**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МНОГОПРОФИЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ**

ОТДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

(наименование специальности)

"ВКР допущена к защите"

И.О. заместителя директора

по УМР Петрова Е. В.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Разработка интеллектуальной системы контроля и управления доступом

(тема)

Выполнил:

обучающийся очной

формы обучения

группы КСт-16-(9)-2

(группа)

Кулаков Максим Иванович

(Ф.И.О. полностью)

Руководитель:

Подпись (Ф.И.О. полностью)

Рецензент:

Подпись (Ф.И.О. полностью)

Нормоконтролер:

Подпись (Ф.И.О. полностью)

Тюмень, 2020

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Тюменский индустриальный университет»**

МНОГОПРОФИЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель директора по УМР

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | / Ж.В. Арушанян |  |

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выпускную квалификационную работу (ВКР)**

Обучающегося 4 курса группы КСт-16-(9)-2, специальности 09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Кулаков Максим Иванович \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ф.И.О. руководителя ВКР Кинчин Евгений Викторович

Тема ВКР: Разработка интеллектуальной системы контроля и управления доступом

утверждена приказом по Многопрофильному колледжу от «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_ 201\_\_ г. № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Срок предоставления законченной ВКР «10» июня 2020 г.

Исходные данные к ВКР:

1. ГОСТ 19.201-78 Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.
2. [ГОСТ 19.404-79](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.404-79) [Единая система программной документации. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.404-79).
3. [ГОСТ 19.503-79](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.503-79) [Единая система программной документации. Руководство системного программиста. Требования к содержанию и оформлению](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.503-79)
4. [ГОСТ 19.504-79](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.504-79) [Единая система программной документации. Руководство программиста. Требования к содержанию и оформлению](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.504-79).
5. [ГОСТ 19.505-79](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.505-79) [Единая система программной документации. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.505-79)
6. [ГОСТ 19.701-90](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.701-90) [Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.701-90).
7. [ГОСТ 19.402-78](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.402-78) [Единая система программной документации. Описание программы](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_19.402-78).
8. [ГОСТ 19.301-79.](A:EcpdЕСПД_301.htm) Единая система программной документации. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению.
9. [ГОСТ 19.401-78.](A:EcpdЕСПД_401.htm) Единая система программной документации. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.

Задача – разработать контроля и управления доступом.

Функции системы:

1. идентификация пользователя по отпечатку пальца;
2. идентификация пользователи по RFID-метке;
3. идентификация по PIN-коду;
4. ведение списка разрешенных пользователей;
5. ведения журнала авторизаций пользователей;
6. открывание замка при успешной авторизации;
7. оповещение об успешной авторизации;
8. управление устройством идентификации посредством web-интерфейса.

*Законченная ВКР должна состоять из: пояснительной записки: теоретической и практической частей, экономической эффективности проекта; приложений: листинга программного обеспечения; графической части; разработанного программного обеспечения на CD, DVD, Flash-накопителях.*

**Содержание графической части:**

1. структурная схема устройства;
2. принципиальная схема устройства;
3. функциональная схема устройства.

*Пояснительная записка должна быть набрана на компьютере на одной стороне листа.*

*Все разделы пояснительной записки следует излагать по возможности кратко, чтобы размер в целом не превышал при печатном тексте 40-50 страниц, шрифт 14 Times New Roman, интервал 1,5.*

**Пояснительная записка:**

Введение

Глава 1. Теоретическая часть

Глава 2. Практическая часть

Глава 3. Экономическая эффективность проекта

Заключение

Список источников

Приложение

**Баланс времени при выполнении ВКР:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование главы, раздела | Количество дней | Дата начала выполнения |
| Введение | 10 | 25.03.2020г. - 04.04.2020г. |
| Глава 1. Теоретическая часть | 15 | 06.04.2020г. - 22.04.2020г |
| 1.1 Техническое задание на разработку устройства |
| 1.2 Обзор существующих аналогов |
| Глава 2. Практическая часть | 20 | 23.04.2020г. - 16.05.2020г |
| 2.1 Разработка аппаратной части устройства |
| 2.2 Разработка программного обеспечения |
| Глава 3. Экономическая эффективность проекта | 10 | 18.05.2020г. - 28.05.2020г |
| Заключение | 5 | 30.05.2020г. - 03.06.2020г. |
| Список использованных источников | 3 | 04.06.2020г. - 06.06.2020г. |
| Приложения | 2 | 08.06.2020г. - 09.06.2020г. |

Наименование предприятия, на котором обучающийся проходит преддипломную практику

Руководитель ВКР преподаватель без кв. категории Кинчин Евгений Викторович

( должность, Ф.И.О.)

Дата выдачи задания «26» февраля 2020 г.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

( подпись руководителя)

Срок окончания ВКР «10» июня 2020 г.

Рассмотрено на цикловой комиссии отделения ИТВТ«12» февраля 2020 г. Протокол №6

Председатель ЦК отделения ИТВТ / Т. А. Петрова

Задание принял к исполнению «26» февраля 2020 г \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /М.И. Кулаков

(подпись обучающегося)

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc42185553)

[1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 6](#_Toc42185554)

[1.1 Техническое задание на разработку устройства 6](#_Toc42185555)

[1.2 Обзор существующих аналогов 6](#_Toc42185556)

[2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 8](#_Toc42185557)

[2.1 Разработка аппаратной части устройства 8](#_Toc42185558)

[2.1.1 Разработка структурной и функциональной схемы 8](#_Toc42185559)

[2.1.2 Выбор микроконтроллера 11](#_Toc42185560)

[2.1.3 Разработка и анализ принципиальной схемы 13](#_Toc42185561)

[2.1.4 Расчёт размеров элементов 19](#_Toc42185562)

[2.1.5 Трассировка электрических соединений 21](#_Toc42185563)

[2.1.6 Расчёт энергопотребления 24](#_Toc42185564)

[2.2 Разработка программного обеспечения 27](#_Toc42185565)

[2.2.1 Описание информационного обмена 27](#_Toc42185566)

[2.2.2 Конфигурирование микроконтроллера 29](#_Toc42185567)

[2.2.3 Описание основного алгоритма 30](#_Toc42185568)

[2.2.4 Описание структуры кода 31](#_Toc42185569)

[2.2.5 Реализация функционала устройства 32](#_Toc42185570)

[3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА 35](#_Toc42185571)

[3.1 Расчёт стоимости разработки и изготовления изделия 35](#_Toc42185572)

[3.2 Окупаемость 43](#_Toc42185573)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 45](#_Toc42185574)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 48](#_Toc42185575)

[ПРИЛОЖЕНИЯ 51](#_Toc42185576)

# ВВЕДЕНИЕ

Важность защиты информации возрастает каждым годом. Активно развиваются современные способы защиты, они становятся более эффективными и надёжными. Активное развитие получают новые технологи, нацеленные на обеспечение безопасности. Сейчас появляются новые методы и способы идентификации человека, одним из примеров является идентификация человека по лицу. Данные методы повышают точность и призваны обеспечить защиту от попытки подделки (обхода системы авторизации). Огромное значение имеет ценность и безопасность информации, поэтому защита информации и ограничение доступа к ряду объектов являются одной из основных целей сферы безопасности. Последствия нежелательного стороннего доступа могут иметь катастрофические последствия, как для крупного бизнеса, так и для множества людей. Одним из способов защиты информации и важных объектов от несанкционированного доступа является ограничение физического доступа.

Важно значение микропроцессорная электроника имеет в сфере безопасности. За последние 30 лет применение микропроцессорных устройств стало повседневностью при ограничении физического доступа к различным объектам. Если раньше для реализации ограничения доступа (пропускного режима) нужно было реализовывать контрольно-пропускной пункт, бюро пропусков, введение удостоверений и организацию охраны, то сейчас можно использовать комплекс устройств позволяющих идентифицировать человека и организовать выборочный пропуск после прохождения идентификации. Основой этого комплекса является система контроля и управления доступом (СКУД). Данное устройство выполняет функцию управления комплексом устройств ограничения доступом. Использование СКУД позволяет уменьшить количество задействованного персонала для реализации пропускного режима. Именно с помощью СКУД реализуются множество функций современных комплексов ограничения доступа, таких как: ограничение, идентификация и регистрация перемещений, а также сбор статистики.

Актуальность разработки интеллектуальной системы контроля и управлением доступа обусловлена ростом потребности в обеспечении ограничения доступа (для обеспечения безопасности информации, которая имеет важное значение) и требований к современным СКУД, а также перспективностью развития микропроцессорной электроники. Также одной из причин актуальности темы является активное развитие средств идентификации, позволяющих вводить новые возможности.

Объектом исследования является устройства сферы безопасности, а предметом является система контроля и управления доступом.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка интеллектуальной системы контроля и управления доступом. Для достижения цели необходимо выполнить ряд задач, такие как:

* анализ теоретического материала и ряда стандартов;
* анализ технического задания;
* разработка структурной и функциональной схемы устройства;
* разработка платы печатного монтажа;
* разработка программы для микроконтроллера;
* расчёт стоимости и окупаемости устройства;
* оформление технической документации.

Данная работа состоит из теоретической и практической главы, а также включает в себя расчёт экономической эффективности проекта. В теоретической части проводится анализ технического задания и сравнение аналогичных устройств на рынке. Практическая часть состоит из разработки аппаратной части и программного обеспечения устройства. В третьей главе выполняется расчёт экономической эффективности проекта (себестоимость и окупаемость).

# 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Техническое задание на разработку устройства

Темой технического задания является: “Разработка интеллектуальной системы контроля и управления доступом”. Согласно этому заданию, необходимо разработать устройство на основе микроконтроллера, которое позволит управлять, ограничивать и отслеживать доступ к определённым контролируемым объектам. Проектируемая система должна быть универсальной сетевой (способной работать как в автономном режиме, так и в сетевом). Устройство должно соответствовать требованиям ГОСТов Р 51241-2008 [1] и Р 54831-2011 [2]. Кроме этого, устройство должно поддерживать идентификацию с помощь ПИН-кода, отпечатка пальцев и RFID-меток. Также в функциональные возможности устройства должна входить поддержка веб интерфейса управления, введение списка разрешённых пользователей и журнала авторизации, а также выполнение оповещения и открытия замка при успешной авторизации. По ГОСТу Р 51241-2008 СКУД (по числу контролируемых точек система) является системой малой ёмкости [1, с. 12]. Должна быть разработана структурная, принципиальная и функциональная схема устройства.

## Обзор существующих аналогов

На данный момент на рынке существует огромное количество моделей систем контроля и управления доступом. Данные модели различаются используемыми модулями и способами реализации авторизации, а также ценовым сегментом. В таблице №1 рассматриваются существующие аналогичные устройства.

Таблица 1 – Сравнение аналогичных устройств

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристики | Smartec ST-SC110EKF | AccordTec AT-CP | Anviz C2 | BioSmart UniPass |
| Тип | автономный | автономный | сетевой | сетевой |
| Идентификаторы | ПИН-код,  отпечаток пальца,  карты RFID | карты RFID | ПИН-код,  отпечаток пальца,  карты RFID | отпечаток пальца,  карты RFID, считыватель вен ладони |
| Выходные подключения | реле 12 В для замка, датчика, кнопки выхода, звонок, тревожного устройства | реле 12 В 60 мА и реле замка 3 А | 8-pin для подключения внешнего сканера отпечатков пальцев и замка | 2 реле,  Ethernet, дискетные входы и выходы, индикаторы состояния |
| Количество пользователей | 200 отпечатков и 2 000 карт | 10 000 | 3 000 отпечатков 1 500 карт | 1 000 000 |
| Веб-интерфейс | – | – | + | + |
| Напряжение питания | 12 В | 12 В | 5 В | 12 - 24 В |
| Кол-во подключаемых считывателей | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Цена | 5 400 ₽ | 2 700 ₽ | 15 000 ₽ | 40 000 ₽ |

Тем самым можно сделать вывод, что на рынке присутствуют разные модели с разным функционалом, но для них характерна высока цена за большое количество функционала. Поэтому проектируемое устройство должно иметь низкую себестоимость и расширенные функциональные возможности.

# ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Разработка устройства состоит из проектирования ряда схем, включая плату печатного монтажа. Основные этапы разработки устройства:

* анализ технического задания;
* разработка аппаратной части устройства;
* разработка программного обеспечения;
* расчёт экономической эффективности.

## Разработка аппаратной части устройства

Разработка аппаратной части устройства включает в себя:

* разработку структурной схемы;
* выбор компонентов устройства;
* разработку принципиальной схемы;
* расчёт размеров элементов на ППМ;
* выбор материала и метода изготовления;
* разработку печатной платы с проведением трассировки.

Также разработка может включать в себя расчёт энергопотребления.

### 2.1.1 Разработка структурной и функциональной схемы

Структурная схема показывает взаимосвязь между основными блоками устройства. Обязательным является использование следующих блоков в структурной схеме:

* микроконтроллер;
* сетевой контроллер;
* сканер отпечатков пальцев;
* считыватель RFID меток;
* цифровая клавиатура.

Для реализации ряда функций необходимы следующие блоки:

* реле;
* кнопка открытия;
* пьезодинамик;
* дисплей;
* память;
* ультразвуковой датчик расстояния;
* RTC часы;
* USB;

Основным блоком структурной схемы является микроконтроллер. Все блоки связанны только с микроконтроллером. Структурная схема СКУД представлена на рисунке №1.



Рисунок 1 – Структурная схема устройства

Функциональная схема строится на основе структурной и отображает протекание основных процессов в устройстве. Окончательная функциональная схема устройства отображена на рисунке №2.



Рисунок 2 – Функциональная схема устройства

При запуске микроконтроллер загружает настройки с EEPROM памяти и выполняет подключение к сети (или её создание). Если подключения к сети нету устройство переходит в автономный режим.

После загрузки микроконтроллер опрашивает датчик расстояния. Если человек подошёл к устройству, включается дисплей и начинается постоянный опрос средств идентификации (сканера отпечатков пальцев, кондовой панели, считывателя бесконтактных карт). После получения необходимой информации идёт проверка наличия информации в базе данных, копия которой находится на SD карте памяти. Если данные найдены в одной из записей, начинается проверка других требований (времени и на наличия других методов авторизации). После завершения проверки выполняется уведомление о результате с помощью дисплея и пьезодинамика. В случае успешной авторизации открывается дверь на определённое время.

### 2.1.2 Выбор микроконтроллера

Выбор электронных компонентов производится на основании ряда характеристик. Он необходимо для достижения оптимального соотношения возможностей и цены. Основной компонент, который необходимо выбрать это микроконтроллер. Для выбора необходимо изучить ряд характеристик.

Память микроконтроллера бывает нескольких видов: Flash – это память, в которой хранится прошивка микроконтроллера. Данная память может быть перезаписываемой, но количество циклов перезаписи у неё меньше, чем у ППЗУ. RAM в отличие от Flash при отключении питания теряет данные, но тем неё менее не имеет ограничений на количество циклов перезаписи. Поэтому RAM в основном используется для хранения переменных.

CPU – это электронный блок микроконтроллера выполняющий код программы. Частота CPU определяет скорость выполнения команд.

Большинство микроконтроллеров имеют встроенную поддержку различных периферийных интерфейсов и протоколов, таких как таймер, PWM (широтно-импульсная модуляция), АЦП (аналогово-цифровой преобразователь), ЦАП (цифровой-аналоговый преобразователь), SPI (последовательный периферийный интерфейс), I²C, JTAG и т.д.

Для упрощения принципиальной схемы выбираемый микроконтроллер должен содержать в себе интегрированный Wi-Fi контроллер. Для выбора микроконтроллера необходимо произвести анализ их характеристик. В результате анализа, проведённого в таблице №2, можно сделать вывод, что наиболее подходящим микроконтроллером является ESP32. Данный микроконтроллер имеет высокую производительность и низкую цену. Основным минусом микроконтроллера Texas Instruments CC2650 является отсутствие поддержки Wi-Fi (или Ethernet) интерфейса передачи данных, тем самым реализация на его основе веб-интерфейса будет затруднительна. Минусом STM SPWF01SA является количество GPON выводов, которое значительно меньше, чем у аналогичных микроконтроллеров.

Таблица 2 – Сравнение микроконтроллеров

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристики | Espressif ESP32 | Texas Instruments  CC2650 | STM SPWF01SA |
| Память | 448 Кб (Flash)  520 Кб (SRAM) | 128 Кб (Flash)  20 Кб (RAM)  8 Кб (SRAM) | 1.5 Мб (Flash)  64 Кб (RAM) |
| CPU | Tensilica Xtensa LX6 | ARM Cortex-M3 | ARM Cortex-M3 |
| Частота CPU | 240 МГц | 48 МГц | 72 МГц |
| Периферийные интерфейсы и протоколы | UART, I2C, I2S, RTC, SPI, CAN, SDIO, ETH, IR | UART, I2C, I2S, RTC, SSI, TRNG | UART, I2C, I2S, CAN, SDIO, USB |
| Разрядность АЦП | 12 | 12 | 12 |
| Напряжение | 2.3 – 3.6 В | 1,8 – 3,8 В | 3,1 – 3,6 В |
| Поддержка обновления по сети | + | + | + |
| Кол-во таймеров | 4 | 4 | 11 |
| JTAG | + | + | +/– |
| Кол-во GPON | 36 | 31 | 16 |
| Беспроводные сети | Wi-Fi 802.11 bgn, Bluetooth v4.2, BLE | Bluetooth, ZigBee RF4CE, 6LoWPAN | Wi-Fi 802.11 bgn |
| Цена | 150 ₽ | 820 ₽ | 1540 ₽ |

Учитывая особенности компонентов окончательная структурная представлена на рисунке №3. Для реализации подключения ряда модулей используются встроены в микроконтроллер модули интерфейсов передачи данных (IIC, SPI, UART). Вывод сигнала на динамик выполняется с помощью широтно-импульсной модуляции (PWM). Так как дисплей и кодовая панель не поддерживают шину IIC их подключение выполняется с помощью IIC расширителя портов. Ультразвуковой датчик отправляет данные о расстоянии микроконтроллеру с помощью встроенного PWM модуля. Реализация прошивки с помощью USB порта, веб-интерфейса управления устройством и открытия двери при нажатия внешней кнопки основана на использовании прерываний.

Рисунок 3 – Окончательная структурная схема устройства

### 2.1.3 Разработка и анализ принципиальной схемы

При разработке принципиальной схемы необходимо выполнять ряд правил и указаний, указанных в стандартах. Одним из стандартов распространяющийся на электрические схемы является ГОСТ 2.701 “Правила выполнения электрических схем” [3]. В данном ГОСТе описаны основные термины, а также правила создания соединений, подключений, общих схем и схем расположения. Все элементы и устройства на схеме изображаются в виде условных графических обозначений, согласно ГОСТу 2.710 [4].

При составлении условно-графического обозначения для микросхем рекомендуется использовать документацию производителя. На обозначении входы и выходы группируются, при этом сохраняют свой порядковый номер согласно реальному расположению. Так как в современных микроконтроллерах один порт может совмещать в себе несколько функций указывается обобщённое его название (например IO23).

Для упрощения схемы допустимо её разбиение на связанные страницы. Кроме этого, для повышения читаемости используют метки, позволяющие соединить разные компоненты, находящиеся в разных сторонах листа, либо на разных страницах.

Окончательная принципиальная схема представлена в приложении А. Для разработки платы печатного монтажа необходимо проанализировать информацию об элементах принципиальной схемы. Каждая микросхема может представляться в различных корпусах. Для точных дальнейших расчётов необходимо выбрать определённый корпус и изучить его размеры. Именно поэтому при анализе принципиальной схемы, необходимо изучить техническую информацию производителя микросхем.

Всего принципиальная схема содержит:

* 11 микросхем (AMS1117, AT24C512, ESP32-WROOM-32, CH340, DS1307, DW01A, FS8205, PCF8574P (x2), TP4056, MT3608);
* 4 разъёма (USB-B, microSD и 3x винтовой разъём (x4));
* 5 модулей (LCD1602, FPM10A, RC522, HC-SR04 и матричная клавиатура 4x4);
* 4 светодиода;
* 27 резисторов;
* 14 конденсаторов;
* 3 диода (SS34, SMA4007 (x2));
* 6 транзисторов (SS8050);
* 1 катушка индуктивности (B82464G4223M);
* 2 батарейных отсека (для аккумулятора типоразмера 18650 и батарейки CR2032);
* 2 кварцевых резонатора (частотой 12 МГц и 32.768 кГц);
* 1 пьезодинамик;
* 2 реле (SRA-05VDC);
* 2 тактовые кнопки (TS3601);

Основным элементом схемы является микроконтроллер ESP-WROOM-32, производства компании Espressif. Данная микросхема имеет 38 выводов. Представлена в виде модуля с размерами (указаны на рисунке №4) 18x25.5 мм.

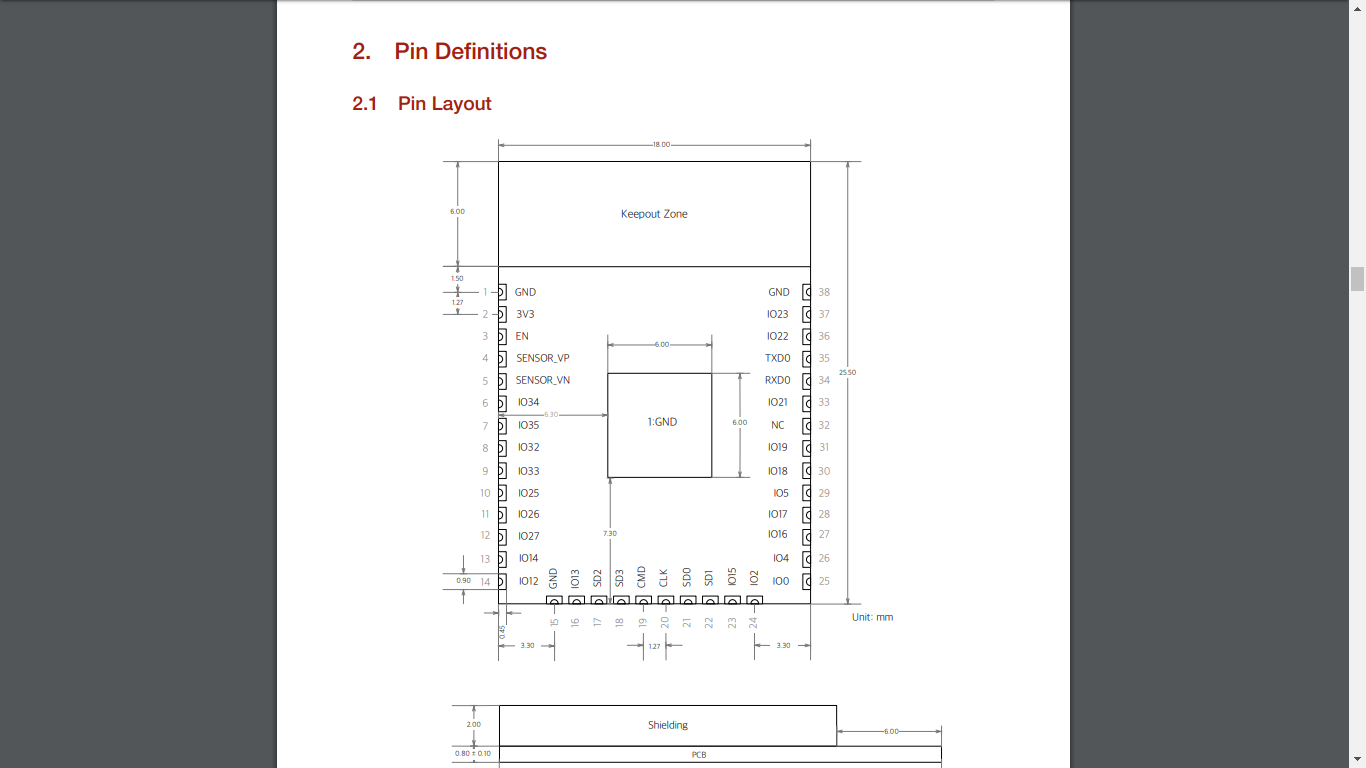


Рисунок 4 – Размеры модуля EPS-WROOM-32

Преобразователь напряжения AMS1117 представляет из себя микросхему с 3 или 8 (из которых 5 выводов дублируют другие выводы, либо не подключаются) выводами:

1. GND – земля;
2. вывод;
3. вход.

Микросхема представлена в 3 стандартных корпусах (рисунок №5): в SOT-223, SOIC8 (для поверхностного монтажа) и TO-252 (для сквозного монтажа). Для схемы была выбрана AMS1117 представленная в корпусе SOT-223 из-за её популярности и доступности.

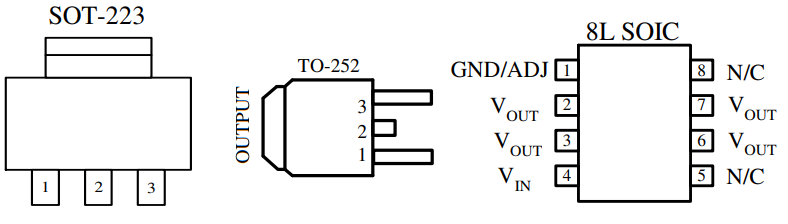


Рисунок 5 – Корпуса микросхемы AMS1117

EEPROM память AT24C512 имеет 8 выводов и представлена в многих корпусах (рисунок №6), таких как DIP8, SOIC8, SOP8 и т. д. Для проектируемой платы был выбран корпус PDIP, из-за простоты его установки. Микросхема имеет следующие выводы:

1. A0, A1, A2 – для установки последних битов адреса в шине IIC;
2. GND – земля;
3. VCC – питание микросхемы;
4. WP – защита от записи;
5. SCL – шина тактирования;
6. SDA – шина данных.

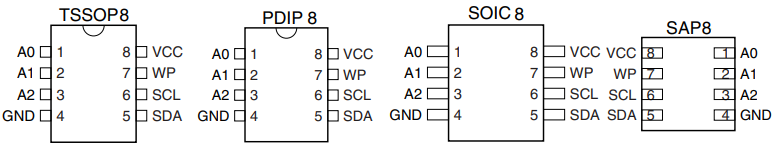


Рисунок 6 – Корпуса памяти AT24C512

Для уменьшения количества используемых выводов микроконтроллера в схеме используется IIC преобразователь портов PCF8574, производства компании NXP. Данная микросхема имеет 16 выводов (или 20, из которых 4 вывода не подключаются) и представлена в корпусах (рисунок №7) DIP16, SO16 и SSOP16. Как упоминалось ранее, корпуса DIP просты в установке, поэтому использование микросхем данного корпуса упрощает дальнейший монтаж. Поэтому при проектировании платы будут использоваться PCF8574P – DIP версия микросхемы. Основные выводы микросхемы:

1. A0, A1, A2 – для установки последних битов адреса в шине IIC;
2. P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 – двунаправленные порты ввода/вывода;
3. VSS – отрицательный вывод питания микросхемы;
4. VDD – положительный вход питания микросхемы;
5. SCL – шина тактирования;
6. SDA – шина данных.

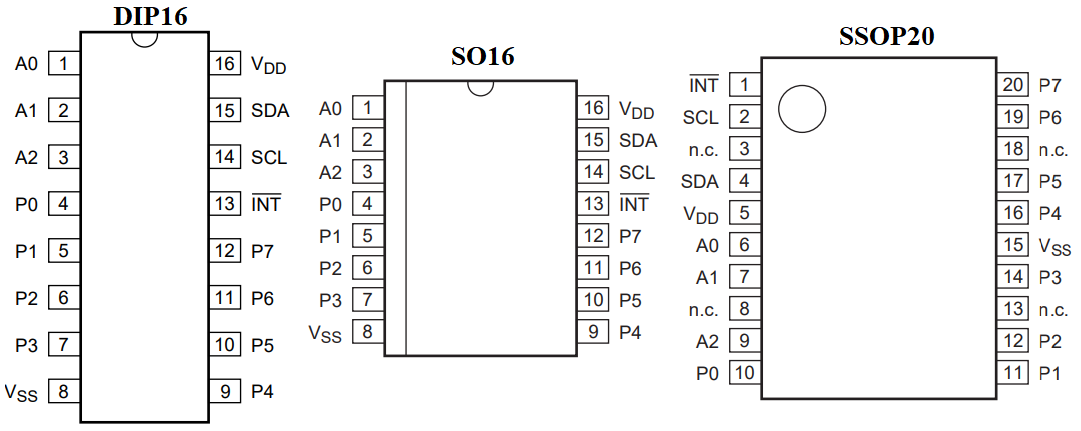


Рисунок 7 – Корпуса расширителя портов PCF8574

Одним из элементов схемы является массив из 2-х полевых транзисторов, представленный в виде микросхемы FS8205A. Данная схема представлена только в корпусе TSSOP8 (рисунок №8).

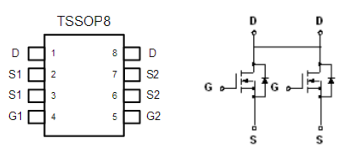


Рисунок 8 – Корпус и внутренняя схема FS8205A

Для управления внешним замком используется реле. Реле не имеют стандартных размеров, поэтому каждая модель реле может иметь свои размерs. Размеры и разводка реле SRA-05VDC-CL представлена на рисунке №9.

Изображение выглядит как часы

Автоматически созданное описание

Рисунок 9 – Разводка и размеры реле

Для подключения модулей используются стандартные разъёмы c шагом 2.54 мм. Размеры указаны на рисунке №10, а необходимое количество контактов и тип разъёма указаны в таблице №3.

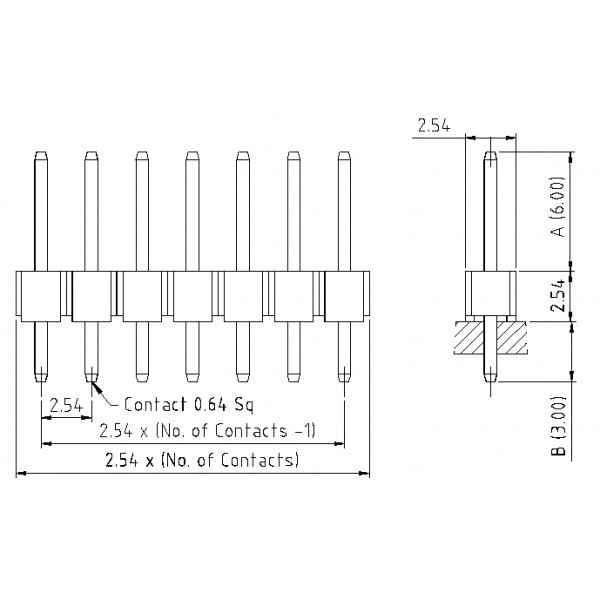
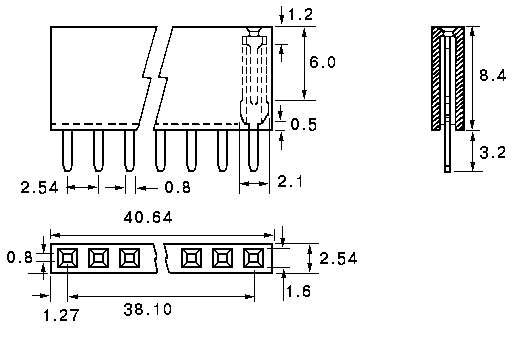




Рисунок 10 – Размеры разъёмов PBS и PLS

Таблица 3 – Количество контактов необходимое для модулей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модуль | Количество контактов | Тип разъёма |
| LCD1602 | 16 | PBS-16 (DS-1023) |
| FPM10A | 6 | PLS-6 (DS-1021) |
| RC522 | 8 | PLS-8 (DS-1021) |
| HC-SR04 | 4 | PLS-4 (DS-1021) |
| Матричная клавиатура 4x4 | 8 | PLS-8 (DS-1021) |

### 2.1.4 Расчёт размеров элементов

Для расчётов размера необходимо знать площадь элементов и выбрать коэффициент заполнения. Для получения площади элементов нужно сложить произведение размеров элемента на их количество. Многие элементы имеют стандартные корпуса. Основные размеры отображены в таблице №4.

Таблица 4 – Размеры элементов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Тип корпуса | Кол-во | Размеры (мм) | | Площадь (мм2) |
| ESP-WROOM-32 | – | 1 | 18,00 | 25,50 | 459,00 |
| AMS1117-3.3 | SOT-223-4 | 1 | 7,30 | 6,70 | 48,91 |
| AT24C512PI27 | DIP8 | 1 | 9,30 | 7,60 | 70,68 |
| CH340G | SOP16 | 1 | 10,00 | 6,20 | 62,00 |
| DS1307 | DIP8 | 1 | 9,30 | 7,60 | 70,68 |
| DW01A | SOT23-6 | 1 | 3,00 | 2,65 | 7,95 |
| FS8205A | TSSOP8 | 1 | 4,40 | 3,00 | 13,20 |
| PCF8574P | DIP16 | 2 | 20,00 | 8,00 | 320,00 |
| TP4056E | SOP8 | 1 | 4,00 | 6,00 | 24,00 |
| MT3608 | SOT-23-6 | 1 | 3,00 | 1,70 | 5,10 |
| USB-B | USBB-J | 1 | 16,60 | 12,10 | 200,86 |

Продолжение таблицы 4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Тип корпуса | Кол-во | Размеры (мм) | | Площадь (мм2) |
| microSD | – | 1 | 15,00 | 14,00 | 210,00 |
| Винтовой разъём 3x | 306-031-12 | 2 | 15,00 | 7,60 | 228,00 |
| Подстроечный резистор | 3296W | 1 | 10,00 | 5,00 | 50,00 |
| Резистор | 0805 | 24 | 2,10 | 1,30 | 65,52 |
| 2512 | 2 | 6,35 | 3,20 | 40,64 |
| Конденсатор | 0805 | 12 | 2,10 | 1,30 | 32,76 |
| 1206 | 2 | 3,10 | 1,60 | 9,92 |
| Диод SS34 | SMC | 1 | 7,00 | 6,00 | 42,00 |
| Диод SMA4007 | SMA | 2 | 5,00 | 2,50 | 25,00 |
| Транзистор SS8050 | SOT-23-3 | 6 | 3,00 | 2,50 | 45,00 |
| Светодиод | 0805 | 4 | 2,10 | 1,30 | 10,92 |
| Катушка индуктивности | – | 1 | 10,00 | 10,00 | 100,00 |
| Отсек для аккумулятора | 18650 | 1 | 77,00 | 20,00 | 1540,00 |
| Отсек для батарейки | CR2032 | 1 | 26,00 | 22,00 | 572,00 |
| Кварцевый резонатор 12 МГц | HC-49S | 1 | 11,00 | 4,70 | 51,70 |
| Кварцевый резонатор 32.768 кГц | DT-26 | 1 | 8,00 | 3,00 | 24,00 |
| Пьезодинамик TMB12A05 | – | 1 | 12,00 | 12,00 | 144,00 |
| Реле SRA-05VDC | – | 2 | 15,00 | 11,00 | 330,00 |

Продолжение таблицы 4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Тип корпуса | Кол-во | Размеры (мм) | | Площадь (мм2) |
| Кнопка тактовая TS3601 | – | 2 | 6,00 | 3,50 | 42,00 |
| PBS-16 | | 1 | 40,64 | 2,54 | 103,23 |
| PLS-8 | | 1 | 20,32 | 2,54 | 51,61 |
| PLS-6 | | 2 | 15,24 | 2,54 | 77,42 |
| PLS-4 | | 1 | 10,16 | 2,54 | 25,81 |
| Всего: | | | | | 5103,90 |

Общая площадь занимаемых элементов на плате приблизительно равна 5104 мм2. Коэффициент заполнения был выбран 45%, тем самым минимальная площадь платы должна быть:

5104 – 45%

11342 – 100%

Была выбрана плата следующих размеров: 135 мм x 90 мм. Площадь которой равна 12150 мм2.

### 2.1.5 Трассировка электрических соединений

Для выполнения трассировки необходимо выбрать тип платы и класс точности. Платы бывают трёх типов: односторонние, двухсторонние и многослойные. Многослойные платы применятся при использовании BGA микросхем или если сложность платы повышенная. Самым оптимальным вариантом является использование двухсторонней платы, так как данные платы не являются дорогими и в отличие от односторонних имеют повышенную помехоустойчивость (за счёт использования земляного полигона) и простоту проектирования.

Толщина двухсторонней платы зависит от толщины диэлектрического основания, меди и защитной паяльной маски. Самой распространённой основой для платы является стеклотекстолит FR4. Стандартными значениями толщины диэлектрика платы является 1.5 мм, а используемой фольги 18 мкм.

Класс точности отображает ограничения, накладываемые производственным оборудованием. От класса точности зависит стоимость и сложность производства платы. Для соблюдения класса точности перед проектированием в системе автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств настраиваются правила проектирования. Данные правила не позволяют проектировщику выйти за заданные ограничения. Так как правила в основном влияют на производство платы, перед настройкой правил необходимо уточнит технические возможности производителя платы печатного монтажа. Тем не менее классы точности являются стандартизированными, как отечественным стандартом ГОСТ Р 53429-2009 [5], так и зарубежным IPC‑A‑600. Согласно ГОСТу Р 53429-2009 [5, с. 3] существует 7 классов точности. Данный ГОСТ определяет множество показателей и требований к производству платы печатного монтажа. Наименьшие основные размеры представлены в таблице №5.

Таблица 5 – Минимальные размеры

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Класс точности | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ширина печатного проводника | 0,75 | 0,45 | 0,25 | 0,15 | 0,1 |
| Расстояние между проводниками | 0,75 | 0,45 | 0,25 | 0,15 | 0,1 |
| Ширина гарантийного пояска (кольцевого ободка) | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,025 |
| Соотношения диаметра металлизированного отверстия к толщине печатной платы | 0,4 | 0,4 | 0,33 | 0,25 | 0,20 |

При выборе класса необходимо учитывать сложность проектируемой платы и ограничения накладываемы корпусами микросхем. Самое минимальное расстояние между выводами у микросхемы ESP-WROOM-32, равное 0,275 мм. При этом минимальная ширина контактной площадки у FS8205A (TSSOP8) равная 0,3 мм. Для проектирования был выбран 4 класс точности, так как у большинства современных производств минимальным является 4 класс.

При выполнении трассировки необходимо следовать ряду правил и рекомендации:

* не рекомендуется использовать минимальную ширину проводника, оптимальным является использование проводника длиной 80% от контактной площадки;
* если у проводника маленькая ширина, то его длина тоже должна быть минимальной;
* количество переходов дорожки проводника должно быть минимальным;
* расстояние между высоковольтными должно быть больше обычного;
* трассировка цепи GND выполняется в конце, с помощью полигона соединённого между собой с помощью полигона переходных отверстий.

В результате проектирования получилась двухсторонняя плата 135 x 90 мм, содержащая 147 контактных и 222 переходных отверстии (из которых 159 являются полигоном отверстий). На обеих сторонах платы находится полигон GND. Примерная 3D-модель платы представлена на рисунке №11. Схема печатного монтажа (включая слой маркировки), оформленная в соответствии с ГОСТами 2.109-73 [6] и 2.417-91 [7] представлена в приложении Б.

Изображение выглядит как электроника, цепь

Автоматически созданное описание

Рисунок 11 – 3D-модель печатной платы устройства

### 2.1.6 Расчёт энергопотребления

При разработке любого устройства одним из важных пунктов является расчёт его энергопотребления. Для вычисления потребляемой мощности используется формула мощности тока (1).

P = U \* I (1)

где P – потребляемая мощность;

U – напряжение питания схемы;

I – потребляемая сила тока.

Кроме микросхем одними из потребителей силы тока являются реле, экран, модули, светодиоды и пьезодинамик. Для упрощения расчётов данные значения указаны в таблице №6 (где напр. – напряжение, а мощн. – мощность). Так как некоторые элементы не работают постоянно, а по мере надобности, полученное значение будет отображать максимальное возможное потребление, а не среднее.

Таблица 6 – Расчёт энергопотребления устройства

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент цепи | Кол-во | Сила тока (мА) | Напр. (В) | Мощн. 1 ед. (Вт) | Мощн. (Вт) |
| ESP32-WROOM-32 | 1 | 100 | 3,6 | 0,36 | 0,36 |
| Контроллер зарядки TP4056E | 1 | 500 | 5 | 0,0025 | 0,0025 |
| Повышающий преобразователь напряжения MT3508 | 1 | — | — | 0,6 | 0,6 |
| Защита аккумулятора DW01A | 1 | 0.006 | 3,3 | 0,0001 | 0,0001 |
| Стабилизатор напряжения AMS1117-3.3 | 1 | 13 | 5 | 0,065 | 0,065 |
| Преобразователь USB-UART CH340G | 1 | 30 | 5 | 0,15 | 0,15 |
| Часы реального времени DS1307 | 1 | 1,5 | 3,3 | 0,00495 | 0,00495 |
| EEPROM память AT24C512PI27 | 1 | 5 | 3,3 | 0,0165 | 0,0165 |
| Преобразователь IIC PCF8574P | 2 | 100 | 3,3 | 0,33 | 0,66 |
| Дисплей LC1602 | 1 | 1,1 | 3,3 | 0,00363 | 0,00363 |
| Сканер отпечатков пальцев FPM10A | 1 | 150 | 3,3 | 0,495 | 0,495 |

Продолжение таблицы 6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент цепи | Кол-во | Сила тока (мА) | Напр. (В) | Мощн. 1 ед. (Вт) | Мощн. (Вт) |
| Считыватель бесконтактных меток RC522 | 1 | 10 | 3,3 | 0,033 | 0,033 |
| Реле SRA-05VDC | 2 | 71,4 | 5 | 0,36 | 0,72 |
| Карта памяти microSD | 1 | 100 | 3,3 | 0,33 | 0,33 |
| Всего: | | | | | 3,44068 |

В результате расчётов получилось, что максимальная мощность устройства примерно равна 3,5 Вт. Так как устройство может питаться от внутреннего источника питания (в виде литий-ионного аккумулятора LGAAS31865 формата 18650, производства LG) необходимо рассчитать максимальную мощность батареи.

Напряжение аккумулятора согласно информации из документации изготовителя составляет 3,6 В, а максимальная сила тока при разрядке 2200 мА. В результате вычислений по формуле (2) максимальная мощность батарейки равна 7.92 Вт.

I = (2)

Для получения значения силы тока необходимо воспользоваться формулой (3), в результате получится примерно 980 мА. Время работы устройства от аккумулятора вычисляется согласно формуле (3), где k = 1,428.

(3)

где t – время работы от аккумулятора;

Cак – ёмкость аккумулятора;

I – потребляемая сила тока;

k – коэффициент мощности.

В результате можно сделать вывод, что данный аккумулятор подходит для устройства и устройство без внешнего источника питания сможет проработать на нём 1,5 часа.

## Разработка программного обеспечения

Разработка программного обеспечения включает в себя изучение особенностей модулей и платформы, разработку алгоритма, а также реализацию кода.

### 2.2.1 Описание информационного обмена

Для подключения к устройству определённых блоков используются 3 различных интерфейса: UART; IIC; SPI. Для реализации веб интерфейса используется HTTP.

Основной шиной, используемой для связи между блоками устройства, является I2C из-за её простоты и распространённости. Тем не менее одним из её минусов является низкая её скорость. Данная шин требует наличие 2-х линий – SCL и SDA. Тактирование выполняется по шине SCL, а передача данных выполняется в полудуплексном режиме по линии SDA. К обеим шинам подключается подтягивающий резистор. На шине находится 5 устройств: 1 master и 4 slave. Передача начинается с передачи стартового бита, после передаётся 7 битный адрес, 8 бит указывает на необходимость считывания или записи, после генерируется ACT – нулевой бит указывающий на успешное принятие данных. После этого следует передача 8 бит данных и генерация ACT. Сигнал окончания передачи всегда генерирует master. Адреса устройств указаны в таблице №7.

Таблица 7 – Адреса модулей в шине IIC

|  |  |
| --- | --- |
| Устройство | Адрес |
| DS1307 | 0b1101000 |
| AT24C512PI27 | 0b1010000 |
| PCF8574P (LCD1602) | 0b0100000 |
| PCF8574P (клавиатура 4x34) | 0b0100001 |

Для записи данных в EEPROM память AT24C512 вначале отправляется 2-х байтовый адрес ячейки памяти, а после записываемые данные. В случае считывания памяти в начале также отправляется адрес ячейки, а после отправляется запрос на получение нужного количества байт. Работа с RTC часами DS1307 основана на таком же принципе. Вся информация (настройки, ОЗУ, секунды, минуты и т. д.) представлена в виде 62-х байтовой памяти. Так как расширитель портов PCF8574P имеет 8 выводов для записи или считывания достаточно 1 запроса. При записи происходит настройка выводов, а при считывании на МК отправляется байт, отображающий логическое состояние выводов микросхемы.

Особенностью сканера отпечатков является используемый интерфейс UART-TTL. С помощью UART реализуется пакетная передача данных. Перед передачей данных отправляется команда. Всего устройство поддерживает 24 типа пакетов. Составные части пакета расписанные в таблице №8.

Таблица 8 – Структура пакета FPM10A

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Длина (байт) | Описание |
| Заголовок | 2 | Начальный байт – 0xEE01 |
| Адрес | 4 | Адрес сканера, по умолчанию 0xFFFFFFFF |

Продолжение таблицы 8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Длина (байт) | Описание |
| Информация о пакете | 1 | 0x01 – команда |
| 0x02 – данные |
| 0x07 – подтверждение получения |
| 0x08 – окончание передачи пакета |
| Длина пакета | 2 | Длина пакета. Максимум 256 байт |
| Содержимое | — | Содержимо пакета, может быть данными, командой, результатом и т. д. |
| Чек-сумма | 2 | Арифметическая сумма для проверки целостности пакета |

### 2.2.2 Конфигурирование микроконтроллера

Первичным этапом при программировании микроконтроллера является конфигурирование. Среда разработки позволяет настроить ряд параметров, таких как:

* частота микропроцессора, по умолчанию 160 МГц;
* частота памяти, по умолчанию 40 МГц, выбрано 80 МГц;
* режим памяти, по умолчанию QIO;
* уровень вывода служебной информации, используется при разработке, по окончанию разработки устанавливается 0 уровень;
* таблица разделов, была выбрана minimal.csv для увеличения доступного места под программу, за счёт уменьшения до минимума SPIFFS;

Дополнительно нужно отключить Watchdog при выполнении прерываний. Для этого необходимо перекомпилировать Arduino Core в ESP‑IDF. Версия ESP‑IDF должна совпадать с версией, указанной при релизе Arduino Core.

Настройка выводов микроконтроллера осуществляется в коде программы, согласно информации производителя микроконтроллера и принципиальной схеме. Для конфигурации выводов микроконтроллера необходимо воспользоваться рядом функций, таких как pinMode, digitalWrite, Serial.begin (для инициализации UART интерфейса) и т. п.

### 2.2.3 Описание основного алгоритма

Одной из особенностью программирования микроконтроллера является использование внешних прерываний и бесконечного цикла для реализации основного кода.

Использование внешних прерываний позволяет упростить разработку. На основе прерывания работают такие части кода как веб-сервер и открытие двери при нажатии кнопки выхода.

Перед выполнением основного кода выполняется инициализация и настройка микроконтроллера в функции setup. Функция setup включает в себя считывание основных настроек с EEPROM памяти, настройку Wi-Fi соединения, основных модулей и маршрутизации веб-сервера, а также тестирование модулей и настройку внешних прерываний.

Основная часть кода представляет из себя бесконечный цикл. Первым происходит проверка на расстояние. Если человек подошёл на нужное расстояние включается дисплей, устанавливается таймер выключения дисплея и начинается проверка средств идентификации. Чтобы дисплей не моргал, таймер сбрасывается пока человек стоит около устройства. Если человек начал ввод ПИН-код, то выводится форма ввода ПИН-кода. Пока не завершится ввод ПИН-кода форма ввода не исчезнет. В случае со сканером отпечаток и сканером RFID меток происходит проверка на наличие новой попытки. Если были получены данные по одному из методов идентификации, то начинается проверка наличия записи в базе данных. Если запись найдена, то выполняется проверка ряда других требований. По окончанию проверки создаётся запись в журнале. В случае положительного результата проверки открывается дверь и выводится уведомление с помощью дисплея и пьезодинамика, если проверка закончилась с отрицательным результатом, то выводится только уведомление на дисплее.

В случае вызова прерывания по нажатию кнопки выводится уведомление через пьезодинамик и дисплей. Если прерывание было вызвано обращением к веб-серверу, то выполняется обработка нужной страницы (включая вставку переменных значений на страницу) и её отправка клиенту. Блок-схема алгоритма представлена в приложении В.

### 2.2.4 Описание структуры кода

Требования к структуре кода описаны стандартом C++ и документацией Arduino Core. Согласно требованиям Arduino Core в главном файле должны находиться минимум 2 метода – setup и loop. Данное требование не противоречит требованиям C++, т. к. перед компиляцией происходит сборка файла, который включает в себя функцию main. В данной функции выполняется конфигурация микроконтроллера, проверка наличия новой прошивки, а также однократное выполнение setup и loop в бесконечном цикле.

В основном файле описываются:

* 1. используемые библиотеки (включая основной файл фреймворка Arduino.h) и заголовочные файлы;
  2. директивные определения идентификаторов, для упрощения читаемости кода;
  3. объявление глобальных переменных и объектов;
  4. объявление прототипов функций;
  5. функция setup, в которой выполняется инициализация основных модулей и компонентов;
  6. функция loop, в которой выполняется основой код работы микроконтроллера.

Для упрощения читаемости код разделён на несколько файлов. Данные файлы связанны с основным файлом с помощью заголовочных файлов. Например, код для работы с Wi-Fi контроллером написан в файле Network.cpp, а в заголовочном файле Network.h объявлены функции Network.cpp.

### 2.2.5 Реализация функционала устройства

Функционал устройства реализуется программно-аппаратным путём. Согласно требования технического задания необходимо реализовать ряд функций.

Как упоминалось ранее, реализация идентификации пользователя представляет из себя периодический опрос средств идентификации. Если одно из средств выдаёт необходимую информацию, то начинается поиск данной записи в базе данных в цикле while (file). База данных представляет из себя реализацию списка разрешённых пользователей. Она хранится на SD карте памяти. Каждая запись в базе данных хранится в отдельном JSON файле, чтобы не перегружать ОЗУ микроконтроллера при считывании записи. Микроконтроллер выполняет перебор записей с помощью встроенной функции file = folder.openNextFile(). После того как в записи будут найдены идентификационные данные начнётся проверка дополнительных требований. Первым требованием является временной промежуток, для этого выполняется считывание и сравнение времени с RTC часов. После проверяются флаги методов авторизации, если будет найден дополнительный флаг, то начинается проверка по этому методу авторизации. Если на одном из этапов результат будет неудовлетворительным, то произойдёт вывод ошибки, создание соответствующей записи в журнале и досрочный выход из функции c помощью return. Если все этапы будут пройдены, то произойдёт вызов функции открытия замка (которая включает в себя уведомление об открытии и создание записи в журнале).

При вводе символа, на начальном экране, происходит проверка типа символа. Если введённый символ число, то начинается идентификация по ПИН‑коду. В ином случае происходит начало идентификации администратора для реализации управления устройством с помощью дисплея. При вводе ПИН‑кода, программа находится в цикле, который останавливается если длина ПИН‑кода равна 16 или 0, а также если пользователь нажал кнопку окончания или отмены ввода. После данные передаются обработчику, который начинает поиск. Если была нажата кнопка сброса, то в обработчик передаётся пустая строка.

Перед считыванием RFID метки (карты) происходит опрос считывателя на наличие новой карты rfid.search(). Если найдена новая карта, то происходит считывание её ID, который является ключом, он же и передаётся в дальнейшую обработку.

Для реализации идентификации пользователя по отпечатку пальца, необходимо использовать сканер, имеющий собственную память и выполняющий анализ отпечатка пальца независимо от микроконтроллера. Тем самым основной задачей микроконтроллера, в плане реализации данной функции, является управление сканером. При запросе на считывание микроконтроллер периодически отправляет запрос на отправку ID номера отпечатка пальца. В случае получения ID, микроконтроллер начинает поиск записи с подходящим ID.

После запуска устройства реле переводится во включённое состояние. Тем самым в обычном состоянии реле активно. Это необходимо для обеспечения безопасности (и реализации эвакуации) в случаи аварии, либо аварийного отключения устройства. Если произошла успешная авторизация или была нажата кнопка выхода, выводится через пьезодинамик звуковое и через дисплей текстовое уведомление, а также открывается дверь на 5 секунд. В случае неудачной авторизации выводится только текстовое уведомление о результате.

Реализация веб-сервера основана на использовании сторонней библиотеки ESPAsyncWebServer, которая позволяет реализовать веб-сервер на основе прерываний, вызываемых Wi-Fi контроллером. Для реализации веб‑интерфейса управления, после запуска происходит настройка маршрутизации веб-сервера. Настройка маршрутизации представляет из себя установку функции обработчиков при получении запросов на определённый адреса, а также при неправильном указанном адресе. Функция обработчик представляет из себя Лямбду-функцию, которая указана в качестве аргумента функции настройки маршрутизации. Использование Лямбда-функций повышает читаемость кода. В процессе компиляции данные функции будут приставлены как обычные функции. В обработчике происходит обработка страницы (замена переменных на определённые значения), а также обработка авторизации пользователя на веб-сервере. Файлы веб-сервера хранятся на SD карте памяти.

Сокращённый листинг кода основного файла программы микроконтроллера представлен в приложении Г.

# ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

При расчёте экономической эффективности проекта необходимо выполнить ряд вычислений, таких как:

* расчёт стоимости разработки изделия;
* расчёт стоимости изготовления изделия;
* расчёт тиража, при котором разработка окупится;
* определение срока окупаемости разработки.

## Расчёт стоимости разработки и изготовления изделия

Расчёт стоимости разработки изделия выполняется по формуле (4). Так как разработка введётся в рамках ВКР, то прибыль равна 0.

Ср = Ссс + Пр (4)

где Ср – стоимость разработки;

Ссс – себестоимость выполненных работ;

Пр – прибыль.

Для расчёта себестоимости выполненных работ используется формула (5). Первично вычисляется стоимость материальных затрат. Для их вычисления необходимо сложить стоимость основных элементов схемы, а также элементов необходимых для разработки устройства (таблица №9).

Ссс = Смат + Стр + Сстп. взн. + Робш. пр. + Робщ. хоз. + Рком. (5)

где Смат – материальные затраты с учётом НДС;

Стр – трудовые затраты;

Сстп. взн. – страховые взносы;

Робш. пр. – общепроизводственные расходы;

Робщ. хоз. – общехозяйственные расходы;

Рком. – коммерческие расходы.

Таблица 9 – Стоимость элементов основной схемы и необходимых для разработки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Кол-во | Стоимость 1 ед. (₽) | Общая стоимость (₽) |
| Элементы основной схемы | | | |
| Микроконтроллер ESP-WROOM-32 | 1 | 146,16 | 146,16 |
| Стабилизатор напряжения AMS1117-3.3 | 1 | 1,36 | 1,36 |
| EEPROM память AT24C512PI27 | 1 | 20,47 | 20,47 |
| Преобразователь USB-UART CH340G | 1 | 20,02 | 20,02 |
| Часы реального времени DS1307 | 1 | 6,36 | 6,36 |
| Защита аккумулятора DW01A | 1 | 2,38 | 2,38 |
| Массив транзисторов FS8205A | 1 | 1,97 | 1,97 |
| Преобразователь IIC PCF8574P | 2 | 21,05 | 42,10 |
| Контроллер зарядки TP4056E | 1 | 3,51 | 3,51 |
| Повышающий преобразователь MT3608 | 1 | 3,76 | 3,76 |
| Разъём USB-B | 1 | 9,43 | 9,43 |
| Разъём microSD | 1 | 4,97 | 4,97 |
| Винтовой разъём 3x 306-031-12 | 4 | 19,00 | 76,00 |
| Светодиод TO-2013BC-PG | 1 | 8,00 | 8,00 |
| Светодиод TO-2013BC-MRE | 1 | 6,00 | 6,00 |
| Светодиод TO-2013BC-MYF | 1 | 8,00 | 8,00 |
| Светодиод TO-2013BC-BF | 1 | 7,00 | 7,00 |
| Подстрочный резистор 3296X | 1 | 24,00 | 24,00 |
| Резистор 4,7k SMD 0805 | 3 | 0,04 | 0,12 |
| Резистор 240 SMD 0805 | 2 | 0,56 | 1,11 |

Продолжение таблицы 9

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Кол-во | Стоимость 1 ед. (₽) | Общая стоимость (₽) |
| Элементы основной схемы | | | |
| Резистор 3k SMD 0805 | 1 | 0,56 | 0,56 |
| Резистор 2k SMD 0805 | 1 | 0,56 | 0,56 |
| Резистор 10k SMD 0805 | 1 | 0,56 | 0,56 |
| Резистор 12k SMD 0805 | 4 | 0,56 | 2,22 |
| Резистор 470 SMD 0805 | 4 | 0,56 | 2,22 |
| Резистор 1,2k SMD 0805 | 1 | 0,56 | 0,56 |
| Резистор 1k SMD 0805 | 6 | 0,56 | 3,33 |
| Резистор 100 SMD 0805 | 1 | 0,56 | 0,56 |
| Резистор 15k SMD 2512 | 1 | 4,36 | 4,36 |
| Резистор 110k SMD 2512 | 1 | 4,36 | 4,36 |
| Конденсатор 22pF SMD 0805 | 2 | 0,70 | 1,40 |
| Конденсатор 100nF SMD 0805 | 2 | 0,70 | 1,40 |
| Конденсатор 22µF SMD 1206 | 2 | 1,45 | 2,91 |
| Конденсатор 10µF SMD 0805 | 4 | 0,91 | 3,62 |
| Конденсатор 0.1µF SMD 0805 | 4 | 0,97 | 3,89 |
| Диод SS34 | 1 | 0,50 | 0,50 |
| Диод SMA4007 | 2 | 0,54 | 1,09 |
| Транзистор SOT-23 SS8050 | 6 | 0,60 | 3,60 |
| Катушка индуктивности B82464G4223M | 1 | 120,00 | 120,00 |
| Отсек для аккумулятора 18650 | 1 | 50,43 | 50,43 |
| Отсек для батарейки CR2025 | 1 | 29,24 | 29,24 |
| Кварцевый резонатор 12 МГц | 1 | 5,48 | 5,48 |
| Кварцевый резонатор 32.768 кГц | 1 | 5,48 | 5,48 |
| Пьезодинамик TMB12A05 | 1 | 10,38 | 10,38 |

Продолжение таблицы 9

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Кол-во | Стоимость 1 ед. (₽) | Общая стоимость (₽) |
| Элементы основной схемы | | | |
| Реле SRA-05VDC | 2 | 25,58 | 51,16 |
| Кнопка тактовая TS3601 | 2 | 0,44 | 0,88 |
| PBS-16 | 1 | 12,00 | 12,00 |
| PLS-8 | 1 | 1,08 | 1,08 |
| PLS-6 | 2 | 0,81 | 1,62 |
| PLS-4 | 1 | 0,54 | 0,54 |
| PLS-2 | 2 | 0,27 | 0,54 |
| Перемычка 2x2,54 мм | 1 | 0,71 | 0,71 |
| SCS-16 | 2 | 8,00 | 16,00 |
| SCS-8 | 2 | 8,00 | 16,00 |
| Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04 | 1 | 50,43 | 50,43 |
| Сканер отпечатков пальцев FPM10A | 1 | 401,19 | 401,19 |
| Мембранная клавиатура 4x4 | 1 | 46,77 | 46,77 |
| Считыватель RFID меток MFRC-522 | 1 | 102,31 | 102,31 |
| Дисплей LCD1602 | 1 | 97,20 | 97,20 |
| Батарейка CR2025 | 1 | 18,42 | 18,42 |
| Аккумулятор LGAAS31865 | 1 | 132,27 | 132,27 |
| Корпус 197x113x63 мм | 1 | 360,00 | 360,00 |
| Карта памяти microSD 1Gb | 1 | 159,60 | 159,60 |
| Элементы необходимые для разработки | | | |
| Провода Dupont M-M 10 см. | 80 | 1,26 | 100,86 |
| Платформа для разработки ESP32 DevKit | 1 | 261,62 | 261,62 |
| Макетная плата MB-102 | 2 | 138,85 | 277,70 |
| Модуль TP4056 | 1 | 18,56 | 18,56 |

Продолжение таблицы 9

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Кол-во | Стоимость 1 ед. (₽) | Общая стоимость (₽) |
| Элементы необходимые для разработки | | | |
| Модуль MT3608 | 1 | 29,24 | 29,24 |
| IIC модуль для LCD | 1 | 58,47 | 58,47 |
| Кнопка тактовая 6x6 | 2 | 5,48 | 10,96 |
| Адпатер microSD | 1 | 44,72 | 44,72 |
| Транзистор TO-92 SS8050 | 3 | 0,77 | 2,32 |
| Припой CF-10 63/37 0,8 мм | 1 | 340,00 | 340,00 |
| Флюс Solins ЛТИ-120 100 мл | 1 | 130,00 | 130,00 |
| Общая стоимость элементов основной схемы: | | | 2 120,12 |
| Общая стоимость элементов для разработки: | | | 1 274,46 |
| Итог: | | | 3 394,58 |

В результате получается, что итоговая стоимость элементов равна 3 395₽. Фонд оплаты труда (Стр) рассчитывается по формуле (6). Так как сроки написания ВКР совпадают со сроками преддипломной практики, то в качестве трудоёмкости 1 дня взято 4 часа. Расчёт трудоёмкости основан на информации баланса ВКР. Полный список затрат времени представлен в таблице №10.

Стр = (6)

где Т – трудоёмкость в часах;

Зср – среднемесячный фонд оплаты труда одного работника;

164,5 – среднее количество рабочих часов в месяце.

Таблица 10 – Трудоёмкость разработки

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид работ | Кол-во дней | Кол-во часов |
| Разработка технического задания | 10 | 40 |
| Изучение существующих аналогов | 5 | 20 |
| Разработка структурной схемы | 2 | 8 |
| Разработка функциональной схемы | 1 | 4 |
| Разработка принципиальной схемы | 4 | 16 |
| Анализ принципиальной схемы | 3 | 12 |
| Выполнение трассировки | 5 | 20 |
| Разработка программного обеспечения | 15 | 60 |
| Тестирование программного обеспечения | 5 | 20 |
| Сборка образца устройства | 1 | 4 |
| Расчёт экономической эффективности | 10 | 40 |
| Оформление документации | 20 | 80 |
| Всего: | | 320 |

Согласно законодательству РФ, исходя из заработной платы работника организация должна выплатить ряд страховых выплат. Расчёты страховых выплат организации на 1 работника представлены в таблице №11.

Таблица 11 – Страховые выплаты

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид выплат | Ставка | Сумма |
| Пенсионное страхование | 22,00% | 14 960 ₽ |
| Обязательное медицинское страхование | 5,10% | 3 468 ₽ |
| Социальное страхование | 2,90% | 1 972 ₽ |
| Страхование от несчастных случаев | 0,20% | 136 ₽ |
| Всего: | | 20 536 ₽ |

В хозяйственные расходы входит стоимость эксплуатации оборудования. Для вычисления стоимости эксплуатации применяется формула (7). В этой формуле затраты на техническое обслуживание и материалы (компоненты) равны 3% и 2% от стоимости оборудования (цена используемого компьютера равна 50 000 ₽).

СЭ = СТО + СМК + СЭЭ + А = 5% \* Собор + СЭЭ + А (7)

где СТО – стоимость технического обслуживания и ремонта оборудования;

СМК – стоимость материалов и комплектующих;

СЭЭ – стоимость электроэнергии;

А – амортизационные отчисления.

Для расчёта электроэнергии используется формула (8) учитывающая различные коэффициенты. Мощность оборудования равна 700 Вт. Коэффициент загрузки равен 0,5. Для города Тюмень электроэнергия поставляется энергосбытовой компанией “Восток”, тариф у которой равен 2,87. Коэффициент потери в сети равен 1,05.

СЭ = М \* kз \* Fэф \* СкВт\*ч \* kс = 0,7 кВт \* 0,5 \* 320 \* 2,87 \* 1,05 = 338 ₽ (8)

где М – мощность оборудования, кВт;

kз – коэффициент загрузки;

Fэф – фонд эффективного времени, равен трудоёмкости разработки;

СкВт\*ч – стоимость электроэнергии;

kс – коэффициент учитывающий потери в сети.

Для вычисления амортизации существует несколько формул. Была взята формула (9) расчёта годовой амортизация. Для персонального компьютера норма амортизации равна 0,2. Для перевода годовой амортизации в амортизацию по сроку разработки необходимо поделить на 12 и умножить на количество месяцев разработки (примерно 2,7). Тем самым общая сумма амортизационных отчислений равна 2 250 ₽.

Агод = (9)

где НА – норма амортизации, кВт.

Согласно формуле (7) хозяйственные расходы равны 5 088 ₽. В качестве производственных расходов считается заказ производства окончательного варианта платы печатного монтажа, равный 2300 ₽.

Тем самым получается, что себестоимость разработки равна 99 320 ₽ = 3 395 + 68 000 + 20 526 + 5 088 + 2 300. Так как разработка введётся в рамках ВКР, то прибыль = 0.

Для расчёта себестоимости изготовления устройства необходимо сложить затраты на материалы (таблица № 9), затраты на производство печатной платы и на её сборку, так как производство и сборка осуществляется 3-ми организациями, то затраты на оплату заработной платы и содержания производственного оборудования равны 0.

Общая стоимость элементов необходимых для производства 1 платы = 2 120,12 ₽. Так как зависимость цены от количества не линейная (таблица №12), то в качестве основы для цены производства 1 платы была взята цена за 10 плат – 6 305,76 ₽, тем самым цена производства 1 платы равна 630,58 ₽. Цена за сборку платы нелинейная, поэтому в качестве основы была взята цена за 10 плат – 4 000 ₽, тем самым цена сборки 1 платы равна 400 ₽. Общая стоимость производства 1 единицы устройства примерно равна 3 100 ₽.

Таблица 12 – Зависимость стоимости от количества плат

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Кол-во | Производство ППМ | Монтаж элементов |
| 1 | 2 970,58 ₽ | 1 000,00 ₽ |
| 5 | 890,58 ₽ | 700,00 ₽ |

Продолжение таблицы 12

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Кол-во | Производство ППМ | Монтаж элементов |
| 10 | 630,58 ₽ | 400,00 ₽ |
| 25 | 438,12 ₽ | 300,00 ₽ |
| 50 | 325,38 ₽ | 300,00 ₽ |
| 75 | 308,04 ₽ | 300,00 ₽ |
| 100 | 281,15 ₽ | 250,00 ₽ |
| 150 | 272,48 ₽ | 250,00 ₽ |

## Окупаемость

Для расчёта окупаемости необходимо добиться соотношения, при котором расходы на разработку окупятся. Для этого к себестоимости добавляется наценка. В качестве наценки будет использоваться 25% (775 ₽) и 50% (1550 ₽) от 3 100 ₽ (приблизительной себестоимости). Так как в стоимость устройства входит производство платы и монтаж элементов, цена которых зависит от количества плат, то возможен сценарий, когда стоимость производства определённого количества плат будет больше 3 100 ₽. Тем самым будет рассмотрено 4 варианта зависимости минимального времени окупаемости от необходимого минимального тиража: с ежемесячным производством, при наценке 25% и 50%; а также с полным производством минимального необходимого количества, при наценке 25% и 50%. Минимальный тираж в случае ежемесячного производства необходимо вычислять методом подбора. Таблица №13 описывает сроки окупаемости и минимальный необходимый тираж. Также данные представлены в виде графика (рисунок №12). Годовая ёмкость рынка СКУД в России за 2017 год приблизительно была равна 14 миллиардов ₽. Для того чтобы выполнить сроки окупаемости компания должна иметь долю рынка минимум 0,0024%.

Таблица 13 – Сроки окупаемости и минимальный тираж

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Срок (месяцы) | Ежемесячное производство | | Предварительное производство | |
| Тираж при +25% | Тираж при +50% | Тираж при +25% | Тираж при +50% |
| 1 | 87 | 52 | 87 | 52 |
| 2 | 44 | 28 | 43 | 26 |
| 3 | 33 | 18 | 29 | 17 |
| 4 | 24 | 17 | 22 | 13 |
| 5 | 20 | 13 | 17 | 10 |
| 6 | 23 | 11 | 14 | 9 |
| 7 | 20 | 9 | 12 | 7 |
| 8 | 17 | 8 | 11 | 7 |
| 9 | 15 | 9 | 10 | 6 |
| 10 | 14 | 8 | 9 | 5 |
| 11 | 12 | 10 | 8 | 5 |
| 12 | 11 | 9 | 7 | 4 |

Рисунок 12 – График зависимости количества от срока окупаемости

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Безопасность имеет огромное значение в наше время. Современная сфера обеспечения безопасности не стоит на месте. Внедрение новых технологий и активное развитие микропроцессорных систем приводят к появлению и использованию новых устройств для обеспечения безопасности. Для обеспечения безопасности выполняется различные меры, одной из которых является ограничение доступа к помещению. Если раньше для ограничения доступа к помещению организовывались контрольно-пропускные пункты, которые являлись сложными в организации, то сейчас благодаря повсеместному внедрению новых технологий и их постоянному развитию, удалось значительно упростить введение ограничение доступа к различным помещениям, зданиям и т. д. Одним из самых распространённых и применяемых устройств из сферы безопасности является система контроля и управления доступом. Сейчас все основные функции ограничения доступа реализуются с помощью СКУД. Реализация новых технологий позволяет повысить надёжность работы и упростить процедуру идентификации.

Актуальность работы обоснована активным развитием устройств и технологий, применяемых в сфере обеспечения безопасности. Кроме этого, постоянны рост ценности информации и требований к обеспечению безопасности повышает перспективность и актуальность разработок в данном направлении. Реализация современных технологий позволяет повысить надёжность работы и уменьшить вероятность обхода системы ограничения.

Целью работы являлась разработка интеллектуальной системы контроля и управления доступом. Для достижения цел необходимо было выполнить ряд задач таких как изучение разных источников теоретических материалов; разработка аппаратной и программной части устройства, а также расчёт эконмической эффективности.

Первым этапом разработки является анализ технического задания и сравнение аналогичных устройств. Анализ технического задания обозначает основные требования и тем самым формирует требования и основную концепцию устройства. Согласно техническому заданию, при реализации устройства обязательными требованиями являлось наличие 3 методов авторизации (с помощью ПИН‑кода, RFID метки и отпечатка пальца), поддержки управления с помощью веб-интерфейса, введение журнала авторизации и уведомление об открытии двери в случае успешной авторизации. Сравнение аналогичных устройств на рынке приводит к выводу, что устройство должно иметь высокое соотношение функционала/себестоимости.

При разработке аппаратной части устройства была разработана структурная (отображающая взаимосвязь элементов) и функциональная схема (показывающая протекание процессов). Также был произведён анализ и выбор микроконтроллера. После была разработана принципиальная схема (приложение А). На её основании был произведён анализ технической документации производителей элементов, для реализации платы печатного монтажа. При реализации платы учитывались рекомендации и требования ГОСТа Р 53429-2009 [5]. Результатом проектирования и трассировки является плата 135 x 90 мм печатного монтажа (приложение Б), 4 класса точности. По результатам расчёта энергопотребления можно сделать вывод, что примерная мощность проектируемого устройства равна 3,5 Вт., а без основного источника питания устройство может проработать 1,5 часа.

Основная реализация функционала устройства была при разработке программного обеспечения устройства. Для разработки ПО были изучены особенности информационного обмена модулей устройства. Конфигурация устройства выполнялась как в среде разработки (настройка частот и схемы распределения памяти), так и в основном коде программы (настройка выводов микроконтроллера). В ходе работы был составлен, описан и реализован основной алгоритм работы устройства (приложение В). В подразделе 2.2.5 была описана реализация функционала устройства, в соответствии с требованиями технического задания.

При расчёте экономической эффективности проекта была рассчитана стоимость разработки и себестоимость изделия. Стоимость разработки равна 99 320 ₽, а стоимость изготовления изделия – 3 100 ₽. На основании этих данных было изучено 4 варианта окупаемости проекта. Первый и второй случай – это варианты при ежемесячном производстве с наценкой +25% при реализуемой цене 3 876 ₽ и +50% при цене 4 650 ₽. Тем самым для окупаемости устройства за год необходимо реализовывать по 11 и 9 устройств за месяц. В случае полного производства минимального количества устройств в течение года необходимо реализовывать при наценке 25% – 87 устройства, а при 50 % – 52. Также была изучена ёмкость российского рынка СКУД. На основании чего была найдена минимальная для рынка необходимая компании для реализации окупаемости разработки в течение года – 0,0024%.

Проанализировав данные, можно сделать вывод что разработка была эффективна, так как соотношение срока и необходимой цены для окупаемости является достижимым. Также можно выделить достижение необходимого соотношения реализованного функционала и себестоимости, при сравнении с аналогичными устройствами.

В результате можно сделать вывод, что цель была достигнута и все поставленные задачи выполнены. В результате дипломной работы была разработана интеллектуальная система контроля и управления доступом с требуемым функционалом и доступной ценой (по сравнению с аналогичными устройствами).

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 51241-2008. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. Введ. – 01.09.2009 – М.: Стандартинформ, 2009. – 28 с. – Текст: непосредственный
2. ГОСТ Р 54831-2011. Системы контроля и управления доступом. Устройства, преграждающие управляемые. Общие технические требования. Методы испытаний. Введ. – 01.09.2012 – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с. – Текст: непосредственный
3. ГОСТ 2.701-2008. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. Введ. – 01.07.2009 – М.: Стандартинформ, 2009. – 16 с. – Текст: непосредственный
4. ГОСТ 2.710-81. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. Введ. – 30.06.1981 – М.: Стандартинформ, 2008. – 10 с. – Текст: непосредственный
5. ГОСТ Р 53429-2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции. Введ. – 01.07.2010 – М.: Стандартинформ, 2018. – 11 с. – Текст: непосредственный
6. ГОСТ 2.109-73. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам. Введ. – 30.06.1974 – М.: Стандартинформ, 2007. – 29 с. – Текст: непосредственный
7. ГОСТ 2.417-91. Единая система конструкторской документации. Платы печатные. Правила выполнения чертежей. Введ. – 30.06.1992 – М.: Стандартинформ, 2011. – 5 с. – Текст: непосредственный
8. Аполлонский С. М. Электротехника: учебник / С. М. Аполлонский. ⎯ М.: КНОРУС, 2018. ⎯ (Среднее профессиональное образование)
9. Банисла М. Решение задач на современном С++ / пер. с. англ. А. Н. Киселева – М.: ДМК Пресс, 2019. – 302 с.: ил.
10. Бишоп О. Электронные схемы и системы / пер. с англ. к. т. н. Рабодзей А. Н. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 516 с.
11. Бишоп О. Электронные схемы и системы / пер. с англ. к. т. н. Рабодзей А. Н. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 516 с.
12. Букатов А. А., Гуда С. А. Компьютерные сети: расширенный начальный курс. Учебник для вузов. ⎯ СПб.: Питер, 2020. ⎯ 496 с.: ил. ⎯ Серия «Учебник для вузов»
13. Кечиев Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники /Л.Н. Кечиев. — М.: Грифон, 2017. - 424 с. - (Библиотека ЭМС)
14. Лопаткин А. В. Проектирование печатных плат в Altium Designer. учеб. Пособие для практических занятий. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 554 с.: ил.
15. Магда Ю. С. Современные микроконтроллеры. Архитектура, программирование, разработка устройств. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 224 с.
16. Макаров С. Л. Arduino Uno и Raspberry Pi 3: от схемотехники к интернету вещей. ⎯ М.: ДМК Пресс, 2019. – 204 с.: ил.
17. Неировский А. Е. Электроника: учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, О. И. Степанов, А. В. Иванов. – М.: Инфра-Инженерная, 2019. – 200 с.
18. Петин В. А. 77 проектов для Arduino. ⎯ М. ДМК Пресс. 2020. ⎯ 356 с.: ил.
19. Петин В. А. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. ⎯ СПб.: БХВ-Петебург, 2016. ⎯ 32 с.: ил. ⎯ (Электроника)
20. Робсон Э., Фримен Э. Изучаем HTML, XHTML и CSS. 2-е изд. ⎯ СПб.: Питер, 2019. ⎯ 720 с.: ил. ⎯ (Серия «Head First O’Reilly»)
21. Солтис М. Введение в анализ алгоритмов / пер. с англ. А. В. Логунова. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 278 с.: ил.
22. Хрусталева З. А. Источники питания радиоаппаратуры: учебник / З. А. Хрусталёва, С. В. Парфенов. ⎯ М.: КНОРУС, 2019. ⎯ 240 с. ⎯ (Среднее профессиональное образование)
23. Шварц М. Интернет вещей с ESP8266: пер. с англ. ⎯ СПб.: БХВ-Петербург, 2018. ⎯ 192 с.: ил. ⎯ (Электроника)

# ПРИЛОЖЕНИЯ

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

// Подключение стандартных библиотек

#include <Arduino.h>

#include <SD.h>

#include <WiFiClient.h>

#include <ESPAsyncWebServer.h>

#include <ESPmDNS.h>

#include <ArduinoJson.h>

#include <ArduinoOTA.h>

// Подключение файлов с кодом программы

#include "../lib/IIC/IIC.h"

#include "../lib/Timer/Timer.h"

#include "../lib/Network/Network.h"

#include "../lib/Routing/Routing.h"

#include "../lib/Interface/Interface.h"

// Адреса модулей в шине IIC

#define IIC\_EEPROM 0b1010000

#define IIC\_CLOCK  0b1101000

#define IIC\_KEYPAD 0b0100001

#define IIC\_LCD    0b0100000

// Идентификаторы настроек

#define NeedSerial settings[0]

#define Buzzer settings[1]

#define WiFiAP settings[2]

#define ShowError settings[3]

// Идентификаторы флагов

#define SDWorking flags[0]

#define MDSNWorking flags[1]

// Выводы к реле, кнопкам и динамику

#define RELE0\_PIN   26

#define RELE1\_PIN   25

#define BUTTON0\_PIN 13

#define BUTTON1\_PIN 12

#define TONE\_PIN    27

// Параметры загружаемые с EEPROM

bool settings[8] = {

  true,                  // UART интерфейс

  true,                  // Динамик

  true,                  // Точка доступа

  false                  // Вывод ошибок через UART

};

// Флаги состояния

bool flags[2] = {

  false,                 // SD

  false                  // MDNS

};

String host;             // Имя MDNS хоста

// Объявление объектов

EEPROM memory(IIC\_EEPROM, 10000);     // Память

Keypad keypad(IIC\_KEYPAD, KB4x4);     // Клавиатура

Clock RTC(IIC\_CLOCK, false);          // RTC часы

LiquidCrystal\_I2C lcd(IIC\_LCD, 16, 2);// Дисплей

MFRC522 rfid(14, 2);           // Считыватель RFID карт

AsyncWebServer server(80);     // Веб сервер

Timer timer;                   // Таймер

Fingerprint fingerprint;       // Сканер отпечатков пальцев

void setup()

{

    // Инициализация обязательных компонентов

    memory.begin(IIC\_EEPROM);

    SPI.begin();

    rfid.PCD\_Init();

    lcd.init();

    keypad.begin();

    // Получение настроек с памяти

    if (memory.status) for (int i = 0; i < 8; i++) {

settings[i] = memory.readbit(i, 0);

}

    // Инициализация компонентов

    if (NeedSerial) {

Serial.begin(115200);

}

    if (SD.begin() && SD.cardType() != CARD\_NONE){

SDWorking = true;

}

    else if (ShowError) {

Serial.println("Error mounting SD");

}

    // Настройка прерывания

// Настройка выводов МК для прерывания

    pinMode(BUTTON0\_PIN, INPUT);

    pinMode(BUTTON1\_PIN, INPUT);

    pinMode(RELE0\_PIN, OUTPUT);

    pinMode(RELE1\_PIN, OUTPUT);

    digitalWrite(RELE0\_PIN, HIGH);

    digitalWrite(RELE1\_PIN, HIGH);

// Добавление прерывания

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BUTTON0\_PIN), open, FALLING);

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BUTTON1\_PIN), open, FALLING);

    // Настройка Wi-Fi

    if (memory.status) {

Network::setupWiFi();

}

    else {

Network::presetupWiFi();

}

    // Синхронизация часов

    RTC.begin();

    RTC.sync();

    // Настройка Web сервера

    if (SDWorking && WiFi.status() == WL\_CONNECTED)

    {

        if (memory.status)     // Включение MDNS

        {

            host = memory.readString(10, 385);

            if (!host.isEmpty() && MDNS.begin(host))

            {

                if (NeedSerial) {Serial.println("MDNS включён, локальный адрес: http://" + String(host) + ".local/");}

                MDSNWorking = true;

            }

        }

        // Настройка маршрутизации сервера

        // HTML

        server.onNotFound(handleNotFound);

        server.on("/", HTTP\_GET, handleNotFound);

        // JS & CSS

        server.on("/style.css", HTTP\_GET, [](AsyncWebServerRequest \*request) {

        request->send(SD, "/style.css", "text/css");

        });

        server.on("/script.js", HTTP\_GET, [](AsyncWebServerRequest \*request) {

        request->send(SD, "/script.js", "text/javascript");

// …

        // Используемые плагины Веб-сервера

        server.on("/FontAwsome/font-awsome all.css", HTTP\_GET, [](AsyncWebServerRequest \*request) {

        request->send(SD, "/FontAwsome/font-awsome all.css", "text/css");

        });

// …

        // Запуск сервера

        server.begin();

        if (MDSNWorking) {

MDNS.addService("http", "tcp", 80);

}

    }

    // Сброс дисплея

    Interface::goHome();

}

void loop()

{

    // Проверка расстояния

    if (Interface::getDistance(15, 4) < 60 || timer.timerIsWorking())

    {

        // Сброс таймера

        if (Interface::getDistance(15, 4) < 60) {

timer.timeRestart(60);

}

        lcd.backlight();

        // Получение значения с клавиатуры

        keypad.read();

        if (keypad.state == ON\_PRESS) switch (keypad.Numb)

        {

            //Режим ввода ПИН-кода

            case 0:

            case 1:

            case 2:

            case 3:

            case 4:

            case 5:

            case 6:

            case 7:

            case 8:

            case 9:

            Interface::checkPassword(Interface::readPassword());

            Interface::goHome();

            break;

//Вход в меню

            case 10:

            case 11:

            case 12:

            case 13:

                lcd.clear();

                lcd.setCursor(0, 0);

                lcd.print("Menu");

            default:

                break;

        }

        // RFID

        if (rfid.search() && rfid.read()) {

Interface::checkAndGetRFID();

}

        // Сканер отпечатков пальцев

        int scanFP = fingerPrint.enroll();

        if (scanFP != -1) {

checkFP(scanFP);

}

    }

    else {

lcd.noBacklight();

}

}