# СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc41392560)

[1 Теоретическая часть 6](#_Toc41392561)

[1.1 Техническое задание на разработку устройства 6](#_Toc41392562)

[1.2 Обзор существующих аналогов 6](#_Toc41392563)

[2 Практическая часть 8](#_Toc41392564)

[2.1 Разработка аппаратной части устройства 8](#_Toc41392565)

[2.1.1 Разработка структурной схемы 8](#_Toc41392566)

[2.1.2 Выбор электронных компонентов 10](#_Toc41392567)

[2.1.3 Разработка функциональной схемы 13](#_Toc41392568)

[2.1.4 Разработка и анализ принципиальной схемы 14](#_Toc41392569)

[2.1.5 Расчёт размеров элементов на ППМ 20](#_Toc41392570)

[2.1.6 Трассировка электрических соединений 22](#_Toc41392571)

[2.1.7 Расчет энергопотребления 24](#_Toc41392572)

[2.2 Разработка программного обеспечения 27](#_Toc41392573)

[2.2.1 Описание информационного обмена 27](#_Toc41392574)

[2.2.2 Конфигурирование микроконтроллера 28](#_Toc41392575)

[2.2.2 Описание основного алгоритма 29](#_Toc41392576)

[2.2.3 Разработка функционально законченных компонентов программного обеспечения 30](#_Toc41392577)

[3 Экономическая эффективность проекта 31](#_Toc41392578)

[3.1 Расчёт стоимости разработки и изготовления изделия 31](#_Toc41392579)

[3.2 Окупаемость 36](#_Toc41392580)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 38](#_Toc41392581)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 41](#_Toc41392582)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 44](#_Toc41392583)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б 47](#_Toc41392584)

[ПРИЛОЖЕНИЕ В 50](#_Toc41392585)

# ВВЕДЕНИЕ

В наше время нельзя представить жизнь без электронных устройств. Они применяются повсеместно, тем самым упрощая нашу жизнь. Электронные устройства, делятся на различные виды и бывают разного назначения. Уже сейчас многие повседневные устройства основаны на использовании микроконтроллеров. Это обусловлено огромными возможностями реализации применения микроконтроллеров. Сейчас микропроцессорная техника применяется в различных сферах (начиная бытовой и заканчивая военной). Использование микроконтроллера позволяет повысить функциональные возможности устройства, а также упростить разработку устройства. Современная разработка устройств основанных на использовании микроконтроллеров сохраняет свою актуальность и перспективность, благодаря внедрению новых методов и возможностей.

Любые массовые устройства перед эксплуатацией проходят через этапы проектирования и производства. Производство современных устройств представляет из себя сложный комплекс взаимосвязанных процессов. Все этапы производства и жизненного цикла использования должны соответствовать требованиям современных стандартов. Основными этапами производства являются разработка технического задания, проектирование, расчёт надёжности и серийное производство. Проектирование подразделяется на разработку структурной, функциональной, принципиальной схемы и проектирование платы печатного монтажа. Монтаж элементов устройства на печатную плату позволяет автоматизировать дальнейшее производство, тем самым снизить стоимость и затраты ресурсов на производство. Проектирование и разработка печатной платы влияет на размер элементов и платы, расположение элементов, сложность производства и надёжность проектируемого устройства. Ошибки, допущенные при проектировании печатной платы, могут привести к нестабильной работе устройства, выходу устройства из строя (до окончания срока эксплуатации), несанкционированному доступу используемым данным и к другим последствиям исправление которых будет невозможно без замены устройства.

Сейчас огромное значение имеет ценность и безопасность информации, поэтому защита информации и ограничение доступа к ряду объектов являются одними 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, сокращённо 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 (включая трассировку электрических соединений);
* разработка программы микроконтроллера, обеспечивающую функционирование устройства;
* 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 третей главе выполняется расчёт экономической эффективности проекта (себестоимость и окупаемость).

# 1 Теоретическая часть

## 1.1 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 и Р 54831-2011. 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 разрешенных пользователей и журнала авторизации, а также выполнять оповещение и открытие замка при успешной авторизации. По ГОСТу СКУД (по числу контролируемых точек система) является системой малой ёмкости [1, стр. 12].

Должна быть разработана структурная, принципиальная и функциональная схема устройства.

## 1.2 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 | отпечаток пальца,  карты RFID | карты RFID | PIN код,  отпечаток пальца,  карты RFID | отпечаток пальца,  карты RFID |
| 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, RS-485, дискетные входы и выходы, индикаторы состояния |
| Количество пользователей | 200 отпечатков и 2000 карт | 10000 | 3000 отпечатков 1500 карт | 1000000 |
| Напряжение питания | 12 В | 12 В | 5 В | 12 - 24 В |
| Кол-во подключаемых считывателей | 0 | 0 | 1 | 2 |

# 2 Практическая часть

Разработка устройства состоит из проектирования ряда схем, включая печатную схему устройства. Основные этапы разработки устройства:

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

## 2.1 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 надёжности и энергопотребления.

### 2.1.1 Разработка структурной схемы

Структурная схема показывает взаимосвязь между основными блоками устройства. Из технического задания можно выделить следующие блоки структурной схемы:

* микроконтроллер;
* сетевой адаптер;
* 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

### 2.1.2 Выбор электронных компонентов

Выбор электронных компонентов производится на основании ряда характеристик. Он необходимо для достижения оптимального соотношения возможностей и цены. Основными компоненты, которые необходимо выбрать это микроконтроллер, сканер отпечатков пальцев, ППЗУ, дисплей, сетевой адаптер и т. д.

Память микроконтроллера бывает нескольких видов: Flash – это память, в которой хранится прошивка МК. 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 нее менее не имеет ограничений на количество циклов перезаписи. Поэтому RAM в основном используется для хранения переменных.

CPU – это электронный блок МК выполняющий код программы. Самой популярной архитектурой, применяемой микроконтроллерах, является ARM. 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, SPI (последовательный периферийный интерфейс), I²C, JTAG и т.д.

Таблица №2 – Сравнение микроконтроллеров

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристики | Espressif ESP32 | Texas Instr. 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 | 160 ₽ | 820 ₽ | 1540 ₽ |

Для упрощения принципиальной схемы выбираемый микроконтроллер должен содержать в себе интегрированный Wi-Fi контроллер. Для выбора МК необходимо произвести анализ их характеристик (таблица №2). В результате анализа можно сделать вывод, что наиболее подходящим микроконтроллером за счёт цены и возможностей является ESP32.

Таблица №3 – Сравнение сканеров отпечатков пальцев

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристики | FPM10A | FZ3387 |
| Питание | 3,6 – 6,0 В | 3,8 – 7,0 В |
| Интерфейсы | UART | UART |
| Тип сканера | Оптический | Емкостный |
| Размер шаблона | 512 байт | 768 байт |
| Максимальное кол-во отпечатков | 150 | 200 |
| Площадь соприкосновения | 2 см \* 1,5 см | 2,5 см \* 1,5 см |
| Цена | 500 ₽ | 1300 ₽ |

Для повышения скорости работы и точности работы устройства необходимо, чтобы обработка данных происходила контроллером сканера отпечатков. Максимальное количество хранимых отпечатков зависит от размера шаблона и памяти устройства. Сравнение модулей происходит на основании характеристик, указанных в таблице №3. Так как устройство малой ёмкости, соотношение цены и максимального количества отпечатков является определяющим, поэтому FPM10A является наиболее подходящим.

Таблица №4 – Сравнение дисплеев

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристики | LCD1602 | SH1122 | ILI9341 |
| Питание | 2,5 – 6 В | 3,3 В | 3,3 – 5 В |
| Интерфейсы | I2C | I2C | I2S |
| Тип экрана | LCD | OLED | TFT |
| Цветной/Монохромный | М | М | Ц |
| Разрешение | 35 \* 16 \* 2 | 256 \* 64 | 240 \* 320 |
| Размер | 3,6 см \* 8 см | 2,7 см \* 7,2 см | 4 см \* 6,7 см |
| Цена | 100 ₽ | 950 ₽ | 500 ₽ |

Для управления устройством в основном будет использоваться Web-интерфейс. Управление с помощью меню, отображаемого на дисплее, носит второстепенную значимость. Поэтому определяющим фактором при выборе дисплея является его доступность, простота использования и цена. Для уменьшения количества занимаемых портов большинство дисплеев имеют встроенную поддержку интерфейсов передачи данных, таких как I2C, I2S и т. д. Одним из самых распространённых дисплеев является LCD1602. Учитывая сравнение характеристик, указанных в таблице №4, дисплей LCD1602 является самым подходящим в этом случае.

### 2.1.3 Разработка функциональной схемы

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

При запуске микроконтроллер загружает настройки с EEPROM памяти и выполняет подключение к Wi-Fi сети (или её создание). Если Wi-Fi подключения нету устройство работает в автономном режиме.

После загрузки микроконтроллер опрашивает датчик расстояния. Если человек подошел 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.

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, Web интерфейса управления устройством и открытия двери при нажатия внешней кнопки основана на использовании прерываний.

Рисунок №2 – Функциональная схема устройства

### 2.1.4 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”. 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.

При составлении УГО 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 №3) 18x25.5 мм.

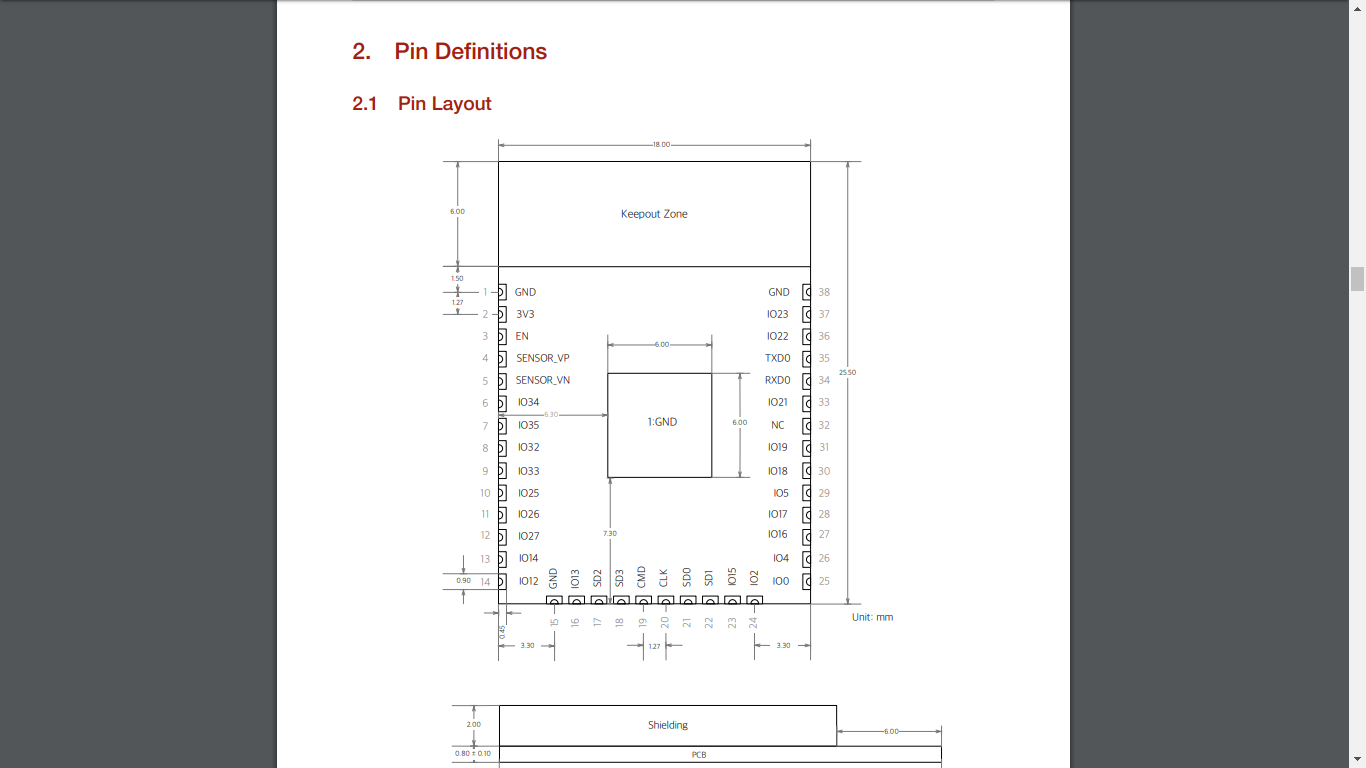


Рисунок №3 – Размеры модуля EPS-WROOM-32

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 №4): 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.

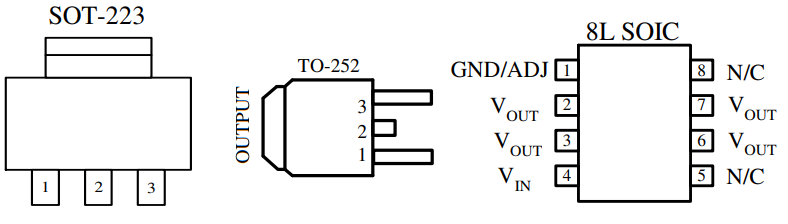


Рисунок №4 – Корпуса микросхемы AMS1117

EEPROM память AT24C512 имеет 8 выводов и представлена в многих корпусах (рисунок №5), 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.

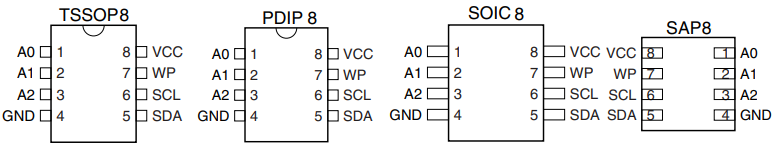


Рисунок №5 – Корпуса памяти AT24C512

Для уменьшения количества используемых портов МК 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 №6) 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.

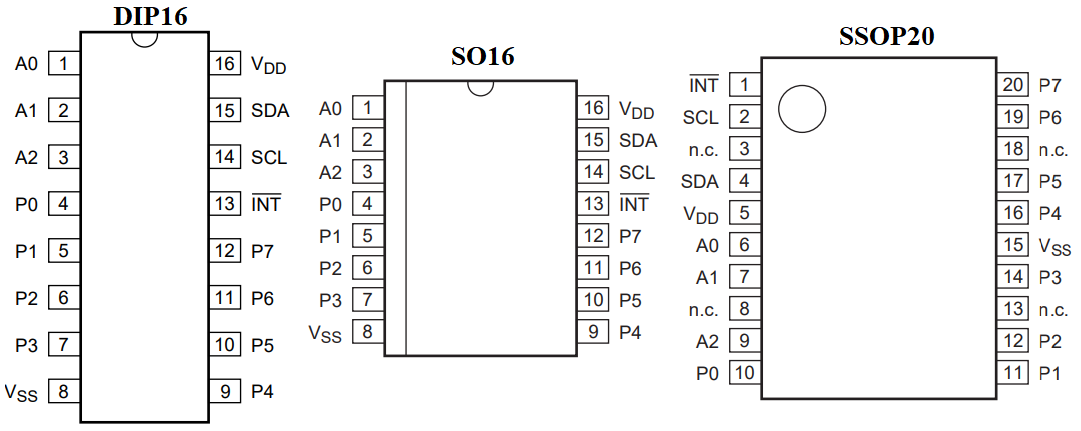


Рисунок №6 – Корпуса расширителя портов PCF8574

Одним из элементов схемы является массив из 2-х полевых транзисторов, представленный в виде микросхемы FS8205A. Данная схема представлена только в корпусе TSSOP8 (рисунок №7).

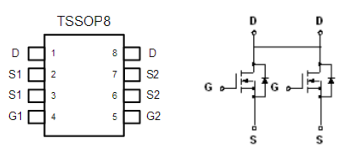


Рисунок №7 – Корпус и внутренняя схема FS8205A

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 №8.

Изображение выглядит как часы

Автоматически созданное описание

Рисунок №8 – Разводка и размеры реле

Для подключения модулей используются стандартные разъёмы c шагом 2.54 мм. Размеры указаны на рисунке №9, а необходимое количество контактов и тип разъёма указаны в таблице №5.

Таблица №5 – 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) |

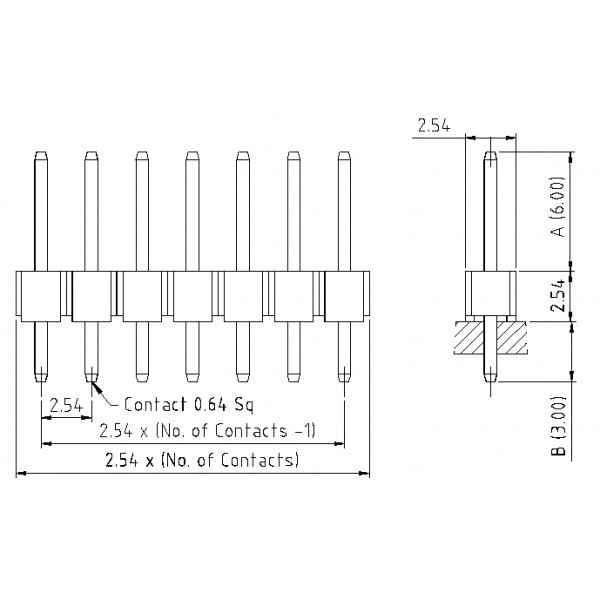
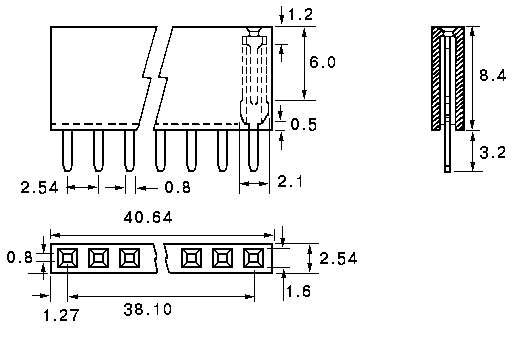




Рисунок №9 – Размеры разъёмов PBS и PLS

### 2.1.5 Расчёт размеров элементов на ППМ

Для расчётов размера необходимо знать площадь элементов и выбрать коэффициент заполнения. Для получения площади элементов нужно сложить произведение размеров элемента на их количество. Так как многие элементы имеют стандартные корпуса, их размеры могут совпадать. Основные размеры отображены в таблице №6.

Таблица №6 – Размеры элементов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Тип корпуса | Кол-во | Размеры (мм) | | Площадь (мм) |
| 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 |
| 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 |
| 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.

### 2.1.6 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 является 1.5 мм, а для 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 САПР 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 ППМ. Тем не менее классы точности являются стандартизированными, как отечественным стандартом ГОСТом 23751-86, так и зарубежным IPC-A-600. Согласно ГОСТу 23751-86 существует 5 классов точности. Данный ост определяет множество показателей и требований к производству платы печатного монтажа. Наименьшие основные размеры представлены в таблице № 7.

Таблица №7 – 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.

Изображение выглядит как электроника, цепь

Автоматически созданное описание

Рисунок №10 – 3D-модель печатной платы устройства

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 №10. Схема печатного монтажа (включая слой маркировки), оформленная в соответствии с ГОСТом представлена в приложении Б.

### 2.1.7 Расчет энергопотребления

При разработке любого устройства одним из важных пунктов является расчёт его энергопотребления. Согласно формуле 1 для расчёта энергопотребления необходимо знать потребляемую силу тока и рабочее напряжение.

P = U \* I (1)

Кроме микросхем одними из потребителей силы тока являются реле, экран, модули, светодиоды и пьезодинамик. Для упрощения расчётов данные значения указаны в таблице №8. Так как некоторые элементы не работают постоянно, а по мере надобности, полученное значение будет отображать максимальное возможное потребление, а не среднее.

Таблица №8 – Расчёт энергопотребления устройства

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент цепи | Кол-во | Сила тока | Напряжение | Мощность 1 ед. | Мощность |
| ESP32-WROOM-32 | 1 | 100 мА | 3.6 В | 0.36 Вт | 0.36 Вт |
| Контроллер зарядки TP4056E | 1 | 500 мкА | 5 В | 0.0025 Вт | 0.0025 Вт |
| Защита аккумулятора DW01A | 1 | 6 мкА | 3.3 В | 0.0001 Вт | 0.0001 Вт |
| Стабилизатор напряжения AMS1117-3.3 | 1 | 13 мА | 5 В | 0.065 Вт | 0.065 Вт |
| Преобразователь USB-UART CH340G | 1 | 30 мА | 5 В | 0.15 Вт | 0.15 Вт |
| Часы реального времени DS1307 | 1 | 1.5 мА | 3.3 В | 0.00495 Вт | 0.00495 Вт |
| EEPROM память AT24C512PI27 | 1 | 5 мА | 3.3 В | 0.0165 Вт | 0.0165 Вт |
| Преобразователь IIC PCF8574P | 2 | 100 мА | 3.3 В | 0.33 Вт | 0.66 Вт |
| Дисплей LC1602 | 1 | 1.1 мА | 3.3 В | 0.00363 Вт | 0.00363 Вт |
| Сканер отпечатков пальцев FPM10A | 1 | 150 мА | 3.3 В | 0.495 Вт | 0.495 Вт |
| Считыватель бесконтактных меток RC522 | 1 | 10 мА | 3.3 В | 0.033 Вт | 0.033 Вт |
| Реле SRA-05VDC | 2 | 71.4 мА | 5 В | 0.36 Вт | 0.72 Вт |
| Карта памяти microSD | 1 | 100 мА | 3.3 В | 0.33 Вт | 0.33 Вт |
| Всего: | | | | | 2.84068 Вт |

В результате расчётов получилось, что максимальная мощность устройства примерно равна 3 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 3225 мА. В результате максимальная мощность батарейки равна 11.61 Вт.

I = (2)

Для получения значения силы тока необходимо воспользоваться 2 формулой, в результате получится примерно 900 мА. Время работы устройства от аккумулятора вычисляется согласно 3 формуле, где k = 1,428.

(3)

В результате можно сделать вывод, что данный аккумулятор подходит для устройства и устройство без внешнего источника питания сможет проработать на нём 3,5 часа.

## 2.2 Разработка программного обеспечения

### 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 №9.

Таблица № 9 – Адреса модулей в шине IIC

|  |  |
| --- | --- |
| 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 №10.

Таблица №10 – Структура пакета FPM10A

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Длина (байт) | Описание | |
| Заголовок | 2 | Начальный байт – 0xEE01 | |
| Адрес | 4 | Адрес сканера, по умолчанию 0xFFFFFFFF | |
| Информация о пакете | 1 | 0x01 | Команда |
| 0x02 | Данные |
| 0x07 | Подтверждение получения пакета |
| 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 PlatformIO 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.

### 2.2.2 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 Web-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 Web-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 PIN-код, то выводится форма ввода PIN-кода. Пока не завершится ввод PIN-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 Web-серверу, то выполняется обработка нужной страницы (включая вставку переменных значений на страницу) и её отправка клиенту. Блок-схема алгоритма представлена в приложении В.

### 2.2.3 Разработка функционально законченных компонентов программного обеспечения

ы

# 3 Экономическая эффективность проекта

При расчете 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.

## 3.1 Расчёт стоимости разработки и изготовления изделия

Расчёт стоимости разработки изделия выполняется по 2 формуле, где:

Ср = Ссс + Пр (2)

* Ср – стоимость разработки;
* Ссс – себестоимость выполненных работ;
* Пр – прибыль.

Для расчёта себестоимости выполненных работ используется 3 формула, где:

Ссс = Смат + Стр + Сстп. взн. + Робш. пр. + Робщ. хоз. + Рком. (3)

* Смат – материальные затраты с учётом НДС;
* Стр – трудовые затраты;
* Сстп. взн. – страховые взносы;
* Робш. пр. – общепроизводственные расходы;
* Робщ. хоз. – общехозяйственные расходы;
* Рком. – коммерческие расходы.

Для вычисления стоимости материальных затрат необходимо сложить стоимость (таблица №9) основных элементов схемы, а также элементов необходимых для разработки устройства (таблица №10).

Таблица №9 – Стоимость элементов основной схемы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Кол-во | Стоимость 1 ед. | Общая стоимость |
| 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 ₽ |
| 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 ₽ |
| 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 2x 2,54 мм | 1 | 0,71 ₽ | 0,71 ₽ |
| SCS-16 | 2 | 8,00 ₽ | 16,00 ₽ |
| SCS-8 | 2 | 8,00 ₽ | 16,00 ₽ |
| Датчик расстояния HC-SR04 | 1 | 50,43 ₽ | 50,43 ₽ |
| Сканер отпечатков пальцев FPM10A | 1 | 401,19 ₽ | 401,19 ₽ |
| Мембранная клавиатура 16x16 | 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 ₽ |
| Всего: | | | 2 120,12 ₽ |

Таблица №10 – Стоимость элементов необходимых для разработки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Кол-во | Стоимость 1 ед. | Общая стоимость |
| 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 ₽ |
| Модуль MT3608 | 1 | 29,24 ₽ | 29,24 ₽ |
| IIC модуль для LCD | 1 | 58,47 ₽ | 58,47 ₽ |
| Кнопка тактовая 6x6 | 2 | 5,48 ₽ | 10,96 ₽ |
| Адаптер microSD | 1 | 44,72 ₽ | 44,72 ₽ |
| Транзистор TO-92 SS8050 | 3 | 0,77 ₽ | 2,32 ₽ |
| Всего: | | | 804,46 ₽ |

В результате получается, что итоговая стоимость элементов равна 2 924,58 ₽. Фонд оплаты труда (Стр) рассчитывается по 4 формуле, где:

Стр = (4)

* Т – трудоёмкость в часах (данные по вычислению которой, на основании баланса ВКР, представлены в таблице №11);
* Зср – среднемесячный фонд оплаты труда одного работника;

Таблица №11 – 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 ППМ | 5 | 20 |
| Разработка программного обеспечения МК | 15 | 60 |
| Тестирование программного обеспечения | 5 | 20 |
| Сборка образца устройства | 1 | 4 |
| Расчёт экономической эффективности | 10 | 40 |
| Оформление документации | 20 | 80 |
| Всего: | | 320 |

Расчёты страховых выплат организации на 1 работника представлены в таблице №12.

Таблица №12 – Страховые выплаты

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

В качестве расходов считается заказ производства ППМ равное 2300 ₽. Тем самым получается, что себестоимость разработки равна 93760 ₽ = 2120 + 804 + 68000 + 20526 + 2300. 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 лицами, то затраты на оплату заработной платы равны 0.

Таблица №13 – Зависимость стоимости от количества плат

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

Общая стоимость элементов необходимых для производства 1 платы = 2 120,12 ₽. Так как зависимость цены от количества не линейная (таблица №13), 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 также нелинейная, поэтому также 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 ₽.

## 3.2 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 №14 описывает сроки окупаемости и минимальный необходимый тираж.

Таблица №14 – Сроки окупаемости и минимальный тираж

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Срок (месяцы) | Ежемесячное производство | | Предварительное производство | |
| Тираж при +25% | Тираж при +50% | Тираж при +25% | Тираж при +50% |
| 1 | 82 | 52 | 82 | 52 |
| 2 | 51 | 29 | 41 | 26 |
| 3 | 36 | 22 | 27 | 17 |
| 4 | 27 | 17 | 20 | 13 |
| 5 | 28 | 14 | 16 | 10 |
| 6 | 23 | 12 | 14 | 9 |
| 7 | 20 | 11 | 12 | 7 |
| 8 | 19 | 10 | 10 | 6 |
| 9 | 17 | 9 | 9 | 6 |
| 10 | 16 | 9 | 8 | 5 |
| 11 | 15 | 8 | 7 | 5 |
| 12 | 14 | 9 | 7 | 4 |

Годовая емкость рынка СКУД в России за 2017 год приблизительно была равна 14 миллиардов ₽. Для того чтобы выполнить сроки окупаемости компания должна иметь долю рынка минимум 0,0028%.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сфера безопасности имеет огромное значение в наше время. Для её обеспечения выполняется различные меры, одной из них является ограничение доступа к помещению. Раньше для ограничения доступа к помещению организовывались контрольно-пропускные пункты, которые являлись сложными в организации. Благодаря повсеместному внедрению новых технологий и их постоянному развитию, удалось упростить введение ограничение доступа к различным помещениям, зданиям и т. д. Сейчас все основные функции ограничения доступа реализуются с помощью системы контроля и управления доступом.

Актуальность работы обоснована растущей потребностью в обеспечении безопасности и обеспечения наиболее выгодной минимизации требуемых ресурсов. Целью работы являлась разработка интеллектуальной системы контроля и управления доступом. Для достижения цели был выполнен ряд задач, таких как изучение теоретического материала по изготовлению комбинационных схем и плат печатного монтажа, изучение строения систем контроля и управления доступа, выбор технического решения, наиболее полно удовлетворяющего заданным требованиям, создание принципиальной и структурной схемы и разработка программного обеспечения проектируемого изделия.

Во время работы была проанализирована предметная область, способы идентификации, изучены основные составляющие и возможности СКУД. При анализе технического задания были выделены основные требования к устройству, а также требуемый функционал. В результате обзора существующих аналогов было проведено сравнение текущих аналогов устройства.

В практической части был проведён ряд работ, таких как разработка структурной схемы; сравнение и выбор электронных компонентов, используемых в устройстве; описание информационного обмена; конфигурирование микроконтроллера. Так же был произведен расчёт энергопотребления и и продолжительности работы устройства от аккумулятора. Для разработки программного обеспечения необходимо было разработать и описать архитектуру ПО, а также разработать функционально законченные компоненты программного обеспечения.

В результате можно сделать вывод, что цель была достигнута и все поставленные задачи выполнены. В результате курсового проекта была разработана интеллектуальная система контроля и управления доступом.

Сфера безопасности имеет огромное значение в наше время. Для её обеспечения выполняется различные меры, одной из них является ограничение доступа к помещению. Раньше для ограничения доступа к помещению организовывались контрольно-пропускные пункты, которые являлись сложными в организации. Благодаря повсеместному внедрению новых технологий и их постоянному развитию, удалось упростить введение ограничение доступа к различным помещениям, зданиям и т. д. Сейчас все основные функции ограничения доступа реализуются с помощью современных устройств, примером является система контроля и управления доступом.

Постоянное внедрение и развитие современных микропроцессорных устройств, создаёт потребность в внедрении современных методов проектирования электронных устройств. Одни из этапов является проектирование платы печатного монтажа.

Актуальность темы индивидуального задания обусловлена постоянным ростом потребности в современных цифровых устройствах, развитием методов и сложности проектируемых устройств, а также важностью проектирования в производственном цикле. Целью данной работы является проектирование платы печатного монтажа, по принципиальной схеме системы контроля и управления доступом. В результате работы была достигнута цель и выполнены ряд задач, таких как изучения различных теоретических источников по проектированию и изготовлению печатных плат, было проанализирована принципиальная схема, выполнены основные расчёты и проведена трассировка платы печатного монтажа.

В теоретической части был произведён анализ технического задания и были изучены современные системы автоматизированного проектирования. В практической части был произведён анализ принципиальной схемы, расчёт размеров и расположения элементов, выбор материала и способа изготовления платы, а также проведена трассировка электрических соединений платы. В результате можно сделать вывод, что цель была достигнута и все поставленные задачи выполнены.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 51241-2008. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. Введ. – 17.12.2008 – М.: Стандартинформ, 2009. – 52 с. – Текст: непосредственный
2. ГОСТ Р 54831-2011. Системы контроля и управления доступом. Устройства, преграждающие управляемые. Общие технические требования. Методы испытаний. Введ. – 01.09.2011 – М.: Стандартинформ, 2012. – 19 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. Аполлонский С. М. Электротехника : учебник / С. М. Аполлонский. ⎯ М.: КНОРУС, 2018. ⎯ (Среднее профессиональное образование)
5. Банисла М. Решение задач на современном С++ / пер. с. англ. А. Н. Киселева – М.: ДМК Пресс, 2019. – 302 с.: ил.
6. Бишоп О. Электронные схемы и системы / пер. с англ. к. т. н. Рабодзей А. Н. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 516 с.
7. Букатов А. А., Гуда С. А. Компьютерные сети: расширенный начальный курс. Учебник для вузов. ⎯ СПб.: Питер, 2020. ⎯ 496 с.: ил. ⎯ Серия «Учебник для вузов»
8. 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.
9. Макаров С. Л. Arduino Uno и Raspberry Pi 3: от схемотехники к интернету вещей. ⎯ М.: ДМК Пресс, 2019. – 204 с.: ил.
10. Неировский А. Е. Электроника: учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, О. И. Степанов, А. В. Иванов. – М.: Инфра-Инженерная, 2019. – 200 с.
11. Петин В. А. 77 проектов для Arduino. ⎯ М. ДМК Пресс. 2020. ⎯ 356 с.: ил.
12. Петин В. А. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. ⎯ СПб.: БХВ-Петебург, 2016. ⎯ 32 с.: ил. ⎯ (Электроника)
13. Робсон Э., Фримен Э. Изучаем HTML, XHTML и CSS. 2-е изд. ⎯ СПб.: Питер, 2019. ⎯ 720 с.: ил. ⎯ (Серия «Head First O’Reilly»)
14. Солтис М. Введение в анализ алгоритмов / пер. с англ. А. В. Логунова. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 278 с.: ил.
15. Хрусталева З. А. Источники питания радиоаппаратуры : учебник / З. А. Хрусталёва, С. В. Парфенов. ⎯ М.: КНОРУС, 2019. ⎯ 240 с. ⎯ (Среднее профессиональное образование)
16. Шварц М. Интернет вещей с ESP8266: пер. с англ. ⎯ СПб.: БХВ-Петербург, 2018. ⎯ 192 с.: ил. ⎯ (Электроника)
17. ГОСТ Р 51241-2008. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. Введ. – 17.12.2008 – М.: Стандартинформ, 2009. – 52 с. – Текст: непосредственный
18. ГОСТ Р 54831-2011. Системы контроля и управления доступом. Устройства, преграждающие управляемые. Общие технические требования. Методы испытаний. Введ. – 01.09.2011 – М.: Стандартинформ, 2012. – 19 с. – Текст: непосредственный
19. 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
20. Аполлонский С. М. Электротехника : учебник / С. М. Аполлонский. ⎯ М.: КНОРУС, 2018. ⎯ (Среднее профессиональное образование)
21. Банисла М. Решение задач на современном С++ / пер. с. англ. А. Н. Киселева – М.: ДМК Пресс, 2019. – 302 с.: ил.
22. Бишоп О. Электронные схемы и системы / пер. с англ. к. т. н. Рабодзей А. Н. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 516 с.
23. Букатов А. А., Гуда С. А. Компьютерные сети: расширенный начальный курс. Учебник для вузов. ⎯ СПб.: Питер, 2020. ⎯ 496 с.: ил. ⎯ Серия «Учебник для вузов»
24. 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.
25. Макаров С. Л. Arduino Uno и Raspberry Pi 3: от схемотехники к интернету вещей. ⎯ М.: ДМК Пресс, 2019. – 204 с.: ил.
26. Неировский А. Е. Электроника: учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, О. И. Степанов, А. В. Иванов. – М.: Инфра-Инженерная, 2019. – 200 с.
27. Петин В. А. 77 проектов для Arduino. ⎯ М. ДМК Пресс. 2020. ⎯ 356 с.: ил.
28. Петин В. А. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. ⎯ СПб.: БХВ-Петебург, 2016. ⎯ 32 с.: ил. ⎯ (Электроника)
29. Робсон Э., Фримен Э. Изучаем HTML, XHTML и CSS. 2-е изд. ⎯ СПб.: Питер, 2019. ⎯ 720 с.: ил. ⎯ (Серия «Head First O’Reilly»)
30. Солтис М. Введение в анализ алгоритмов / пер. с англ. А. В. Логунова. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 278 с.: ил.
31. Хрусталева З. А. Источники питания радиоаппаратуры : учебник / З. А. Хрусталёва, С. В. Парфенов. ⎯ М.: КНОРУС, 2019. ⎯ 240 с. ⎯ (Среднее профессиональное образование)

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

# ПРИЛОЖЕНИЕ В