его характерным особенностям относят расширенную полосу

пропускания и пониженное входное сопротивление, обусловленное сопротивлением в цепи обратной связи. Частотная характеристика приведена на рисунке 4.13. На графике - ω_0 граничная частота фильтра, минимальная частота, на которой фильтр будет работать с заданным коэффициентом усиления.

Выберем необходимые элементы. Для этого воспользуемся некоторыми допущениями, которые облегчат последующие расчеты.

1. Коэффициент усилителя при разомкнутой петле обратной связи равен бесконечности.
2. Входное сопротивление усилителя равно бесконечности.
3. Выходное сопротивление усилителя равно нулю.
4. При работе ОУ в линейной области на двух его входах действуют одинаковые напряжения.
5. Входные токи для обоих входов ОУ равны нулю.

Выбрали микрофон типа МКЭ-3 [34]. Его параметры приведены в таблице 4.10. Для реализации данной схемы воспользовались операционным усилителем LM324 производства National Semiconductor, данная микросхема представляет собой счетверенный операционный усилитель в металлокерамическом корпусе, предназначенный для работы в усилителях, фильтрах, генераторах, стабилизаторах. Его структурная схема приведена на рисунке 4.14. В таблице 4.11 описаны назначения выводов выбранной микросхемы [31]. Характеристики LM324 [31] отображены в таблице 4.12.

Таблица 4.10 – Технические характеристики микрофона МКЭ-3

Параметры	Значение
Чувствительность по свободному полю на частоте 1 кГц, мВ/Па	от 4 до 20
Номинальный диапазон частот, Гц	50-15000
Неравномерность частотной характеристики, дБ	не более 12
Уровень собственного шума, дБ	не более 30
Габаритные размеры, мм	диаметр 13
	длина 21
Масса, г	8

Таблица 4.11 – Назначение выводов микросхемы LM324

Номера выводов	Назначение вывода
1, 7, 8, 14	Выходы соответственно 1го, 2го, 3го, 4го каналов
3, 5, 10, 12	Неинвертирующие входы 1го, 2го, 3го, 4го каналов
2, 6, 9, 13	Инвертирующие входы 1го, 2го, 3го, 4го каналов
4	Напряжение питания минус U _{сс}
11	Напряжение питания плюс U _{сс}

Таблица 4.12 – Основные электрические параметры микросхемы LM324

Наименование параметра, единица измерения	Значение	
	не менее	не более
Входной ток I _{вх} , нА	-	150
Ток потребления (на четыре канала) I _{пот} , мА	0,7	3
Разность входных токов ΔI _{вх} , нА	-	30
Максимальное выходное напряжение U _{вых max} , В	±12	-
Напряжение смещение нуля U _{см} , мВ	-	±5
Коэффициент усиления напряжения K _{ун}	50•10 ⁻³	-
Коэффициент ослабления синфазного входного напряжения K _{ос.сф} , дБ	70	-
Напряжение источника питания U _{и.п.} , В	3...30	

Рассчитаем схему входного усилителя.

Напряжение на инвертирующем входе снимается с делителя напряжения и равно:

$$U = \frac{U_{\text{вых}} R5}{(R5 + (R11 + R14))} \quad (4.2)$$

Так как напряжение на входах операционного усилителя равны, то и коэффициенты усиления равны:

$$K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = 1 + \frac{R11 + R14}{R5}, \quad (4.3)$$

где U_{вх} – входное напряжение, дано в задании на ВКР: U_{вх} = 35 мВ

U_{вых} – выходное напряжение, напряжение логической единицы U_{вых} = 2,5В.

Следовательно, коэффициент усиления равен 72.

Исходя из полученного коэффициента усиления, выберем резисторы R5, R11 и R14. Примем резистор R5 = 1 кОм. Резистор R11 необходим для задания

минимального коэффициента усиления. Примем резистор сопротивлением 10 кОм. Для задания максимального коэффициента усиления и возможного его изменения при настройке системы воспользуемся переменным резистором, сопротивлением $R_{14} = 68 \text{ кОм}$.

Для ослабления нижних частот воспользовались RC – цепочкой, построенной на ёмкости C_1 и резисторе R_3 , которую настроили на частоту 60 Гц, согласно заданию выпускной квалификационной работы.

Ёмкость C_1 , Ф, рассчитаем, приняв резистор R_3 равным 1 кОм, по формуле:

$$\tau = R_3 \cdot C_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_c} \quad (4.4)$$

$$C_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot R_3} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 1000} = 2,65 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}, \quad (4.5)$$

Из стандартного ряда, выбираем конденсатор ёмкостью 2,7 мкФ.

Из структурной схемы видно, что сигнал, возвращающийся с ЦАП, имеет только положительное напряжение. Поэтому для поднятия уровня напряжения до уровня логической единицы и логического нуля воспользовались стандартной схемой делителя напряжения, выполненной на резисторах R_1 , R_4 и ёмкости C_4 .

Приняли: $R_1 = R_4 = 5 \text{ кОм}$, $C_4 = 10 \text{ мкФ}$.

Рассчитали величины токов, протекающих через элементы усилителя.

Для этого, сначала произвели расчет по постоянному току, используя схему замещения, изображённую на рисунке 4.15. Используя принцип суперпозиции, рассчитали значения токов от ЭДС:

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1 + \frac{R_4 \cdot (R_5 + R_{11} + R_{14})}{(R_4 + R_5 + R_{11} + R_{14})}} = \frac{5}{5 \cdot 10^3 + \frac{5 \cdot 10^3 \cdot (1 + 10 + 68) \cdot 10^3}{(5 + 1 + 10 + 68) \cdot 10^3}} = 5,15 \cdot 10^{-4} \text{ А}, \quad (4.6)$$

где E_1 – напряжение питания операционного усилителя, В; приняли равным 5В, согласно таблице 4.12.

$$I_2 = \frac{I_1 \cdot (R_5 + R_{11} + R_{14})}{(R_4 + R_5 + R_{11} + R_{14})} = \frac{5,15 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 10 + 68) \cdot 10^3}{(5 + 1 + 10 + 68) \cdot 10^3} = 4,84 \cdot 10^{-4} \text{ А}, \quad (4.7)$$

где I_1 – значение тока, А, полученного по формуле 4.6.

$$I_3 = \frac{I_1 \cdot R_4}{(R_4 + R_5 + R_{11} + R_{14})} = \frac{5,15 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^3}{(5 + 1 + 10 + 68) \cdot 10^3} = 3,1 \cdot 10^{-5}, \quad (4.8)$$

где I_1 – значение тока, А, полученного по формуле 4.6.

По переменной составляющей токи во всей цепи не превышают величины выходного тока операционного усилителя – 7мА.

Рассчитали мощность, Вт, выделяемую на резисторах, по формуле:

$$\begin{aligned} P_1 &= I_1^2 \cdot R_1 = (5,15 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 5000 = 0,0013 \text{Вт} = 1,3 \text{мВт} \\ P_3 &= I_2^2 \cdot R_4 = (4,84 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 5000 = 0,0012 \text{Вт} = 1,2 \text{мВт}; \\ P_4 &= I_3^2 \cdot R_5 = (3,1 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 1000 = 0,96 \cdot 10^{-6} \text{Вт} = 0,96 \text{мкВт}; \\ P_4 &= I_3^2 \cdot R_{11} = (3,1 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 10000 = 9,61 \cdot 10^{-6} \text{Вт} = 9,61 \text{мкВт}; \\ P_4 &= I_3^2 \cdot R_{14} = (3,1 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 68000 = 65,3 \cdot 10^{-6} \text{Вт} = 65,3 \text{мкВт}, \end{aligned} \quad (4.9)$$

где I_1 , I_2 , I_3 – значения токов протекающих через элементы усилителя, А; согласно формулам 4.6, 4.7, 4.8.

R_1 , R_4 , R_5 , R_{11} , R_{14} – номиналы соответствующих резисторов, Ом.

На основе проведённых расчётов делаем вывод, что мощность резисторов, которые необходимо использовать в данной схеме не превышает 100 мВт.

Из стандартного ряда величин выбрали резисторы [28] и конденсаторы [27].

МЛТ-0,125-5К1±5% – принятое значение резисторов R_1 , R_4 ;

МЛТ-0,125-1К±5%) – принятое значение резисторов R_3 , R_5 ;

МЛТ-0,125-10К±5%) – принятое значение резистора R_{11} ;

РП1-48-0,25-68К±10%) – принятое значение резистора R_{14} ;

(К10-7-1а-50В-2,7мкФ±10%) – принятое значение конденсатора C_1 ;

(К53-4А-16В-10мкФ±10%) – принятое значение конденсатора C_4 .

4.2.1.2 Расчёт схемы вычитающего устройства

Вычитающее устройство выполнено по схеме дифференциального усилителя, на основе операционного усилителя LM324 (его характеристики приведены в таблице 4.12), который усиливает разность напряжений между инвертирующим и

неинвертирующим входами. Коэффициент передачи определяется отношением резистора обратной связи и входным резистором.

Выходное напряжение такой схемы равно:

$$U_{\text{вых}} = A^+ \cdot U_{\text{вх2}} - A^- \cdot U_{\text{вх1}}, \quad (4.10)$$

где $U_{\text{вх1}}$ и $U_{\text{вх2}}$ – напряжения на инвертирующем и неинвертирующем входах операционного усилителя;

A^- и A^+ – соотношения резисторов подключённых к инвертирующему и неинвертирующему входам, определённые по выражениям 4.11 и 4.12

$$A^- = \frac{R13}{R6} \quad (4.11)$$

$$A^+ = \frac{R13 + R6}{R6} \cdot \frac{R10}{R7 + R10} \quad (4.12)$$

В результате выражение 4.10 принимает вид:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх2}} \cdot \left(\frac{R13 + R6}{R6} \cdot \frac{R10}{R7 + R10} \right) - U_{\text{вх1}} \cdot \frac{R13}{R6} \quad (4.13)$$

Если примем $R7=R6$, $R13=R10$, то выражение 4.13 примет вид:

$$U_{\text{вых}} = \frac{R13}{R6} \cdot U_{\text{вх2}} - U_{\text{вх1}} \quad (4.14)$$

Расчёт номиналов резисторов начнём с выбора сопротивлений обратной связи. Если это сопротивление велико, входные сопротивления схемы будут относительно высокими, а рабочие токи относительно малыми. Однако при этом сужается ширина полосы пропускания, и возникают большие смещения. Если сопротивление обратной связи мало, порядка 1 кОм, влияние паразитных емкостей уменьшается, быстродействие увеличивается, но входные сопротивления могут оказаться слишком малы, а рабочие токи относительно большими. Исходя из этих соображений, принимаем резистор $R13=10$ кОм.

Далее учитывая, что необходим единичный коэффициент усиления, из выражения (4.14) принимаем $R6 = 10$ кОм.

Номиналы резисторов $R3$ и $R4$ также будут равны 10 кОм, так как ранее мы приняли допущение, что $R7 = R6$, а $R13 = R10$.

МЛТ-0,125-10К±5% – принятое значение резисторов R6, R7, R10, R13.

4.2.1.3 Расчёт интегратора

Схему интегратора (рисунок 4.17) построим на операционном усилителе LM324. Его характеристики приведены в таблице 4.12. Частота среза f_c в данном случае это максимальная частота человеческого голоса, и на основании технического задания равна 700 Гц. Зададимся номиналом резистора $R17 = 7,5 \text{ кОм}$ и вычислим значение $C7$ исходя из выражения:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R17 \cdot C7} \quad (4.15)$$

$$C7 = \frac{1}{2\pi \cdot f_c \cdot R17} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 700 \cdot 7500} = 30 \cdot 10^{-9}, \quad (4.16)$$

К10-7В-50В-30нФ±20% – принятое значение конденсатора $C7$;

МЛТ-0,125-7К5±10% – принятое значение резистора $R17$

Последовательность предыдущих каскадов необходимо разделить буферным усилителем, повторителем, DA1.3, который ставиться перед схемой интегратора во избежание разряда конденсатора цепи обратной связи интегратора через обратную связь вычитающего устройства на землю. Схема повторителя изображена на рисунке 4.22. В качестве операционного усилителя выбираем LM324.

4.2.1.4 Расчёт схемы компаратора

Компаратор позволяет сравнивать два сигнала и вырабатывать сигнал, зависящий от соотношения величин этих сигналов. Схема включения компаратора DA4 приведена на рисунке 4.19. . При высоком уровне выходного напряжения резистор $R22$ передаёт с выхода на вход напряжение, которое суммируется с опорным. В этом случае опорное напряжение возрастает на величину:

$$\Delta U = \frac{U_{\text{вых}} - U_{\text{оп}}}{R19 + R22} \cdot R19 \quad (4.17)$$

Таким образом, получаем новое (большее) значение опорного напряжения:

$$U_{оп+} = U_{оп} + \Delta U \quad (4.18)$$

. За счёт положительной обратной связи этот процесс происходит лавинообразно, и компаратор быстро переключается в противоположное состояние. Поскольку на выходе компаратора действует теперь напряжение – $U_{вых}$, то на его вход по цепи обратной связи подаётся напряжение:

$$\Delta U = \frac{U_{вых} - U_{оп}}{R19 + R22} \cdot R19 \quad (4.19)$$

В этом случае устанавливается новое опорное напряжение для состояния с низким выходным уровнем:

$$U_{оп-} = U_{оп} - \Delta U \quad (4.20)$$

. Назначение выводов микросхемы приведено в таблице 4.14.

Для выбора элементов зададимся следующими параметрами:

опорное напряжение - $U_{оп} = 0В$;

напряжение выхода – логическая “1” - $U_{вых}^1 = 2,5В$;

максимальная ширина петли гистерезиса - $\Delta U_{max} = 1В$;

минимальное значение ширины петли гистерезиса - $\Delta U_{min} = 0,01В$

Следовательно, соотношение резисторов будет равно:

$$\frac{R19 + R22}{R19} = \frac{U_{вых}^1 - U_{оп}}{\Delta U_{max}} = \frac{2,5}{1} = 2,5 \quad (4.21)$$

Таблица 4.13 – Справочные данные выбранного компаратора

Наименование параметра, единица измерения	Значение
Входной ток $I_{ВХ}$, мкА	≤ 10
Ток потребления $I_{пот1}$, мА	≤ 42
Ток потребления $I_{пот2}$, мА	≤ 34
Разность входных токов $\Delta I_{ВХ}$, мА	± 1
Выходное напряжение высокого уровня $U_{вых}^1$, В	$\geq 2,5$
Выходное напряжение низкого уровня $U_{вых}^0$, В	$\leq 0,5$
Напряжение смещение нуля $U_{см}$, мВ	3
Время задержки, t_z , нс	≤ 12
Коэффициент усиления напряжения, дБ	≥ 80
Напряжение источника питания $+U_{и.п.}$, В	$+5 \pm 5\%$
Напряжение источника питания $-U_{и.п.}$, В	$-6 \pm 5\%$

Таблица 4.14 – Назначение выводов компаратора Am686DC.

Номера выводов	Наименование	Назначение вывода
1, 2, 7-10, 15,16	NC	Свободные выводы
3	+U	Напряжение питания плюс +U _{и.п.}
4	+In	Неинвертирующие вход
5	-In	Инвертирующие вход
6	+U	Напряжение питания минус U _{и.п.}
11	STB	Стробирующий вход
12	GND	Общий
13	+OUT	Неинвертирующие выход
14	-OUT	Инвертирующие выход

Исследовав выражение (4.21), как функцию ширины петли гистерезиса от величины сопротивления R22 сделали вывод, что максимальная ширина петли гистерезиса возможна при минимальном сопротивлении. Поэтому для ограничения максимальной ширины петли гистерезиса последовательно с переменным резистором R22 включили постоянный резистор R24, рассчитаем его величину, основываясь на выражении (4.21), предварительно приняв номинал резистора R19 = 1 кОм:

$$R24 = 2,5 \cdot R19 - R19 = 2,5 \cdot 1000 - 1000 = 1500 \text{ Ом} \quad (4.22)$$

МЛТ-0,125-1К5±5% – принятое значение резистора R24;

МЛТ-0,125-1К±5% – принятое значение резистора R19.

После добавления резистора R24 выражение (4.17) приняло вид:

$$\Delta U = \frac{(U_{\text{ВЫХ}}^1 - U_{\text{ОП}}) \cdot R19}{R19 + R22 + R24} \quad (4.23)$$

Сопротивление резистора R22, Ом, рассчитаем из выражения (4.23):

$$R22 = \frac{(U_{\text{ВЫХ}}^1 - U_{\text{ОП}}) \cdot R19 - R19 - R24}{\Delta U_{\text{min}}} = \frac{2,5 \cdot 1000}{0,01} - 1000 - 1500 = 247,5 \cdot 10^3 \quad (4.24)$$

Примем 240 кОм. Выбрали резистор типа РП1-48-0,25-240К±10%.

Сопротивление резистора R18, рассчитаем из условия:

$$R18 = \frac{R19 \cdot (R22 + R24)}{R19 + R22 + R24} = \frac{1000 \cdot (240000 + 1500)}{1000 + 240000 + 1500} = 995,8 \text{ Ом} \quad (4.25)$$

Примем $R_{18}=1\text{кОм}$. Выбрали резистор типа МЛТ-0,125-1К $\pm$ 5%.

Тактовую частоту, с которой подаётся стробирующий сигнал, на соответствующий вход компаратора, принимаем на основании теоремы Котельникова из расчётов, приведённых при обосновании выбора элементов (п. 3). Приняли $f_d = 25\text{кГц}$.

В качестве цифро-аналогового преобразователя (рисунок 4.20) в дельта-модуляторе воспользуемся низкочастотным RC-фильтром. Настроили его, согласно заданию бакалаврской работы, на частоту среза f_c равную 700 Гц. Ёмкость конденсатора C_2 рассчитаем по формуле 4.15, приняв сопротивление $R_8 = 7,5\text{кОм}$:

$$C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot f_c \cdot R_8} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 700 \cdot 7500} = 30 \cdot 10^{-9}, \quad (4.26)$$

К10-7В-50В-30нФ $\pm$ 20% – принятое значение конденсатора C_2 ;

МЛТ-0,125-7К5 $\pm$ 10% – принятое значение резистора R_8 .

Для выравнивания выхода компаратора с уровнем ТТЛ логики на выходе компаратора поставили резистор, который соединили с питанием +5В. Резистор R_{25} выбрали сопротивлением 1 кОм.

МЛТ-0,125-1К $\pm$ 5% – принятое значение резистора R_{25} .

На рисунке 4.26 приведена полная схема дельта модулятора.

4.2.2 Расчёт блоков цифро - аналогового преобразователя

4.2.2.1 Расчёт фильтра нижних частот

Для воспроизведения речевой информации необходим преобразователь цифровой последовательности в аналоговый сигнал. В данном качестве используем фильтр нижних частот Баттерворта третьего порядка. Фильтры Баттерворта характеризуются максимально плоской АЧХ в полосе пропускания в сочетании с высокой крутизной затухания. Схема фильтра приведена на рисунке 4.22. Для реализации схемы фильтра использовали микросхему $\mu A747$, справочные данные [31] которой приведены в таблице 4.15, производства Fairchild Semiconductor.

Таблица 4.15 – Справочные данные операционного усилителя

Наименование параметра, единица измерения	Значение
Входной ток $I_{вх}$, нА	≤ 200
Ток потребления $I_{пот}$, мА	$\leq 2,8$
Разность входных токов $\Delta I_{вх}$, нА	≤ 30
Коэффициент разделение каналов, дБ	≥ 70
Коэффициент усиления напряжения $K_{ун}$	≥ 50000
Максимальное выходное напряжение $U_{вых\ max}$, В	$\leq \pm 11,5$
Напряжение смещение нуля $U_{см}$, мВ	± 5
Минимальное напряжение питания $U_{и.п.\ min}$, В	± 5
Напряжение источника питания $U_{и.п.}$, В	± 15

Для расчёта воспользуемся методикой, приведённой в [35].

Значение ёмкости С3, С6, мкФ, найдём из соотношения:

$$C3 = C6 = \frac{10}{f_c} = \frac{10}{700} = 0,014 \text{ мкФ}, \quad (4.27)$$

где f_c , (Гц) – граничная частота, согласно заданию выпускной квалификационной работы.

К10-7В-50В-0,015мкФ $\pm 20\%$ – принятое значение конденсаторов С3, С6.

Номинал конденсатора С5, мкФ, вычислим из выражения:

$$C5 \leq \frac{B^2 + 4 \cdot C \cdot (K - 1) \cdot C6}{4 \cdot C} = \frac{1^2 + 4 \cdot 1 \cdot (2 - 1) \cdot 15 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 1} = 0,018 \text{ мкФ}, \quad (4.28)$$

где С, В – коэффициенты передаточной функции нормированного фильтра нижних частот третьего порядка [35 стр. 69];

К10-7В-50В-0,018мкФ $\pm 20\%$ – принятое значение конденсаторов С5.

Номиналы сопротивлений R2, R9, R12, R15, R16, Ом, найдём по следующим формулам:

$$R2 = \frac{1}{\omega_0 \cdot C \cdot C1} = \frac{1}{4398 \cdot 1 \cdot 0,015 \cdot 10^{-6}} = 15157 \text{ Ом}, \quad (4.29)$$

где ω_0 - круговая частота, найденная по следующей формуле:

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_c = 2 \cdot 3,14 \cdot 700 = 4398 \quad (4.30)$$

$$R9 = \frac{2}{B \cdot C6 + \sqrt{B^2 + 4 \cdot C \cdot (K-1) \cdot C6^2 - 4 \cdot C \cdot C5 \cdot C6 \cdot \omega_0}} =$$

$$\frac{2}{\left[1 \cdot 15 \cdot 10^{-9} + \sqrt{1^2 + 4 \cdot 1 \cdot (2-1) \cdot (5 \cdot 10^{-9})^2 - 4 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 10^{-9} \cdot 15 \cdot 10^{-9}} \right] \cdot 4398} = (4.31)$$

$$= 20948 \text{ Ом},$$

$$R12 = \frac{1}{C \cdot C6 \cdot C5 \cdot R9 \cdot \omega_0^2} = \frac{1}{1 \cdot 0,015 \cdot 10^{-6} \cdot 0,018 \cdot 10^{-6} \cdot 22000 \cdot 4398^2} = 8703 \text{ Ом} \quad (4.32)$$

$$R15 = \frac{K \cdot (R9 + R12)}{K - 1} = \frac{2 \cdot (2000 + 9100)}{1} = 62200 \text{ Ом} \quad (4.33)$$

$$R16 = K \cdot (R9 + R12) = 2 \cdot (2000 + 9100) = 62200 \text{ Ом} \quad (4.34)$$

МЛТ-0,125-15К±10% – принятое значение резистора R2.

МЛТ-0,125-22К±10% – принятое значение резистора R9.

МЛТ-0,125-9К1±10% – принятое значение резистора R12.

МЛТ-0,125-62К±10% – принятое значение резистора R15.

МЛТ-0,125-62К±10% – принятое значение резистора R16.

4.2.2.2 Расчёт усилителя мощности

С выхода микросхемы DA2 сигнал подаётся на усилитель мощности низкой частоты. Усилитель мощности построим на микросхеме TDA2003 производства STMicroelectronics. Назначение выводов отображено в таблице 4.16, а технические параметры [31] в таблице 4.17.

Таблица 4.16 – Назначение выводов микросхемы TDA2003

Номера выводов	Назначение вывода
1	Неинвертирующий вход
2	Инвертирующий вход
3	Общий (-U _{и.п})
4	Выход
5	Напряжение питания +U _{и.п}

Таблица 4.17 – Справочные данные TDA2003

Наименование параметра, единица измерения	Значение
Ток потребления I _{пот} мА	10...80

Выходная мощность, $P_{\text{вых}}$, Вт	0,05...4,5
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+150
Напряжение источника питания $U_{\text{и.п.}}$, В	8...18

Для включения усилителя в схему воспользовались стандартной схемой подключения как показано на рисунке 4.23.

Для воспроизведения звуков и сигналов выбрали динамик 0,5 ГД11.

Выбрали следующие элементы:

МЛТ-0,125-220 $\pm$ 10% (R20);	K50-35-16В-500мкФ $\pm$ 10% (C9);
МЛТ-0,125-22 $\pm$ 10% (R21);	K50-35-25В-1000мкФ $\pm$ 10% (C10);
МЛТ-0,5-1 $\pm$ 10% (R23);	K53-4А-16В-0,1мкФ $\pm$ 10% (C11).
K50-35-16В-119мкФ $\pm$ 10% (C8);	

В ходе разработке цифровой и аналоговой части устройства выявилась целесообразная необходимость конструктивно разделить устройство на два отдельных блока. Цифровой и аналоговый блоки выполнены на отдельных платах и связываются по средством проводников. Для этой цели использовали стандартные разъёмы вилка/розетка ОНп-КГ-56-24 [36]. В качестве проводника использовали плоский шлейф ЛППЛ 24х0,03 [37]. Схема соединения блоков приведена на рисунке 4.25. Для питания электронных компонентов разрабатываемого изделия предусмотрели, на печатной плате разъём питания, в качестве которого выбрали розетку типа СНп10-4 [36].

5 Печатная плата устройства

5.1 Разработка печатной платы

В процессе компоновки, зная габаритные размеры всех элементов и соблюдая их размеры, komponуют их габариты на бумаге.

Исходя из жесткости платы, габаритные размеры её выбираются с учетом: соотношения сторон, например: 1:1; 1:2; 1:3 ;2:3; 2:5;

5.2 Компоновка ПП

Для схемы устройства будем использовать прямоугольную двухстороннюю печатную плату. Токопроводящий слой печатной платы создается комбинированным методом, а проводники получают травлением медной фольги.

Так как для изготовления печатных плат химическим методом необходимо иметь листовой материал в виде изоляционного основания с приклеенной к нему медной фольгой, то для основания печатной платы выбрали [38] фольгированный стеклотекстолит марки СФ 1-35-1,5, толщиной 1,5 мм.

Разрабатываемые платы имеют размеры сторон: 240мм x 160мм для цифрового блока и 190мм x 140мм для аналогового блока.

Так как выводы элементов схемы имеют различный диаметр, то и отверстия, и диаметры контактных площадок на печатной плате также будут иметь различные диаметры. Для различия диаметров отверстий и соответствующих им контактных площадок введём обозначения, которые приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Таблица с данными отверстий

Обозначение	Диаметр отверстий, мм	Диаметр контактной площадки, мм
●	0,8	1
○	0,6	0,8
⦿	1,2	1,5
⦿	1,2	1,8
⊕	4	6

Проводники располагаются равномерно по полезной площади печатной платы с учетом следующих требований: параллельно линиям координатной сетки или под углом, кратным 15° , параллельно направлению движения волны припоя или под углом к нему не более 30° со стороны пайки, если проводящий рисунок не покрыт защитной маской; перпендикулярно касательной, к контуру проводящей площади. С целью уменьшения сложности проводящего рисунка допускается применение перемычек в количестве не более 5% от общего числа печатных проводников.

Надписи маркировать методом сеткографии эмалью ЭП-578 белая ТУ6- 10-1536-764, шрифтом 2,5мм ГОСТ 2.304-81.

Разработку печатной платы устройства производили с помощью пакета Dip Trace v.1.3. В состав Dip Trace входят четыре основных модуля - Schematic, PCB Layout, Component Editor, Pattern Editor. Пакет Dip Trace позволяет профессионально готовить производство как для единичного и мелкосерийного производства ПП, так и для больших серий.

Так как устройство состоит из двух отдельных блоков, были разработаны две печатные платы для различных блоков. На рисунках 5.1 и 5.2 приведена печатная плата цифрового устройства, а на рисунках 5.3, 5.4 - аналогового. Расположение элементов приведено на рисунках 5.5 и 5.6 для цифрового и аналогового блоков соответственно.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана микропроцессорная система защиты от несанкционированного доступа, в которой в качестве ключа к двери выступает голос человека.

Рассмотрена необходимость данного устройства и целесообразность его использования.

Приведена инженерная интерпретация задачи; разработана блок-схема и структурная схема устройства.

Проведена подробная разработка цифровой и аналоговой части устройства. Разработаны печатная и монтажная платы на оба блока устройства.

Литература

1. Барсуков, В.С. Биоключ - путь к безопасности. Июнь 2007 // www.VashDom.Ru.
2. Биометрические устройства, 2005 // http://www.networkmanuals.ru/articles/control-dostupa/control-dostupa_26.html.
3. Морзеев, Ю. Зачем компьютеру зрение // Компьютер Пресс, №8, 2002.
4. Давлетханов, М. Биометрические технологии // <http://www.r-control.ru>.
5. Морзеев, Ю. Современные биометрические решения в системах безопасности. // Компьютер Пресс, март, 2003.
6. Соловиченко, М. Биометрия в банке: тело как пароль //Банковское обозрение, №1, январь 2004.
7. Гинцев, А.А.. Биометрические технологии в системах контроля и управлением доступа // Оборудование, системы, технологии, август-сентябрь, 2002 .
8. Стапанко, Н., Трофимова, Е. Маска, я тебя знаю! // Мир ПК, июнь 2003.
9. Уиллис, Д. Пусть ваши пальцы регистрируются сами // Сети и системы связи, №9(31), 1998, с. 156-160.
10. Белоцерковский, О.М., Глазунов, А.С., Щенников, В.В. компьютерное распознавание человеческих лиц. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. №8, 1997, с. 3-14.
11. Беленков, В.Д. Электронные системы идентификации подписей // Защита информации. Конфидент. 1997, №6, с.39-42.
12. Иванов, А.И., Сорокин, И.А. Автоматическая система идентификации личности по динамике подписи. //Новые промышленные технологии. № 6, 1993, с. 56-63.
13. Сорокин, И.А., Иванов, А.И., Кологоров, В.А. Масштабирование сигналов в системах биометрической аутентификации по динамике подписи.//Новые промышленные технологии. Вып. № 6, 1998 г., с. 37-41.
14. Рыбченко, Д.Е. Критерии устойчивости и индивидуальности клавиатурного почерка при вводе ключевых фраз. // Специальная техника средств

связи. Серия. Системы, сети и технические средства конфиденциальной связи. Пенза, ГУВ'В? 1997, Выпуск №2., с. 104-107.

15. Аврин, С. Оpozнание личности по голосу в системах разграничения доступа // БАНКОВСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ 1'97.

16. Распознавание голоса // UNISCAN – Ассоциация автоматической идентификации ЮНИСКАН, <http://www.ean.ru>.

17. Рамишвили, Г.С. Автоматическое опознавание говорящего по голосу. –М.: Радио и связь, 1981, 224 с.

18. Коротаев, Г.А. Анализ и синтез речевого сигнала методом линейного предсказания // Зарубежная радиоэлектроника, 1990, №3, с.с. 31-50.

19. Бочкарев. С.Л. Система голосовой аутентификации по динамическим параметрам акустического тракта человека. // Специальная техника средств связи. Серия. Системы, сети и технические средства конфиденциальной связи. Пенза, ПНИЭИ, 1996, Выпуск №1., с.93 -102.

20. Маркел Дж. Д., Грей А.Х. Линейное предсказание речи. – М.: Радио и связь, 1988. -160 с.

21. Агунов, М.В. Микропроцессоры в вопросах и ответах: Учебное пособие / М.В. Агунов. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 82с.

22. Тотхайм, Р. Микропроцессоры: Курс и упражнения / Пер. с англ., под ред. В.Н, Грасевича /Р. Тотхайм .- М.: Энергоатомиздат, 1988. – 336 с.

23. Сташин, В.В. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах / В.В. Сташин и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.

24. Петровский, А.А. Методы и микропроцессорные средства обработки широкополосных и быстропротекающих процессов в реальном времени / Под ред. Г.В. Римского / А.А. Петровский. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 272 с.

25. www.atmel.com.

26. www.platan.ru.

27. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки: Справочник / В.П. Берзан, Б.Ю. Геликман, М.Н.Гураевский и др.; Под ред. Г.С. Кучинского. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 656 с.: ил.

28. Справочник: резисторы, конденсаторы / Н.Н. Акимов, Е.П. Ващуков, В.А. Прохоренко – Мн.: Беларусь, 1994. – 591 с.: ил.
29. <http://www.chip-dip.ru>.
30. Все отечественные микросхемы. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом “Додэка - XXI”, 2004. – 400с.
31. www.DataSheet4u.com.
32. Микросхемы ТТЛ. Том 1 = TTL-Taschenbuch. Teil 1: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 384 с.: ил. (Справочник).
33. Перельман, Б.Л. Отечественные микросхемы и зарубежные аналоги / Б.Л. Перельман, В.В. Шевелев. – НТЦ Микротех, 1998.- 235 с.
34. <http://www.chipinfo.ru>
35. Справочник по активным фильтрам: Пер с англ. / Д.Джонсон, Дж. Джонсон, Г. Мур. М.: Энергоатомиздат, 1983. - 128 ст., ил.
36. Лярский, В.Ф. Электрические соединители: Справочник О.Б. Мурадян. М.: Радио и Связь, 1988. – 272с.: ил.
37. Белоруссов, Н.И. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник / Н.И. Белорусов, А.Е. Саакян, А.И. Яковлева; Под ред. Н.И. Белоруссова. – 5 изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 536с.; ил.
38. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база / . М. Ю. Масленников, Е. А. Соболев, Г. В. Соколов и др.- М.: Энергоатомиздат, 1993. -300 с.
39. Боготарёв, Е.А., Энциклопедия электронных компонентов: Большие интегральные схемы / Е.А. Боготарёв, В.Ю. Ларин, А.Е. Ляпин. Под ред. А.Н. Еркина. Т.1. – М.: ООО “МикроТим”, 2006. – 224с.
40. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: В 2-х т. Т.1. Пер с англ. / П. Хоровиц, У Хилл. – Изд. 3-е, стереотип. – М.: Мир, 1986. - 598 с.
41. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: В 2-х т. Т.2. Пер с англ /П. Хоровиц, У Хилл.. – Изд. 3-е, стереотип. – М.: Мир, 1986. - 590 с.
42. Шило, В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник / В.Л. Шило. - М.: Радио и связь, 1988. – 352с.

43. Лебедев, О.Н. Изделия электронной техники. Цифровые микросхемы. микросхемы памяти. Микросхемы ЦАП и АЦП: Справочник / О.Н. Лебедев, и др. – М.: Радио и связь, 1994. – 248 с.
44. Лебедев, О.Н. Микросхемы памяти и их применение / О.Н. Лебедев. – М.: Радио и связь, 1990. – 160 с.: ил (Массовая радио библиотека. Вып. 1152).
45. Волович, Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого – цифровых электронных устройств / Г.И. Волович. - М.: Издательский дом “Додэка XXI”, 2005. – 528 с.
46. Пейтон, А., Аналоговая электроника на операционных усилителях / А. Пейтон. В. Волш. – М.: Бином, 1994. – 352.с.
47. Гусев, В.Г. Электроника. – 2-е изд., перераб. и доп /. В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Высш. шк., 1991. – 621 с., ил.
48. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ. Ред. С.В. Белова. 7-е изд., стер. – М.: высш. шк., 2007. – 616 с.: ил.
49. Александров К.К. Электротехнические чертежи и схемы. – 2-е изд., испр. и доп / К.К. Александров, Е.Г Кузьмина. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 300[4] с., ил.