

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К. И. Сатпаева

Институт Автоматики и Информационных технологий  
Кафедра Электроники, телекоммуникации и космических технологий

Ратушняк С.В.

«Разработка системы определения занятости парковочного места для  
автоматической парковки на индукционном принципе»

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

По образовательной программе 6В06201 – Телекоммуникация

Алматы 2025 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казакский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой ЭТиКТ  
канд. техн. наук, ассоциированный  
профессор  
**Е. Таштай**  
"26" 05 2025 г.



**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к дипломному проекту

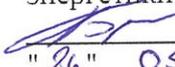
На тему: «Разработка системы определения занятости парковочного места для  
автоматической парковки на индукционном принципе»

Образовательная программа: 6B06201 – Telecommunication

Выполнил

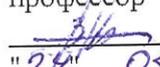
Рецензент

Доцент Алматинского университета  
энергетики и связи имени Г.Даукеева

 Байкенов А.С.  
"26" 05 2025 г.

 Ратушняк С. В.

Научный руководитель  
канд. техн. наук, ассоциированный  
профессор

 Жигалов В.А.  
"24" 05 2025 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

ОП «6В06201 Телекоммуникация»



УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ЭТиКТ  
Е.Таштай  
« 30 » \_\_\_\_\_ 2025 г

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Ратушняк Семён Вадимович

Тема: Разработка системы определения занятости парковочного места для автоматической парковки на индукционном принципе

Утверждена приказом ректора университета № 26 П/а от « 29 » января 2025 г.  
Срок сдачи законченной работы « 30 » мая 2025 г.

**Исходные данные к дипломной работе:**

Необходимо разработать систему, позволяющую определять наличие автомобиля на нескольких парковочных местах, используя индукционный принцип. Система должна выдавать информацию о занятости и общем количестве парковочных мест, используя стандартные цифровые интерфейсы. Необходимо разработать алгоритм определения ситуации неправильной парковки.

**Краткое содержание дипломной работы:**

1. Анализ существующих решений автоматического определения занятости мест для парковки.
2. Выбор схемных решений для датчика занятости на индукционном принципе.
3. Разработка принципиальной схемы модуля определения занятости.
4. Разработка платы модуля определения занятости.
5. Разработка программы для микроконтроллера.
6. Создание и тестирование макетной версии системы.

**Рекомендуемая основная литература:**

1. Григорьев В.В., Быстров С.В., Бойков В.И., Болтунов Г.И., Мансурова О.К. Цифровые системы управления: Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. - 133 с.

2. Семейство микроконтроллеров MSP430x2xx. Архитектура. Программирование. Разработка приложений. – М.: ДМК-Пресс, 2015 г. - 544 с.
3. Хоровиц, Хилл: Искусство схемотехники. Бином. 2022 г. 704 с.
4. Ю.Ревич. Занимательная электроника. БХВ-Петербург ВHV, 2017 г. – 640 с.

## ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Аналитический обзор литературы по индукционным системам	01.02.2025	Выполнено
Разработка блок-схемы системы автоматического определения занятости.	15.02.2025	Выполнено
Разработка принципиальной схемы модуля определения занятости и разработка платы модуля определения занятости.	01.03.2025	Выполнено
Разработка программы для микроконтроллера	01.04.2025	Выполнено
Тестирование макетной версии системы.	15.04.2025	Выполнено

## Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Теоретическая часть	Ассоциированный профессор, кандидат технических наук Жигалов В.А.	30.04.2025	
Основная часть	Ассоциированный профессор, кандидат технических наук Жигалов В.А.	30.04.2025	
Нормоконтролер	Ассистент кафедры ЭТиКТ Досбаев Ж. М.	21.05.2025	

Научный руководитель

 Жигалов В.А.

Задание принял к исполнению обучающийся

 Ратушняк С. В.

Дата

"15" мая 2025 г.

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломдық жұмыс индукциялық принцип негізінде автоматты тұраққа арналған тұрақ орнының толтырылуын анықтау жүйесін әзірлеуге арналған. Тұрғындарды анықтау модулінің схемалық схемасы әзірленді, баспа схемасы әзірленді және құрастырылды және сымсыз интерфейстер (WiFi, MQTT) арқылы деректерді өңдеуді және ақпаратты беруді қамтамасыз ететін ESP32 микроконтроллері үшін бағдарлама жүзеге асырылды. Прототип жүйенің функционалдығын және заманауи автоматтандырылған тұрақ жүйелеріне біріктіру үшін жарамдылығын растайтын сынақтан өтті.

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломная работа посвящена разработке системы определения занятости парковочного места для автоматической парковки на индукционном принципе. Разработана принципиальная схема модуля определения занятости, выполнено проектирование и сборка печатной платы, а также реализована программа для микроконтроллера ESP32, обеспечивающего обработку данных и передачу информации по беспроводным интерфейсам (WiFi, MQTT). Проведены испытания прототипа, подтверждающие работоспособность системы и её пригодность для интеграции в современные автоматизированные парковочные комплексы.

## **ANNOTATION**

The thesis is devoted to the development of a parking space occupancy detection system for automatic parking on the induction principle. The circuit diagram of the occupancy detection module has been developed, the printed circuit board has been designed and assembled, and the program for ESP32 microcontroller, which provides data processing and information transfer via wireless interfaces (WiFi, MQTT), has been implemented. The prototype was tested to confirm the system performance and its suitability for integration into modern automated parking complexes.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Анализ систем распознавания занятости парковочных мест	9
1.1 Системы на основе камер	9
1.2 Системы на основе ультразвуковых датчиков	10
2 Выбор решений для индукционного детектора занятости	12
2.1 Основы электромагнитной индукции	12
2.2 Принцип работы катушки индуктивности	12
2.3 Принцип работы колебательного контура	13
2.4 Принцип работы генератора	14
2.5 Основные характеристики ESP32	14
2.6 Принципы работы WiFi	16
2.7 Принцип работы MQTT	17
3 Проектирование устройства	18
3.1 Выбор системы автоматизированного проектирования	18
3.2 Проектирование принципиальной схемы устройства	19
3.3 Сборка схемы на макетной плате для тестирования	23
3.4 Проектирование печатной платы	25
4 Создание и тестирование прототипа	31
4.1 Сборка и отладка прототипа	31
4.2 Намотка катушек	32
4.3 Создание алгоритма	32
4.4 Тестирование прототипа	33
Заключение	35
Перечень сокращений	36
Перечень терминов	37
Литература	39

## ВВЕДЕНИЕ

Современные города сталкиваются с постоянным ростом числа автомобилей, что приводит к острой нехватке парковочных мест и увеличению времени, затрачиваемого водителями на поиск свободного пространства для парковки. Эта проблема становится особенно актуальной в условиях плотной городской застройки, где эффективное использование существующей инфраструктуры приобретает первостепенное значение. В связи с этим автоматизация процессов парковки и внедрение интеллектуальных систем управления парковочными пространствами становятся неотъемлемой частью развития «умных» городов.

Одним из ключевых элементов таких систем является технология определения занятости парковочных мест. Существующие решения, основанные на использовании камер видеонаблюдения, ультразвуковых и инфракрасных датчиков, обладают рядом преимуществ, однако часто сталкиваются с ограничениями по точности, стоимости внедрения, конфиденциальности и устойчивости к внешним условиям. В последнее время всё большую популярность приобретают индукционные методы детектирования, которые отличаются высокой надёжностью, энергоэффективностью и возможностью интеграции в различные типы парковочных комплексов.

Данная дипломная работа посвящена разработке системы определения занятости парковочного места для автоматической парковки на индукционном принципе. В работе рассматриваются теоретические основы электромагнитной индукции, анализируются существующие технические решения, а также разрабатывается принципиальная схема и программное обеспечение для прототипа системы. Особое внимание уделяется вопросам передачи данных по беспроводным интерфейсам и интеграции системы в современные автоматизированные парковочные комплексы.

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью повышения эффективности использования городских парковочных пространств, сокращения времени поиска свободных мест и улучшения качества жизни горожан. Разработка и внедрение подобных систем способствует снижению транспортных заторов, уменьшению выбросов вредных веществ, а также формированию комфортной и безопасной городской среды.

Целью данной работы является создание работоспособного прототипа системы, способной точно определять занятость парковочного места и передавать соответствующую информацию в режиме реального времени. В ходе исследования будут рассмотрены вопросы выбора аппаратных и программных решений, спроектирована и собрана макетная версия устройства, проведены испытания и анализ полученных результатов.

# **1 Анализ систем распознавания занятости парковочных мест**

## **1.1 Системы на основе камер**

Автоматизированные системы распознавания занятости парковочных мест на основе камер и технологий распознавания образов становятся все более популярными в городах и на частных парковках. Они предлагают множество преимуществ, включая оптимизацию использования пространства, снижение времени поиска свободного места и улучшение общего пользовательского опыта [1]. Кроме того, такие системы способствуют снижению заторов, сокращению выбросов вредных веществ благодаря уменьшению времени холостого хода автомобилей и повышению безопасности за счет мониторинга и аналитики трафика. Интеграция с мобильными приложениями позволяет водителям в реальном времени получать информацию о наличии свободных мест и бронировать их заранее, что делает процесс парковки более удобным и эффективным.

Основные компоненты системы:

- Камеры: Используются для мониторинга парковочной зоны. Они могут быть установлены на столбах, зданиях или других конструкциях, обеспечивая полный обзор территории.

- Алгоритмы распознавания образов: Эти алгоритмы анализируют изображения, полученные с камер, для определения наличия или отсутствия автомобилей на парковочных местах. Современные методы включают машинное обучение и нейронные сети [2].

- Интерфейс пользователя: Предоставляет информацию о доступных местах через мобильные приложения или информационные табло. Пользователи могут получать уведомления о свободных местах в реальном времени.

Преимущества системы:

- Распознавание отдельных элементов: Система позволяет точно распознавать машину и её характеристики, такие как цвет, марка, номер

- Асинхронность: Одна камера может следить одновременно за всеми машинами что попадают её в поле зрения и делать это параллельно

Недостатки системы

- Стоимость установки и обслуживания: Первоначальные инвестиции в оборудование и программное обеспечение могут быть значительными, а так же содержание системы в техническом исправном состоянии может быть не релевантным.

- Проблемы с конфиденциальностью: Использование камер может вызывать опасения по поводу слежки за гражданами.

- Технические сбои: Так как в системах интеллектуального распознавания используются нейронные сети, которые выдают вероятностную характеристику, могут происходить неточности и галлюцинации.

- Зависимость от условий освещения: Эффективность камер может

снижаться в условиях плохого освещения или при неблагоприятных погодных условиях.

## 1.2 Системы на основе ультразвуковых датчиков

Автоматизированные системы на основе ультразвуковых датчиков предлагают решение, сочетая высокую точность обнаружения и конфиденциальность. Ультразвуковые датчики определяют наличие объектов путем измерения времени прохождения звуковой волны частотой 4070 кГц от излучателя до цели и обратно к приемнику, на рисунке 1.1 изображено принципиальное расположение датчиков и других узлов.

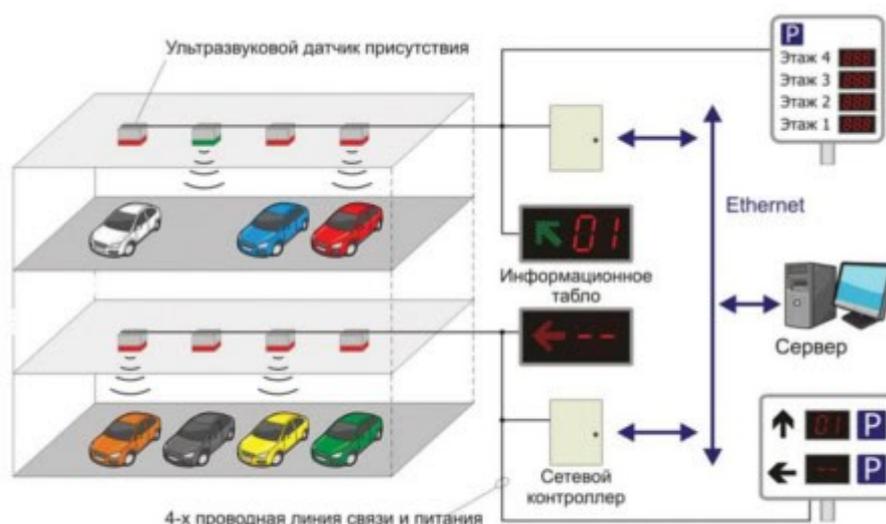


Рисунок 1.1 – Принципиальное расположение узлов в системах с ультразвуковыми датчиками

Основные компоненты системы:

- Ультразвуковые датчики: Датчики излучают ультразвуковые волны и измеряют время, необходимое для отражения сигнала от автомобиля. На основе этих данных система определяет, занято ли парковочное место.

- Система обработки данных: Обработывает данные, полученные от ультразвуковых датчиков, и обеспечивает их хранение для дальнейшего анализа.

Преимущества системы:

- Точное распознавания: Ультразвуковые датчики обеспечивают высокую точность определения занятости мест, независимо от условий освещения.

- Низкие расходы: Ультразвуковые датчики обычно имеют низкое энергопотребление и требуют минимального обслуживания [3].

Недостатки системы

- Ограниченная дальность действия: Ультразвуковые датчики могут иметь ограничения по расстоянию, что требует их установки на каждом парковочном месте.

- Влияние экстремальных погодных условий: При сильном дожде или

снеге, точность распознавания ультразвуковыми датчиками значительно снижается [3].

- Технические сбои: Так как в системах интеллектуального распознавания используются нейронные сети, которые выдают вероятностную характеристику, могут происходить неточности и галлюцинации.

## 2 Выбор решений для индукционного детектора занятости

### 2.1 Основы электромагнитной индукции

Согласно закону электромагнитной индукции изменение магнитного потока, в замкнутом контуре, вызывает появление электродвижущей силы. Величина индуцированной ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока. [4]

Индуктивность катушки является важным параметром, определяется как отношение магнитного потока к силе тока, создающего этот поток. Величина индуктивности зависит от вида катушки: числа витков, материала сердечника, диаметр катушки, слойности и типа намотки. [4]

Для соленоида (цилиндрической катушки) с воздухом в качестве сердечника используется формула:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{l} \quad (1)$$

где  $L$  индуктивность (Гн);

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  Гн/м магнитная проницаемость вакуума;

$\mu_r$  относительная магнитная проницаемость сердечника;

$N$  число витков;

$A = \pi r^2$  – площадь поперечного сечения катушки ( $\text{м}^2$ );

$l$  длина катушки (м);

$r$  радиус катушки (м).

### 2.2 Принцип работы катушки индуктивности

Основной принцип работы заключается в измерении индуктивности катушки, когда электропроводящий или ферромагнитный предмет попадает в зону магнитного поля, создаваемого катушкой, в предмете индуцируются вихревые токи, на рисунке 2.1 показано направление токов.

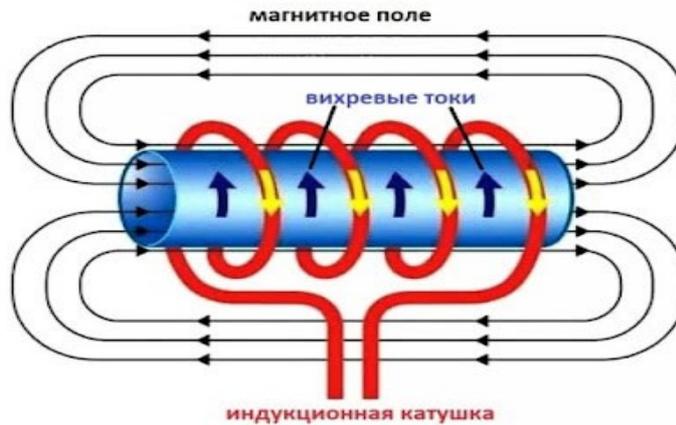


Рисунок 2.1 – Индуцированные вихревые токи в проводящем предмете

Вихревые токи создают своё магнитное поле, которое взаимодействует с полем катушки и изменяет её индуктивность.

Изменение индуктивности приводит к изменению параметров цепи, что может регистрироваться электронной схемой для дальнейшего использования.

### 2.3 Принцип работы колебательного контура

Использованный в схеме LCконтур, изображенный на рисунке 2.2 работает по следующим принципам.

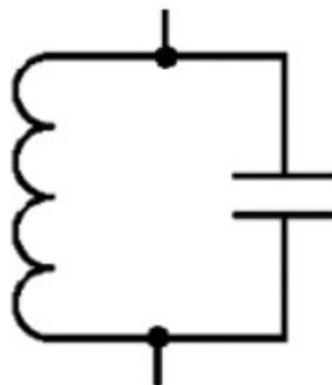


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема LCконтура

Конденсатор разряжается через катушку, в катушке в это время возникает ЭДС самоиндукции, направленное противоположную сторону тока конденсатора. Разрядившись конденсатор начнёт заряжаться вновь, благодаря энергии ЭДС катушки, которая в этот момент максимальна.

## 2.4 Принцип работы генератора

Генератор это электронное устройство, генерирующее электрические колебания, без внешнего источника сигнала. В генераторах обычно используется обратная связь для поддержания точности сигнала и усилитель для поддержания необходимой амплитуды. Типовой генератор представлен на рисунке 2.3.

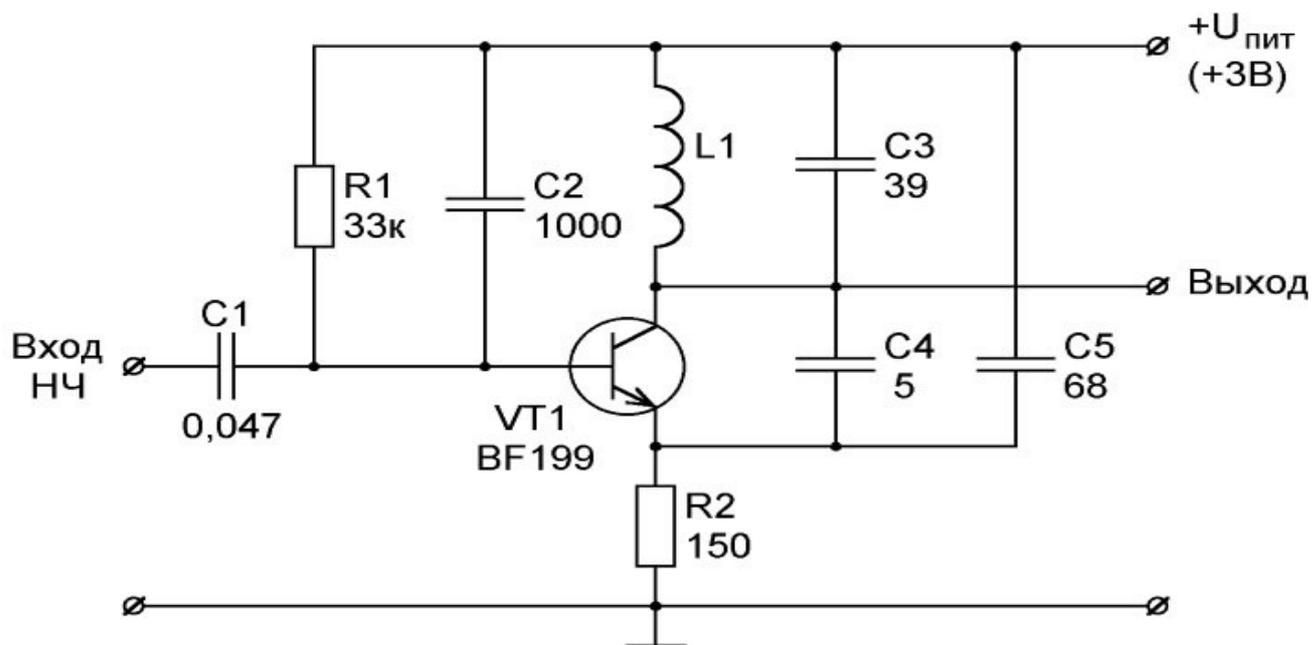


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема типового генератора

Генераторы обычно состоят из трёх компонентов:

Активный элемент это может быть транзистор, операционный усилитель или как раньше, лампа, он выполняет функцию усилителя.

Обратная связь, часть с генерированного сигнала поступает обратно во входную цепь, для поддержания колебаний

Колебательный контур, который был описан в главе 2.3

## 2.5 Основные характеристики ESP32

ESP32 – это высокопроизводительный микроконтроллер с встроенным WiFi и Bluetooth, разработанный компанией Espressif Systems, представлен на рисунке 2.4. Он широко применяется в системах Интернета вещей (IoT), беспроводных датчиках и автоматизации. [5]



Рисунок 2.4 – Типовой вид ESP32DEVKIT

Основные характеристики ESP32: [5]

- Двухъядерный процессор Tensilica Xtensa LX6 с тактовой частотой до 240 МГц;

- Встроенный WiFi (802.11 b/g/n) и Bluetooth (BLE и Classic);

- Поддержка SPI, I2C, UART, ADC, DAC, PWM;

- Энергоэффективные режимы сна;

- Встроенная флешпамять и поддержка внешних карт памяти.

Принцип работы микроконтроллера: ESP32 выполняет обработку входных данных с датчиков, передает информацию через беспроводные интерфейсы и управляет подключенными устройствами. Основным циклом работы микроконтроллера включает в себя:

- Чтение данных с датчиков через аналоговые и цифровые входы;

- Обработку данных с использованием встроенного процессора;

- Передачу информации по WiFi или Bluetooth;

- Управление исполнительными устройствами через GPIO.

Работа с GPIO и датчиками: ESP32 имеет множество портов ввода/вывода (GPIO) которые представлены на рисунке 2.5, которые можно использовать для подключения различных устройств. [5]



Устройства передают данные друг другу двусторонним образом – маршрутизатор отправляет сигнал клиентскому устройству (например, смартфону), а оно отвечает аналогичным образом

- Идентификация сети (SSID):

Точка доступа передает идентификатор сети (SSID) с помощью специальных пакетов каждые 100 мс. Клиентские устройства используют эту информацию для подключения к сети

## 2.7 Принцип работы MQTT

Протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) – это легковесный сетевой протокол для обмена сообщениями, работающий по модели «издатель-подписчик». Он оптимизирован для использования в условиях ограниченных ресурсов, таких как низкая пропускная способность или ненадежные сети, и широко применяется в Интернете вещей (IoT). [ 8]

Основу работы MQTT составляет взаимодействие между тремя ключевыми компонентами:

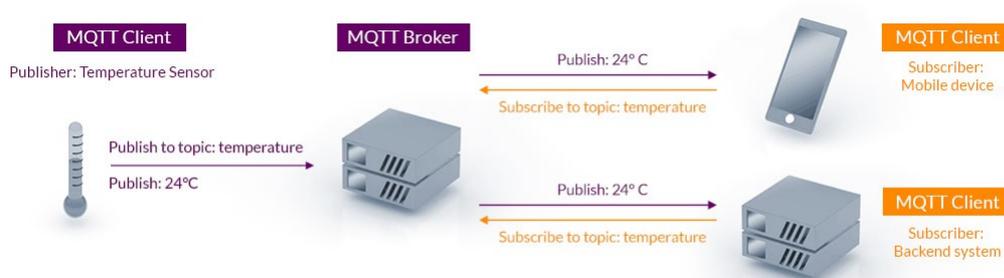


Рисунок 2.6 – Принцип работы MQTT протокола

- Издатель (Publisher): Устройство или приложение, которое отправляет сообщения. Сообщения публикуются на определённые темы (topics). Подписчик (Subscriber): Устройство или приложение, подписывающееся на темы для получения сообщений. Оно получает только те данные, которые соответствуют подписанным темам.

- Брокер (Broker): Центральный сервер, который управляет передачей сообщений. Он принимает сообщения от издателей и пересылает их подписчикам, подписанным на соответствующие темы. Брокер также обеспечивает фильтрацию сообщений и управление подключениями клиентов

## 3 Проектирование устройства

### 3.1 Выбор системы автоматизированного проектирования

KiCad это открытое программное обеспечение, для проектирования принципиальных схем, печатных плат и символов электронных компонентов.

KiCad распространяется под лицензией GPLv3, что делает его хорошим выбором для образовательных учреждений ввиду его бесплатности и открытости, а так же для энтузиастов, которые могут изменить и дополнить его для себя.

KiCad включает в себя 4 главных и 4 вспомогательных компонента, проиллюстрировано на рисунке 3.1:

- Редактор схем: Для проектирования принципиальных электронных схем, проверка на электрическую совместимость и правил проектирования. Поддержка иерархических листов

- Редактор символов: Для проектирования новых символов электронных компонентов, которые будут использоваться в редакторе схем редактирования существующих.

- Редактор печатных плат: Для проектирования печатных плат. Поддерживает до 32 слоёв [9]

- Редактор посадочных мест: Для проектирования и редактирования посадочных мест элементов, которые будут использоваться в редакторе печатных плат.

KiCad так же поддерживает систему плагинов, которые позволяют добавлять новые возможности.

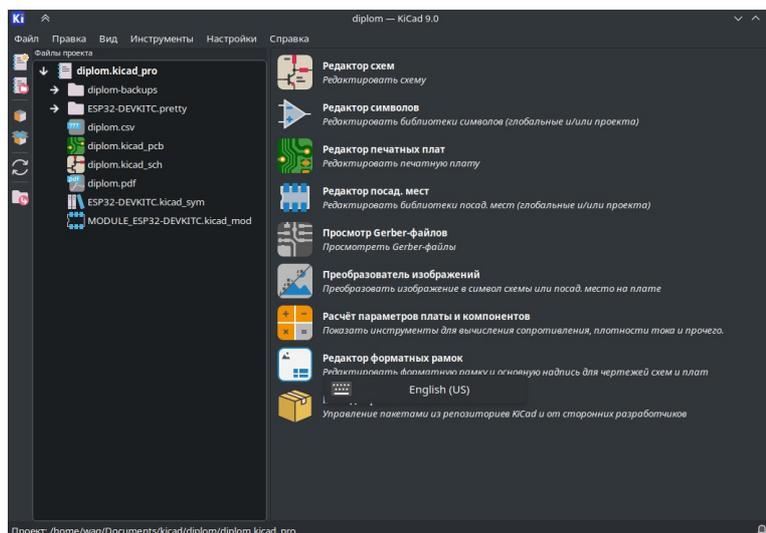


Рисунок 3.1 – Главное окно KiCad

## 3.2 Проектирование принципиальной схемы устройства

Принципиальная электрическая схема создаётся в редакторе схем. Схема состоит из одного микроконтроллера ESP32, о котором было сказано в 2.5, входа питания в виде USB порта и четырёх одинаковых генератора, каждый в своём иерархическом листе, для упрощения чтения схемы и проектировки платы.

Подключение ног электронных компонентов производится инструментом "Чертить проводники", а так же логическим подключением с помощью меток, инструментом "Разместить метки цепей", подключения проиллюстрировано на рисунке 3.2

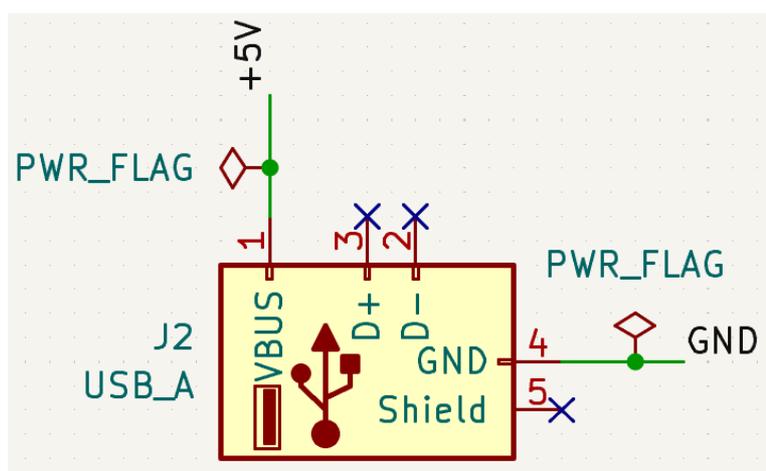


Рисунок 3.2 – Подключение различными инструментами

В иерархических листах создаются иерархические подключения, для того что бы создать на иерархическом листе логические подключения. Они могут быть как на вход, так и на выход, иерархические подключения проиллюстрировано на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Подключения снаружи иерархического листа; подключения внутри иерархического листа

Генератор был выбран на одном транзисторе BC547, выполненный по схеме

однотранзисторного релаксационного генератора с положительной обратной связью через RCцепочки, представлен на рисунке 3.4, принцип работы генераторов был описан в 2.4.

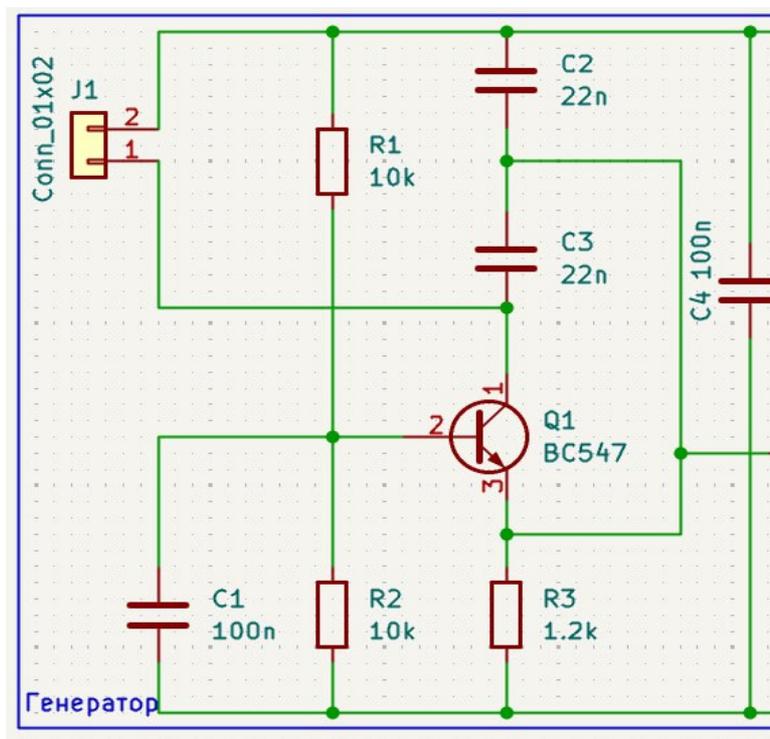


Рисунок 3.4 – Принципиальная схема генератора

Компоненты:

- Q1 (BC547) – NPN биполярный транзистор, основной активный элемент схемы.

- R1, R2 (10 кОм) – делитель напряжения для базового смещения транзистора.

- R3 (1.2 кОм) – эмиттерный резистор, задаёт ток эмиттера и стабилизирует работу.

- C1 (100 нФ) – входной разделительный конденсатор.

- C2, C3 (22 нФ) – задающие конденсаторы, формируют обратную связь.

- C4 (100 нФ) – развязка питания (по питанию Vcc).

- J1 – разъём для подключения катушки.

Так как с генератора сигнал слабый для подачи его на ESP32, был добавлен усилительный каскад. Выбран был усилительный каскад на биполярном транзисторе NPN (BC547), выполненный по схеме с общим эмиттером, рисунок 3.5, что даёт усиление сигнала по напряжению.

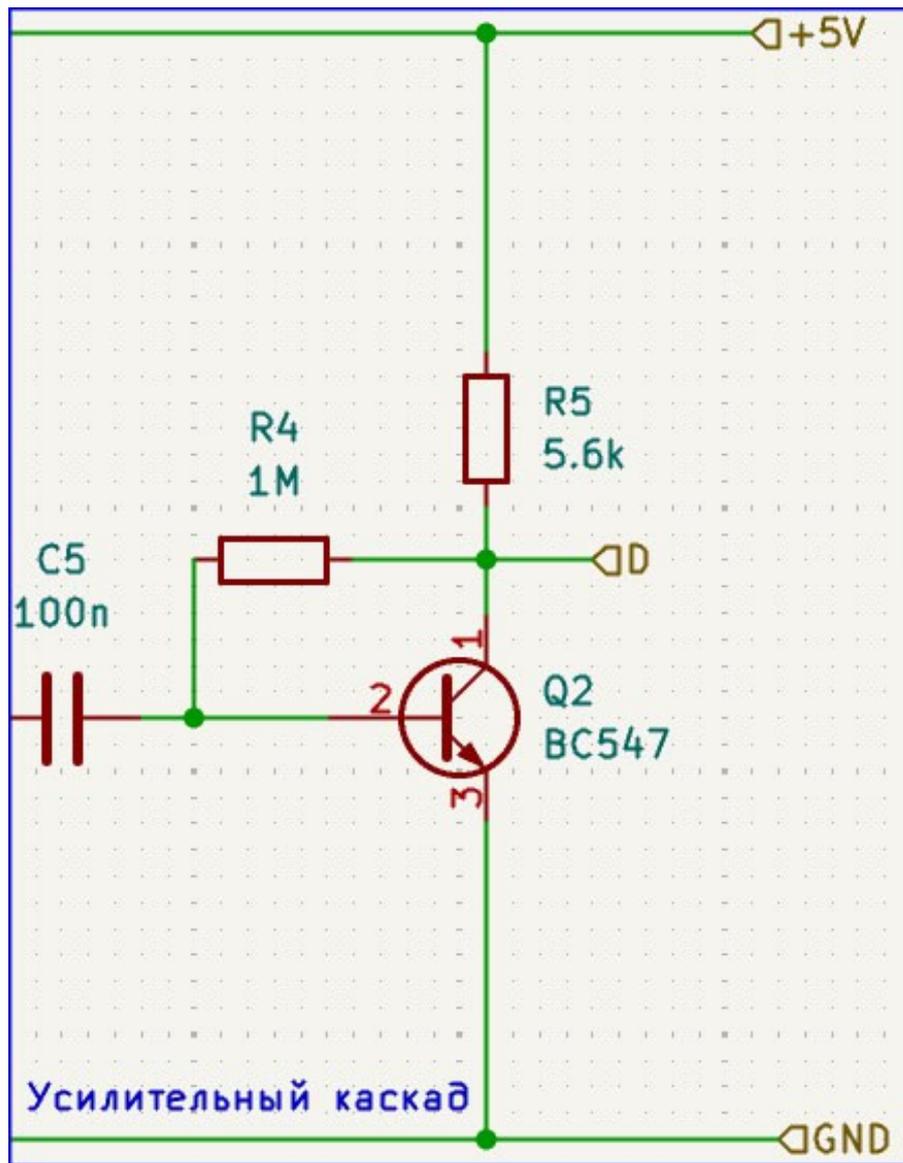


Рисунок 3.5 – Усилительный каскад на BC547

Компоненты:

- Q2 (BC547) – NPN транзистор, основной усилительный элемент.
- R4 (1 МОм) – резистор базы, задаёт смещение (базовый ток) и входное сопротивление.
- R5 (5.6 кОм) – коллекторный резистор, формирует выходное напряжение.
- C5 (100 нФ) – разделительный (входной) конденсатор

Усиление по напряжению зависит от коэффициента усиления транзистора и соотношения сопротивлений R4 и R5, а выходной сигнал снимается с коллектора (логическое подключение D). Общая схема генератора на рисунке 3.6

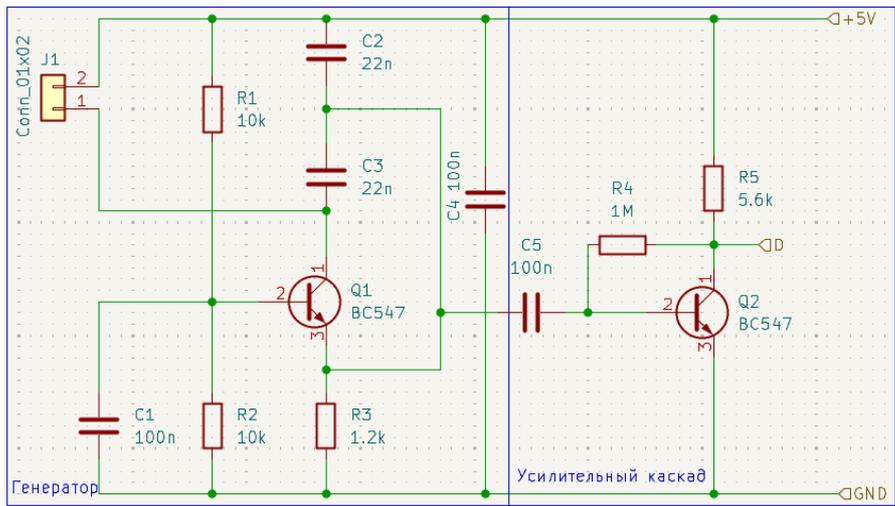


Рисунок 3.6 – Общая схема генератора

Выходы с усилителей подключаются к ESP32, на ноги IO0,IO2,IO4,IO5, рисунок 3.7. На проекте подключения были произведены логическими метками D2D5, для удобства чтения схемы.

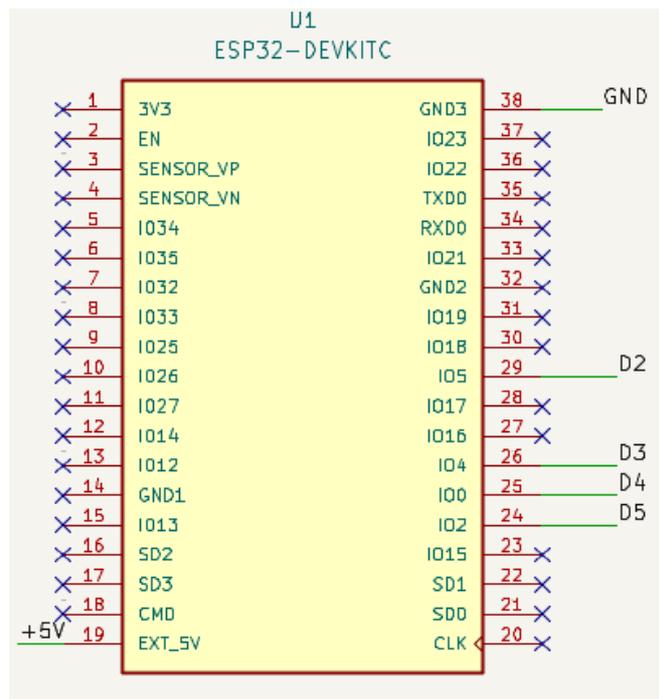


Рисунок 3.7 – Подключение к ESP32

Питание подаётся с USB порта, так как оно подаётся сразу на ESP32 и на генераторы, то подключение производилось логическими метками, что показано на рисунке 3.8.

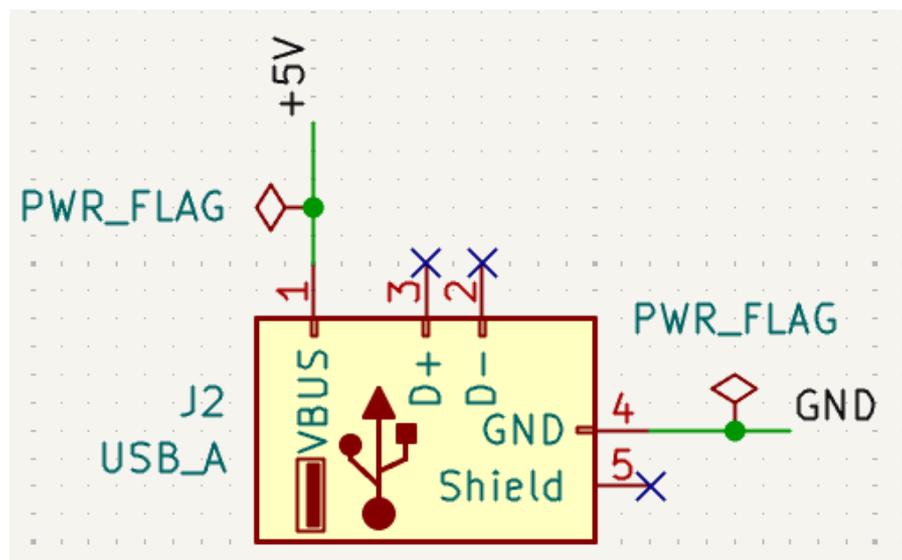


Рисунок 3.8 – Подключения питания с USB порта

Для правильного прохождения проверки электрических правил, KiCad должен знать откуда и куда течёт ток, это устанавливается с помощью вспомогательного элемента PWR\_FLAG, он продемонстрирован на рисунке 3.8. Последний шаг проектирования платы это выполнение проверки электрических правил. У KiCad достаточно много строгих правил[9]. Это поможет избежать в будущем проблем. Например не подключенные ноги элемента, ток пытается выйти во вход, дублирующиеся обозначения компонентов, не правильное подключения к полюсам питания и т.д. Проверка схемы проекта показана на рисунке 3.9

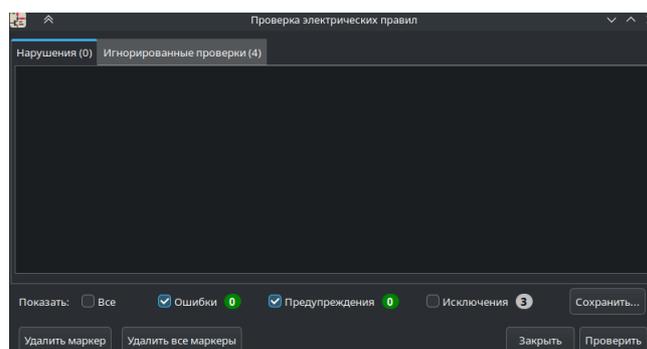


Рисунок 3.9 – Окно с проверкой электрических правил

Схема прошла проверку электрических правил и готова для дальнейшего использования в проектировании печатной платы.

### 3.3 Сборка схемы на макетной плате для тестирования

Для проверки электрической схемы и кода была произведена сборка на

беспаячной макетной плате, что продемонстрировано на рисунке 3.10. В качестве теста был собран только один из четырёх генераторов.

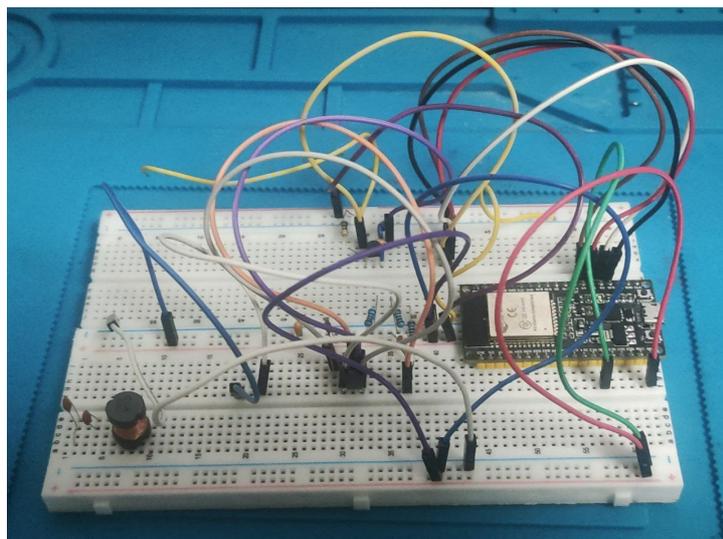


Рисунок 3.10 – Собранная схема на беспаячной макетной плате

Для тестирования был написан отладочный код, который выводит информацию о частоте на HTML странице, рисунок 3.11 , а так же в UART, рисунок 3.12

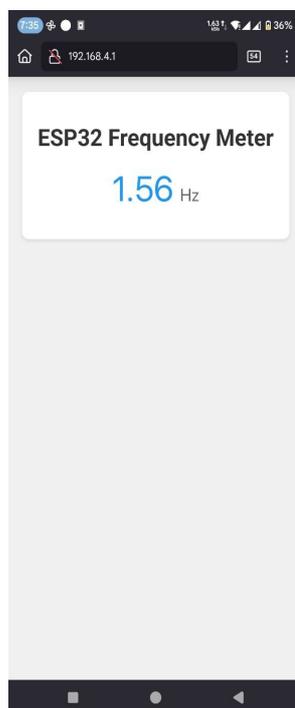


Рисунок 3.11 – Динамическая WEBстраница, для отладки

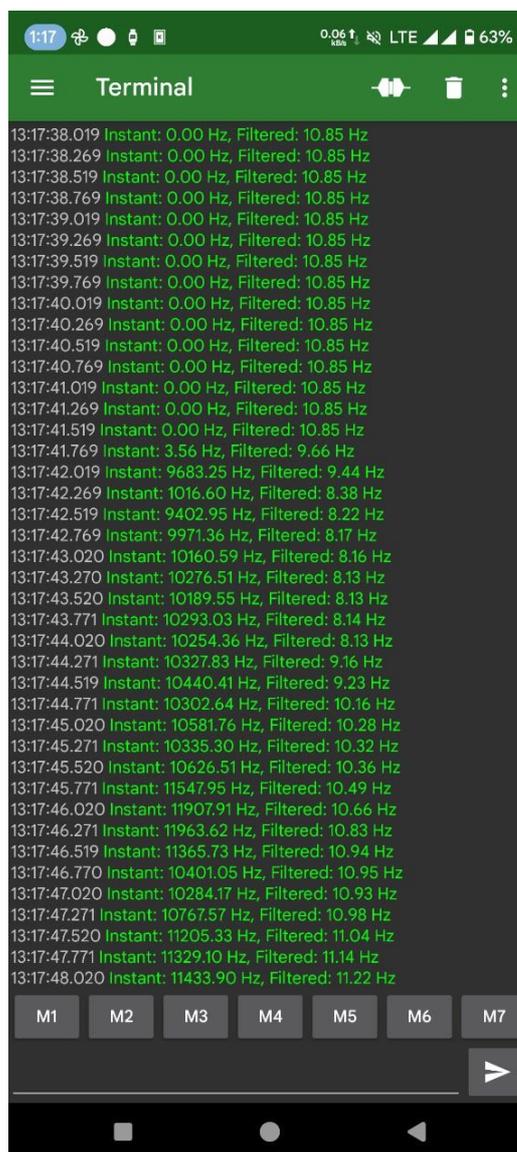


Рисунок 3.12 – Информация, переданная в UART

Тестирование на макетной плате показало что схема полностью работает и esp32 справляется с поставленной задачей.

### 3.4 Проектирование печатной платы

Проектирование печатной схемы создаётся в редакторе печатных плат.

После сборки принципиальной электрической схемы, о чём было рассказано в 3.2, назначаем посадочные места каждому электронному компоненту, с помощью инструмента "Назначить посадочные места", как показано на рисунке 3.13

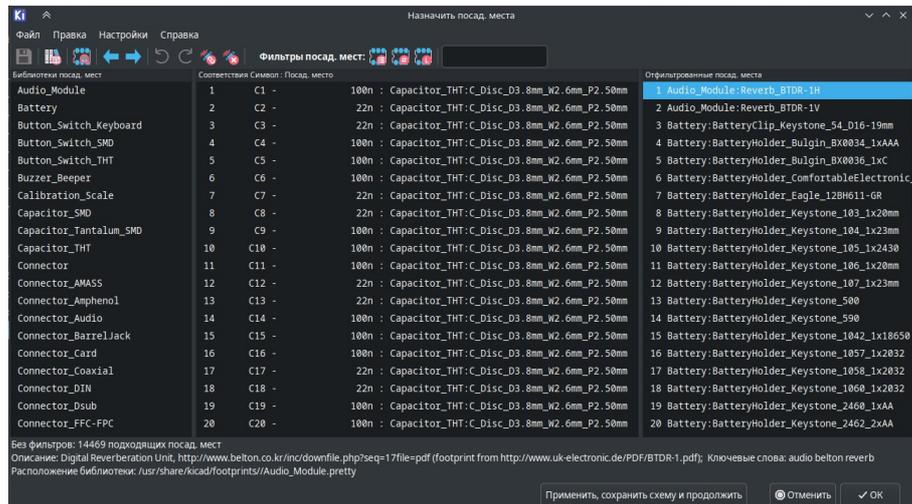


Рисунок 3.13 – Окно инструмента "Назначить посадочные места"

После назначения посадочных мест уже в редакторе печатных плат, обновляем печатную плату, с помощью инструмента "Обновить печатную плату", рисунок 3.14. После этого все элементы появятся в редакторе печатных плат.

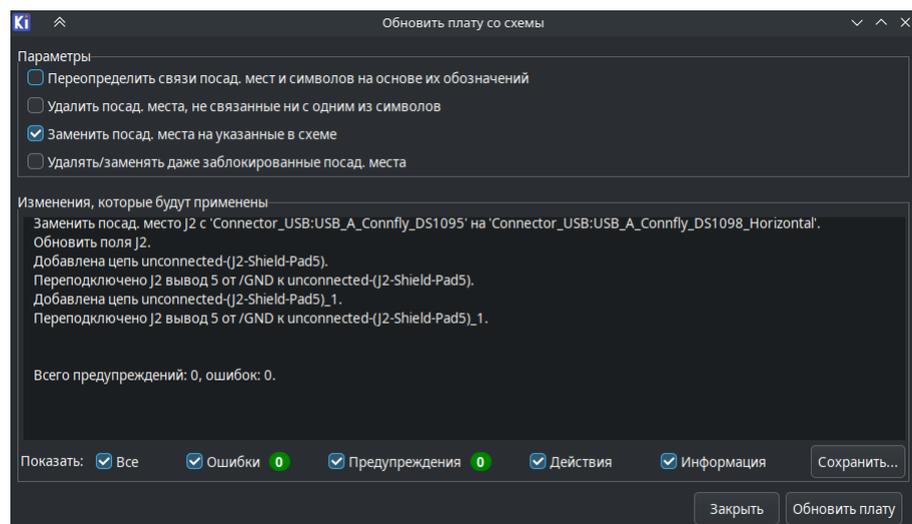


Рисунок 3.14 – Окно инструмента "Обновить печатную плату"

Все элементы появляются в стандартной позиции, рисунок 3.15 и надо расставить их вручную.

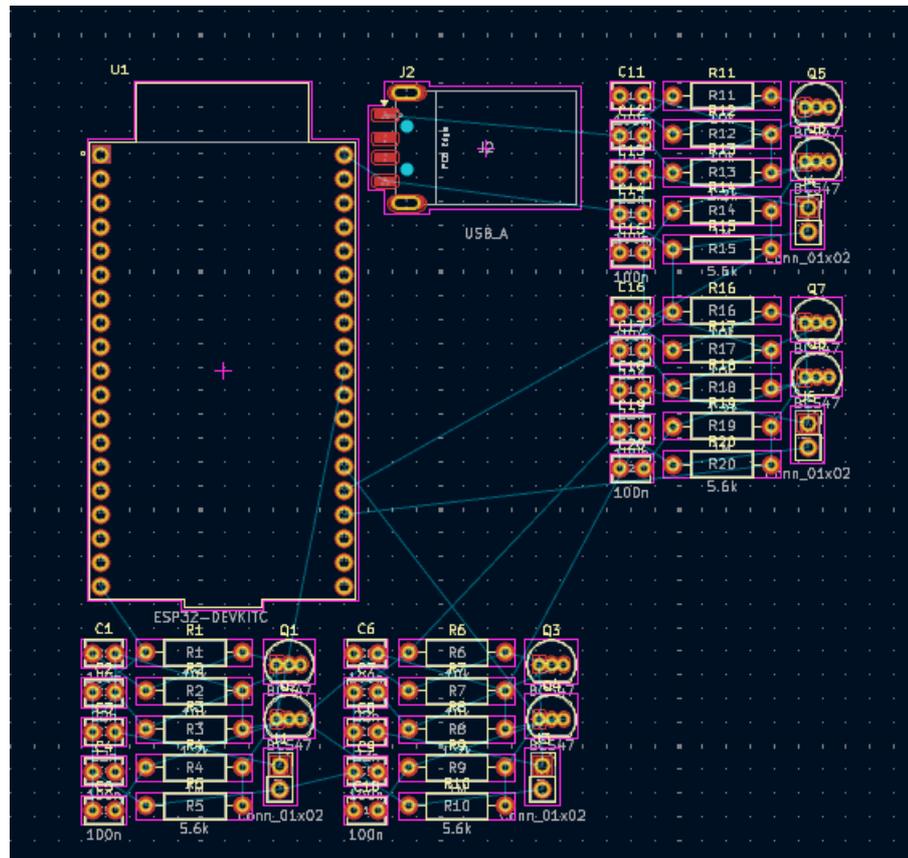


Рисунок 3.15 – Стандартная позиция элементов

Создаём края платы, для этого выбираем слой "Edge.Cuts" и с помощью любого инструмента создания фигур.



Рисунок 3.16 – Очерченные края платы

После надо расставить элементы одного генератора, не заходя за края платы и провести трассировку, рисунок 3.17.

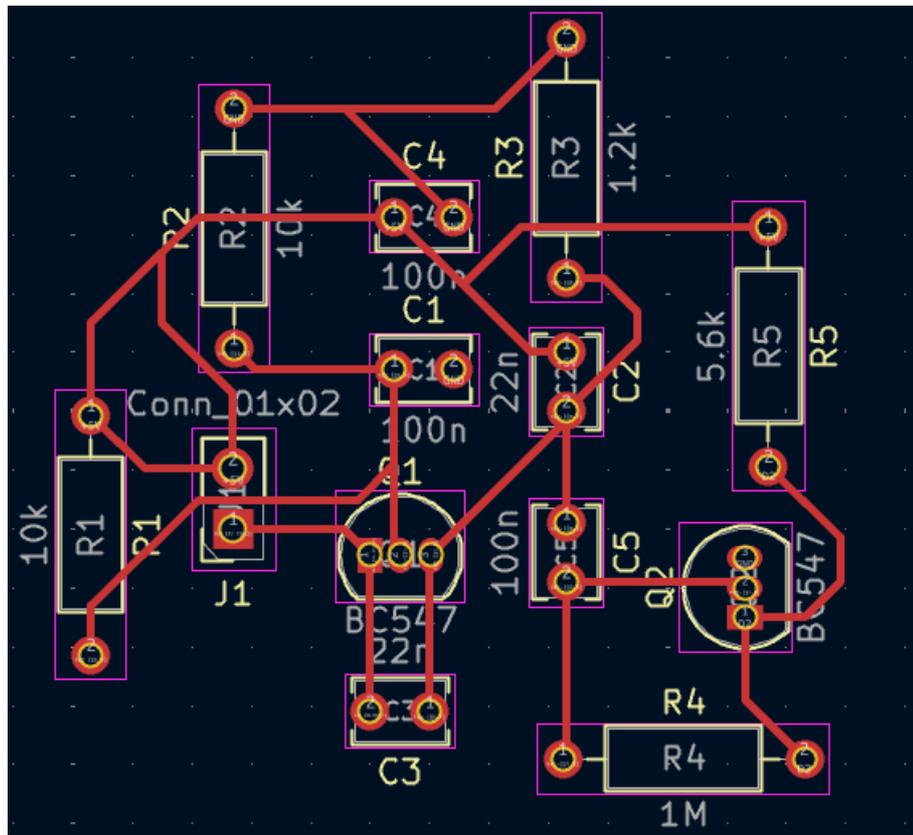


Рисунок 3.17 – Размещение и трассировка генератора

Так как в редакторе схемы были использованы иерархические листы, то можно трассировать только один генератор и скопировать на все остальные, с помощью инструмента "многоканальность".

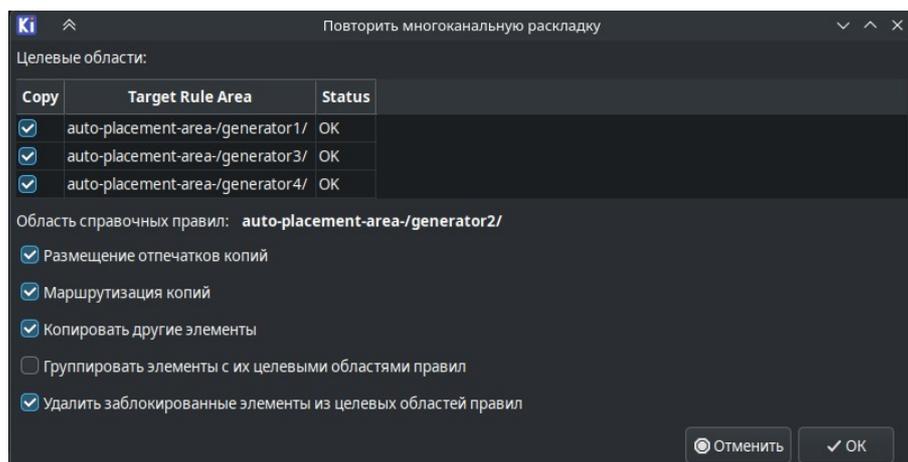


Рисунок 3.18 – Окно инструмента "многоканальность"

После применения многоканальности, все четыре генератора будут расставлены и трассированы, рисунок 3.19

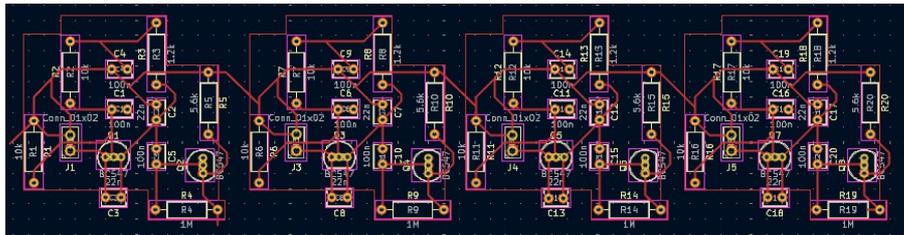


Рисунок 3.19 – Трассировка четырёх генераторов

Размещаются остальные элементы, такие как ESP32 и USB порт.

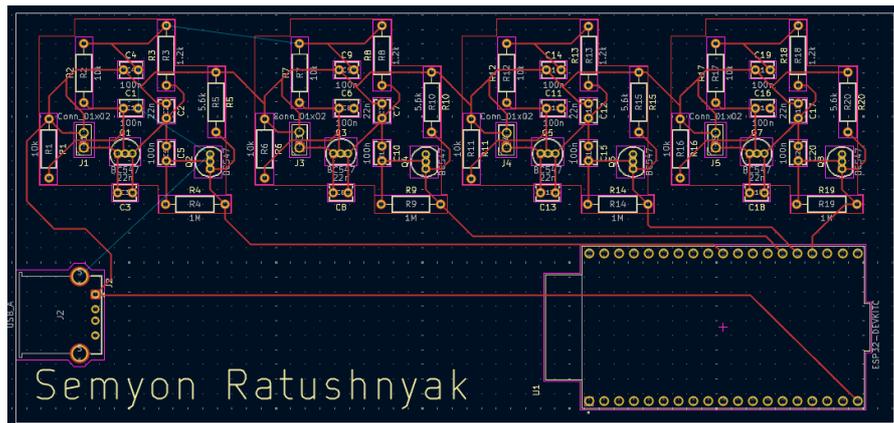


Рисунок 3.20 – Элементы на печатной плате

После создаётся зона заливки, на рисунке 3.21 подключения земли, с помощью инструмента "Рисовать зоны заливки"

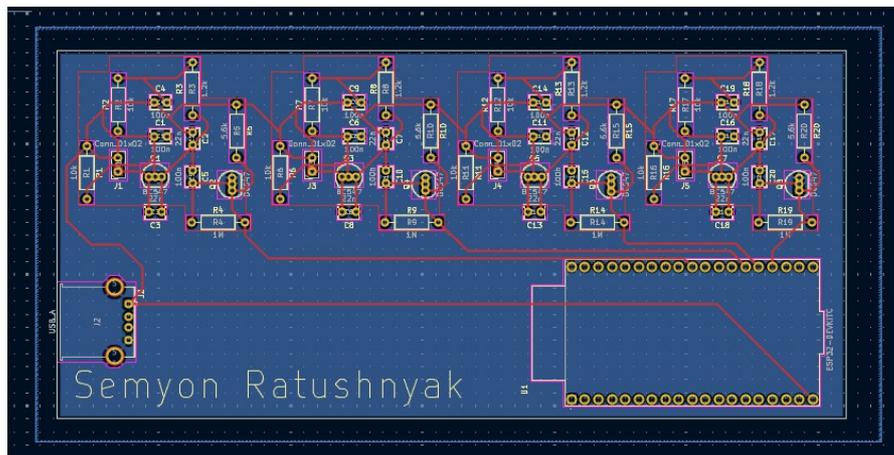


Рисунок 3.21 – Печатная плата с зоной заливки земли

Проверяется 3D платы по размещению элементов и их посадочных мест, на рисунке 3.22.

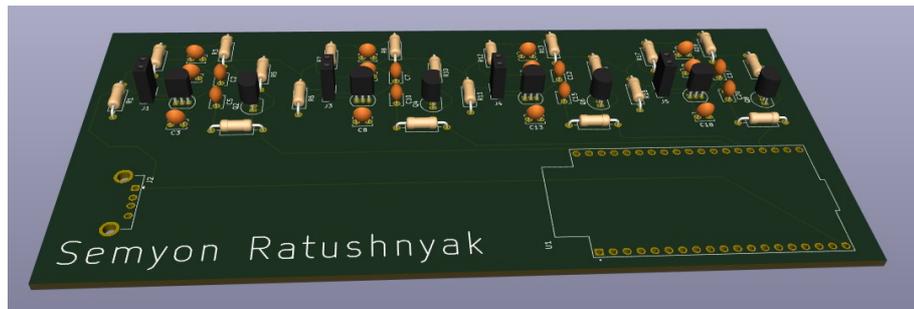


Рисунок 3.22 – 3Dмодель платы

После окончания проектирования печатной платы, экспортируются Gerber файлы для заказа у изготовителя печатных плат.

## 4 Создание и тестирование прототипа

### 4.1 Сборка и отладка прототипа

После изготовления печатной платы, которая была разработана в главе 3.4, была проведена сборка всех компонентов, как показано на рисунке, 4.1

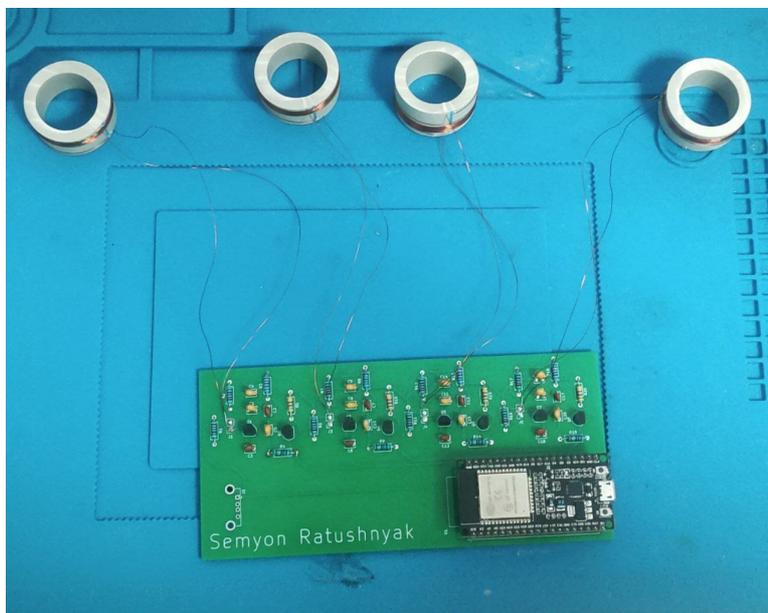


Рисунок 4.1 – Готовый прототип проекта

Тестирование производилось с помощью осциллографа, для точного определения работы генераторов, результаты показаны на рисунке 4.2

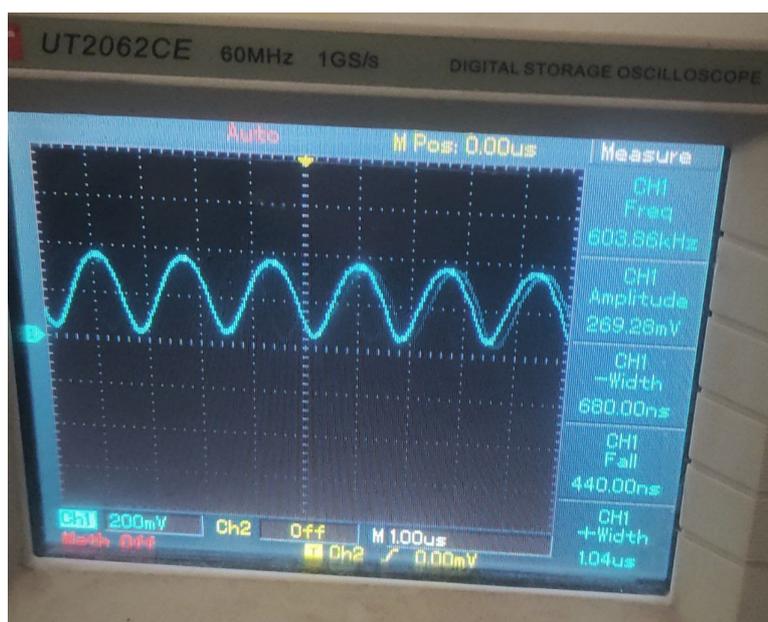


Рисунок 4.2 – Тестирование выхода генератора

Первоначальные тестирования осциллографом показали, что катушки недостаточно индуктивны и было принято решение увеличить количество витков.

## 4.2 Намотка катушек

Катушки были намотаны медной проволокой диаметром 0,2мм на оснастку из ПВХ трубы диаметром 30мм, количество витков в катушке 15, на рисунке 4.3 показана рабочая версия катушки.

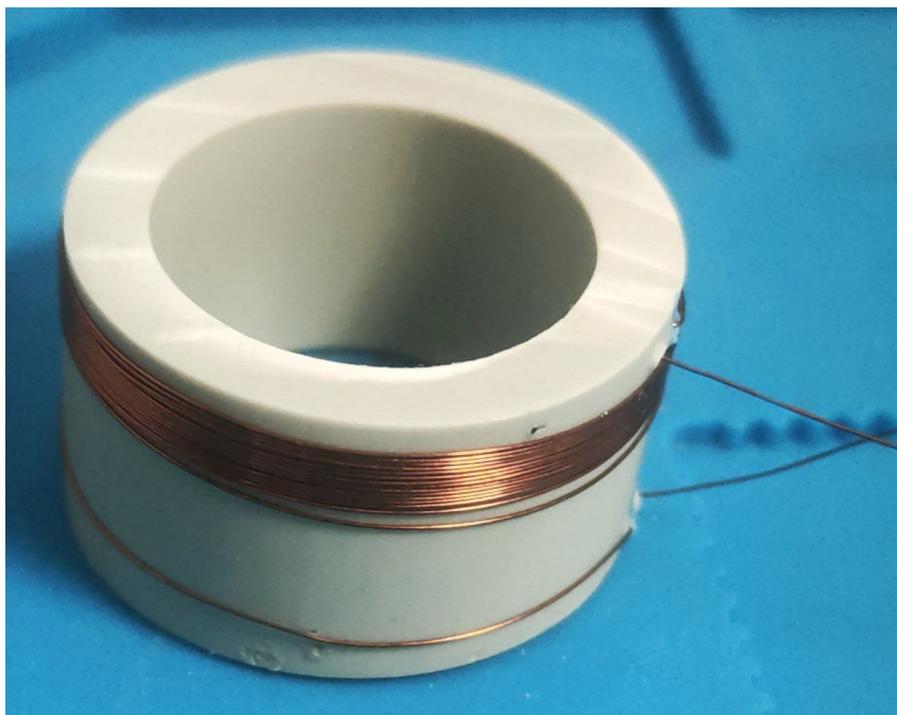


Рисунок 4.3 – Рабочая версия катушки

## 4.3 Создание алгоритма

Алгоритм был создан на основе нейросети. Нейросеть имеет 8 входных слоёв, по 2 на каждый генератор, это частота занятого места и частота в реальном времени. Скрытый слой, который в данном случае был реализован как обычный алгоритм, что продемонстрировано на рисунке 4.4, так как прототип не статичен и перемещается в пространстве, натренированная модель

```

// Класс для нашей упрощенной нейросети
class SimpleNN {
public:
    // Пороги для определения металла (разница между текущей и базовой частотой)
    const float threshold = 10000.0f; // Гц

    // Функция определения наличия металла (упрощенная нейросеть)
    void predict(float* features, bool* results) {
        for (int i = 0; i < 4; i++) {
            float current_freq = features[i];
            float baseline_freq = baseFrequencies[i];
            float delta = current_freq - baseline_freq; // Обычно частота падает при наличии металла

            // Анализ изменений частоты для обнаружения металла
            results[i] = (delta > threshold);
        }
    }
};

```

Рисунок 4.4 – Алгоритм нейросети

может изза этого допускать ошибки. Так же 4 выходных слоя, по 1 на каждое место, это слои вывода нейросети о предсказании занятости парковочного места.

#### 4.4 Тестирование прототипа

Тестирование прототипа проводилось через вебинтерфейс, что на рисунке 4.5 и вывода UART, что на рисунке 4.6

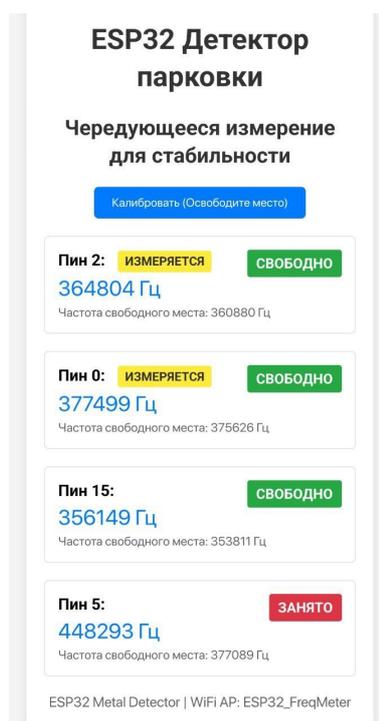


Рисунок 4.5 – Вебинтерфейс

```
14:11:10.775 Измеряем первую пару: пины 2 и 0
14:11:11.775 -----
14:11:11.779 Время: 314
14:11:11.780 Частота (Гц) и статус металла:
14:11:11.785 Пин 2: 347837 Гц, Базовая: 358713 Гц, Металл: отсутст
вует
14:11:11.793 Пин 0: 371973 Гц, Базовая: 371999 Гц, Металл: отсутст
вует
14:11:12.796 Измеряем вторую пару: пины 15 и 5
14:11:13.797 -----
14:11:13.801 Время: 316
14:11:13.802 Частота (Гц) и статус металла:
14:11:13.807 Пин 15: 356996 Гц, Базовая: 94 Гц, Металл: ОБНАРУЖ
ЕН
14:11:13.814 Пин 5: 379392 Гц, Базовая: 143 Гц, Металл: ОБНАРУЖЕ
Н
14:11:14.818 Измеряем первую пару: пины 2 и 0
14:11:15.818 -----
14:11:15.822 Время: 318
14:11:15.823 Частота (Гц) и статус металла:
14:11:15.828 Пин 2: 349582 Гц, Базовая: 358713 Гц, Металл: отсутст
вует
14:11:15.836 Пин 0: 366236 Гц, Базовая: 371999 Гц, Металл: отсутст
вует
14:11:16.839 Измеряем вторую пару: пины 15 и 5
```

Рисунок 4.6 – Вывод отладочных данных в UART

Тестирование показало, что система точно определяет занятость мест, независимо друг от друга.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы была разработана система определения занятости парковочного места для автоматической парковки на индукционном принципе. Проведён анализ существующих технологий распознавания занятости парковочных мест, рассмотрены их преимущества и недостатки. На основании анализа был выбран индукционный метод как наиболее надёжный, энергоэффективный и экономически целесообразный для реализации в условиях современных парковочных комплексов.

В рамках работы была спроектирована принципиальная схема модуля определения занятости, выполнено проектирование и сборка печатной платы, а также разработано программное обеспечение для микроконтроллера ESP32. Система обеспечивает сбор, обработку и передачу информации о состоянии парковочных мест по беспроводным интерфейсам (WiFi, MQTT), что позволяет интегрировать её в современные автоматизированные комплексы и системы "умного города".

Проведённые испытания прототипа подтвердили работоспособность и надёжность разработанного решения. Система корректно определяет факт занятости парковочного места, демонстрирует устойчивую работу в различных условиях эксплуатации и может быть масштабирована для обслуживания большого количества парковочных мест.

Результаты работы показывают, что предложенная система обладает высокой точностью определения занятости, простотой интеграции и обслуживания, а также низкими затратами на внедрение. В дальнейшем возможно расширение функциональности системы за счёт внедрения дополнительных алгоритмов анализа, интеграции с мобильными приложениями и информационными сервисами для пользователей.

Таким образом, поставленные в дипломной работе задачи были успешно решены, а полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего развития автоматизированных парковочных систем и повышения эффективности управления городской инфраструктурой.

## Перечень сокращений

WiFi – Wireless Fidelity технология беспроводной передачи данных по стандарту IEEE 802.11

MQTT – Message Queuing Telemetry Transport легковесный сетевой протокол обмена сообщениями

IoT – Internet of Things Интернет вещей

GPIO – General Purpose Input/Output универсальные входы/выходы микроконтроллера

ADC – AnalogtoDigital Converter аналогоцифровой преобразователь

DAC – DigitaltoAnalog Converter цифроаналоговый преобразователь PWM – Pulse Width Modulation широтноимпульсная модуляция

SPI – Serial Peripheral Interface последовательный периферийный интерфейс для обмена данными между микроконтроллером и периферийными устройствами

I2C – InterIntegrated Circuit последовательный интерфейс для связи между интегральными схемами

UART – Universal Asynchronous ReceiverTransmitter универсальный асинхронный приёмопередатчик

BLE – Bluetooth Low Energy энергоэффективный стандарт беспроводной передачи данных по Bluetooth

ЭДС – Электродвижущая сила

HTML – Hypertext Markup Language язык гипертекстовой разметки SSID Service Set Identifier, уникальное имя беспроводной сети WiFi

## Перечень терминов

ESP32 – Высокопроизводительный микроконтроллер с поддержкой WiFi и Bluetooth

Автоматическая парковка система, позволяющая осуществлять парковку автомобиля с минимальным участием человека, часто с использованием датчиков, камер и автоматических барьеров

Индукционный принцип метод обнаружения объектов на основе изменений электромагнитных параметров (например, индуктивности катушки) при попадании металлического предмета в зону действия датчика

Датчик занятости парковочного места устройство, определяющее наличие автомобиля на парковочном месте, может быть основано на индукционном, ультразвуковом или оптическом принципе

Ультразвуковой датчик датчик, использующий ультразвуковые волны для определения расстояния до объекта или наличия объекта на парковочном месте

Микроконтроллер программируемое электронное устройство для управления работой других устройств, обработки данных с датчиков и передачи информации

Колебательный контур электрическая цепь, в которой происходят электромагнитные колебания, обычно состоит из катушки и конденсатора

Вихревые токи электрические токи, возникающие в проводнике при изменении магнитного поля, лежащие в основе работы индукционных датчиков

Интерфейс способ взаимодействия между различными устройствами или программными компонентами для обмена данными

Информационное табло электронное устройство для отображения информации о состоянии парковочных мест (свободно/занято)

Мобильное приложение программное обеспечение для смартфонов, позволяющее пользователям получать информацию о парковке и управлять процессом парковки

Плата (PCB) печатная плата, на которой размещаются электронные компоненты системы

Протокол передачи данных набор правил для обмена информацией между устройствами (например, WiFi, MQTT)

Издатель–подписчик (publish/subscribe) модель обмена сообщениями, при которой одни устройства публикуют данные, а другие подписываются на их получение

Асинхронность свойство систем, при котором процессы выполняются независимо друг от друга

Реальное время режим работы системы, при котором обработка и передача данных происходят с минимальной задержкой

Нейронные сети алгоритмы машинного обучения, используемые для распознавания образов и анализа данных с камер

Индуктивность физическая величина, характеризующая способность катушки накапливать магнитную энергию

Магнитная проницаемость характеристика материала, определяющая, насколько легко через него проходит магнитное поле

Соленоид цилиндрическая катушка, создающая магнитное поле при прохождении электрического тока

Энергосберегающий режим режим работы микроконтроллера, при котором снижается энергопотребление

GPIOпорт универсальный порт для подключения внешних устройств к микроконтроллеру

Точность распознавания степень соответствия результатов работы системы фактическому состоянию парковочных мест

Конфиденциальность защита личных данных пользователей, особенно при использовании камер видеонаблюдения

Модуляция/демодуляция процесс преобразования цифровых данных в радиосигнал и обратно

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Automated Vehicle Parking Occupancy Detection in Real Time / Н. Padmasiri [и др.] // 2020 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon). – 2020. – С. 1–6. – DOI: 10.1109/MERCon50084.2020.9185199.
- 2 Grm K., Scheirer W., Štruc V. Face Hallucination Using Cascaded SuperResolution and Identity Priors // IEEE Transactions on Image Processing. – 2018. – Т. 29. – С. 2150–2165. – DOI: 10.1109/TIP.2019.2945835.
- 3 Yuldashev M. N. Ultrasonic system for determining the spatial position of the mobile object // Naukoemkie tekhnologii i intellektual'nye sistemy, Moscow, MGTU im. NE Baumana. – 2015. – С. 465-472.
- 4 Натурный и вычислительный эксперименты при исследовании явления электромагнитной индукции / И. С. Зейликович [и др.] // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 2. Математика. Физика. Информатика, вычислительная техника и управление. – 2020. – Т. 10, № 1. – С. 65–74.
- 5 S. E. ESP32 Series Datasheet Version 4.8. – 2024. – URL: [https://www.espressif.com/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/documentation/esp32_datasheet_en.pdf).
- 6 Рошан П., Лиэри Д. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. – 2004.
- 7 IEEE Standards Association. – URL: <https://standards.ieee.org/ieee/802.11bb/10823/>.
- 8 Soni D., Makwana A. A survey on mqtt: a protocol of internet of things (iot) // International conference on telecommunication, power analysis and computing techniques (ICTPACT2017). Т. 20. – 2017. – С. 173–177.
- 9 Kicad creating pcb. – URL: [https://docs.kicad.org/master/it/pcbnew/pcbnew\\_create\\_board.html](https://docs.kicad.org/master/it/pcbnew/pcbnew_create_board.html).

## ОТЗЫВ

### НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Ратушняк Семён Вадимович

6B06201 – Телекоммуникация

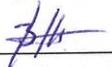
Тема: «Разработка системы определения занятости парковочного места для автоматической парковки на индукционном принципе»

Ратушняк Семён Вадимович выполнил дипломную работу, представляющую практический интерес. Диплом представляет собой законченную работу, содержащую части, касающиеся электроники, микропроцессорной техники, информационных технологий, искусственного интеллекта. Семёном был выполнен большой объём работы в срок с минимальными подсказками со стороны научного руководителя. Проект доведён до макетной реализации.

Дипломная работа оценена на 97 баллов (А/отлично), а студент Ратушняк Семён Вадимович рекомендован к присвоению академической степени бакалавра информационных и коммуникационных технологий по образовательной программе 6B06201 «Телекоммуникация».

#### Научный руководитель

Канд. техн. наук,  
ассоциированный профессор

 Жигалов В.А.

« 22 » мая 2025 г.



## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу  
Ратушняк Семён Вадимович

На тему: «Разработка системы определения занятости парковочного места для автоматической парковки на индукционном принципе»

Выбранная тема дипломной работы является весьма актуальной в контексте современного развития городских инфраструктур. В условиях интенсивного роста количества автомобилей, проблема эффективного управления парковочными местами становится критически важной.

Глава 1: Проведён анализ существующих систем распознавания занятости парковочных мест, рассмотрены системы на основе камер и ультразвуковых датчиков. Автор подробно описал их преимущества и недостатки.

Глава 2: Представлены теоретические основы электромагнитной индукции, принцип работы катушки индуктивности и колебательного контура. Рассмотрены характеристики и возможности микроконтроллера ESP32, а также технологии беспроводной связи WiFi и протокола MQTT.

Глава 3: Автор детально описал процесс проектирования устройства, включая выбор системы автоматизированного проектирования KiCad, разработку принципиальной схемы устройства, сборку макетной версии и проектирование печатной платы. Приведены подробные схемы и иллюстрации этапов проектирования.

Глава 4: Проведено создание и тестирование прототипа системы, представлены результаты тестирования осциллографом и результаты намотки катушек. Автором создан алгоритм на основе нейронной сети для определения занятости парковочного места и приведены результаты практических испытаний.

Дипломная работа выполнена на высоком техническом уровне, соответствует требованиям ГОСТ, предъявляемым к выпускным квалификационным работам бакалавров. Отмеченные недостатки не снижают общего положительного впечатления от работы, но должны быть учтены при её дальнейшем развитии.

## ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

- Недостаточно проработан вопрос влияния внешних факторов (например, климатических условий и электромагнитных помех) на стабильность работы системы.
- В описании алгоритма нейронной сети не раскрыты детали её обучения и проверки достоверности модели.

## Оценка работы

В целом задание выполнено. Дипломная работа оценена на 93 «отлично» а студент Ратушняк Семён Вадимович – рекомендован к присвоению академической степени бакалавра информационных и коммуникационных технологий по образовательной программе 6В06201 «Телекоммуникация».

## Рецензент

Канд. тех. Наук,  
профессор Алматинского университета  
энергетики и связи имени Г.Даукеева  
Байкенов А.С.

"26" 05 2025 г.

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Ратушняк Семён Вадимович**

**Тақырыбы: Разработка системы определения занятости парковочного места для автоматической парковки на индукционном принципе**

**Жетекшісі: Ерлан Таштай**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 6.1**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.4**

**Дәйексөз (35): 2.2**

**Әріптерді ауыстыру: 7**

**Аралықтар: 54**

**Шағын кеңістіктер: 11**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

**2025-05-22**

*Күні*



*Кафедра меңгерушісі*



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Ратушняк Семён Вадимович

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Разработка системы определения занятости парковочного места для автоматической парковки на индукционном принципе

**Научный руководитель:** Ерлан Таштай

**Коэффициент Подобия 1:** 6.1

**Коэффициент Подобия 2:** 1.4

**Микропробелы:** 11

**Знаки из других алфавитов:** 7

**Интервалы:** 54

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2025-05-22

*Дата*



*Заведующий кафедрой*



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Ратушняк Семён Вадимович

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Разработка системы определения занятости парковочного места для автоматической парковки на индукционном принципе

**Научный руководитель:** Ерлан Таштай

**Коэффициент Подобия 1:** 6.1

**Коэффициент Подобия 2:** 1.4

**Микропробелы:** 11

**Знаки из других алфавитов:** 7

**Интервалы:** 54

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2025-05-22

*Дата*



Сүңғат Марксұлы

*проверяющий эксперт*