

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

Институт машиностроения
(наименования института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Интеллектуальные энергетические системы
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Бактерицидный рециркулятор воздуха

| | | |
|--------------|---|----------------------------------|
| Студент | <u>Д.Р. Идрисов</u> (И.О. Фамилия) | <u>_____</u> (личная подпись) |
| Руководитель | <u>к.т.н., доцент, М.В. Позднов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия) | <u>_____</u> |
| Консультант | <u>к.т.н., доцент, А.В. Кириллова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия) | <u>_____</u> |

Тольятти 2021

Аннотация

Страниц - 65,. Рисунков - 40,. Таблиц - 6, Приложений - 3.

БАКТЕРИЦИДНЫЙ РЕЦИРКУЛЯТОР, УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ОБЛУЧЕНИЕ ОПАСНЫХ БАКТЕРИЙ.

Цель работы – разработать решение, способствующее снижению концентрации опасных бактерий вирусов и других микроорганизмов в рамках общественных учреждений, а также домашнего использования.

Задачи проекта заключались в аналитическом исследовании технических параметров существующих устройств, конструкторском проектировании, разработке модуля управления, в частности программирования микроконтроллера, а также разработке печатного узла для монтажа всех используемых компонентов электрической схемы.

Работа состоит из четырех глав, в каждой из которых были решены описанные ранее задачи.

В процессе выполнения программирования микроконтроллера была задействована интегрированная среда разработки Arduino IDE. Разработка печатного узла проводилась в системе EasyEDA.

Степень внедрения – устройство на текущий момент является опытным образцом.

Областью применения данного устройства являются все общественные учреждения, такие как:

- Детские сады,
- Больницы,
- Школы,
- Офисные центры.

Abstract

The title of the graduation work is Bactericidal air recirculator.

The graduation project consists of an explanatory note on 65 pages, introduction, including 40 figures, 6 tables, and the graphic part on 3 A4 sheets.

The aim of the senior thesis is to develop a solution that helps to reduce the concentration of dangerous bacteria viruses and other microorganisms in public institutions, as well as home use.

The graduation work may be divided into several logically connected parts which are analysis of technical parameters of existing devices; designing control module; development of a printing unit for mounting all the components of the electrical circuit used.

First, we consider the technology of air disinfection. Next, we examine the existing solutions as well as the parameters of the devices.

We then determine the technical characteristics and functionality of the device.

Much attention is paid to the development of a smart control system that will facilitate the use of the device.

The integrated development environment Arduino IDE for programming the microcontroller was also used in this work. Designing of the printing unit was carried out in the EasyEDA system.

In conclusion we'd like to stress that we designed a device fully fulfills the main task of the graduation project. Besides we propose further plans for its development.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 5 |
| 1 Аналитическое исследование технических параметров аналогичных устройств | 6 |
| 1.1 Технология обеззараживания воздушной среды..... | 6 |
| 1.2 Анализ поисковой статистики | 7 |
| 1.3 Анализ технических параметров существующих устройств | 7 |
| 2 Конструкторское проектирование устройства | 17 |
| 2.1 Анализ формы устройства..... | 17 |
| 2.2 Разработка корпуса устройства..... | 17 |
| 2.2 Поиск необходимых компонентов и сборка устройства | 19 |
| 2.3 Подбор ультрафиолетовых ламп и электронного пускорегулирующего аппарата (ЭПРА) | 23 |
| 2.4 Проектирование 3d моделей | 25 |
| 3 Разработка модуля управления | 28 |
| 3.1 Подбор микроконтроллера..... | 28 |
| 3.2 Выбор схемы электропитания микроконтроллера..... | 29 |
| 3.3 Проектирование блока питания | 30 |
| 3.4 Функциональные возможности реализуемые устройством | 33 |
| 3.5 Модули используемые в схеме | 34 |
| 3.6 Подключение модулей системы управления..... | 38 |
| 4.1 Конструирование схемы в сервисе EasyEDA | 53 |
| 4.2 Трассировка печатного узла..... | 53 |
| Заключение | 57 |
| Список используемых источников | 60 |
| Приложение А Схема электрическая принципиальная..... | 63 |
| Приложение Б Перечень элементов | 64 |

Введение

На сегодняшний день наиболее актуальны становятся такие слова как пандемия и эпидемии. А в связи с тем, что изо дня в день каждый из нас проводит достаточно большое количество времени в общественных местах, то все это может сказаться негативно на нашем здоровье.

Более ста лет назад человечество впервые увидело такое изобретение как ультрафиолетовая лампа. Но массовое применение данные лампы приобрели лишь в 1950-х годах.

Данные лампы нашли широкое применение в медицине, за счет своего излучения, которое в свою очередь разрушает генный состав вредных микроорганизмов, не давая им размножаться. Помимо медицины данные лампы используются в косметологических клиниках, в криминалистике, различных ловушках против насекомых и других различных сферах.

Основной упор на использование данных ламп является в устройствах по обеззараживанию воздушной среды в рамках общественных учреждениях.

Данный способ является очень популярным за счет совокупности простоты использования, а также эффективности обеззараживания воздуха. К тому же такие устройства не подлежат краткосрочному техническому обслуживанию.

Кроме плюсов, важно стоит отметить, что данные лампы оказывают и негативное влияние на кожу, а также зрение человека. В следствии этого становится необходимым использовать закрытый контур, и размещать данные лампы в специальных корпусах.

1 Аналитическое исследование технических параметров аналогичных устройств

1.1 Технология обеззараживания воздушной среды.

Основной идеей обеззараживания воздушной среды, является в его прокачке над источником ультрафиолетового излучения, который имеет длину волны от 100 до 300 нМ. Данное излучение, попав на вирусы, бактерии и другие микроорганизмы разрушает его генную структуру.

На рисунке 1 изображен принцип работы бактерицидного рециркулятора.

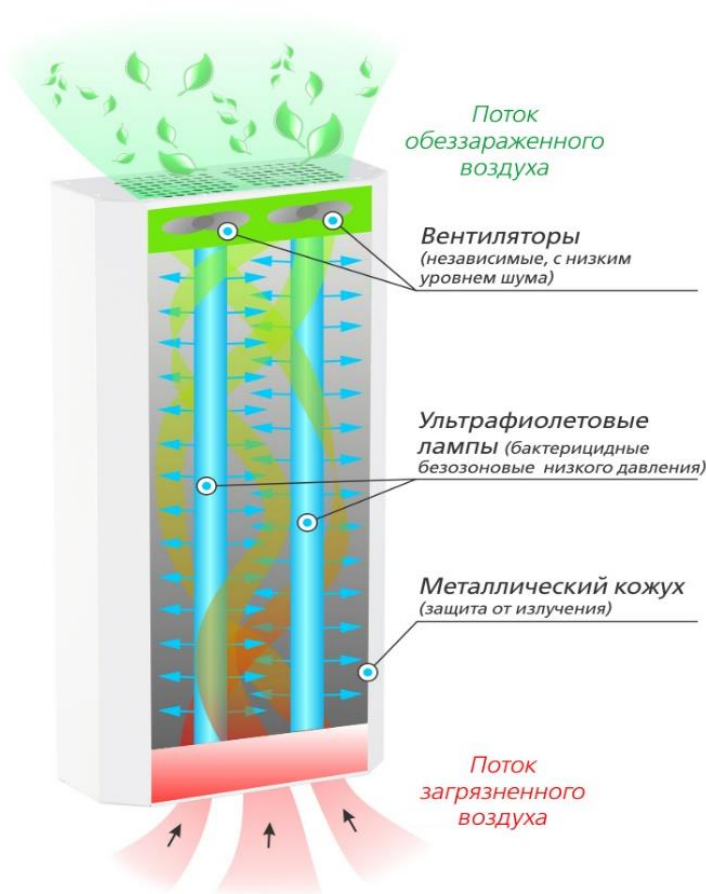


Рисунок 1 – Принцип работы рециркулятора

1.2 Анализ поисковой статистики

Проводя анализ актуальности данной работы с помощью статистики запросов сети Яндекс по ключевому слову «рециркулятор» (рис. 2), мы видим, что на сегодняшний день количество поисковых запросов также остается на высоком уровне.

| Период | Абсолютное | Относительное [?] |
|-------------------------|------------|----------------------------|
| 01.05.2020 - 31.05.2020 | 332 989 | 0,000 030 538 597 |
| 01.06.2020 - 30.06.2020 | 336 382 | 0,000 037 143 491 |
| 01.07.2020 - 31.07.2020 | 269 959 | 0,000 031 581 217 |
| 01.08.2020 - 31.08.2020 | 453 594 | 0,000 053 297 604 |
| 01.09.2020 - 30.09.2020 | 476 789 | 0,000 049 475 655 |
| 01.10.2020 - 31.10.2020 | 702 317 | 0,000 064 289 026 |
| 01.11.2020 - 30.11.2020 | 596 958 | 0,000 051 265 227 |
| 01.12.2020 - 31.12.2020 | 410 765 | 0,000 036 613 689 |
| 01.01.2021 - 31.01.2021 | 219 717 | 0,000 020 722 715 |
| 01.02.2021 - 28.02.2021 | 196 297 | 0,000 019 342 143 |
| 01.03.2021 - 31.03.2021 | 164 902 | 0,000 014 929 501 |
| 01.04.2021 - 30.04.2021 | 141 212 | 0,000 012 905 691 |

Рисунок 2 - Статистика запросов по ключевому слову “рециркулятор”

1.3 Анализ технических параметров существующих устройств

На рынке бактерицидных рециркуляторов существует уже огромное количество устройств обеззараживания воздуха. И в связи с этим, очень важным является то, чтобы предложить клиенту продукт, который будет для него наиболее востребованным. И в свою очередь грамотный анализ технических параметров аналогичных устройств, поможет выявить недостатки, которые мы сможем компенсировать, и уже использовать как конкурентное преимущество.

Для рассмотрения возьмем два крупных производителя аналогичных устройств, таких как:

- МЕГИ (Россия);
- Армед (Россия).

Первым из общего списка – это производитель медицинской мебели и оборудования “МЕГИ”, проводящий свою деятельность в городе Уфа.

Проведем оценку двух рециркуляторов данного производителя.

На очереди “Рециркулятор бактерицидный МСК-910/Ф” [15] (рис. 3).



Рисунок 3 - Рециркулятор бактерицидный МСК-910/Ф

Исходя из нашей задачи рассмотрим его технические характеристики, которые занесем в таблицу 1 [3-4].

Таблица 1 – Технические характеристики рециркулятора МСК-910/Ф.

| Название технического параметра | Сведения о данном параметре |
|---|------------------------------------|
| Воздушный фильтр | Присутствует |
| Количество ламп | 1 шт |
| Мощность лампы, Вт | 30 Вт |
| Производительность, $\frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ | $50 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ |
| Наличие системы управления | Отсутствует |
| Наличие счетчика отработки ламп | Отсутствует |
| Уровень звуковой мощности, дБ | Не более 40 дБ |
| Вес, кг | Не более 6 кг |
| Категория помещений | II, III, IV, V |
| Стоимость, руб | 7310 руб |

Рассмотрим еще один вариант аналогичного устройства от данного производителя, и в заключении анализа рассмотрим как плюсы, так и недостатки данных устройств.

Следующий на очереди – это Рециркулятор бактерицидный МСК-3908 [14] (рис. 4).



Рисунок 4 – Бактерицидный рециркулятор МСК-3908

Данный рециркулятор существенно отличается от предыдущего как техническими параметрами, к примеру большим количеством ламп, так и стоимостью устройства.

Проведем анализ его технических характеристик, и для наглядности занесем их в таблицу 2.

Таблица 2 - Технические характеристики рециркулятора МСК-3908

| Название технического параметра | Сведения о данном параметре |
|---|-------------------------------------|
| Воздушный фильтр | Присутствует |
| Количество ламп | 3 шт |
| Мощность лампы, Вт | 30 Вт |
| Производительность, $\frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ | $100 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ |
| Наличие системы управления | Отсутствует |
| Наличие счетчика отработки ламп | Отсутствует |
| Уровень звуковой мощности, дБ | Не более 40 дБ |
| Вес, кг | Не более 7 кг |
| Категории помещений | I, II, III, IV, V |
| Стоимость, руб | 12810 руб |

Из данных технических характеристик видно, что разница в стоимости с предыдущим устройством разнится в 5000 рублей. Но из того, что появилось в данном устройстве, так это дополнительно еще две ультрафиолетовые лампы. За счет чего и увеличилась производительность.

Перейдем к следующему производителю рециркуляторов, которым является АРМЕД, офис которого расположен в Новосибирской области.

Аналогично прошлому производителю рассмотрим два типовых устройства. В ходе которого составим таблицы с техническими характеристиками.

Первым на очереди “Рециркулятор Армед 2-130П” [13] (рис. 5).



Рисунок 5 - Рециркулятор Армед 2-130П

Данный рециркулятор оснащен двумя лампами, что непосредственно влияет на его производительность.

Также рассмотрим более подробно его технические характеристики, и занесем их в таблицу 3.

Таблица 3 – Технические характеристики рециркулятора Армед 2-130П

| Название технического параметра | Сведения о данном параметре |
|---|------------------------------------|
| Воздушный фильтр | Отсутствует |
| Количество ламп | 2 шт |
| Мощность лампы, Вт | 30 Вт |
| Производительность, $\frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ | $90 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ |
| Наличие системы управления | Отсутствует |
| Наличие счетчика отработки ламп | Отсутствует |
| Уровень звуковой мощности, дБ | Не более 40 дБ |
| Вес, кг | Не более 3,8 кг |
| Категория помещений | I, II, III, IV, V |
| Стоимость, руб | 9490 руб |

На первый взгляд, в сравнении с прошлыми устройствами, видно, что корпус изготовлен из пластика, к тому же на нем установлен механический переключатель, который позволяет пользователю выставить определенное время работы.

Рассмотрим еще один вариант.

Рециркулятор Армед 2-115 МТ [12] (рис. 6).



Рисунок 6 - Рециркулятор Армед 2-115 МТ

Данный рециркулятор оснащен двумя лампами по 15 Вт, и который в свою очередь превосходит своих прошлых аналогичных устройств, за счет своих функциональных возможностей. К примеру в данном устройстве присутствуют такие функции как:

- Счетчик отработки ламп;
- Таймер времени работы.

Более детальные характеристики данного устройства рассмотрены в таблице 4.

Таблица 4 - Технические характеристики рециркулятора Армед 2-115 МТ

| Название технического параметра | Сведения о данном параметре |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Воздушный фильтр | Отсутствует |
| Количество ламп | 2 шт |
| Мощность лампы, Вт | 15 Вт |
| Производительность, $\frac{м^3}{час}$ | $60 \frac{м^3}{час}$ |
| Наличие системы управления | Присутствует |
| Наличие счетчика отработки ламп | Присутствует |
| Уровень звуковой мощности, дБ | Не более 40 дБ |
| Вес, кг | Не более 3,8 кг |
| Категория помещений | I, II, III, IV, V |
| Стоимость, руб | 11029 руб |

Исходя из данных характеристик, можем сделать вывод, о том, что данный рециркулятор превосходит остальных своих аналогов по функционалу, который реализован наличием механического таймера, а также счетчика отработки ламп. К тому же сравнивая устройства Армед с МЕГИ, можем сделать вывод, что рециркуляторы Армед весят значительно меньше, за счет пластикового корпуса.

Подведем небольшой итог анализа четырех устройств.

Исходя из рассмотренных технических параметров четырех устройств, сделаем выводы, рассмотрев за счет чего, разрабатываемое устройство будет иметь конкурентное преимущество.

Первым недостатком данных рециркуляторов, является скучный и однообразный дизайн, который в идеальных условиях с легкостью может быть проработан.

Вторым минусом является то, что в данных устройствах уже реализован счетчик отработки ламп, а также таймер работы данного устройства. Но данная реализация не совсем удобна так как имеет механические переключатели. К тому же отсутствует какое-либо звуковое сопровождение об износе ламп.

Третий и самый существенный недостаток – это слишком завышенная стоимость изделия, которая варьируется в пределах от 7000 до 15000 рублей за единицу устройства.

По окончании данного анализа, выявлены некоторые моменты, которые позволят выступить с позиции конкурента среди своих аналогов на рынке.

На данный момент это:

- Меньшая стоимость, за более качественный функционал;
- Более расширенный функционал, для личной настройки каждого потребителя, вплоть до того, что позволит устройству включаться по расписанию;
- Улучшенный, проработанный дизайн рециркулятора.

2 Конструкторское проектирование устройства

2.1 Анализ формы устройства

Форму корпуса бактерицидного рециркулятора по большей степени задают сами ультрафиолетовые лампы, которые имеют длину в среднем 50 сантиметров.

Соответственно из этого условия становится понятным, какой формы должен быть корпус устройства.

Исходя из того, что в выше рассмотренных примерах аналогичных устройств все корпуса имели прямоугольную форму, которая располагалась вертикально относительно помещения.

2.2 Разработка корпуса устройства

Следующий вопрос заключается в том, что из какого материала должен быть изготовлен опытный образец. Во многом из-за материала корпуса влияет и вес устройства. Тем самым в первую очередь приходит, алюминиевый профиль (рис. 7), который в дальнейшем будет разрезан, и в последствии скрепляться.



Рисунок 7 – Профиль алюминиевый

Данный вид материала обеспечивает хорошую прочность, и защиту устройства от внешних негативных воздействий. Но с другой стороны, вес рециркулятора значительно повышается, что приводит к усложнению установки на стену.

Следующий вид материала, который подлежит к рассмотрению – это водосточная труба, изготовленная из поливинилхлорида (ПВХ) (рис. 8).



Рисунок 8 – Водосточная труба изготовленная из ПВХ

Данный материал имеет множество плюсов, в частности такие как:

- Относительная высокая прочность, самой трубы;
- Материал устойчив к воздействию на него ультрафиолетовых излучений, а также к воздействию влаги;
- Достаточно низкая стоимость. За счет чего, является ключевым параметром к снижению стоимости устройства.

2.2 Поиск необходимых компонентов и сборка устройства

Начав поиск подходящей по параметрам трубы. Было принято решение использовать трубу размерами 100x100x1000.

Одной из особенностей ультрафиолетового излучения является то, что данное излучение носит разрушительный характер на твердые предметы. Так как завод-изготовитель утверждает, что данная труба имеет защиту от ультрафиолетового излучения, то скорее всего объектом излучения является солнце. В случае с ультрафиолетовыми лампами, то данную поверхность необходимо обработать, в текущем случае защитой выступит алюминиевая фольга, которая клеится внутрь трубы (9).



Рисунок 9 – Фольга вклеенная в ПВХ трубу

Данные параметры были выбраны исходя из габаритов ультрафиолетовых ламп, которые будут установлены параллельно друг друга в самой трубе (рис. 10). А также имеющегося вентилятора, способствующего прокачки воздуха через плоскость трубы, который непосредственно будет облучен ультрафиолетом, тем самым проводя обеззараживание воздуха.



Рисунок 10 – Установка ультрафиолетовой лампы в трубу

Также помимо подбора корпуса для устройства. Важным шагом был поиск воздушного фильтра, который устанавливался бы на выходе устройства. Так как корпус рециркулятора имеет цилиндрическую форму, то было принято решение в подборе, такого фильтра, который бы вставлялся в корпус устройства.

В качестве фильтра использован диффузор потолочный (рис. 11), который имеет в себе сеточку, для фильтрации воздуха.



Рисунок 11 – Диффузор

Данный диффузор имеет диаметр 100 мм, что отлично подходит для нашей конструкции. Кроме установки диффузора, устройство имеет модуль управления, который сочетает в себе oled дисплей размера 128x64, модуль часов реального времени DS3231, пьезодинамик, а также кнопки отвечающие за включение и выключение питания. Подробнее о которых разберем в отдельной части

Все вышеперечисленные подобранные компоненты отлично сочетаются друг с другом и придают устройству особую стилистику.

2.3 Подбор ультрафиолетовых ламп и электронного пускорегулирующего аппарата (ЭПРА)

Одной из наиболее важных задач – это грамотный подбор ультрафиолетовых ламп. Так как данный модуль является «сердцем» устройства. Ведь непосредственно от него зависит качество обеззараживания воздуха, и помимо этого средний номинальный срок службы, который закладывает производитель. По итогу анализа рынка ультрафиолетовых ламп наш выбор пал на люминесцентную лампу TUV TL-D 15Вт T8 G13 PHILIPS (рис. 12).



Рисунок 12 – Ультрафиолетовая лампа TUV TL-D 15Вт T8

Данная лампа имеет пару ключевых параметров, которые устраивают нас, а это:

- Средний номинальный срок службы – 8000 часов. Что позволит использовать лампу в течении 2,5 лет, при условии того, что лампа будет отрабатывать каждый рабочий день по 10 часов.

- Габаритные размеры. 28 мм – диаметр, 451,6 – длина. Учитывая то, что общая длина устройства 100 мм. То такой вариант нам подходит.
- Мощность лампы 15 Вт. Такой показатель является оптимальным, так как в ходе анализа было выявлено, что при данной мощности объем обрабатываемого воздуха достигает $30 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$.
- Меньшая рыночная стоимость относительно других ламп на рынке.

Учитывая, что это люминесцентная лампа, то обязательным является использование электронного пускорегулирующего аппарата. Данный аппарат необходим для осуществления пуска и поддержания рабочего режима лампы.

Вторым немаловажным плюсом является то, что данное устройство предварительно разогревает электроды лампы, что делает пуск более мягким, и быстрым, а также возможность использования ламп при низких температурных режимах. Все эти показатели в комбинировании продлевают срок службы, что является очень важным.

Так как мощность установленной лампы не более чем 15 Вт. По подбору ЭПРА не составит труда. Рассмотрим устройство от компании NAVIGATOR (рис. 13).



Рисунок 13 - ЭПРА Navigator 82 435 NB-ETL-140-BA3

Данное устройство является универсальным в плане устанавливаемого типа источника света. Предназначен для использования ламп мощность не более 40 Вт. Габаритные характеристики 210 x 30 x 20 мм.

2.4 Проектирование 3d моделей

Также стоит отметить, для того чтобы закрепить экран и микроконтроллер внутри трубы, были разработаны 3d модели, которые в процессе разработки были распечатаны на 3d принтере.

На рисунке 14 изображена панель.

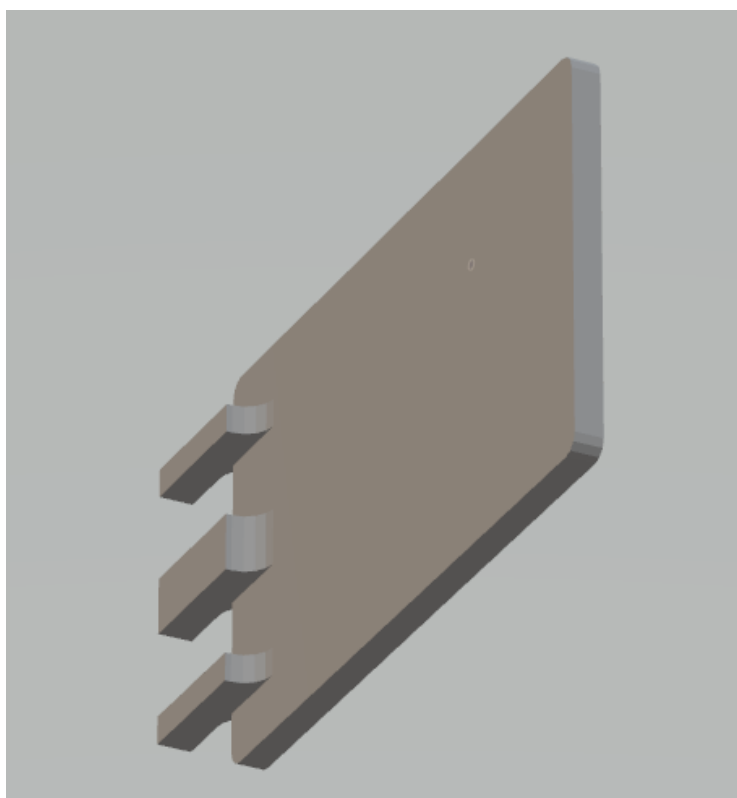


Рисунок 14 – Панель для размещения платы

Данная панель предназначена для крепления микроконтроллера внутри самой трубы. Само крепление выполнено из двух частей. Вторая часть которой вставляется в саму трубу, являющейся полкой для панели (рис. 15).

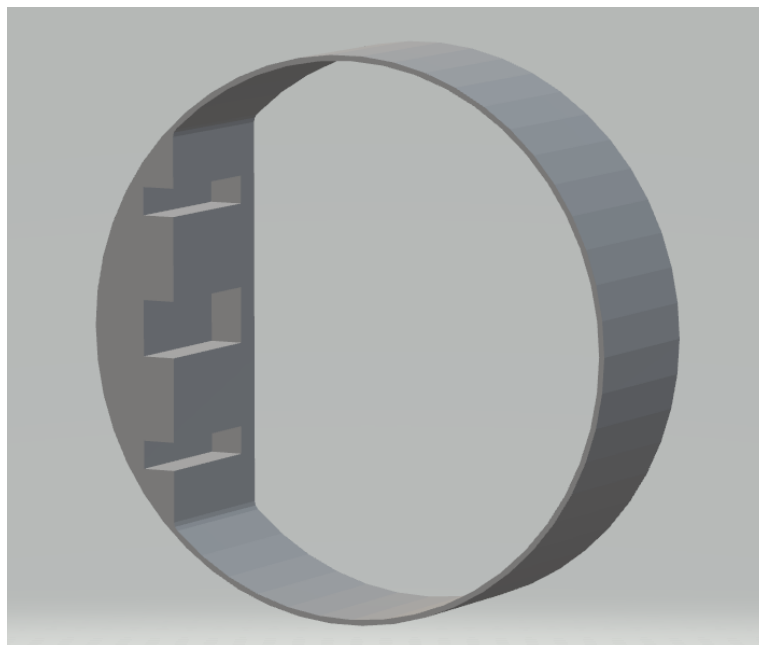


Рисунок 15 – Панель для крепления полки с микроконтроллером

Как видно из данного рисунка, в панели имеется три паза, в которые крепится полка с микроконтроллером.

Дополнительно в устройстве присутствует oled дисплей, для вывода информации. Но так как труба имеет цилиндрическую форму, то важным является то, чтобы разработать для него специальную рамку (рис. 16).

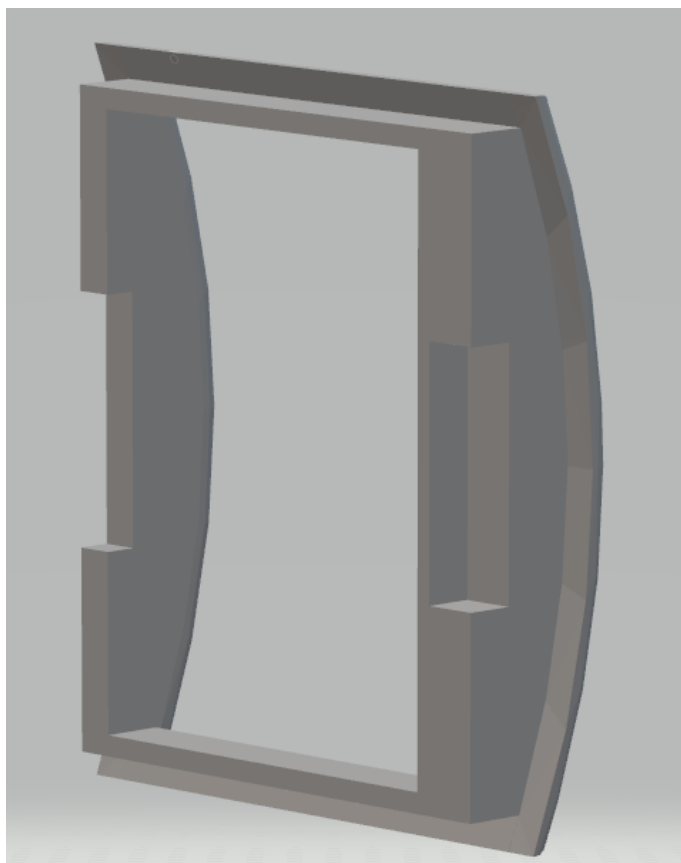


Рисунок 16 – Рамка для установки oled дисплея

Данная рамка устанавливается на дисплей, а после вставляется в саму трубу, не создавая зазоры между экраном и поверхностью трубы.

3 Разработка модуля управления

3.1 Подбор микроконтроллера

Одной и самой важной частью в данной работе является разработка модуля управления. Которая в свою очередь выступает конкурентным преимуществом в сравнении с аналогичными устройствами.

Данный модуль управления состоит из платы Arduino Nano [16] (рис. 17), который работает на программируемом микроконтроллере ATmega 328, тактовой частотой 16 МГц.

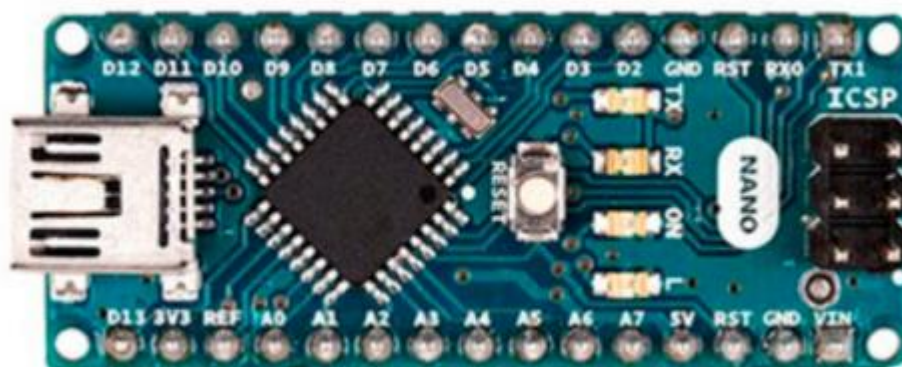


Рисунок 17 – Плата Arduino Nano

Данная плата имеет очень маленькие габаритные характеристики 42 x 19, при весе всего лишь в 19 грамм. Также данная плата имеет цифровые и аналоговые порты. Из которых 8 аналоговых и 14 цифровых. На рисунке 18 изображена распиновка данной платы. Важным критерием является низкое потребление тока в рабочем режиме – 24 мА.

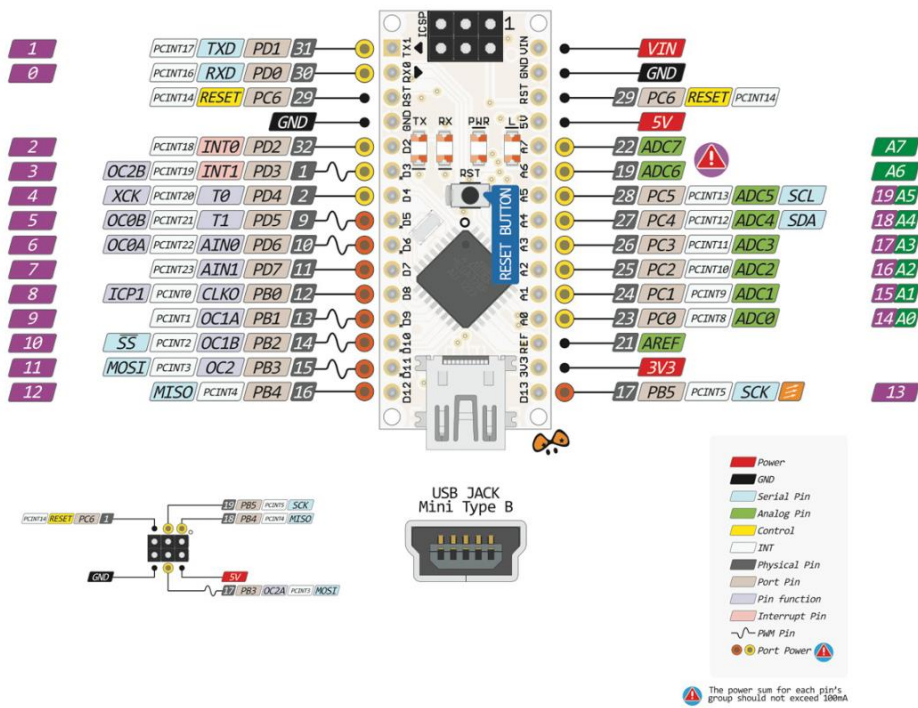


Рисунок 18 – Распиновка платы Arduino Nano

Первое на что стоит обратить внимание так это напряжение питания данной платы. В нашем случае напряжение питания может быть в пределах от 7 - 12 В. Соответственно для питания данной платы необходим понижающий преобразователь, который понизит сетевое напряжение 220 В до указанных выше 7 - 12 В, либо же использовать уже готовый вариант.

3.2 Выбор схемы электропитания микроконтроллера

Перейдем к рассмотрению трех вариантов питания платы.

Первым и самым простым вариантом становится использование блока питания для зарядки смартфона. Если учесть то, что плата микроконтроллера в активном режиме потребляет 24 мА. То с подбором блока питания ставится гораздо легче. Но в таком варианте и присутствуют недостатки, такие как

большие габариты комплектующих размещенных на плате , вследствие того, что новые зарядные устройства обеспечивают ток зарядки в пределах 0,5 - 5 А. Что для нашего случая является очень большим. Вторым недостатком является то, что данную конструкцию необходимо закреплять, и для этого необходимо также подойти к этому делу с конструкторской части, что опять же усложняет процесс массового производства данных устройств.

Вторым альтернативным вариантом является разработка выпрямителя. Конечно в сравнении с первым вариантом, данный способ питания необходимо разработать. Но в угоду облегчения, в плане массового производства рециркуляторов, данный способ стоит рассмотреть, так как понижающий преобразователь напрямую будет устанавливаться на печатный узел. Плюс габариты трансформатора и комплектующих данного преобразователя будут значительно меньше.

Третьим вариантом является покупка готового понижающего преобразователя, и его инсталляция непосредственно на печатную плату. Что тоже является затруднительно для массового производства.

На данном этапе из всех рассмотренных вариантов останемся на втором, из-за его меньших габаритных показателей.

3.3 Проектирование блока питания

Структура данного блока питания состоит из трансформатора, диодного моста и сглаживающего фильтра [17].

Перейдем к выбору трансформатора. Основным показателем нашей системы управления заключается в малом потреблении тока в рабочем режиме, а это в районе 24 мА.

Рассмотрим малогабаритный понижающий трансформатор ТП-112-7 (рис. 19).



Рисунок 19 – Понижающий трансформатор

В таблице 5 представлены технические характеристики данного трансформатора. Которые удовлетворяют необходимым требованиям, а это малые габаритные характеристики, напряжение на вторичной обмотке – 12 В, и выходной ток – 0,65 А.

Таблица 5 – Технические параметры трансформатора ТП 112-7.

| | |
|------------------------------------|-----------------|
| Максимально выходная мощность, Вт | 7 |
| Выходной ток, А | 0,65 |
| Масса трансформатора, не более, кг | 0,23 |
| Габаритные размеры, мм. | 43 x 36 x 40 |
| Тип магнитопровода | Пластинчатый |
| Дополнительные крепления | 2 саморезами М3 |

Помимо малых размеров, данный трансформатор имеет возможность его впайки в печатную плату, что облегчает его расположение.

Перейдем к выбору диодного моста.

Основными параметрами выбора диодного моста является обратное напряжение и величина прямого тока.

Учитывая, что на диодный мост будет подаваться напряжение 12 В, то с учетом запаса выберем диодный мост КЦ412А с обратным напряжением 50 В. А величину обратного тока 1 А (рис. 20).



Рисунок 20 – Диодный мост КЦ412А

Для снижения пульсаций на выходе выпрямителя установим сглаживающий фильтр в качестве конденсатора на 400 В , емкостью 100 мкФ (рис. 21).



Рисунок 21 – Конденсатор ECAP (K50-35) B43851.

3.4 Функциональные возможности реализуемые устройством

Перейдем к следующему этапу, а это функциональность данной системы управления.

Первое, что является очень важным, и должно присутствовать в каждом рециркуляторе – это счетчик отработки ламп.

Второй функциональной особенностью является то, что пользователю доступны три режима использования устройства:

- Режим при котором пользователь сам выбирает время включения, а также его выключения по которому устройство будет работать (к примеру с 7-00 до 17-00).
- Режим при котором пользователю необходимо ввести время в течении которого устройство будет работать (к примеру, если пользователь ввел число 4, то рециркулятор будет работать в течении этого времени).
- Режим при котором пользователь сам выбирает, когда и сколько устройство будет работать.

Важной особенностью функционала является то, что в устройстве реализована функция регулирования потока обрабатываемого воздуха.

3.5 Модули используемые в схеме

Данные функциональные возможности реализованы при помощи такого набора инструментов, которые обозначены в таблице 5.

Таблица 6 – Перечень используемого оборудования

| № | Название | Количество |
|---|--|------------|
| 1 | Микроконтроллер Arduino Nano | 1 шт. |
| 2 | Модуль часов реального времени DS3231 (рис. 22) | 1 шт. |
| 3 | OLED дисплей 128x64 (рис.23) | 1 шт. |
| 4 | Зуммер-динамик (рис. 24) | 1 шт. |
| 5 | Тактовая кнопка (рис. 25) | 3 шт. |

Каждый из элементов, входящих в выше перечень, подбирался с тем, чтобы он был как можно меньшего размера. К примеру модуль часов реального времени DS3231, имеет такие габаритные характеристики 13,6 x 13,4 x 10,5.

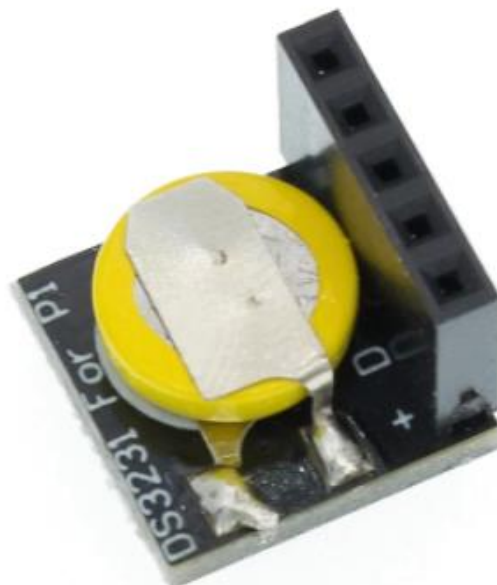


Рисунок 22 – Модуль часов реального времени DS3231

Данный модуль предназначен для подсчета реального времени, даже при условии того, что питание контроллера может быть отключено. В нашем случае часы реального времени необходимы для работы устройства точно по временному графику.

Вторым немаловажным модулем является OLED экран (рис. 23) имеющий разрешение 128x64 пикселя, и работающий по шине I2C. Экран выполняет функцию вывода информации микроконтроллера.



Рисунок 23 – OLED экран 128x64

Данный экран пользуется высокой популярностью за счет своей простоты использования, и качеству отображаемых пикселей. К тому же отлично подходит своими габаритными характеристиками.

Третий по счету модуль системы управления – это активный зуммер (рис. 24). Динамик, который издает звуковой сигнал при подаче на него напряжения. Данный динамик имеет рабочее напряжение 5 В, что отлично подходит для нашей схемы.



Рисунок 24 – Активный зуммер

Данный модуль в нашей системе имеет такую ключевую функцию как своевременное звуковое оповещение, при достижении определенной отметки наработки ламп.

И в заключении, нашим последний элементов в схеме управления, являются тактовые кнопки (рис. 25) в количестве 3 штуки.



Рисунок 25 – Тактовая кнопка

Данные кнопки необходимы для навигации системы управления рециркулятора. Очень просты в подключении и удобны в использовании. Но имеют один недостаток – это дребезг контактов, который в свою очередь устраняется подтягивающими резисторами.

3.6 Подключение модулей системы управления

Закончим разбор используемых элементов и модулей в системе управления, и перейдем к сборке. Сборка и отладка данной системы первоначально производится на макетной плате. На рисунке 26 изображена экранная копия системы EasyEDA, на которой имеется схема подключения системы управления.

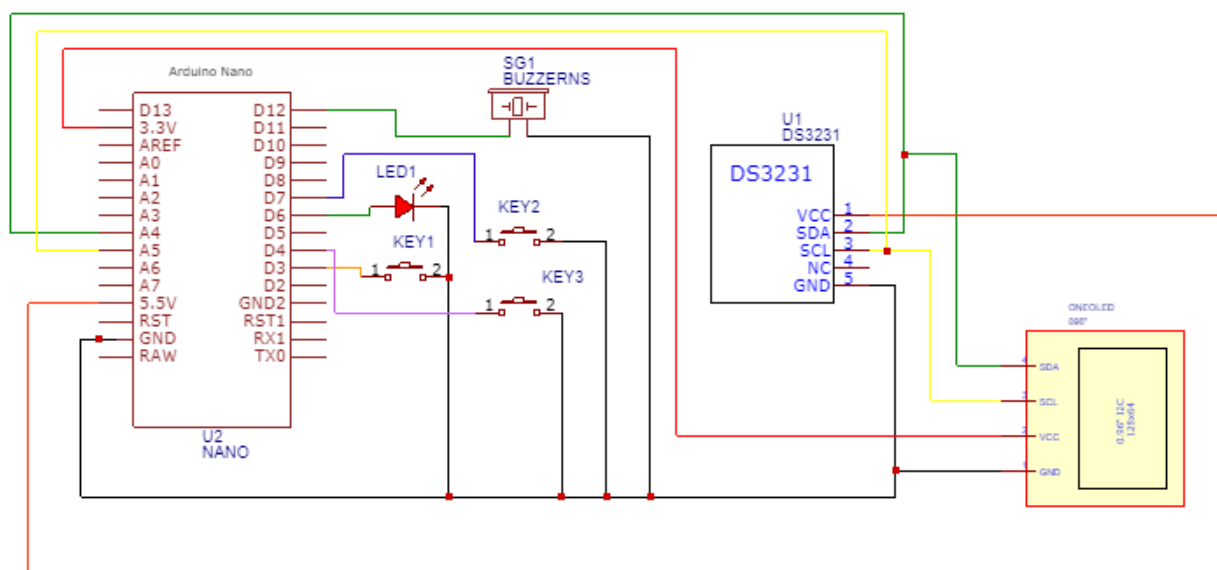


Рисунок 26 – Экранная копия системы EasyEDA

Как указывалось выше первоначально схема [24] собирается на макетной плате для ее корректной отладки, которая имеет вид (рис. 27).

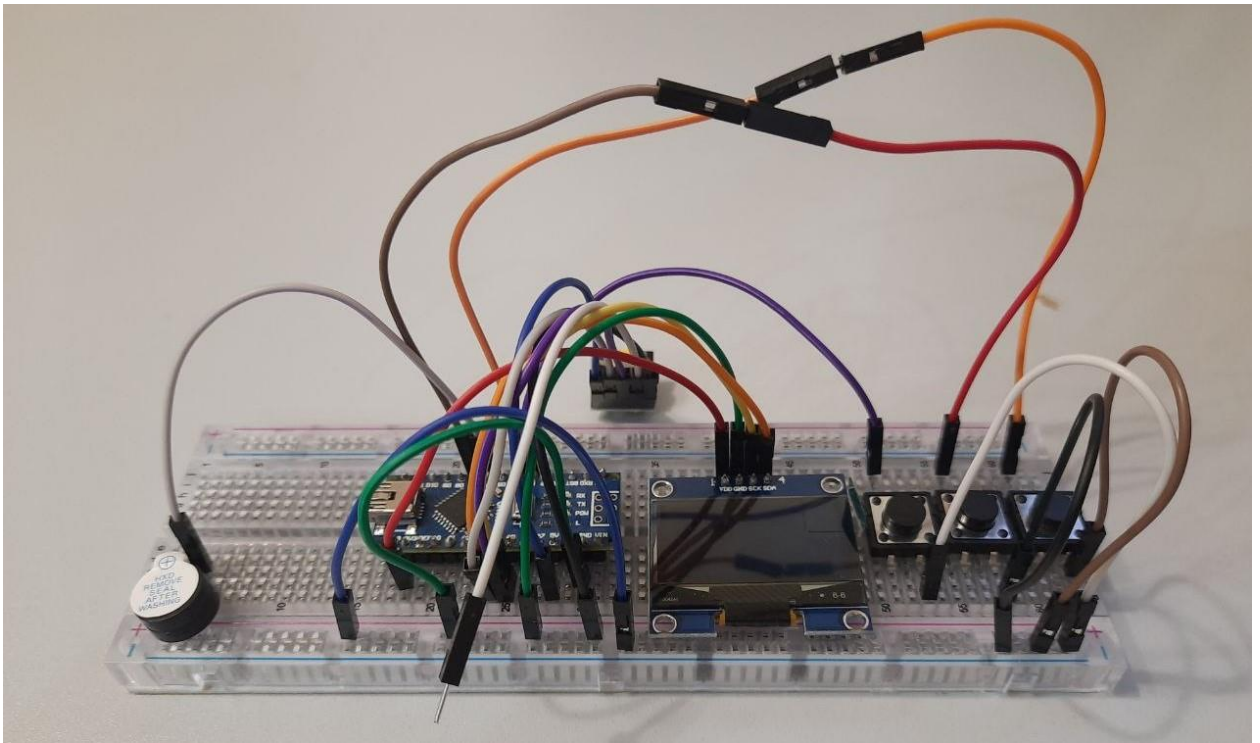


Рисунок 27 – Схема в сборе на макетной плате

Одним из самых важных частей данной работы, является программирование микроконтроллера [21], то есть реализация выполняемых функций. Программирование данного микроконтроллера производится в интегрированной среде разработки Arduino IDE на языке C++ [25].

Код программы приведен ниже:

```
#include <AnalogKey.h>
#include <GyverButton.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <DS3231.h>
#include <GyverOLED.h>
GyverOLED<SSH1106_128x64> oled;
#define OLED_BUFFER 1
DS3231 clock;
```

```

RTCDatetime dt;
byte ONhours = 0;
byte ONminutes = 0;
byte OFFhours = 0;
byte OFFminutes = 0;
byte TIMEoffhours = 0;
int TIMEoff = 0;
float ONlamp = 0;
byte OFFlamp = 0;
byte OUT = 0;
int ledPin = 6;
GButton button1(3); //UP
GButton button2(7); //DOWN
GButton button3(4); //OK
#define ITEMS 4
const uint8_t ptr_bmp[] PROGMEM = {
    0x3C, 0x3C, 0x3C, 0x3C, 0x3C, 0xFF, 0xFF, 0x7E, 0x3C, 0x18,
};
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    clock.begin();
    oled.init();
    Wire.setClock(800000L);
    pinMode(ledPin, OUTPUT);
    button1.setTimeout(300);
    button1.setClickTimeout(600);
    button2.setTimeout(300);
    button2.setClickTimeout(600);
    button1.setType(HIGH_PULL);
    button2.setType(HIGH_PULL);
    button1.setDirection(NORM_OPEN);
    button2.setDirection(NORM_OPEN);
}
void loop() {
    static int8_t pointer = 0;

```



```
button1.tick();
button2.tick();
button3.tick();
oled.clear();
dt = clock.getDateTime();
//Настройка 0 перед часами
if (dt.hour < 10) {
    oled.setCursorXY(10, 45);
    oled.setScale(2);
    oled.print(0);
    oled.setCursorXY(25, 45);
    oled.setScale(2);
    oled.print(dt.hour);
    oled.update();
}
else {
    oled.setCursorXY(15, 45);
    oled.setScale(2);
    oled.print(dt.hour);
}
//Настройка 0 перед минутами
if (dt.minute < 10) {
    oled.setCursorXY(50, 45);
    oled.setScale(2);
    oled.print(0);
    oled.setCursorXY(65, 45);
    oled.setScale(2);
    oled.print(dt.minute);
}
else {
    oled.setCursorXY(50, 45);
    oled.setScale(2);
    oled.print(dt.minute);
}
oled.setCursorXY(78, 45);
```

```

oled.setScale(2);
oled.print(":");
oled.setCursorXY(40, 45);
oled.setScale(2);
oled.print(":");
//Настройка 0 перед секундами
if (dt.second < 10) {
    oled.setCursorXY(90, 45);
    oled.setScale(2);
    oled.print(0);
    oled.setCursorXY(110, 45);
    oled.setScale(2);
    oled.print(dt.second);
    oled.update();
}
else {
    oled.setCursorXY(90, 45);
    oled.setScale(2);
    oled.print(dt.second);
    oled.update();
}
if (button1.isClick() or button1.isHold()) {
    pointer = constrain(pointer - 1, 0, ITEMS - 1);
}
if (button2.isClick() or button2.isHold()) {
    pointer = constrain(pointer + 1, 0, ITEMS - 1);
}
if (button3.isClick()) {
    switch (pointer) {
        case 0: Time(); break;
        case 1: func(); break;
        case 2: func(); break;
        case 3: presets(); break;
    }
}
}

```

```

//MENU
oled.clear();
if (pointer < 8) {
    oled.setScale(1);
    oled.setCursorXY(20, 0);
    oled.print
    (F(
        "Вкл/Выкл:\n "
        "Таймер:\n "
        "Пресеты:\n "
        "Время износа:\n "
    ));
}
oled.update();
printPointer(pointer);
oled.update();
//Текст Бактерицидный рециркулятор
oled.setCursorXY(13, 0);
oled.setScale(1);
//oled.print("Меню рециркулятора");
oled.update();
dt = clock.getDateTime();
//Вывод времени
}
void Time() {
    while (1) {
        oled.clear();
        dt = clock.getDateTime();
        if (dt.hour < 10) {
            oled.setCursorXY(1, 23);
            oled.setScale(1);
            oled.print(0);
            oled.setCursorXY(6, 23);
            oled.setScale(1);
            oled.print(dt.hour);
        }
    }
}

```

```

oled.update();
}
else {
oled.setCursorXY(6, 18);
oled.setScale(1);
oled.print(dt.hour);
}
//Настройка 0 перед минутами
if (dt.minute < 10) {
oled.setCursorXY(41, 18);
oled.setScale(1);
oled.print(0);
oled.setCursorXY(53, 18);
oled.setScale(1);
oled.print(dt.minute);
}
else {
oled.setCursorXY(41, 18);
oled.setScale(1);
oled.print(dt.minute);
}
oled.setCursorXY(62, 18);
oled.setScale(1);
oled.print(":");
//Настройка 0 перед секундами
if (dt.second < 10) {
oled.setCursorXY(70, 18);
oled.setScale(1);
oled.print(0);
oled.setCursorXY(80, 18);
oled.setScale(1);
oled.print(dt.second);
oled.update();
}
else {

```

```

oled.setCursorXY(70, 18);
oled.setScale(1);
oled.print(dt.second);
oled.update();
}
button3.tick();
if (button3.isClick()) return;
}
while (1) {
    button3.tick();
    if (button3.isClick()) return;
}
}
void printPointer(uint8_t pointer) {
    oled.setCursor(0, pointer);
    oled.setScale(1);
    oled.print(">");
}
//Вывод таймера на включение
void func() {
    while (1) {
        dt = clock.getDateTime();
        oled.clear();
        oled.setCursorXY(0, 35);
        oled.setScale(1);
        oled.print("Вкл");
        oled.setScale(1);
        oled.setCursorXY(50, 35);
        oled.print(ONhours);
        oled.setCursorXY(75, 35);
        oled.print(ONminutes);
        //Вывод таймера на выключение
        oled.setCursorXY(0, 50);
        oled.setScale(1);
        oled.print("Выкл");
    }
}

```

```

oled.setScale(1);
oled.setCursorXY(50, 50);
oled.print(OFFhours);
oled.setCursorXY(75, 50);
oled.print(OFFminutes);
oled.update();
button1.tick();
button2.tick();
button3.tick();
if (dt.hour == ONhours && dt.minute == ONminutes)
{
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
}
if (dt.hour == OFFhours && dt.minute == OFFminutes)
{
    digitalWrite(ledPin, LOW);
}
//Работа с кнопками вкл
if (button1.isClick()) {
    Serial.print("Click");
    ONhours = ONhours + 1;
    if (ONhours >= 24)
        ONhours = 0;
}
if (button2.isClick()) {
    ONminutes = ONminutes + 1;
    if (ONminutes >= 60)
        ONminutes = 0;
}
//Работа с кнопками выкл
if (button1.isHolded()) {
    OFFhours = OFFhours + 1;
    if (OFFhours >= 24)
        OFFhours = 0;
}

```

```

    if (button2.isHelded()) {
        OFFminutes = OFFminutes + 1;
        if (OFFminutes >= 60)
            OFFminutes = 0;
    }
    button3.tick();
    if (button3.isClick()) return; // return возвращает нас в предыдущее
МЕНЮ
}
while (1) {
    button3.tick();
    if (button3.isClick()) return; // return возвращает нас в предыдущее
МЕНЮ
}
}
void presets() {
    while (1) {
dt = clock.getDateTime();
        oled.clear();
        button1.tick();
        button2.tick();
        button3.tick();
        oled.setScale(1);
        oled.setCursorXY(50, 0);
        oled.print("Введите");
        oled.setCursorXY(40, 10);
        oled.print("кол-во часов");
        oled.setCursorXY(40, 30);
        oled.setScale(2);
        oled.print(TIMEoffhours);
        if (button1.isClick()) {
            TIMEoffhours = TIMEoffhours + 1;
            if (ONhours >= 24)
                ONhours = 0;
        }
    }
}

```

```

if (button2.isClick()) {
    TIMEoffhours = TIMEoffhours - 1;
    if (ONhours >= 24)
        ONhours = 0;
}
TIMEoff = TIMEoffhours + (dt.hour);
if (dt.hour == TIMEoff)
{
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
}
if (dt.hour != TIMEoff)
{
    digitalWrite(ledPin, LOW);
}
button3.tick();
if (button3.isClick()) return;
oled.update();
}
while (1) {
    button3.tick();
    if (button3.isClick()) return;
}
}

```

Данный код реализует управление устройством[11], а также работу различных функций [1]. Включение и выключение рециркулятора производится за счет управляющего сигнала [7-8], а именно цифрового выхода контроллера [18]. Напряжение при высоком логическом уровне цифрового выхода +5 В [23].

Рабочее напряжение необходимое для питания ультрафиолетовой лампы 220 В, что намного больше нежели напряжение управляющего выхода.

Для решения данной ситуации отлично подойдет оптопара МОС3061 [20] (рис. 28) в корпусе DIP-6.



Рисунок 28 – Оптосимистор МОС3061

Схема данной микросхемы, а также справочные данные изображены на рисунке 29.

- Solenoid/Valve Controls
- Lighting Controls
- Static Power Switches
- AC Motor Drives

- Temperature Controls
- E.M. Contactors
- AC Motor Starters
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS

| Rating | Symbol | Value | Unit |
|--|--------|-------|----------------------|
| INFRARED EMITTING DIODE | | | |
| Reverse Voltage | V_R | 6 | Volts |
| Forward Current — Continuous | I_F | 60 | mA |
| Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Output Driver Derate above 25°C | P_D | 120 | mW |
| | | 1.41 | mW/ $^\circ\text{C}$ |

OUTPUT DRIVER

| | | | |
|---|-----------|------|----------------------|
| Off-State Output Terminal Voltage | V_{DRM} | 600 | Volts |
| Peak Repetitive Surge Current (PW = 100 μs , 120 pps) | I_{TSM} | 1 | A |
| Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C | P_D | 150 | mW |
| | | 1.76 | mW/ $^\circ\text{C}$ |

TOTAL DEVICE

| | | | |
|---|-----------|-------------|----------------------|
| Isolation Surge Voltage(1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration) | V_{ISO} | 7500 | Vac(pk) |
| Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C | P_D | 250 | mW |
| | | 2.94 | mW/ $^\circ\text{C}$ |
| Junction Temperature Range | T_J | -40 to +100 | $^\circ\text{C}$ |
| Ambient Operating Temperature Range(2) | T_A | -40 to +85 | $^\circ\text{C}$ |
| Storage Temperature Range(2) | T_{stg} | -40 to +150 | $^\circ\text{C}$ |
| Soldering Temperature (10 s) | T_L | 260 | $^\circ\text{C}$ |

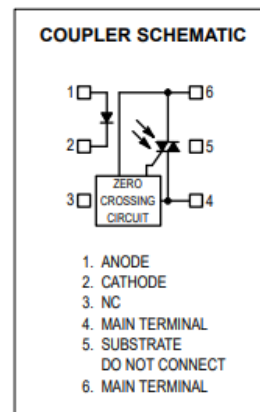


Рисунок 29 – Схема микросхемы МОС3061

Данная микросхема содержит внутри инфракрасный светодиод, и симистор [5-6]. Суть работы данной микросхемы такова, что при подаче на инфракрасный светодиод напряжение 5 В, он начинает светиться, и его свет попадая на симистор, к которому подключена нагрузка, открывает его.

Для подключения данной микросхемы необходимо ознакомиться с его схемой включения, которая описана в его справочнике datasheet [22] (рис. 30).

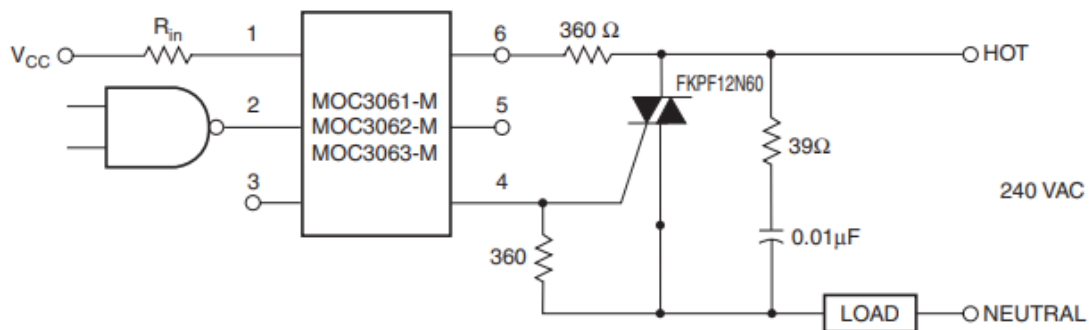


Рисунок 30 – Схема включения МОС3061

Исходя из данной схемы видим, что в ней присутствует ограничительный резистор R_{in} , благодаря которому происходит ограничение максимального тока, проходящего через светодиод. В нашем случае это 60 мА.

При условии того, что рабочий ток светодиода 5мА. Примем данное значение за 10 мА за учет старение, и следственной потере эффективности светодиода со временем. Расчитаем номинал данного резистора по формуле 1:

$$R_{in} = \frac{U_{VCC} - U_f}{I_f} \quad (1)$$

$$R_{in} = \frac{5 - 1,5}{0,01} = 350 \text{ Ом.}$$

Возьмем ближайший по номиналу резистор 360 Ом. Помимо ограничительного резистора в цепи светодиода установлен R-C ограничитель [2] для его защиты от внешних перенапряжений. Номиналы данного ограничителя уже известны, а это $R = 39 \text{ Ом}$, $C = 0,01 \text{ Ф}$.

На базе схемы включения было проведено аналитическое исследование, в котором проверялась работа данной оптопары. На рисунке 31 изображена макетная плата с установленными в ней компонентами[9].

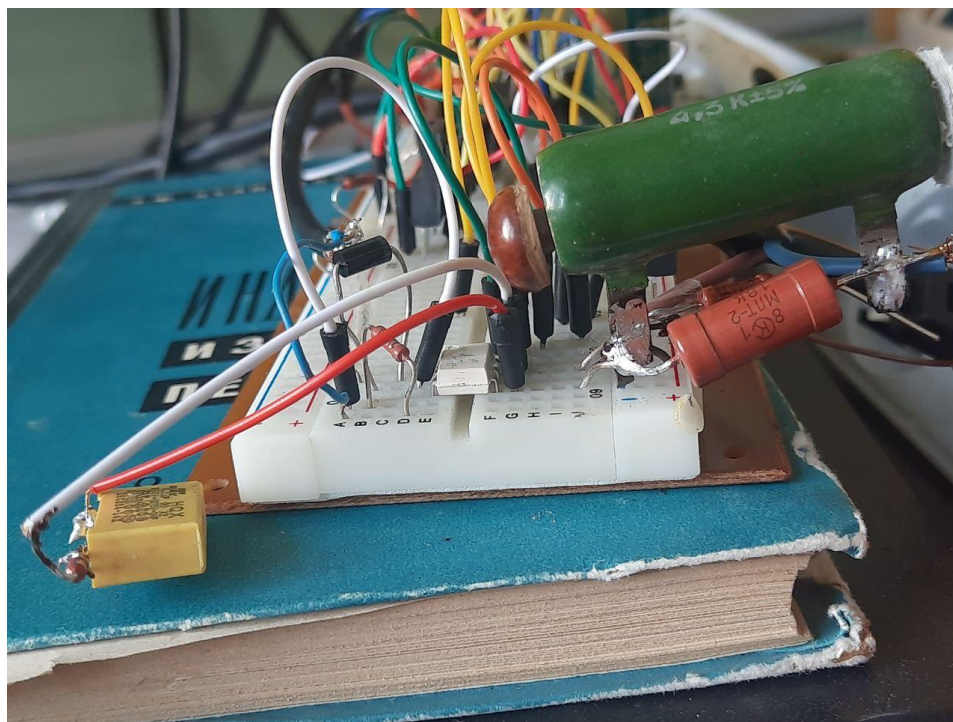


Рисунок 31 – Макетная плата с установленными компонентами

В ходе исследования была снята осциллограмма (рис. 32), которая отображает работу данной оптопары.

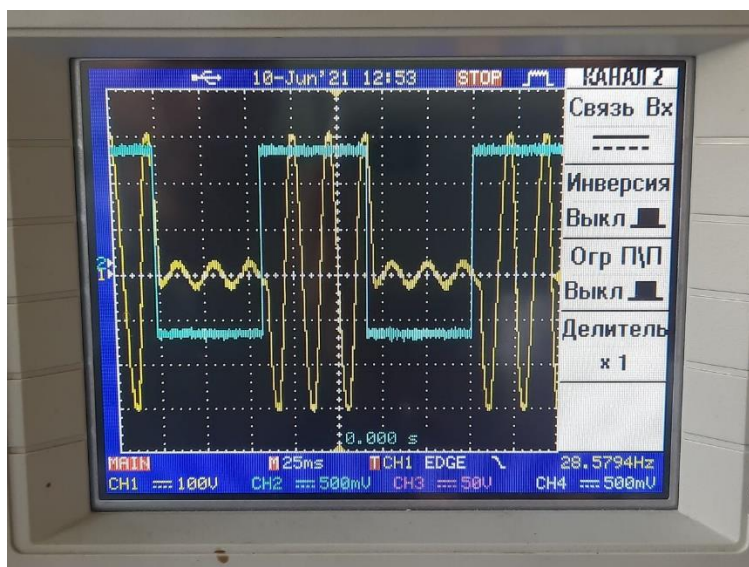


Рисунок 32 – Осциллограмма работы схемы

На данной осциллограмме видно, что при подаче управляющего импульса на светодиод (канал синего цвета), происходит отпирание семистора, и через него начинает протекать ток.

С электрической принципиальной схемой можно ознакомиться в приложении А. Также в приложении Б указан перечень используемых элементов.

4 Разработка печатного узла

4.1 Конструирование схемы в сервисе EasyEDA

Инсталляция всех выше описанных модулей и компонентов должна производиться на разработанную плату. В нашем случае разработаем печатную плату. Разработка данной платы будет производиться в среде EasyEDA [19], предназначенной для автоматизации проектирования электроники.

Для начала сконструируем принципиальную схему для тех элементов, которые включены в установку на печатной плате (рис. 33).

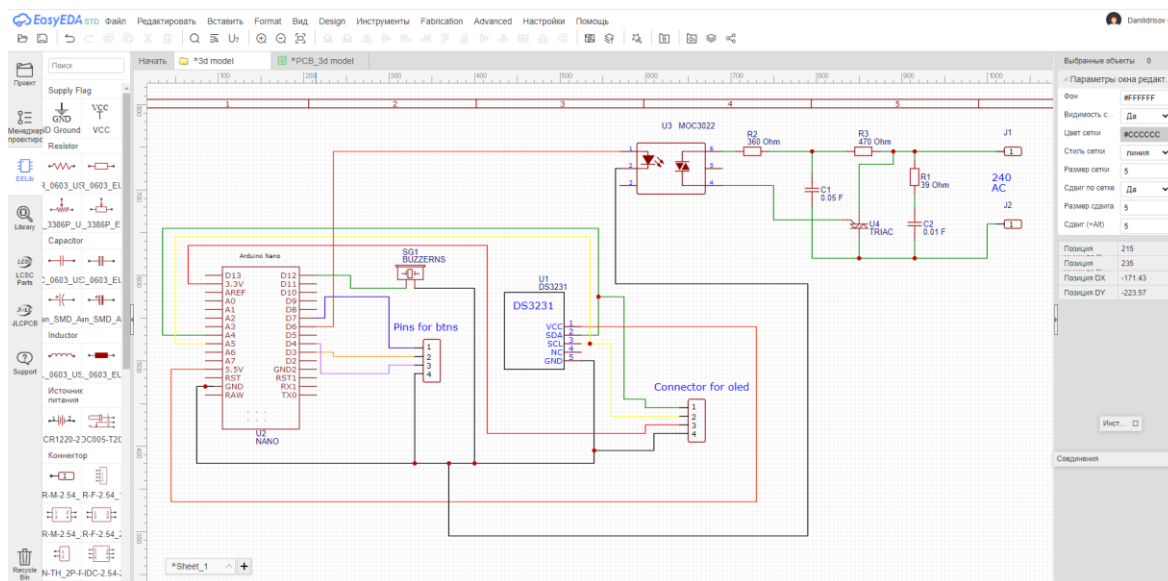


Рисунок 33 – Конструирование принципиальной схемы

4.2 Трассировка печатного узла

После успешного создания принципиальной схемы перейдем в раздел PCB (рис. 34). В данном разделе необходимо произвести трассировку будущей печатной платы.

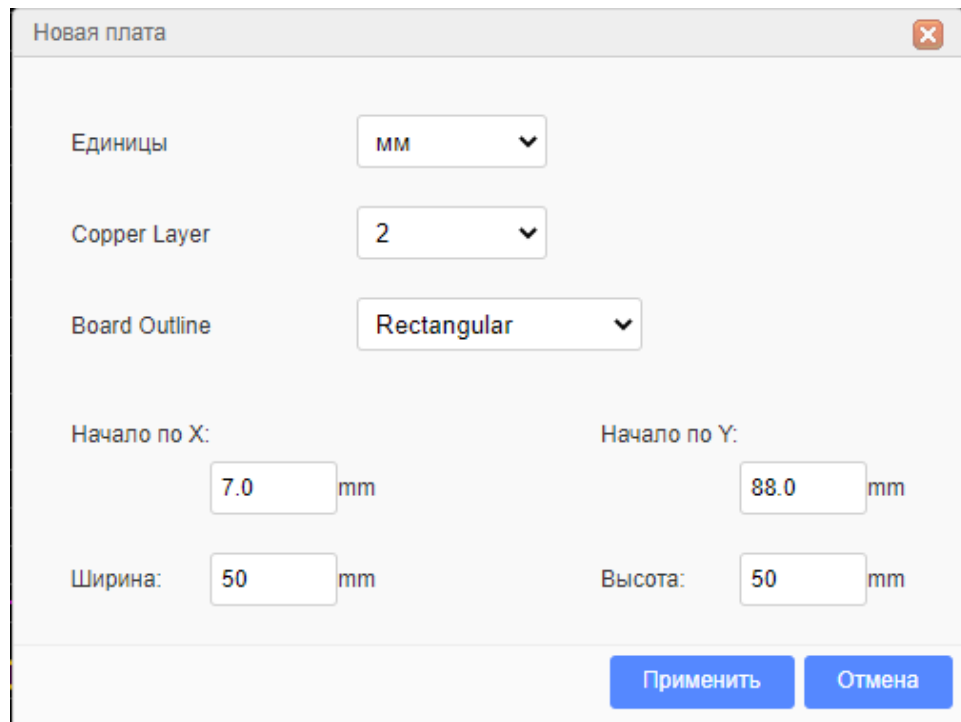


Рисунок 34 – Начало процесса трассировки печатной платы

Начав трассировку открываются параметры задания размеров и формы платы, а также толщину медного слоя.

В открывшемся окне, в правой части интерфейса доступны различные панели. Первая из них это панель инструментов (рис. 35). В данной панели находятся все основные инструменты для проведения дорожек и отверстий.

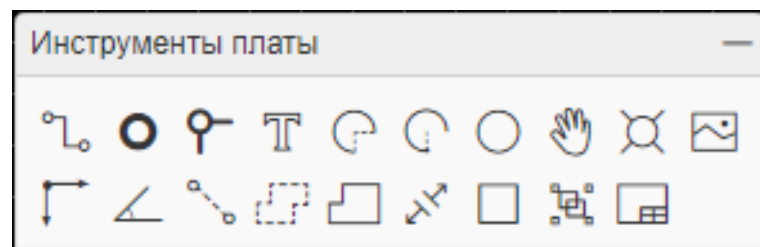


Рисунок 35 – Панель инструментов

Для задания ширины дорожек, перейдем в контекстное меню (рис. 36). В котором выберем значение 0,25 мм, а угол изгибов равен 45 градусам. Также в данном меню присутствуют настройки отображения сетки и фона.

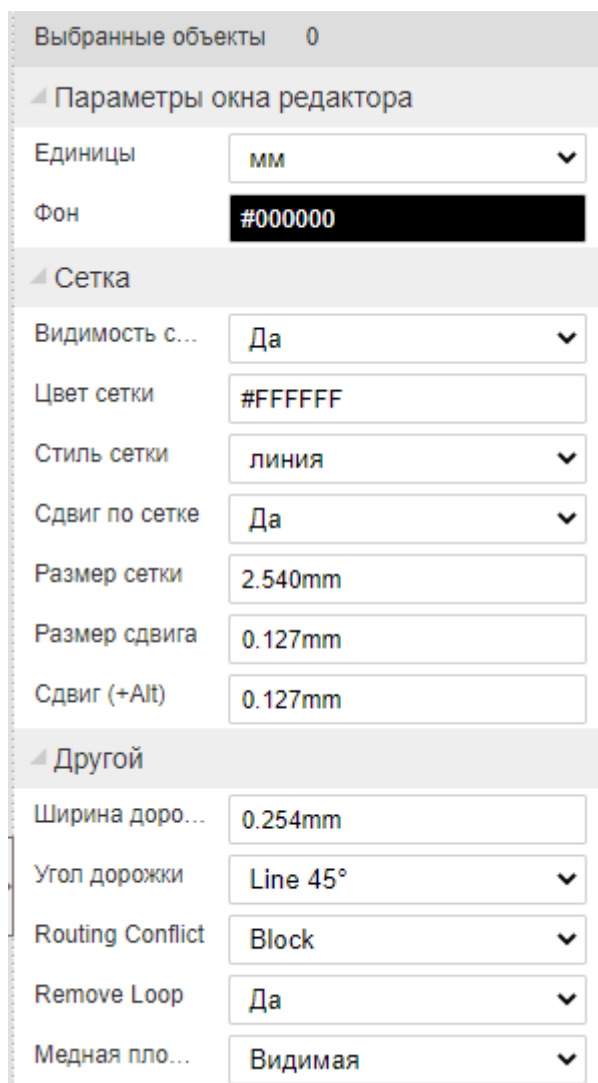


Рисунок 36 – Контекстное меню

Для начала разводки платы необходимо перенести все элементы расположенные на рабочем экране. В выделенную прямоугольником область, так как это границы печатной платы. После займемся трассировкой печатной платы.

На рисунке 37 изображен финальный вид трассировки. Как видно из рисунка печатная плата является двухсторонней, исходя из цветов дорожек.

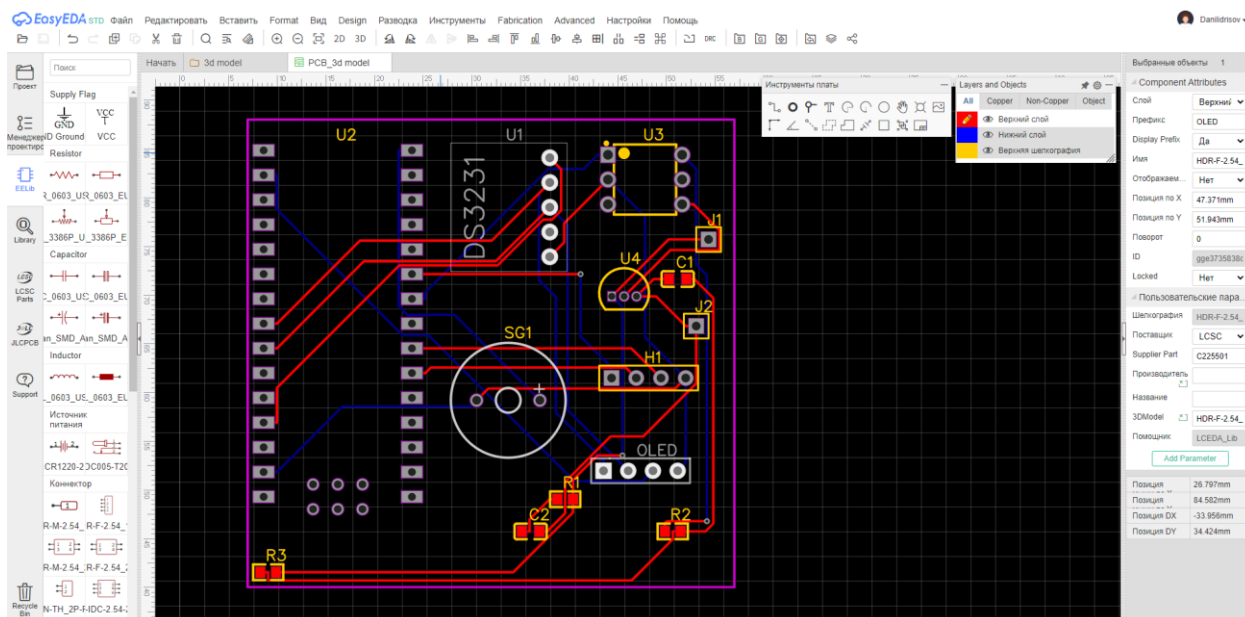


Рисунок 37 – Финальный вид успешной трассировки

На данном этапе разработка печатной платы успешно завершена. Далее необходимо оформить заказ для производства печатной платы на промышленном предприятии.

Заключение

В выпускной квалификационной работе был рассмотрен вопрос решения проблемы по снижению концентрации опасных бактерий, вирусов, грибов в воздухе, как в общественных, так и в жилых помещениях. По окончании работы был разработан бактерицидный рециркулятор воздуха. Выполняющий свою основную задачу – обеззараживание воздушной среды. А также имеющий наличие умной системы управления, обеспечивающая максимальный комфорт пользования устройством. Также в процессе разработки, следует отметить, были разработаны крепления для установки системы управления в системе автоматизированного проектирования. Детали которого были распечатаны на специализированном принтере.

В рамках разработки данного устройства, были достигнуты успехи в рамках проектной деятельности “WinterExpoProjectTGU 2020” (рис.38), где Бактерицидный рециркулятор стал “Проектом-лидером”. После чего проект продолжил свое участие в проектной деятельности уже в 2021 году (рис. 39).

Помимо проектной деятельности проект заявил о себе приняв участие в программе “Навигатор Инноватора”, направленная на развитие научно-технологических проектов при поддержке Открытого университета Сколково в Санкт-Петербурге (рис.40).

На данном этапе проектирование и разработка устройства не заканчивается, а в дальнейшем планируется оформление патента, и сертификация устройства для успешного выхода на рынок. Ведь с учетом появления новых штаммов вирусных инфекций, что вызывает рост заболеваемости среди населения. И в связи с этим возрастает потребность в использовании дополнительных средств обеззараживания воздуха. В данном случае это использование бактерицидных рециркуляторов.

На текущий момент планируемые цели и задачи выпускной квалификационной работы успешно достигнуты.

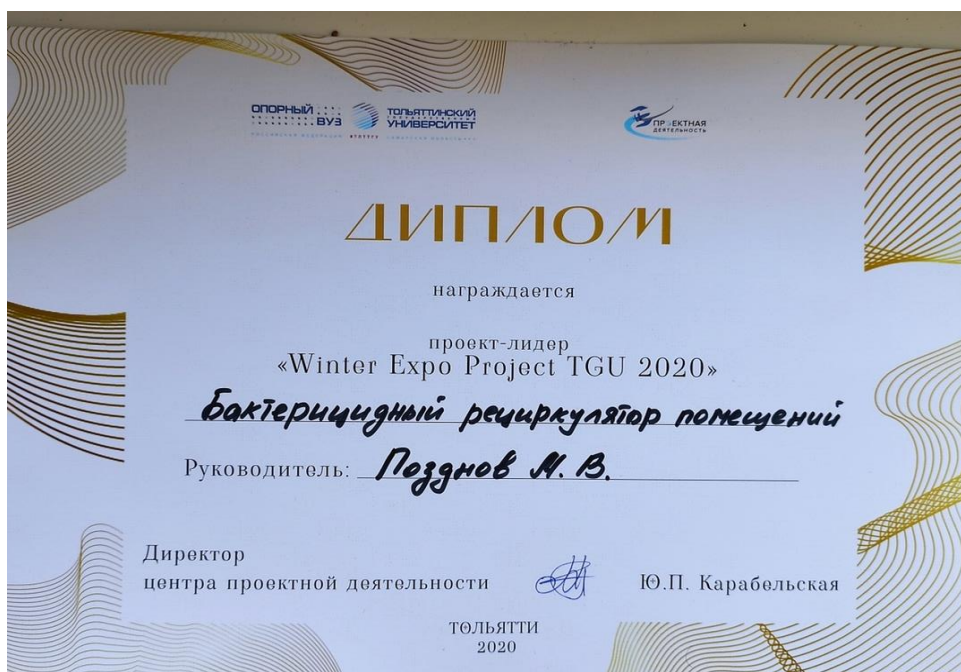


Рисунок 38 – Сертификат с WinterExpoProjectTGU 2020



Рисунок 39 – Сертификат об окончании проектной деятельности 2021 года



Рисунок 40 – Сертификат с программы “Навигатор Инноватора”.

Список используемых источников

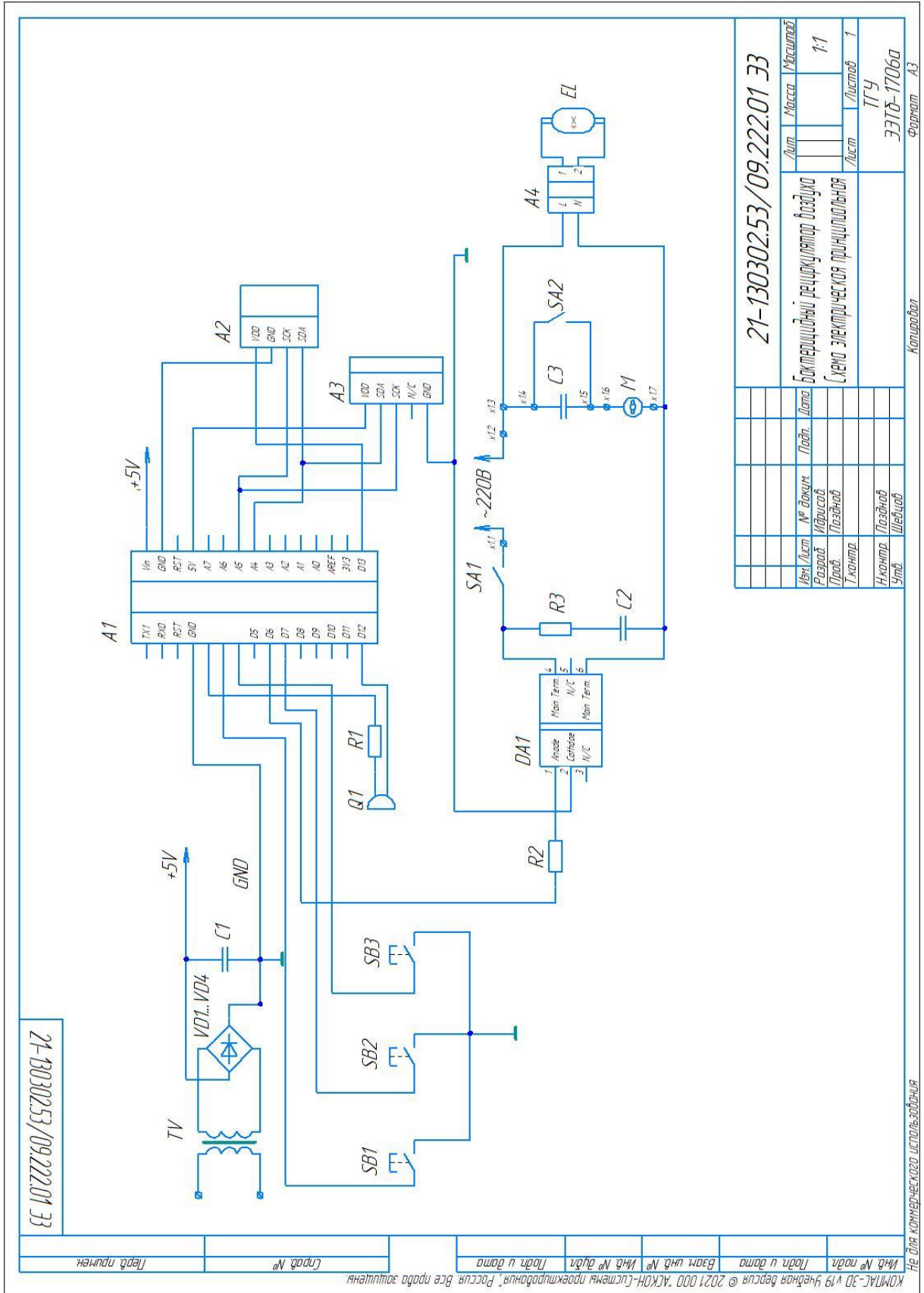
1. Ван Вик Кристофер Дж., Седжвик Роберт. Алгоритмы на C++. Анализ структуры данных. Сортировка. Поиск. Алгоритмы на графах. 2019. – 1056с. ISBN 978-5-907144-21-7
2. Васильев В. И., Гусев Ю. М., Миронов В. Н. «Электронные промышленные устройства» Высш. шк., 1988. – 303 с.: ил. ISBN 5 – 06 – 001287 - 5
3. ГОСТ 2.105.-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
4. ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
5. Мелешин В. И. «Транзисторная преобразовательная техника», Москва: Техносфера, 2006. – 632с. ISBN 5-94836-051-2.
6. Ненахов, С.А. Инженерные расчеты импульсных регуляторов напряжения / С.А.Ненахов, А.Н.Кукаев // Электрическое питание .- 2005 .- №4 .- С.25 – 28.
7. Прата Стивен. Язык программирования C++. Лекции и упражнения 2018. – 1244 с. ISBN 978-5-907114-00-5.
8. Программирование на Arduino. // Официальный сайт «Arduino.ru» URL: <http://arduino.ru/Reference> (Дата обращения 15.05.21)
9. Рама Редди С. «Основы силовой электроники», Москва: Техносфера, 2006. – 288с. ISBN 5-94836-055-5/
10. Симисторная оптопара. Управление симистором. // Официальный сайт «elektrolife.ru» URL: <https://elektrolife.ru/elektroshemy/simistornaja-optopara-upravlenie-simistorom/> (Дата обращения 4.06.21) Технические описание платы Arduino NANO. // Официальный сайт «arduino-nano.ru» URL: <http://arduino-nano.ru/#desc> (Дата обращения 3.06.21).

11. Синтаксис и структура кода. Arduino. // Официальный сайт «alexgyver.ru» URL: <https://alexgyver.ru/lessons/syntax/> (Дата обращения 28.05.21)
12. Техническое описание бактерицидного рециркулятора // Официальный сайт «АРМЕД» URL: <https://www.armed.ru/product/recirkulator-2-115-mt-metall-s-tajmerom-armed/> (Дата обращения 2.06.21).
13. Техническое описание бактерицидного рециркулятора // Официальный сайт «АРМЕД» URL: <https://www.armed.ru/product/recirkulator-2-130-p-plastik-armed/> (Дата обращения 6.05.21).
14. Техническое описание бактерицидного рециркулятора // Официальный сайт ООО «Медстальконструкция» URL: <https://www.megi.ru/catalog/product/msk-3908-retsirkulyator-bakteritsidnyu/> (Дата обращения 2.05.21).
15. Техническое описание бактерицидного рециркулятора // Официальный сайт ООО «Медстальконструкция» URL: <https://www.megi.ru/catalog/product/msk-910f-retsirkulyator-bakteritsidnyu-dl/> (Дата обращения 2.05.21).
16. Техническое описание платы Arduino NANO. // Официальный сайт «arduino-nano.ru» URL: <http://arduino-nano.ru/#desc> (Дата обращения 3.06.21).
17. Чиженко И. М., Руденко В. С., Сенько В. И. Основы преобразовательной техники. Учебн. Пособие для специальности «Промышленная электроника» М., «Высш. школа», 1974.
18. Cotton Richard. Learning R: A Step-by-Step Function Guide to Data Analysis. 2013. – 400. ISBN-13: 978-1449357108.
19. EasyEDA is a free and easy to use circuit design, circuit simulator and pcb design that runs in your web browser. // Official site «EasyEDA» URL: <https://easyeda.com/> (Дата обращения 1.06.21).

20. GENERAL ELECTRIC: SCR Manual Including Triacs and Other Thyristors 6th Edition. 1979. – 631. ISBN-13:978-0137967632.
21. McGrath Mike: Coding for Beginners in easy steps: Basic Programming for All Ages. 2015. – 192. ISBN-13:978-1840786422.
22. Official site «Alldatasheet» URL: <https://www.alldatasheet.com/> (Дата обращения 4.06.21).
23. Purdum Jack: Beginning C for Arduino, Second Edition: Learn C Programming for the Arduino 2nd ed. Edition. 2015. – 414. ISBN-13:978-1484209417.
24. Smith K. C. A.: Electrical Circuits: An Introduction (Electronics Texts for Engineers and Scientists) 1st Edition. 1992. – 596. ISBN-13:978-1847022721.
25. Turner Jason: C++ Best Practices (Full Color Syntax Highlighting): 45ish Simple Rules with Specific Action Items for Better C++. 2021. - 153. ISBN-13:979-8589725469.

Приложение А

Схема электрическая принципиальная



21-130302.53/09.222.01.33
Лист 1 из 1

| Изд./Лист | № докум. | Подп. | Дата | Масштаб |
|-----------|-------------------------------------|----------|------|------------|
| 1/1 | 21-130302.53/09.222.01.33 | | | 1:1 |
| Разработ. | Вентиляционный рециркулятор воздуха | | | |
| Проб. | Схема электрическая принципиальная | | | |
| Т.контр. | | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Умб. | | | | |
| | | Контракт | | ЭЗТБ-1706а |
| | | Формат | | A3 |

Лист для коммерческого использования

Приложение Б
Перечень элементов

| | | Поз. обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|----------------------------|---------------|------------------|---|---|------------|
| Перв. примен. | | | Модули | | |
| | A1 | | Микроконтроллер Arduino Nano | 1 | |
| | A2 | | Oled I2C дисплей 128x64 px | 1 | |
| Справ. № | A3 | | Часы реального времени на микросхеме DS3231 | 1 | |
| | A4 | | Электронный пускорегулирующий аппарат Navigator 82 435 NB-ETL-140-BA3 | 1 | |
| | | | Конденсаторы | | |
| | C1 | | K50-35-400-10мкФ-±20% | 1 | |
| | C2 | | B32683-400-0,1мкФ- | 1 | |
| | C3 | | K73-17-630-0,047мкФ-±10% | 1 | |
| | DA1 | | Микросхема МОС3061 оптопара | 1 | |
| | EL | | Ультрафиолетовая лампа Philips 15W | 1 | |
| | M | | Вентилятор вытяжной осевой 100 мм | 1 | |
| | Взаим. инв. № | Q1 | | Прибор звуковой сигнализации (пьезодинамик) | 1 |
| | | | Резисторы CF-100 | | |
| R1 | | | C1-4-1-220 Ом ±5% | 1 | |
| R2 | | | C1-4-1-360 Ом ±5% | 2 | |
| SA1, SA2 | | | Клавишный переключатель MRS-101-2C3 | 2 | |
| 21-130302.53/09.222.02 ПЭЗ | | | | | |
| Инв. № подл. | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| | Разраб. | Идрисов | | | |
| | Проб. | Позднов | | | |
| | Н.контр. | Позднов | | | |
| Утв. | Шевцов | | | | |
| | | | Бактерицидный рециркулятор воздуха | | |
| | | | Перечень элементов | | |
| | | | ТГУ ЭЭТД-1706а | | |
| | | | Формат А4 | | |

Не для коммерческого использования

Копировал

