**Многофункциональная подсветка лестницы**

***Актов М.А.***

*Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы "Школа № 1557",*

*г. Москва, г. Зеленоград, Россия,*

*Email: maxmaster.07@yandex.ru*

**Multifunctional staircase lighting**

***Aktov M.A.***

*Moscow State Budget Educational Institution*

*" School No 1557",*

*Moscow, Zelenograd, Russia*

**Аннотация**

Устройство представляет собой новое решение для освещения лестничных пролётов, обеспечивающее безопасность, ориентацию и возможность указания направления движения в экстренных ситуациях. Оно использует светодиодное освещение с микроконтроллером и модулем времени, что позволяет в нужный момент времени указывать направление движения по необходимости и повышать уровень безопасности благодаря созданию дополнительного источника света. Устройство имеет возможность менять свои параметры свечения, улучшая универсальность использования и удобство в регулировании потока людей на лестницах. Система находится на стадии доработок программного обеспечения микроконтроллера для реализации всех задуманных функций.

**Abstract**

This device is a new solution for lighting stairwells, ensuring safety, orientation and the ability to indicate the direction of movement in emergency situations. It uses LED lighting with a microcontroller and a time module, which allows you to indicate the direction of movement at the right time if necessary and increase safety by creating an additional light source. This device has the ability to change its glow parameters, improving the versatility of use and convenience in regulating the flow of people on stairs. This system is at the stage of finalizing the microcontroller software to implement all the planned functions.

**Ключевые слова:** освещение; лестница; общеобразовательное учреждение; универсальность; микроконтроллер.

**Keywords:** lighting; stairs; educational institution; versatility; microcontroller.

**Введение**

Цель проекта – изготовить многофункциональную систему освещения лестничных участков с понятным управлением и с интуитивно-понятным световым оповещением.

Задачи проекта:

1. Рассмотреть и предусмотреть возможные случаи нарушения работы и использования итогового изделия.

2. Разработать элементы изделия.

3. Подобрать необходимые компоненты на основе разработок и параметров первого полноценного образца.

4. Протестировать элементы проекта на работоспособность и исправить ошибки.

5. Разработать и испытать программу управления системой с улучшением функций и дальнейшим исправлением ошибок.

6. Собрать изделие и проверить работоспособность разработанных функций.

Разработка данного проекта начинается с записи различных случаев использования и нарушения работы системы для дальнейшего учёта в разработке корпуса и программы. Далее, на основе выше указанных учётов и ожидаемых характеристик первого образца изделия, разрабатывается корпус под ожидаемые размеры внутренних компонентов и элементов управления. В работе над изделием необходимо контролировать размеры деталей, в основном высоту, иметь ввиду особенности расположения проводов между внутренними компонентами и сохранять необходимое расстояние для возможности без особых проблем собрать изделие.

**Освещение лестницы**

Для гибкого управления освещением, лента должна быть с возможностью управления каждого светодиода. Для этой задачи идеально подойдёт адресная светодиодная лента.

На рынке продается большое множество лент, однако лента будет вешаться в лестничном колодце, где нужен всенаправленный источник. Для такой задачи нужна адресная гирлянда. В продаже я нашел нужные гирлянды с легкоуправляемыми чипами, а именно с WS2812b (далее первый) и WS2811 (далее второй). Первый имеет 5В питание, а второй – 12В. Из-за малого напряжения у первого чипа есть риск сильной потери напряжения на дальних светодиодах, что скажется на их цвете, по сравнению с вторым, у которого данная проблема практически незаметна.

**Безопасность системы**

Как и другие устройства, данный проект должен обладать своими видами безопасности как от внешних, так и от внутренних угроз.

Для защиты управления от внешних несанкционированных действий следует сделать базовые, но удобные виды защиты.

Первым видом защиты будет являться пароль, который будет вводиться через цифровой блок. В качестве цифрового блока будет использоваться аналоговая кнопочная клавиатура, т.к. она имеет простоту в обработке вводимого значения. Одной из клавиш будет непосредственно кнопка «ввод» для подтверждения введённого пароля.

Вторым видом защиты будет являться модуль чтения карт типа RFID RC522. Через него будет считываться записанный с завода идентификационный код с моделью карты и сравниваться с ранее записанной в памяти данными. Если один из записных карт безопасности совпадёт с прикладываемой картой, то система разблокируется и позволит менять параметры. Также есть возможность записывать «тревожные» карты, при прикладывании которых система переходит в режим тревоги и выполняет необходимые действия. При установке внешнего резервного источника питания в экстренной или чрезвычайной ситуации использовать систему автономно.

По истечении определённого времени после последнего нажатия на какую-либо кнопку или после ручного действия система переходит в заблокированный режим, продолжая своё функционирование.

Электроника может быть подвержена самым различным видам угроз, из которых будут решены следующие виды угроз: короткое замыкание, обрыв цепи, перегрев управляющего устройства.

Короткое замыкание, как и обрыв цепи, будет определяться с помощью цифрового амперметра. Гирлянда, подключаясь через амперметр, будет включаться и отключаться через реле. Когда ток гирлянды перейдёт определённый порог, получаемый через предварительную калибровку, отключается питание гирлянды и вся система переходит в особый режим, когда полностью прерываются все ранее шедшие задачи.

В качестве дополнительных мер по защите электроники от перегрузки как от короткого замыкания, так и от неправильных расчётов, будет стоять блок предохранителей на две линии питания соответственно. В качестве предохранителей будут использоваться легкодоступные автомобильные предохранители модели «мини» из цинкового сплава.

Перегрев управляющего устройства является редким, но возможным случаем угрозы, которая может привести к требованию полной замены микроконтроллера. Для решения данной задачи будет использовано два метода, а именно охлаждающий радиатор и терморезистор для контроля температуры. Радиатор будет устанавливаться на чип микроконтроллера, что будет пассивно охлаждать его во время работы. Терморезистор будет стоять либо на радиаторе, либо в самом чипе, в зависимости от выбранного микроконтроллера. Он будет проверять температуру чипа или радиатора для проверки рабочих температур. В случае перехода порога система переходит в особый режим, когда полностью прерываются все ранее шедшие задачи для дальнейшего возращения в нужный температурный диапазон. После возращение в данные пределы с некоторым отступом по времени для дополнительного охлаждения система возобновит свою работу.

**Управление системой**

Для управления системой нужны органы связи с ней, а именно для ввода и вывода данных.

В качестве главного источника вывода визуальной информации будет жидкокристаллический символьный экран, так-как он прост в управлении и имеет достаточный функционал. Для вывода большего количества символов будет использоваться такой экран с наибольшим числом символов. Для этого я выбрал экран с 20 столбцами и 4 строками символов. Также он будет оснащён модулем расширения контактов для микроконтроллера с интерфейсом I2C.

В качестве дополнительного источника вывода информации будет использоваться активный пьезодинамик, как звуковой источник информации. Он будет информировать пользователя об ошибках в работе системы, о воздействии на органы ввода и т.д. Для создания различных сигналов будет использоваться полевой транзистор N-канала 2N7000.

Для ввода информации будет использоваться ранее упоминаемая аналоговая клавиатура и дополнительные кнопки управления с возможностью подсветки места для нажатия (для обозначения активности кнопочного функционала). Кнопок будет четыре и каждая отдельно является функцией: «перемещение вверх», «перемещение вниз», «подтвердить» и «отменить». Они так же могут выполнять похожие по изначальному смыслу функции, например, функция «перемещение наверх» может в определённых задачах выполнять «добавить к значению» или «включить». Аналоговая клавиатура будет иметь вид цифрового блока с дополнительной кнопкой, выполняющая функцию «удалить последнюю введённую цифру».

**Функции системы**

В основные задачи системы входит информирование участников движения на лестнице. Для разных случаев использования в учебных учреждениях нужна возможность менять условия для вывода определённой информации в определённый момент. В качестве условия переключения будет являться время, получаемое через модуль времени DS3231. Он доступный и имеет хорошую точность измерения. Так, первой основной функцией системы является вывод определённой информации по достижении определённой временной отметки, выставляемой пользователем.

Далее нужно сделать возможность калибровать систему под параметры гирлянды, а именно включать белый свет на всём участке и измерять ток в таком режиме, после сохранять полученный ток в памяти и использовать его для систем безопасности. Это вторая основная функция системы.

**Микроконтроллер**

Для решения заданных задач нужен микроконтроллер с возможностью одновременно управлять безопасностью системы, обработкой команд для адресной гирлянды и интерфейс управления. Под эти задачи подойдёт доступный микроконтроллер ESP32-D0WDQ6. Он имеет 2 встроенных ядра, что можно использовать в многозадачных случаях, как этот. На первом ядре будет работать большая часть программы. Второе ядро будет заниматься вспомогательными функциями.

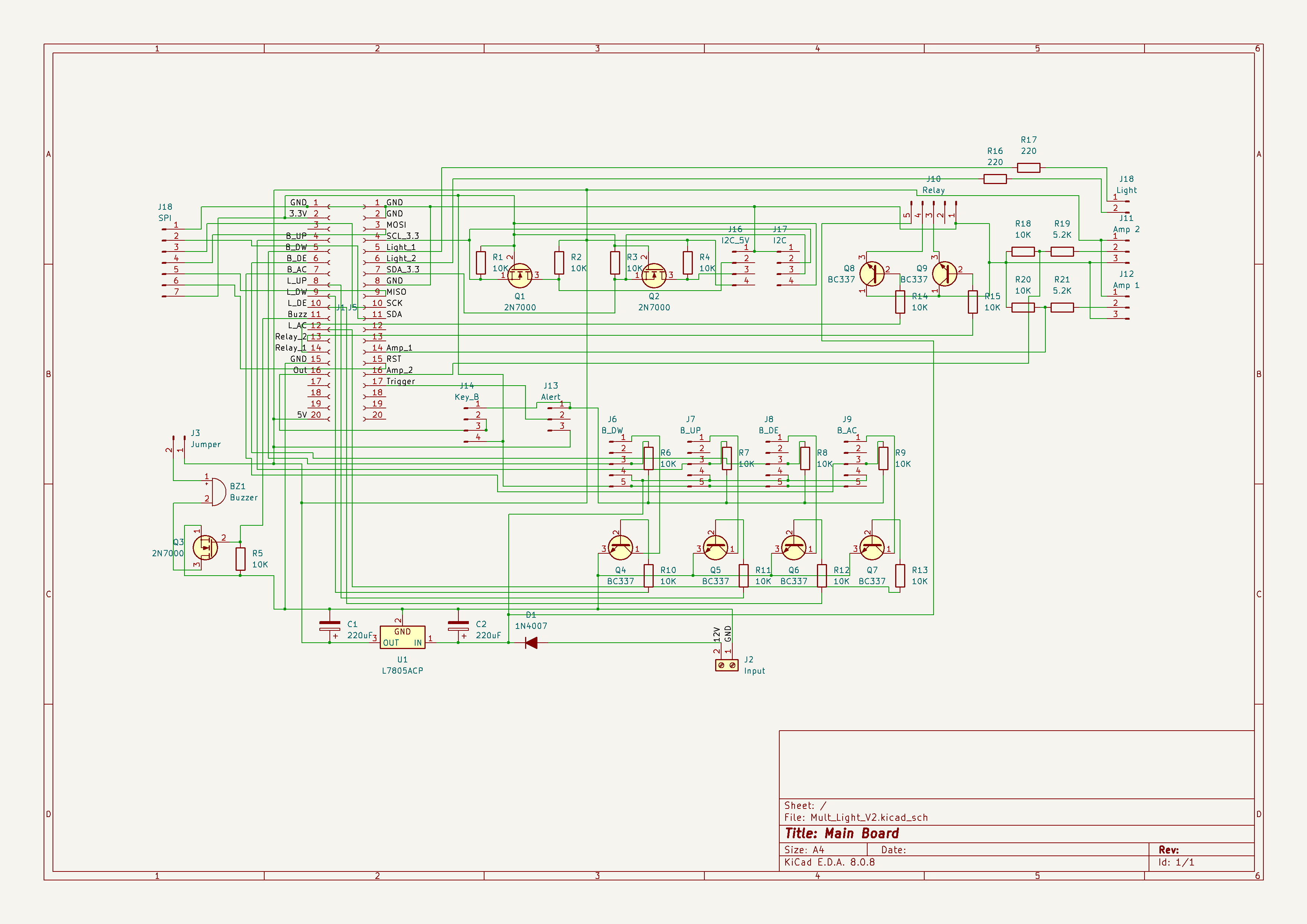
В рамках проекта будет использоваться отладочная платформа ESP32-WROOM-DevKit на базе вышеуказанного микроконтроллера. Платформа имеет 38 контактов, что позволит подключить все необходимые модули, а оставшиеся свободные, в перспективе, могут быть использованы в других задачах.

**Плата управления системы**

Для расположения всех необходимых компонентов следует использовать печатную плату. С учётом ожидаемого количества компонентов управления требуется двуслойная плата. Для общей защиты дорожек соответственно следует использовать маску с двух сторон и для пайки покрыть площадки ПОС-63. Обозначения элементов выполнить с помощью маркировки на лицевой стороне. Большая часть дорожек сделаны толщиной в 0,3 мм, дорожки питания 0,5 мм и 1 мм для уменьшения их сопротивления, соответственно уменьшая ток нагрева по закону Ома. Для данной версии платы используется объемная пайка с разъемными соединениями.

В качестве цвета основания выбран черный глянцевый для улучшения эстетического вида в сочетании с черным цветом основания у отладочной платы, а цвет обозначений белый для хорошей видимости на черном.

Разработка печатной платы производилась в САПР Autodesk EAGLE. Итоговая принципиальная схема платы указана на рисунке 1.



*Рис.1.* электрическая принципиальная схема платы

**Питание системы**

В качестве источника питания будет использоваться блок питания на 12В. Мощность блока питания будет выбираться в соответствии с ожидаемыми потреблениями компонентов системы, а именно управление и освещение. После подсчёта пикового потребления управления системы идёт подсчёт потребления освещения по формуле

(1)

где P – минимально требуемая мощность;

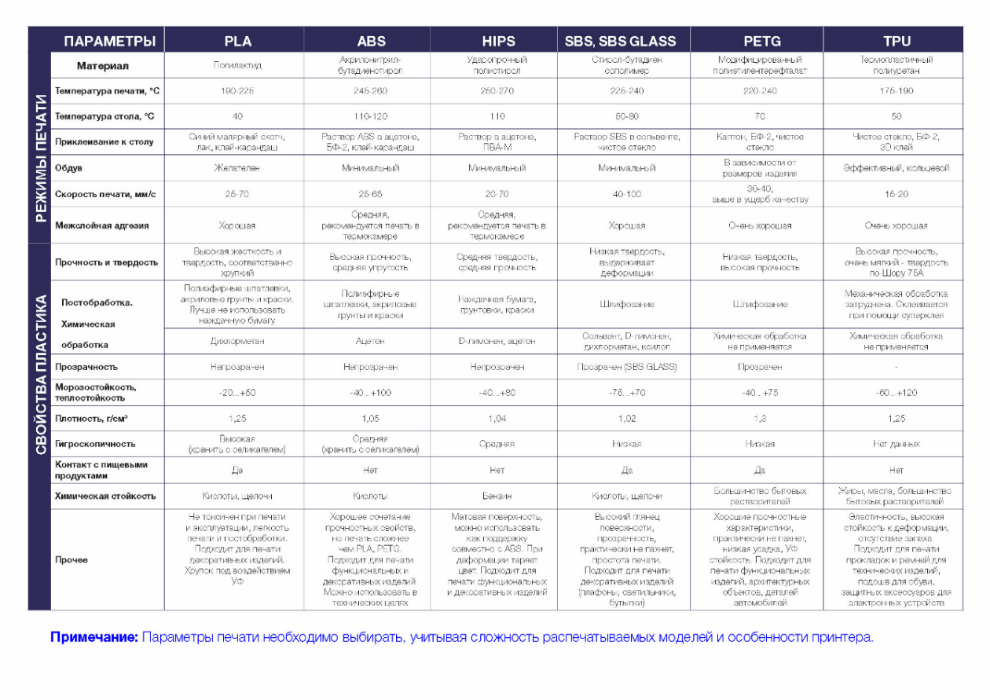
– мощность потребления управляемой единицы;

– количество управляемых единиц в цепи;

– мощность потребления управления системы.

**Корпус системы**

Корпус должен иметь очень необычную геометрию для эффективной установки всех элементов внутри. По этой причине я для создания корпуса воспользовался 3D-принтером с FDM технологией для упрощения производства. В качестве материала для печати корпуса был использован PET-G пластик ввиду хороших физических характеристик и простоты в печати и небольшой цены. Для выбора пластика использовался рисунок 2.



*Рис.2.* Сравнение распространенных пластиков для 3D печати

В рамках универсальности корпус будет иметь частичную модульность, а именно легко снимаемый блок питания и управляющую панель.

Весь корпус можно разделить на определенные части: основание, крышка основания, управляющая панель, панель модулей, корпус блока питания, крышка для корпуса блока питания, клипса крышки блока питания.

Разработка всех деталей производилась в программе САПР Компас 3D.

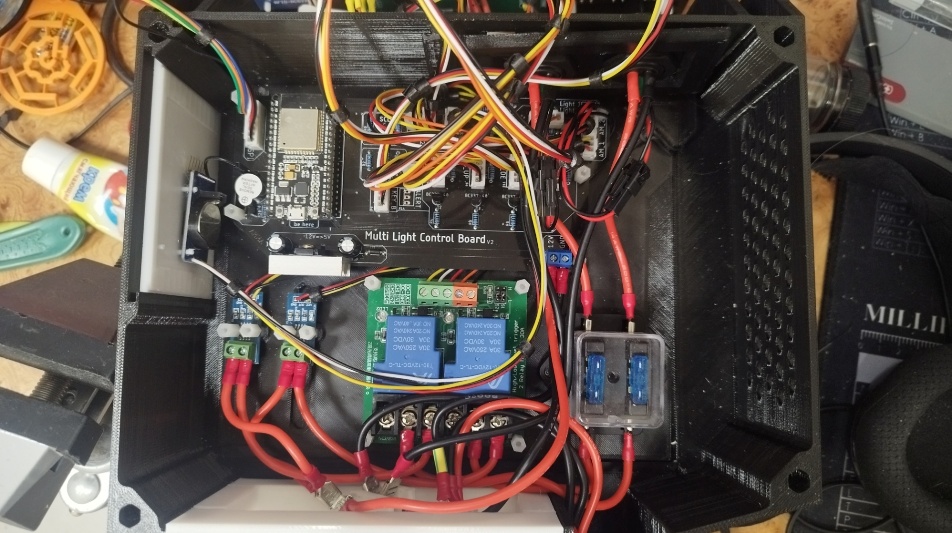
**Реализация проекта**

После подробной разработки элементов следует всех их реализовать. В этапах реализации находится создание, сборка и доработка элементов.

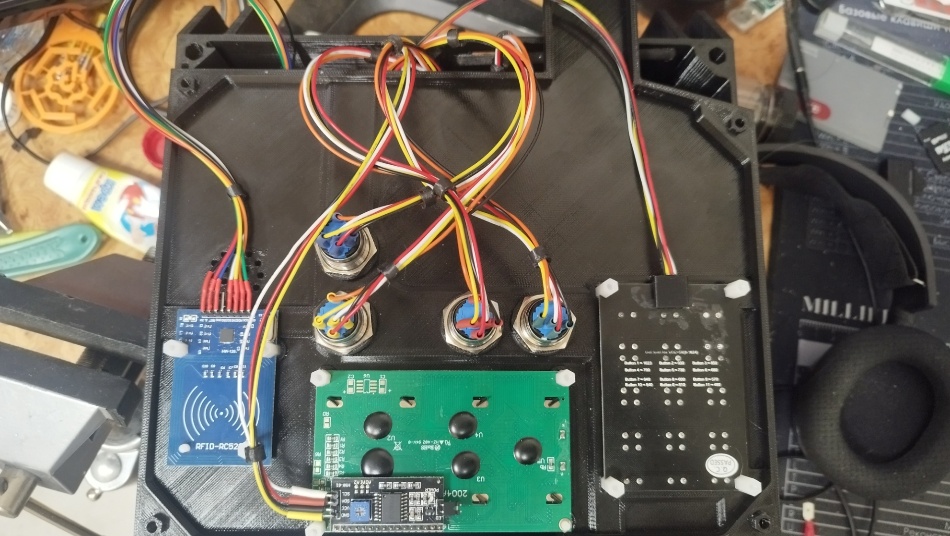
Печатная плата производилась на предприятии «Резонит» по ранее разработанным схемам. Компоненты распаивались с использованием припоя ПОС-63 и флюса RMA 07D00.

Для создания кода для микроконтроллера использовалась среда для программирования Arduino IDE с написанием кода на языке программирования C++. Для возможности одновременно выполнять разные задачи используются сразу оба ядра микроконтроллера. На ядре 0 выполняется большая часть всех функций и задач, а на ядре 0 обрабатываются только вспомогательные функции, такие как защита от зависания ядра 0, которое может произойти при использовании модуля чтения карт.

Большинство деталей проекта печатались на 3D-принтере Creality Ender 3 S1 Pro. Крышка основания и основание производились на отдельном предприятии.

Итоговая внутренняя компоновка показана на рисунке 3 и 4.

*Рис.****3****.* Фото расположения компонентов в основании



*Рис.****4****.* Фото расположения компонентов на крышке основания

**Заключение**

По итогам была изготовлена основа для системы освещения лестницы с возможностью продолжения развития.

Были рассмотрены и предусмотрены возможные случаи в работе системы, разработаны элементы изделия, в полной мере подобраны все необходимые компоненты для первого образца и испытаны элементы проекта на работоспособность с корректировкой ошибок на основе тестов. Оставшиеся задачи будут в дальнейшем выполнены. Были созданы базовый код с малым функционалом, который в дальнейшем продолжится улучшатся и пополнятся новыми функциями.

В рамках развития проекта возможно использование встроенного в микроконтроллер WI-FI для объединения в единую сеть всех подобных систем для возможности единого управления с одного устройства, общее расширение функционала системы для улучшения универсальности использования проекта, увеличение предела характеристик тока для силовых модулей (амперметры, реле, предохранители) для увеличения максимальной длинны адресной гирлянды, а также возможно использование сенсорного TFT экрана для упрощения процесса управления и настройки системы.

**Используемые источники**

1. Гайд по адресной светодиодной ленте [Электронный ресурс] // alexgyver.ru URL: https://alexgyver.ru/ws2812\_guide/ (дата обращения 20.01.2025)
2. Типы данных, переменные [Электронный ресурс] // alexgyver.ru URL: https://alexgyver.ru/lessons/variables-types/ (дата обращения: 19.01.2025)
3. Сравнения, условия и выбор [Электронный ресурс] // alexgyver.ru URL: https://alexgyver.ru/lessons/conditions/ (дата обращения: 19.01.2025)
4. Подробный гид по выбору пластика для 3D-печати [Электронный ресурс] // top3dshop.ru URL: https://top3dshop.ru/blog/podrobnyj-gid-po-vyboru-plastika-dlja-3d-pechati.html (дата обращения: 24.01.2025)
5. ESP32 WROOM DevKit v1: распиновка, схема подключения и программирование [Электронный ресурс] // wiki.amperka.ru URL: https://wiki.amperka.ru/products:esp32-wroom-wifi-devkit-v1 (дата обращения: 28.12.2024)
6. 3.3V SPI device with a 5v ATMEGA328? [Электронный ресурс] // forums.adafruit.com URL: https://forums.adafruit.com/viewtopic.php?f=8&t=26279&p=134997&hilit=spi+s (дата обращения: 30.12.2024)
7. Как выбрать блок питания для светодиодной ленты [Электронный ресурс] // club.dns-shop.ru URL: https://club.dns-shop.ru/blog/t-227-svetodiodnyie-lentyi/107583-kak-vyibrat-blok-pitaniya-dlya-svetodiodnoi-lentyi/?ysclid=m6qw3nsnrd110056709&utm\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 20.01.2025)
8. RFID RC522 Interfacing with ESP32 [Электронный ресурс] // www.electronicwings.com URL: https://www.electronicwings.com/esp32/rfid-rc522-interfacing-with-esp32 (дата обращения: 10.02.2025)
9. ШИМ в ESP32 [Электронный ресурс] // habr.com URL: https://habr.com/ru/companies/first/articles/664922/ (дата обращения: 15.02.2025)