

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

Ан В.А.

«Исследование и разработка оптоволоконных сенсоров для «Умной палочки»  
для людей с ограниченными возможностями»

## ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

По образовательной программе 6В06201 – Телекоммуникация

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Институт Автоматики и Информационных технологий

Кафедра Электроники, телекоммуникации и космических технологий



**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

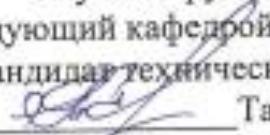
На тему: «Исследование и разработка оптоволоконных сенсоров для  
«Умной палочки» для людей с ограниченными возможностями»

По образовательной программе 6В06201 – Телекоммуникация

Выполнил

Ан В.А.

Рецензент  
К.т.н., профессор  
АУЭС имени Г.Даукеева  
  
Байкенов А.С.  
21 « 11 »2025

Научный руководитель  
Заведующий кафедрой ЭТиКТ  
Кандидат технических наук  
  
Таштай Е.  
21.11 « 11 »2025

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий  
Кафедра «Электроника, телекоммуникации и космические технологии»

6В06201 – Телекоммуникация



**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ  
на выполнение ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ**

Студенту Ан Владиславу Александровичу (групповой проект)

Тема «Исследование и разработка оптоволоконных сенсоров для «Умной палочки» для людей с ограниченными возможностями»

Утверждена приказом Ректора Университета № 704-П/Ө от «19» ноября 2025 г.

Срок сдачи законченной работы «24» ноября 2025 г.

**1. Исходные данные к дипломной работе:**

Технические параметры волоконно-оптических сенсора для людей с ограниченными возможностями: Чувствительность оптоволоконного сенсора - от 0 до 10 рад/с; диапазон измерений датчика – 0-1000 микрона; температурная стабильность: способность гироскопа сохранять точность и стабильность работы в различных температурных условиях. Это важно для надежности в различных климатических зонах. Температурная стабильность – от -40°C до +60 °C.; точность позиционирования робота низкая - ± 1 мм; максимальное значение энергии удара для бесперебойной и безопасной работы сенсора - до 7 Дж; зона обслуживания сенсора - 5 м.

**2. Перечень вопросов, подлежащих к разработке и исследованию по дипломной работе:**

2.1 Исследование и обзор существующих конструктивных решений для «Умных палочек» для людей с ограниченными возможностями. SWOT анализ; 2.2 Разработать конструктивную и электронную эскизные модели «Умной палочки» с использованием волоконно-оптических датчиков с учетом исходных данных в п.п. 1.1-1.7 2.3 Разработать и создать макет «Умной палочки» с учетом требований международных стандартов 1.7.1 – 11.7.8; 2.4 Разработать имитационную модель «Умной палочки» и исследовать параметры приема-передачи информации на языке программирования Python, MatLab и др.

**3. Перечень графического материала:** изложить материалы дипломной работы в 15-20 слайдах графического материала;

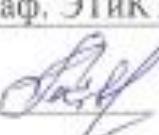
**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
1	2	3
1. Обзор существующих конструктивных решений для «Умных палочек» для людей с ограниченными возможностями. SWOT анализ	1.07.2025-12.07.2025	
2. Разработать конструктивную и электронную эскизные модели «Умной палочки» с использованием волоконно-оптических датчиков	12.07.2025-10.08.2025	
3. Разработать и создать макет «Умной палочки» с учетом требований международных стандартов	10.08.2025-10.09.2025	
4. Разработать имитационную модель «Умной палочки» на языке программирования Python, MatLab и др.	10.09.2025-10.10.2025	

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную ДР с указанием относящихся к ним разделов дипломной работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Теоретическая часть	Е.Таштай, к.т.н., ассоц. профессор каф. ЭТиКТ		
Основная часть	Е.Таштай, к.т.н., ассоц. профессор каф. ЭТиКТ		
Нормоконтролер	С. Маркесулы, м.т.н., старший преподаватель каф. ЭТиКТ	01.11.2025	

Научный руководитель  Таштай Е

Задание принял к исполнению обучающийся  Аи В.

Дата

«01» 07 2025

## АННОТАЦИЯ

Бұл дипломдық жұмыста мүмкіндігі шектеулі жандарға арналған «Ақылды таяқша» жұмыс прототипін әзірлеу кезеңдері сипатталатын болады. Біздің алдымызда халықтың осы тобына көмекші болатын «ақылды таяқша» күрылғысын жасау міндеті тұр. Бұл жұмыста «ақылды таяқшаны» жобалау кезінде қолдануға болатын сенсорлардың қолданыстағы модельдері, олардың жұмыс істеу принциптері және олардың ерекшеліктері сипатталады. Бұл жұмыс «ақылды таяқша» жұмыс моделін құру мен дамытудың барлық кезеңдерін көрсетеді.

## АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе будут описаны этапы разработки рабочего прототипа «Умная палочка» для людей с ограниченными возможностями. Перед нами стоит задача – создать устройство «Умная палочка», которая будет помощником для этого слоя населения. В данной работе будут описаны существующие модели датчиков, которые можно использовать при проектировании «Умной палочки», принципы их работы и их особенности. В этой работе будут показаны все этапы создания и разработки рабочей модели «Умная палочка».«»

## ANNOTATION

This thesis will describe the stages of development of a working prototype called “Smart Wand” for people with disabilities. The task before us is to create a device “Smart Wand”, which will be an assistant for this segment of the population. This paper will describe the existing models of sensors that can be used in the design of the “Smart Wand”, the principles of their work and their features. This work will show all the stages of creation and development of the working model of the “Smart Wand”.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 «Исследование и обзор существующих конструктивных решений для «Умных палочек» для людей ограниченными возможностями. SWOT анализ	5
1.1 Анализ возможных проблем у людей с ограниченным зрением	5
1.2 Обзор современных моделей оптических датчиков, работающих на обнаружение препятствий	6
1.3 Анализ существующих оптических датчиков	9
1.4 Постановка задач на дипломную работу	12
2 Теоретические аспекты приёма-передачи информации в конструкции «Умная палочка»	13
2.1 Физические основы распространения электромагнитных волн	13
2.2 Описание инфракрасного датчика HW-201 YL-63	17
2.3 Конструкция, характеристики и применение миниатюрного вибромотора «Таблетка»	19
2.4 Аккумулятор для длительной автономной работы	20
3 Разработка электронной схемы «Умная палочка»	23
3.1 Введение в программу Kicad	23
3.2 Микроконтроллер Arduino Nano	24
3.3 Построение электрической схемы в Kicad	26
3.4 Программирование микроконтроллера Arduino Nano в среде Arduino IDE	27
4 Построение имитационной модели «Умной палочки»	31
4.1 Расчёт сечений проводов	31
4.2 Подготовка модулей и сборка электрической схемы	32
4.3 Проверка работоспособности имитационной модели «Умная палочка»	37
Заключение	40
Список использованной литературы	43
ПРИЛОЖЕНИЕ А	45
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	46
ПРИЛОЖЕНИЕ В	47

## ВВЕДЕНИЕ

Каждый день, по всему миру, люди с ограниченными возможностями, будь то ограниченные функциональные возможности, либо ограничение слуха или зрения, испытывают дискомфорт. По данным ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), по всему миру насчитывается более 1 миллиарда человек, которые имеют ту или иную форму ограниченности. А это более 15% населения всей планеты, либо каждый седьмой человек. В наших силах постараться помочь им, сделать их жизнь проще и насыщеннее [1]. Важно понимать, что доступность окружающей среды напрямую влияет на качество жизни таких людей. Именно поэтому современные технологии должны активно развиваться в сторону инклюзивности, обеспечивая удобство и безопасность для каждого [2].

Каждый день правительства всех стран и городов пытаются улучшить условия проживания населения. Странят новые дороги, расширяют старые, строят новые здания инфраструктуры. Также стараются сделать специальные дороги для людей с ограниченным зрением, оборудованные тактильной плиткой и звуковыми сигналами. Однако такие решения далеко не всегда присутствуют во всех городах и регионах, что создаёт дополнительные трудности. Данный проект также является одним из шагов к реализации проекта Цели устойчивого развития (ЦУР) [3]. Создание «Умной палочки» можно отнести к третьему пункту из десяти. «Умная палочка» позволит уменьшить разницу в выполнении ежедневных задач между людьми с ограниченным зрением и без него. Однако за всем невозможно уследить. Халатное отношение работников коммунальных служб создаёт препятствия в виде не заделанных ям, перерытых дорог и т. п. Всё это является опасностями для людей с ограниченным зрением. Кроме того, погодные условия, такие как снегопады или ливни, могут скрывать опасные участки дороги, увеличивая риск падений и травм. И поэтому в наше время остро стоит вопрос о создании технологий, способных помочь таким людям преодолеть любые жизненные преграды, в том числе и при передвижении. «Умная палочка» способна помочь людям с ограниченными возможностями передвигаться более безопасно, заранее предупреждать о препятствиях на пути, что уменьшит случаи несчастных случаев у таких людей. Кроме того, современные технологии позволяют интегрировать в устройство функции голосового сопровождения и навигации, что сделает передвижение ещё удобнее.

# 1 Исследование и обзор существующих конструктивных решений для «Умных палочек» для людей ограниченными возможностями. SWOT анализ

## 1.1 Анализ возможных проблем у людей с ограниченным зрением

Оптический датчик обнаружения препятствий – это устройство, которое использует свет для распознавания объектов на своем пути. Такие сенсоры активно применяются в робототехнике, промышленной автоматике, системах безопасности и даже в беспилотных транспортных средствах [4].

Датчик испускает свет (обычно инфракрасный или лазерный) и анализирует, как он отражается. Если на пути появляется препятствие, часть луча возвращается к приемнику, который тут же фиксирует объект и передает сигнал системе. Принцип работы оптического датчика показан на рисунке 1.1

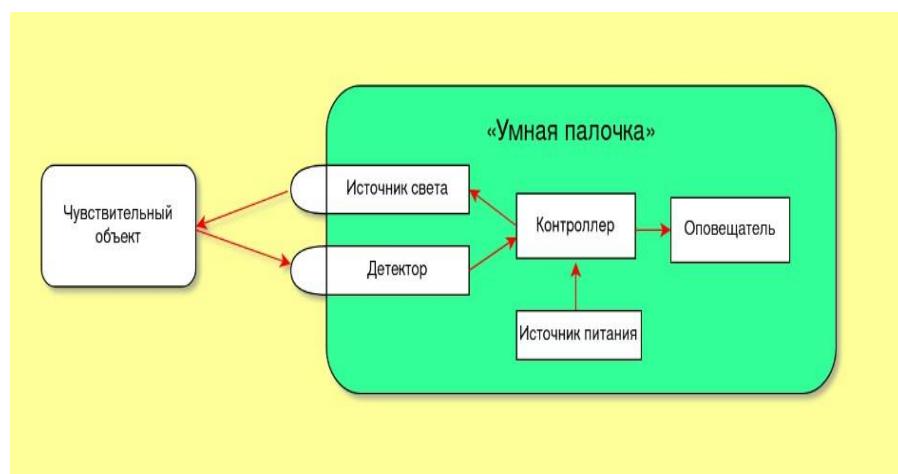


Рисунок 1.1 – Принцип работы оптического датчика

Основные компоненты оптического датчика:

1) Источник света. Это либо светодиод, либо лазер, создающий инфракрасное или видимое излучение.

2) Приемник (фотодетектор). Фиксирует отраженный свет и превращает его в электрический сигнал.

3) Обрабатывающий модуль. Анализирует данные и отправляет команду в управляющую систему.

4) Корпус и оптические элементы. Защищают датчик от внешних воздействий и помогают фокусировать луч.

По принципу работы оптические датчики делятся на 3 вида:

1) Рефлективные (диффузные) – источник и приемник находятся в одном корпусе, а свет отражается от объекта.

2) Барьерные (прямого срабатывания) – излучатель и приемник разнесены, а объект перекрывает луч между ними.

3) С отражателем – луч возвращается не от объекта, а от специального отражателя, который помогает повысить точность.

Помимо основных характеристик, необходимо также учитывать и второстепенные, а именно: компактные размеры датчиков для внедрения в любые конструкции; жёсткий крепёж для избегания ложных срабатываний; низкое энергопотребление для длительного срока службы на одном заряде аккумуляторной батареи (АКБ); низкое напряжение для функционирования, что позволит выбирать более компактные модели АКБ. Также важным аспектом является устойчивость к внешним факторам: высокая защита от пыли и влаги позволит использовать «Умную палочку» в любых погодных условиях. Наш проект может быть востребован у населения с ограниченным зрением, так как мы стараемся спроектировать максимально функциональную, но при этом бюджетную вариацию «Умной палочки». Это позволит сделать инновационные технологии доступными для широкого круга пользователей, повышая их уровень безопасности и комфорта в повседневной жизни.

## **1.2 Обзор современных моделей оптических датчиков, работающих на обнаружение препятствий**

В настоящее время созданы и используется бесчтное количество моделей оптических датчиков работающих на обнаружение препятствий. Рассмотрим некоторые модели, которые соответствуют нашим техническим характеристикам:

1. Оптический датчик «Sharp GP2Y0A21YK0F» представлен на рисунке 1.2. Инфракрасный датчик расстояния измеряет, как далеко до объекта. Он работает на расстоянии от 10 до 80 см. Внутри есть инфракрасный диод, детектор и микросхема для обработки сигнала – все в одном корпусе. Датчик посылает инфракрасный свет. Этот свет отражается от предмета и возвращается к детектору. Датчик измеряет угол отражения. На основе этого он считает расстояние и выдает аналоговый сигнал.

Такой подход дает точные данные. Они не сильно зависят от того, насколько хорошо предмет отражает свет или от изменения температуры.

Преимущества:

- Размеры корпуса  $29,5 \times 13 \times 13,5$  мм;
- Потребляемый ток 30 мА;
- Напряжение питания 5,5 В.;
- Низкая стоимость;
- Точность измерений слабо зависит от отражательной способности объекта, температуры и времени эксплуатации благодаря использованию метода триангуляции.

Недостатки:

- Диапазон измерения расстояния 10–80 см;

- Нет информации о максимальном значении энергии удара для бесперебойной и безопасной работы сенсора до 7 Дж.

Благодаря своей надёжности, точности и простоты использования применяется этот датчик в системах управления освещением, системах избегания препятствий, в системах, где необходим энергосберегающий датчик обнаружения препятствий [5].



Рисунок 1.2 - Оптический аналоговый датчик Sharp GP2Y0A21YK0F

2. Оптический датчик «HOKUYO UST-10LX» показан на рисунке 1.3. Это компактный и легкий 2D LiDAR-сенсор. Он нужен для быстрого и точного измерения расстояний, обнаружения препятствий и навигации в роботах и автоматизированных транспортных средствах. Он может точно измерять расстояния до 10 метров, что отлично подходит для использования внутри помещений. Датчик работает быстро и точно, обновляя данные в реальном времени. Его маленький размер и вес позволяют легко интегрировать его в разные системы. Защита IP65 защищает от пыли и водяных струй, так что вы можете использовать его в сложных условиях.

HOKUYO UST-10LX – это лазерный сканер. Он использует принцип времени полета луча. Этот датчик посылает невидимый инфракрасный лазер и сканирует окружающую среду. Когда лазерный луч находит препятствие, он возвращается назад в датчик. Встроенный процессор измеряет время задержки между отправленным и полученным сигналом по формуле:

$$d = ct/2 \quad (1)$$

где  $d$  – расстояние до объекта,  
 $c$  – скорость света ( $\approx 3 \times 10^8$  м/с),  
 $t$  – время пролёта луча.

LIDAR вращает лазер в горизонтальной плоскости, выполняя сканирование на частоте 40 Гц. Полученные точки формируют двумерное облако точек, которое можно использовать для картографии, навигации и обнаружения препятствий. Готовые данные передаются через интерфейс Ethernet для дальнейшей обработки. Датчик может работать в реальном времени, предоставляя точную информацию о расстояниях до препятствий [6].

Преимущества:

- Диапазон измерения расстояния от 0,02 до 10 метров;
- Скорость сканирования 25 мс на сканирование;
- Угол сканирования:  $270^\circ$ ;
- Степень защиты IP65;
- Низкая стоимость.

Недостатки:

- Напряжение питания от 10 до 30 В;
- Габаритные размеры  $50 \times 50 \times 70$  мм;
- Потребляемый ток 150 мА;
- Вес 130 г;
- Температурный диапазон  $-10^\circ\text{C}$  до  $+50^\circ\text{C}$ .

HOKUYO UST-10LX сочетает в себе высокую производительность, компактность и надёжность, что делает его отличным выбором для различных приложений, требующих точного и быстрого измерения расстояний. Применяется в навигации мобильных роботов, автоматизированных транспортных системах, в мониторинге и контроле производственных процессов, обнаружении движений и контроле доступа.



Рисунок 1.3 - Оптический LIDAR датчик HOKUYO UST-10LX

3. Оптический датчик Ouster OS1 выглядит так, как на рисунке 1.4. Это цифровой LIDAR среднего диапазона. Он подходит для точного 3D-сканирования. Можно использовать его в автономных автомобилях, роботах и при создании карт [7].

Ouster OS1 использует инфракрасные лазеры. Они работают в нескольких направлениях сразу. В отличие от старых LIDAR, Ouster OS1 не имеет вращающихся лазеров. Вместо этого он использует твердотельную матрицу VCSEL. Лазерные импульсы бьются о препятствия и возвращаются обратно. Поверхность объекта влияет на сигнал, который возвращается.

Ouster OS1 измеряет, сколько времени нужно импульсу, чтобы вернуться. Это помогает вычислить расстояние до объекта. У Ouster есть несколько горизонтальных каналов, что позволяет сканировать на  $360^\circ$ . Вертикальный угол

составляет 45°. Это позволяет ему фиксировать как низкие объекты, так и высокие преграды.

Еще Ouster OS1 использует технологию SPAD для повышения чувствительности к свету. Он обрабатывает отраженные сигналы и создает трехмерное облако точек с данными о расстоянии и угле. У него есть инерциальный измерительный блок (IMU), который помогает корректировать данные для повышения точности. Обработанные данные передаются через Ethernet и могут работать с разными системами, включая автомобили и роботов.

Преимущества:

- Количество каналов 32, 64 или 128 (в зависимости от модели);
- Вертикальное поле зрения 45° (от -22,5° до +22,5°);
- Дальность измерения до 170 метров;
- Скорость сканирования до 5 242 880 точек/с;
- Широкий угол обзора: 360°;
- Степень защиты IP67.

Недостатки

- Рабочая температура от -20°C до +50°C;
- Минимальная дальность 0,5 метров;
- Габариты;
- Стоимость более 7 000 000 тенге.

Ouster OS1 обладает высокими техническими характеристиками, однако это вариант для дорогих конструкций, которые мы не можем себе позволить.



Рисунок 1.4 - Оптический LIDAR датчик Ouster OS1

### 1.3 Анализ существующих оптических датчиков

Sharp GP2Y0A21YK0F - компактность и энергоэффективность. Этот инфракрасный датчик использует триангуляционный метод для измерения расстояния. Он испускает инфракрасный луч, который, отразившись от объекта, возвращается к сенсору. Специальный алгоритм вычисляет положение

отраженного сигнала и определяет расстояние. Его главное преимущество – устойчивость к внешним факторам вроде температуры и свойств поверхности объектов. Однако дальность работы ограничена диапазоном от 10 до 80 см, что делает его идеальным для небольших задач: автоматизированного управления освещением, обнаружения препятствий в бытовых устройствах и других компактных решений.

**HOKUYO UST-10LX** - точность и мобильность. Этот лазерный сканер работает по принципу времени пролета (ToF). Он испускает инфракрасный лазерный луч, который, отражаясь от препятствия, возвращается к датчику. Анализируя задержку сигнала, устройство определяет расстояние с высокой точностью. В отличие от инфракрасных сенсоров, этот метод позволяет работать на расстояниях от 2 см до 10 метров. Дополнительное преимущество – возможность сканирования в горизонтальной плоскости, создавая детализированное двухмерное облако точек. Благодаря этому **HOKUYO UST-10LX** широко применяется в мобильной робототехнике, системах автоматизированной доставки и навигации [8].

**Ouster OS1** - передовые технологии для 3D-картографии. В отличие от классических LIDAR с вращающимся лазером, **Ouster OS1** использует массив VCSEL-лазеров и технологию SPAD (однофотонные лавинные диоды), которые позволяют одновременно сканировать всю окружающую среду. В результате устройство создает плотное трехмерное облако точек с высокой детализацией. С его помощью можно измерять расстояния до 170 метров, что делает этот LIDAR востребованным в автономном транспорте, мониторинге окружающей среды и 3D-картографии. Встроенный инерциальный модуль компенсирует движения, обеспечивая стабильность измерений даже в сложных условиях.

**Точность и надежность:**

**Sharp GP2Y0A21YK0F** хорошо работает на коротких дистанциях, но при увеличении расстояния точность падает. **HOKUYO UST-10LX**, благодаря ToF-технологии, обеспечивает стабильные и быстрые измерения с частотой обновления 40 раз в секунду, что важно для систем реального времени. **Ouster OS1**, в свою очередь, собирает миллионы точек в секунду, создавая максимально точные 3D-карты.

**Энергопотребление:**

Если важна экономия энергии, то **Sharp GP2Y0A21YK0F** – лучший выбор, он потребляет всего 30 мА при напряжении 5,5 В. **HOKUYO UST-10LX** потребляет больше – 150 мА (при напряжении 10–30 В), но остается в пределах приемлемых значений для мобильных систем. **Ouster OS1** требует значительно больше энергии из-за сложной обработки данных и высокой мощности лазеров, поэтому его использование возможно только при наличии надежного источника питания.

**Габариты и вес:**

**Sharp GP2Y0A21YK0F** – самый миниатюрный ( $29,5 \times 13 \times 13,5$  мм), он легко встраивается даже в небольшие устройства. **HOKUYO UST-10LX** чуть больше ( $50 \times 50 \times 70$  мм) и весит 130 г, что остается удобным для мобильных

роботов. Ouster OS1 значительно крупнее, что делает его менее подходящим для компактных решений.

**Сильные стороны (Strengths):**

1) Высокая точность. Оптические датчики обеспечивают точное обнаружение препятствий на малых и средних расстояниях.

2) Быстродействие. Мгновенная реакция на изменения в окружающей среде.

3) Бесконтактный метод. Отсутствие физического контакта с объектами снижает износ оборудования.

4) Компактные размеры. Легко интегрируются в различные системы (роботы, автомобили, производственные линии).

5) Энергоэффективность. Потребляет меньше энергии по сравнению с ультразвуковыми или радиочастотными аналогами.

**Слабые стороны (Weaknesses):**

1) Зависимость от внешних условий. Чувствительность к пыли, туману, освещению и прозрачности препятствий.

2) Ограниченнная дальность. Снижение точности на больших расстояниях.

3) Высокая стоимость. Качественные оптические сенсоры могут быть дороже ультразвуковых или инфракрасных аналогов.

4) Требование к калибровке. Необходимость регулярной настройки для повышения точности.

**Возможности (Opportunities):**

1) Развитие технологий. Совершенствование алгоритмов обработки данных и машинного зрения повышает точность и надежность.

2) Интеграция с IoT. Возможность удаленного мониторинга и анализа данных в реальном времени.

3) Рост рынка автоматизации. Востребованность в беспилотных системах, логистике и промышленной автоматике.

4) Совмещение с другими датчиками. Комбинирование с ультразвуковыми и LIDAR сенсорами для повышения надежности.

**Угрозы (Threats):**

1) Конкуренция с альтернативными технологиями. LIDAR и ультразвуковые датчики могут оказаться более эффективными в определенных сценариях.

2) Сложности эксплуатации в сложных условиях. Проблемы с работой в запыленных, задымленных или сильно освещенных средах.

3) Снижение себестоимости конкурентов. Появление более дешевых решений может сделать оптические датчики менее привлекательными.

4) Киберугрозы и хакерские атаки. При интеграции в IoT возможны риски взлома и манипуляции данными.

SWOT- анализ показывает, что оптические датчики обнаружения препятствий – это про точность, скорость и компактность, поэтому их активно используют в автоматизированных системах. Но есть нюансы: туман, пыль или

резкий свет могут серьезно снизить их эффективность, а ценник порой кусается по сравнению с альтернативами. Совершенствование алгоритмов обработки, интеграция с IoT, сочетание с другими типами сенсоров – всё это открывает новые возможности. Но и риски есть: LIDAR и ультразвуковые датчики наступают на пятки, а стоимость аналогичных решений постепенно снижается.

Чтобы максимально эффективно использовать оптические сенсоры, важно учитывать условия работы. В сложных ситуациях логичнее комбинировать их с другими системами – так надежность будет выше, а риски ошибок сведены к минимуму.

## **1.4 Постановка задач на дипломную работу**

1. Согласно техническому заданию необходимо выбрать оптоволоконный датчик для измерения расстояния до 5 метров.
2. Выбрать контроллер для управления «Умной палочкой».
3. Спроектировать конструкцию и электросхему «Умной палочки» с использованием оптоволоконных датчиков с учётом технических характеристик.
4. Разработать и создать макет проекта «Умная палочка» согласно международным стандартам, указанных в приложении А.
5. Разработать модель «Умная палочка» и исследовать параметры приёма-передачи информации.

На основании анализа, а также обзора современных моделей оптических датчиков, работающих на обнаружение препятствий, мы видим, что в настоящее время наибольшую эффективность показывают образцы, работающие по принципу Time of Flight. Они позволяют получать больший функционал, таких как построение карты местности, что увеличивает потенциальные возможности использования. Однако они достаточно дорогие, чтобы использовать их в разработке бюджетного варианта «Умной палочки».

В первом разделе были раскрыты проблемы людей с ограниченным зрением. А также были определены главные функции «Умной палочки», которые позволяют решить некоторые из них.

Во втором разделе были рассмотрены современные модели оптических датчиков, их технические характеристики.

В третьем разделе проведен SWOT – анализ выбранных моделей, на основе найденной технической информации.

В четвертом разделе были определены задачи, которые необходимо выполнить в процессе разработки.

Во втором главе будут описаны модули, которые мы будем использовать в нашем проекте, описание физических принципов работы оптических датчиков.

В третьей главе будет спроектирована и описана электрическая схема нашего проекта, проведены испытания.

В четвертой главе будет показан процесс сборки испытательной модели «Умная палочка».

## 2 Теоретические аспекты приёма-передачи информации в конструкции «Умная палочка»

В нашем дипломном проекте будет реализована функция определение препятствий на разных дистанциях от человека. Электрическую схему можно увидеть на рисунке 3.1.

Основой нашего проекта будет микроконтроллер Arduino Nano, который будет обрабатывать полученные сигналы с датчиков и отправлять сообщение человеку посредством звуковых сообщений и вибраций. В зависимости от дистанций сообщения будут различаться.

Датчиком в данной работе будет служить инфракрасный датчик HW-201 YL-63, который будет определять препятствия на близких дистанциях. Принципы работы данного датчика будут описаны далее. Для продолжительности автономной работы, в нашем проекте будет использоваться аккумуляторная батарея, которая обеспечит продолжительный срок работы «Умной палочки» без необходимости подзарядки. Так же будет внедрён модуль, для зарядки аккумуляторной батареи, что избавит человека от необходимости замены батареи на долгое время.

### 2.1 Физические основы распространения электромагнитных волн

Электромагнитные волны (ЭМВ) представляют собой колебательные процессы электрического и магнитного полей, распространяющиеся в пространстве без необходимости наличия материальной среды. Они являются фундаментальным объектом изучения в физике, а их свойства и закономерности описываются уравнениями Максвелла. В данной работе рассматриваются механизмы генерации, распространения и взаимодействия электромагнитных волн с веществом [9].

Генерация электромагнитных волн обусловлено ускоренным движением заряженных частиц. Основными источниками ЭМВ являются:

- Осцилирующие заряды, которые создают переменное электрическое и магнитное поля.
- Антенны, в которых переменный электрический ток генерирует электромагнитное излучение.
- Квантовые переходы в атомах, при которых испускается электромагнитное излучение в результате перехода электрона между энергетическими уровнями.

Электромагнитные волны обладают рядом ключевых характеристик:

- Поперечность: электрическое ( $\epsilon$ ) и магнитное ( $B$ ) поля, которые показаны на рисунке 2.1 колеблются взаимно перпендикулярно, а направление распространения волны перпендикулярно обоим полям.

- Скорость распространения: в вакууме скорость электромагнитных волн соответствует скорости света  $c=3\times10^8$  м/с

- Длина волны и частота: связаны соотношением

$$c = \lambda f \quad (2)$$

где  $\lambda$  – длина волны

$f$  – её частота.

Электромагнитное поле описывается уравнениями Максвелла:

1. Закон Гаусса для электрического поля:

$$\nabla \cdot E = \rho / \epsilon_0 \quad (3)$$

Этот закон утверждает, что электрическое поле создается электрическими зарядами. Поток вектора  $E$  через замкнутую поверхность пропорционален суммарному заряду  $Q_{\text{внутр}}$  заключенному внутри этой поверхности.

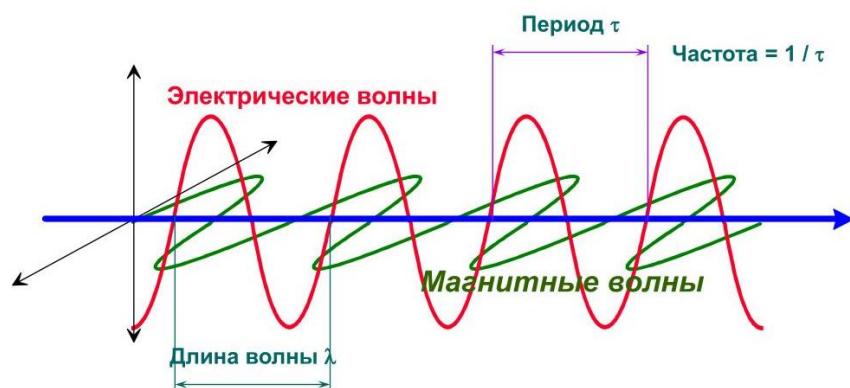


Рисунок 3.1 – Характеристики электромагнитной волны

Следствия:

- Если внутри замкнутой поверхности нет заряда, поток  $E$  через нее равен нулю.
- В однородном заряженном шаре электрическое поле внутри равно нулю (экранный эффект проводника).

Пример:

Для заряженной сферы радиусом  $R$  и зарядом  $Q$  поле снаружи описывается выражением:

$$E = Q / 4\pi\epsilon_0 R^2 E \quad (4)$$

что совпадает с законом Кулона.

2. Закон Гаусса для магнитного поля:

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (5)$$

Этот закон указывает на отсутствие магнитных монополей (изолированных магнитных зарядов). В отличие от электрических полей, магнитные линии всегда замкнуты – у магнитного поля нет источников.

Следствия:

- Линии магнитного поля образуют замкнутые контуры или уходят в бесконечность.
- Невозможно создать магнит с одним полюсом (например, «чисто северный» или «чисто южный» полюс не существует).

Пример:

Если рассмотреть магнит, поток магнитного поля через любую замкнутую поверхность вокруг него всегда будет равен нулю, так как столько же линий входит в объем, сколько выходит.

3. Закон Фарадея об электромагнитной индукции:

$$\nabla \times E = -\partial B / \partial t \quad (6)$$

Вихревое электрическое поле создается изменяющимся во времени магнитным полем. Если магнитный поток через замкнутый контур изменяется, в контуре возникает электродвижущая сила (ЭДС), которая приводит к появлению тока.

Следствия:

- Это принцип работы генераторов и трансформаторов.
- Напряжение возникает в проводнике, движущемся в магнитном поле.

Пример:

Если в катушку из  $N$  витков вводить магнит, изменяя магнитный поток, в катушке индуцируется ЭДС:

$$E = -Nd\Phi_B / dt \quad (7)$$

где  $\Phi_B = \int_S B \cdot dA$  – магнитный поток.

4. Обобщённый закон Ампера:

$$\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (8)$$

Согласно этому закону, магнитное поле создается не только токами проводимости (как описано в классическом законе Ампера), но и изменяющимся во времени электрическим полем (поправка Максвелла).

Следствия:

- Позволяет объяснить распространение электромагнитных волн в вакууме.

- Электрическое и магнитное поля могут существовать и распространяться в пространстве без необходимости наличия заряженных частиц.

Пример:

В конденсаторе переменное электрическое поле между обкладками создает изменяющийся ток смещения, который поддерживает магнитное поле даже в отсутствие проводников.

Из уравнений Максвелла можно получить волновое уравнение для электрического и магнитного полей:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 E \quad (9)$$

$$\frac{\partial^2 B}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 B \quad (10)$$

где  $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$  – скорость света в вакууме.

Эти уравнения описывают взаимосвязь электрических и магнитных полей, обеспечивающую распространение электромагнитных волн в пространстве.

При прохождении через вещество электромагнитные волны могут испытывать:

Отражение, подчиняющееся закону

$$\theta_i = \theta_r \quad (11)$$

где  $\theta_i$  – угол падения,  $\theta_r$

Преломление, описываемое законом Снеллиуса:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (12)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – показатели преломления сред.

Дисперсию, при которой скорость распространения зависит от частоты волны.

Поглощение, приводящее к преобразованию энергии волны в тепловую энергию среды.

Электромагнитные волны представляют собой фундаментальный физический феномен, описываемый уравнениями Максвелла. Их свойства и механизмы взаимодействия с веществом находят широкое применение в различных областях науки и техники, включая радиосвязь, оптику, спектроскопию и медицинскую диагностику. Дальнейшее изучение электромагнитных волн способствует развитию технологий передачи информации и исследования природы фундаментальных взаимодействий.

## 2.2 Описание инфракрасного датчика HW-201 YL-63

Совместным решением, мы разделили наш дипломный проект на 2 части. В данной дипломной работе будет описан датчик, который работает на дистанции от 3 см до 30 см.

Основные моменты, которые должны решать оптические датчики:

1. Обнаружение препятствий на расстоянии от 3 см;
  2. Оповещение об обнаружении препятствий.

Технические характеристики оптоволоконного датчика, которые необходимы для использования в «Умной палочке»:

1. Температурная стабильность от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ;
  2. Диапазон обслуживания до 30 см.

Для этой задачи мы будем использовать инфракрасный датчик HW-201 YL-63 который показан на рисунке 2.2. Инфракрасный датчик HW-201 YL-63 – это компактное устройство для обнаружения препятствий, работающее на инфракрасном излучении. Его часто используют в автоматизированных системах, робототехнике и промышленности благодаря простоте настройки и надежности [10].

### Ключевые характеристики:

- Диапазон обнаружения: от 3 до 30 см (можно регулировать);
  - Напряжение питания: 5–36 В;
  - Частота работы: 50 Гц;
  - Индикация: светодиодный индикатор срабатывания
  - Рабочая температура: от -25°C до +55°C.

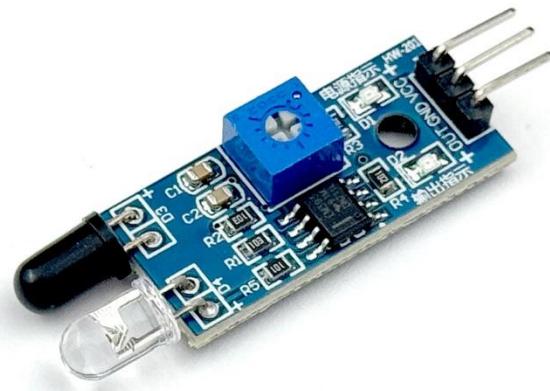


Рисунок 2.2 - Инфракрасный датчик HW-201 YL-63

Инфракрасный (ИК) датчик препятствий или перемещения – это устройство, объединяющее излучатель и приемник, которые работают в паре. Такие сенсоры широко применяются в системах безопасности, робототехнике и автоматизации благодаря своей точности и компактности [11].

Чтобы датчик корректно выполнял свою задачу, необходимо соблюдение нескольких условий:

- Постоянное электропитание для стабильной работы.
- Излучение инфракрасного сигнала в окружающую среду.
- Анализ отраженного сигнала фотоприемником.
- Передача управляющего сигнала на внешнюю систему при обнаружении препятствия.

ИК-датчик использует только инфракрасное излучение для фиксации объектов. Его точность зависит от характеристик самого сенсора, условий эксплуатации и уровня помехозащищенности.

Датчик постоянно испускает инфракрасные волны через светодиод. В обычных условиях сигнал либо слабо отражается, либо вовсе не возвращается. Однако если на пути луча появляется объект, интенсивность отраженного сигнала возрастает.

Когда отраженный сигнал превышает заданный порог, фотодиод фиксирует его и передает команду на срабатывание. Это может быть активация светового индикатора, звукового сигнала или включение исполнительного устройства.

Точность работы датчика зависит от множества факторов, включая уровень чувствительности и условия окружающей среды. Чтобы снизить вероятность ложных срабатываний, применяются различные технологии:

- Фокусировка ИК-луча в узком диапазоне волн для повышения точности.
- Модуляция сигнала по амплитуде, чтобы приемник фиксировал только нужную частоту.
- Использование фильтрации помех, исключая влияние посторонних источников инфракрасного излучения.

Такие меры позволяют датчику работать стабильно даже в сложных условиях, исключая ложные срабатывания.

ИК-датчики широко используются благодаря своей универсальности и ряду ключевых преимуществ:

- Компактные размеры позволяют легко встраивать их в механизмы и устройства.
- Способность фиксировать объекты с нестандартными отражающими свойствами, что делает их более эффективными, чем ультразвуковые аналоги.
- Работа на различных дистанциях, включая обнаружение объектов даже на расстоянии менее 10 мм.
- Доступность и высокая эффективность при относительно низкой стоимости по сравнению с альтернативными системами.

Вывод: ИК-датчики – это надежное и экономичное решение для обнаружения препятствий и контроля пространства. Их можно встретить как в промышленных установках, так и в бытовых устройствах, где требуется точное и быстрое реагирование на движение или изменение окружающей среды.

## 2.3 Конструкция, характеристики и применение миниатюрного вибромотора «Таблетка»

Так как наш проект нацелен на применении его в уличных условиях для уведомления о наличии препятствия человека с ограниченном зрением в нашем проекте целесообразно будет использовать вибромотор. Благодаря ему, человек всегда сможет почувствовать препятствие заблаговременно и принять решение.

Вибромотор «Таблетка» показан на рисунке 2.3. Миниатюрные вибрационные двигатели охотно используются практически во всех типах портативной электронной аппаратуры в качестве тактильных индикаторов. Принцип их работы основан на электромеханическом возбуждении колебаний посредством эксцентричного расположения груза на валу ротора. При этом во время вращения двигателя возникает циклическое смещение центра масс, что в свою очередь порождает эффект вибрации [12].

Технические характеристики:

- Номинальное рабочее напряжение 3 В;
- Скорость вращения  $12\ 000 \pm 2\ 500$  об/мин;
- Диаметр корпуса 10 мм;
- Толщина 3 мм;
- Диапазон рабочих температур  $-20 \dots +60$  °C;
- Вес 9 г;
- Габаритные размеры  $10 \times 10 \times 3$  мм;
- Цена 250 тг.



Рисунок 2.3 – Вибромотор «Таблетка»

Совместимость с любой системой управления, маленькие габариты, низкая стоимость делает его универсальным устройством, который можно интегрировать в любое устройство.

Энергоэффективность находится на очень высоком уровне, поскольку устройство может легко использоваться в автономных системах с очень ограниченными энергетическими ресурсами. Другая – высокая надежность,

поскольку оно может выдерживать перепады температур и механические воздействия; поэтому двигатель подходит для работы в различных условиях.

Поскольку он небольшой и высоконадежный, двигатели такого типа находят широкое применение в следующих областях:

- тактильная обратная связь в мобильных устройствах;
- системы сигнализации и оповещения;
- носимые электронные устройства: (умные часы, фитнес-трекеры);
- робототехника и проекты DIY-дизайна.

Для работы вибромотора необходимо подключить к источнику постоянного напряжения 3 В. Управление может быть реализовано с помощью микроконтроллеров и полупроводниковых переключателей, как правило, транзисторов, которые позволяют программировать режимы работы, включая модуляцию интенсивности вибрации.

Миниатюрные вибромоторы являются неотъемлемым компонентом современных портативных устройств, которые обеспечивают тактильную обратную связь и расширяют возможности использования электронных систем. Благодаря компактным размерам, низкой стоимости и высокой надежности такие устройства чаще всего используются в самом широком спектре приложений, начиная от бытовой электроники и заканчивая сложнейшими робототехническими системами.

## 2.4 Аккумулятор для длительной автономной работы

Для увеличения времени автономной работы было принято решение использовать аккумулятор совместно с модулем для зарядки. Подбор делался в соответствии с внутренним диаметром «Умной палочки». Выбор пал на недорогой аналог литий-ионного аккумулятора компании EVE INR21700-50E, который показан на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Литий-ионный аккумулятор EVE INR21700-50E

В последние годы китайские производители аккумуляторов уверенно догоняют лидеров рынка, предлагая альтернативные решения с достойными

характеристиками. Одним из таких примеров является литий-ионный аккумулятор EVE INR21700-50E, который заявлен как элемент с высокой емкостью (5000 мАч) и приличным током разряда [13]. Используя источник, я выделил для себя основные моменты:

1 Емкость. Заявленная – 5000 мАч, но в реальных тестах встречается минимальная отметка 4900 мАч. Это вполне ожидаемо: производители обычно указывают немного завышенные цифры.

2 Напряжение.

- Максимум – 4,2 В (полный заряд),
- Номинал – 3,65 В,
- Разряд до 2,5 В – если совсем высосать энергию.

3 Ток разряда. Длительная нагрузка – 15 А, что делает его конкурентоспособным даже с именитыми аналогами.

4 Ток заряда:

- Оптимальный – 1 А (так батарея проживет дольше),
- Допустимый ускоренный – 2,5 А, если некогда ждать.

5 Температурный диапазон:

- Зарядка возможна от 0 до +45 °C,
- Разряд – от -20 до +60 °C, что намекает на работу в довольно суровых условиях.

6 Срок службы. Производитель обещает 1000 циклов без значительного падения емкости (до 70% от номинала).

В реальном тестировании внутреннее сопротивление аккумулятора EVE INR21700-50E оказалось в районе 15,5 мОм. Для сравнения, у его конкурентов Samsung 50E и Samsung 50G этот показатель обычно колеблется в пределах 13–15 мОм. Разница небольшая, но на практике она может оказаться на нагреве при высокой нагрузке. Тем не менее, показатели у EVE достойные – как минимум, не хуже именитых брендов.

Samsung давно задает тон в мире 21700, и логично, что EVE 50E приходится конкурировать именно с ними. Все три модели обладают емкостью около 5000 мАч, но есть важные нюансы.

Samsung 50E и 50G честно указывают, что 15 А – это предел на короткое время, а длительный ток разряда у них меньше (около 10 А). EVE же утверждает, что его аккумулятор способен стабильно выдавать 15 А без каких-либо оговорок. Это заявление звучит амбициозно, но оно требует дальнейших проверок.

Так как наш проект имеет ограниченный бюджет, аккумулятор INR21700-50E нам подходит. Он обладает всеми нужными нам параметрами, а также имеет неплохую ёмкость, что повысит время автономной работы нашего проекта.

Вывод. В этой главе были описаны основные модули, которые будут применены в дипломном проекте.

В первой части были описаны физические законы, по которым работают оптические датчики в целом и инфракрасный датчик в частности.

Во второй части был выбран и описан оптический датчик HW-201 YL-63. Были описаны принципы работы инфракрасных датчиков.

В третьей части был описан принцип работы вибромотора «Таблетка», который необходим для передачи информации до пользователя.

В четвёртой части был описан процесс выбора аккумулятора для нашего проекта. Выбор пал на аналог китайского производства EVE INR21700-50E.

В следующей главе будет описан процесс проектирования электрической схемы для проекта «Умная палочка».

### 3 Разработка электронной схемы «Умная палочка»

#### 3.1 Введение в программу Kicad

KiCad представляет собой современный программный комплекс для проектирования электронных схем и печатных плат, распространяемый на безвозмездной основе. Данный инструмент широко используется как в академической среде, так и в промышленной разработке, обеспечивая гибкость и мощный функционал для конструирования электронных устройств различной степени сложности [14].

Программный комплекс KiCad включает в себя набор инструментов, необходимых для разработки электроники показанный на рисунке 3.1:

Редактор схем (Eeschema) – предназначен для создания и редактирования принципиальных электрических схем с возможностью использования обширной библиотеки компонентов.

Редактор печатных плат (PCBnew) – позволяет выполнять трассировку многослойных печатных плат, поддерживает автоматическую маршрутизацию соединений и предоставляет 3D-визуализацию итогового проекта.

Система управления библиотеками компонентов – обеспечивает доступ к стандартным элементам, а также предоставляет возможность создания пользовательских компонентов.

Генерация производственных файлов – включает экспорт данных в форматах Gerber, SPICE, DXF, STEP и других, что обеспечивает совместимость с различными технологическими процессами.

Анализ и визуализация – поддержка инструментов для проверки схемотехнических решений, а также интеграция с моделированием электронных схем.

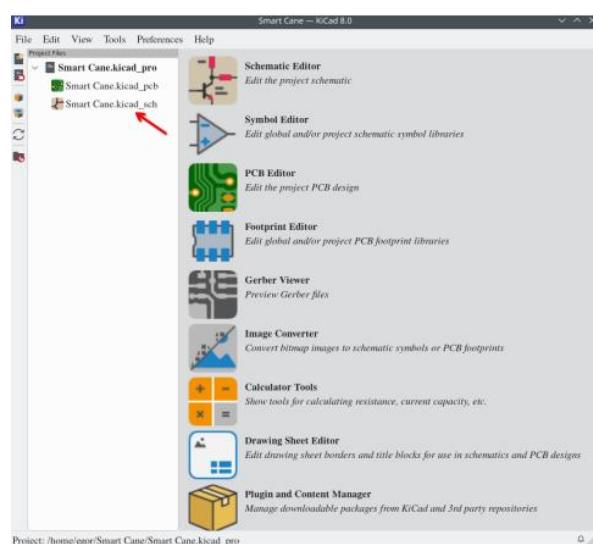


Рисунок 3.1 – Интерфейс программы KiCad 8.0

В рамках выполнения дипломной работы программный комплекс KiCad используется для разработки схемотехнического решения устройства на основе сенсора HW-201 YL-63. Инструменты KiCad позволяют оперативно вносить корректировки в проект, минимизировать вероятность возникновения ошибок при её изготовлении.

Преимущества использования KiCad:

- Открытость и бесплатное распространение. Отсутствие лицензионных ограничений делает KiCad доступным для образовательных и исследовательских целей.

- Гибкость и масштабируемость. Программа поддерживает проектирование как однослойных, так и многослойных печатных плат высокой сложности.

- Интуитивно понятный интерфейс. Простота освоения делает KiCad удобным инструментом для начинающих разработчиков.

- Поддержка сообщества. Активное сообщество пользователей и разработчиков способствует регулярному обновлению библиотеки компонентов и улучшению функционала.

Таким образом, KiCad представляет собой мощный инструмент для проектирования электроники, обеспечивающий комплексное решение задач моделирования, трассировки и подготовки данных для производства.

### 3.2 Микроконтроллер Arduino Nano

Для обработки сигналов в нашем проекте будет использоваться микроконтроллер Arduino Nano [15].

Arduino Nano показан на рисунке 3.2. Arduino Nano – довольно небольшой микроконтроллер с невероятным потенциалом. Он уже давно пользуется популярностью у строителей, инженеров и любителей электроники. Несмотря на свои небольшие размеры, он обладает большой мощностью, предоставляя вам массу возможностей для создания всевозможных проектов – от работы с домашней автоматикой до сложных установок сбора данных.

Arduino Nano использует 8-битный процессор ATmega328P с тактовой частотой 16 МГц. Чип имеет 32 КБ флэш-памяти, из которых 2 КБ занимает загрузчик. Из оставшихся 2 КБ 1 КБ используется для стека приложения, что делает доступным на 204 байта больше, чем на Atmega168. С другой стороны, также доступно 2 КБ SRAM, что соответствует размеру платы ATmega168. Размер платы составляет всего 0,73 x 1,7 дюйма, и ей все равно удается втиснуть до 30 контактов, 14 из которых являются цифровыми (6 для ШИМ), 8 аналоговых входов и другие интерфейсы для периферийных устройств. Все эти небольшие компоненты, продуманно упакованные вместе, означают, что Nano является очень искусным мастером на все руки для работы с датчиками, дисплеями, двигателями и другими модулями.

Его можно запитать через mini-USB (5 В) или любой другой подходящий источник питания (6–12 В), подключенный к его выводу Vin. Затем это напряжение преобразуются в 5 В со встроенным регулятором, построенным на транзисторах, тем самым надежно защищая чувствительные компоненты от возможных высоких напряжений.

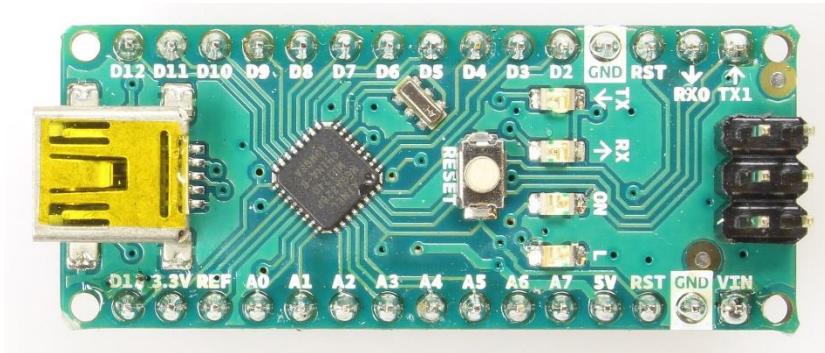


Рисунок 3.2 – Микроконтроллер Arduino Nano

Для связи с компьютером используется преобразователь USB-UART. Более ранние версии платы имеют для этого чип FTDI FT232RL, а более поздние версии обычно имеют CH340G. Если вы не можете обнаружить Nano в системе, вы можете проверить драйверы, которые могут потребовать ручной установки для CH340G.

Его главное преимущество – поддержка самых популярных интерфейсов передачи данных:

- UART (TX/RX) – связь с компьютером, другими контроллерами или модулями, такими как классический Bluetooth HC-05 или ESP8266.
- I2C (SDA/SCL) – гораздо удобнее работать со многими датчиками, OLED-дисплеями или другими устройствами в цепочке.
- SPI (MOSI/MISO/SCK) – для очень быстрой передачи данных, например, при работе с SD-картами, дисплеями или другими высокоскоростными периферийными устройствами.

Все эти интерфейсы предоставляют возможность легкой интеграции Nano в умные дома, носимые устройства, роботизированные конструкции и устройства IoT.

Вот лишь несколько примеров того, где находит применение этот многофункциональный микроконтроллер:

- Автоматизация – управление освещением, климат-контролем и другими аспектами умного дома.
- Робототехника – создание автономных систем и самообучающихся механизмов.
- Медицина и носимые устройства – наблюдение за биометрическими данными и портативные диагностические устройства.

- Образование и прототипирование – отлично подходит для изучения электроники и программирования.

Программируется через Arduino IDE на языке разработки на основе C/C++. Благодаря огромному количеству готовых библиотек и огромному сообществу даже новички могут быстро освоить работу с Nano и начать разрабатывать собственные проекты.

### 3.3 Построение электрической схемы в Kicad

В данной части будет описана электрическая схема, которая показана на рисунке 3.3.

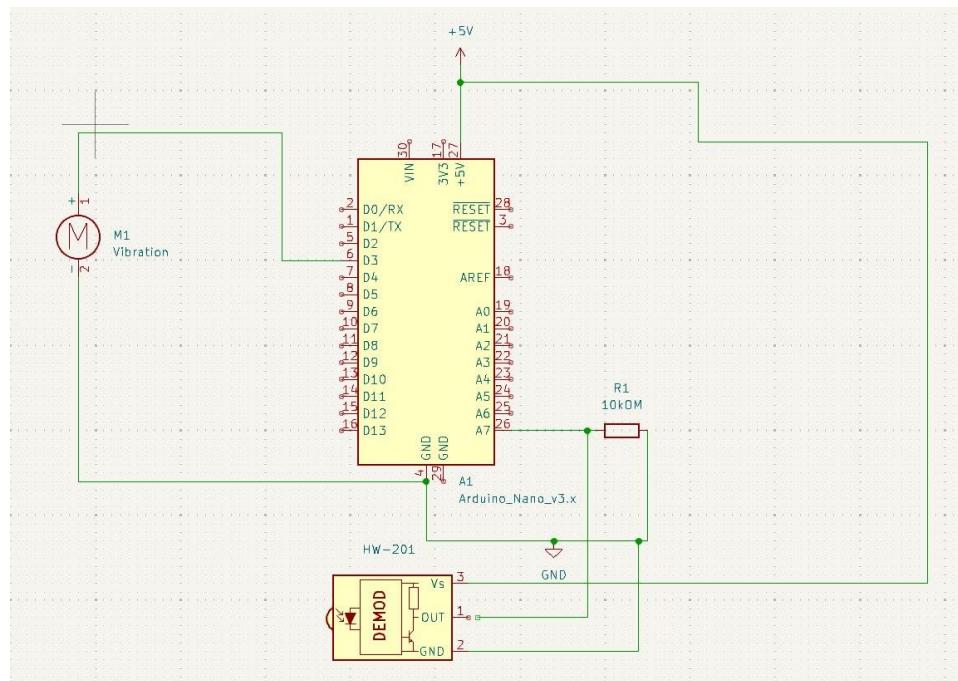


Рисунок 3.3 – Электрическая схема для определения препятствий на ближних дистанциях разработанная в программе KiCad

Эта электрическая схема основана на работе датчика HW-201 (YL-63), вибромотора (M1) и микроконтроллера Arduino Nano v3.x. Ее основная задача – фиксировать инфракрасное излучение и запускать вибрацию при достижении определенного порога.

Питаться Arduino Nano будет от литий-ионного аккумулятора EVE INR21700-50E, фактическое выходное напряжение которого равно 3.65 В, что недостаточно для исправной работы. Для решения этой проблемы будем использовать повышающий DC-DC преобразователь MT-3608, который показан на рисунке 3.4. С его помощью мы поднимем напряжение до 5 В.

Инфракрасный датчик HW-201 подключаем к аналоговому входу A1, с которого Arduino будет получать информацию. Подключаем вывод OUT на плате

ИК-датчика ко входу A1 на плате Arduino. Вывод VCC подключаем к +5 В, GND на плате ИК-датчика подключается к GND на плате Arduino. Сопротивление R1, номиналом 10 кОм, используется для стабилизации сигнала, что помогает избегать получения хаотичного сигнала из-за влияния помех.



Рисунок 3.4 – DC-DC преобразователь MT-3608

Вибромотор «Таблетка» (Vibration) используется для передачи информации через тактильные ощущения. При обнаружении препятствия происходит вибрация, которая сообщает о её наличии. Вибромотор подключается красным проводом к цифровому выходу D3, через который и осуществляется управление. Чёрный провод подключается к GND на плате микроконтроллера.

Программа KiCad позволяет проверить схему на совместимость и нарушение каких-либо правил. Проверка на совместимость может выявить неисправности в схеме, такие как короткое замыкание, позволяет заранее исправить все недочёты схемы. На рисунке 3.5 представлена проверка на совместимость нашей электрической схемы.

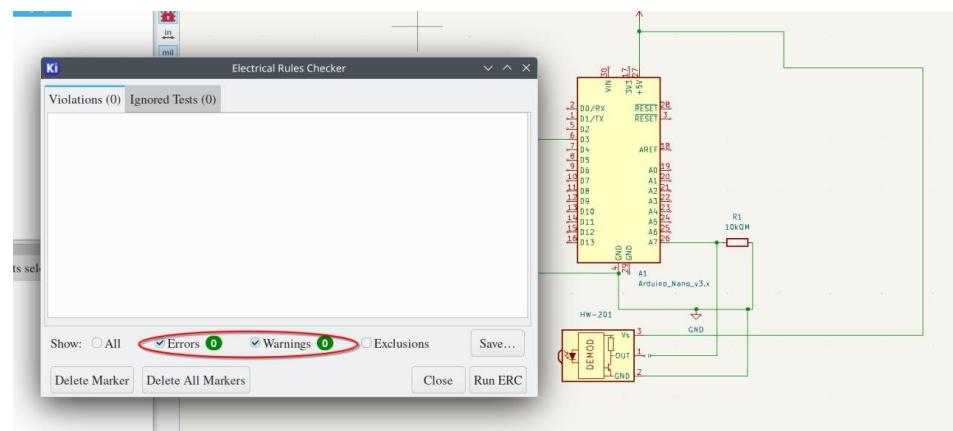


Рисунок 3.5 – Проверка проектирования электрической схемы

Как мы видим, результат проверки положительный. Наша схема построена правильно, нет нарушений в совместимости модулей и в электрических цепях.

### 3.4 Программирование микроконтроллера Arduino Nano в среде Arduino IDE

Для реализации практической части проекта была использована интегрированная среда разработки Arduino IDE, которая обеспечивает удобный интерфейс для написания, компиляции и загрузки программ в микроконтроллер. Благодаря широкому сообществу, поддержке множества библиотек и простоте синтаксиса, Arduino IDE является оптимальным решением для создания и тестирования прототипов с использованием Arduino-совместимых плат [16].

В рамках данной работы была разработана программа, обеспечивающая реакцию на приближение объекта к инфракрасному датчику. Вместо традиционной световой индикации, в качестве исполнительного устройства использован вибромодуль таблеточного типа и *buzzer*(пищалка), которые включаются при обнаружении объекта. Такой подход позволяет реализовать тактильную обратную связь, что может быть актуально, например, в условиях плохой видимости или в системах для людей с нарушениями зрения.

Разработанная программа предназначена для управления вибромодулем на основе данных, получаемых от инфракрасного датчика типа HW-201 (YL-63). Принцип работы заключается в следующем: при обнаружении объекта в зоне действия сенсора активируются вибромотор и пищалка, обеспечивая тактильную индикацию события.

Программа состоит из двух основных частей: функции *setup()* и функции *loop()*.

Первоначально нам необходимо объявить пины. На рисунке 3.6 показан первый блок программы. Перед написанием программы нам необходимо объявить пины, которые будут задействованы в нашей схеме. *#define* создаёт псевдонимы для номеров pinов: цифровые выводы D2 и D3 будут управлять пищалкой и вибромотором соответственно; аналоговый вход A7 будет считывать показания ИК-датчика. Команда - *const int threshold = 512* задаёт пороговое значение - сигнала от датчика - то есть если сигнал меньше 512 → считаем, что объект есть.

```
#define SENSOR_PIN A7 // Пин A7 для подключения датчика
#define BUZZER_PIN 2 // Пин для пищалки
#define VIBRO_PIN 3 // Пин для вибромотора

const int threshold = 512; // Пороговое значение для определения наличия объекта
```

Рисунок 3.6 – Подключение пинов

Далее делаем настройку начальных условий в блоке `setup()` показанную на рисунке 3.7. Команда - `Serial.begin(9600)` запускает монитор порта на скорости 9600 бод. Это нужно для того, чтобы выводить информацию в компьютер через USB (в Serial Monitor Arduino IDE). Команда `pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT)` настраивает пин пищалки как выход – будем включать и выключать. Команда `pinMode(VIBRO_PIN, OUTPUT)` настраивает пин вибромотора как выход – тоже будем управлять его включением.

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);  
    pinMode(VIBRO_PIN, OUTPUT);  
}
```

Рисунок 3.7 – Блок `setup()`

Блок – `loop()` – это основной рабочий цикл, который показан на рисунке 3.8. Тут будет настроена работа ИК-датчика, пищалки и вибромодуля. Команда - `analogRead(SENSOR_PIN)` считывает аналоговое значение с пина A7. Значение будет от 0 до 1023, где 0 = 0 Вольт, 1023 = 5 Вольт. Сохраняем это значение в переменную `sensorValue` для дальнейшего анализа.

```
void loop() {  
    int sensorValue = analogRead(SENSOR_PIN); // Читаем аналоговый сигнал с A7
```

Рисунок 3.8 – Блок считывания и сохранения данных, полученных с ИК-датчика

Блок вывода информации `Serial` показан на рисунке 3.9. Команда - `Serial.print(«Датчик (значение): »);` - печатает текстовую метку перед значением. Команда - `Serial.println(sensorValue);` - печатает само считанное значение (`sensorValue`). Благодаря этому ты в реальном времени можешь видеть, какие данные снимает датчик.

```
Serial.print("Датчик (значение): ");  
Serial.println(sensorValue);
```

Рисунок 3.9 – Блок вывода информации

Последняя часть программы – настраивание логики обнаружения препятствия, показанная на рисунке 3.10. В случае, если `sensorValue` меньше 512 (`threshold`), то считаем, что объект обнаружен. Включаем пищалку (`BUZZER_PIN = HIGH`) и вибромотор (`VIBRO_PIN = HIGH`). Если значение больше или равно

512, считаем, что объекта нет. Выключаем пищалку и вибромотор (LOW на выходах).

```
if (sensorValue < threshold) { // Если значение ниже порога — объект обнаружен
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
    digitalWrite(VIBRO_PIN, HIGH);
} else { // Иначе — объекта нет
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    digitalWrite(VIBRO_PIN, LOW);
}

delay(100); // Небольшая задержка
}
```

Рисунок 3.10 – логика обнаружения препятствий

Команда `delay(100);` приостанавливает выполнение программы на 100 миллисекунд, предотвращая избыточную частоту срабатываний и обеспечивая стабильность работы устройства.

Вывод. В данной главе был описан процесс построения электрической схемы для дипломного проекта «Умная палочка».

В первой части была описана программа, в которой была разработана электрическая схема. Она была разработана в программе KiCad.

Во второй части был выбран и описан микроконтроллер, который будет использоваться в проекте. Выбран микроконтроллер Arduino Nano.

В третьей части был описан принцип работы электрической схемы, была проведена проверка на соблюдение правил схемотехники электрической схемы.

В четвёртой части был описан код, который будет использоваться для управления ИК-датчиком HW-201 (YL-63).

В следующей главе будет описан процесс сборки проекта «Умная палочка».

## 4 Построение имитационной модели «Умной палочки»

### 4.1 Расчёт сечений проводов

Перед тем, как начинать подготовку модулей, необходимо рассчитать сечения проводов. Существуют готовые таблицы, которые сильно упрощают подбор сечений для любых условий, однако в этой работе будет сделан полный расчёт подбора необходимого сечения.

В первую очередь, необходимо подобрать сечение проводов для DC-DC преобразователь МТ-3608, так как этот участок цепи будет самым нагруженным.

При расчёте минимального сечения проводов учитываются ток потребления, допустимое падение напряжения и необходимая длина проводов.

Согласно СТ РК ГОСТ Р 51317.3.11-2009 допустимо падение напряжение не более 10%. Однако для того, чтобы наша схема работала стабильно, возьмем допустимое падение напряжения в 5%.

Общий ток потребления нашей схемы примем с запасом 500 мА. Использовать будем медные провода.

Подбор сечения осуществляется по законам электротехники. По закону Ома:

$$U = I * R \quad (13)$$

где  $U$  – напряжение на участке провода либо падение напряжения

$I$  – ток

$R$  – сопротивление провода

Далее используется формула сопротивления  $R$ , выраженное через удельное сопротивление и длину провода:

$$R = \frac{\rho * L}{S} \quad (14)$$

где  $R$  – сопротивление проводника (в Ом)

$\rho$  – удельное сопротивление материала (меди  $\approx 0.0175$  Ом·мм<sup>2</sup>/м)

$L$  – длина провода (в одну сторону)

$S$  – площадь поперечного сечения (в мм<sup>2</sup>)

Учитывая, что ток движется туда и обратно, то фактическая длина будет  $2L$ . Используя эти 2 формулы, выразим площадь сечения:

$$S = \frac{I * \rho * 2L}{U} \quad (15)$$

где  $S$  – искомое сечение провода

$I$  – ток, протекающий по проводу

$L$  – длина до нагрузки

$\rho$  – удельное сопротивление меди ( $\approx 0.0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ )

$U$  – максимально допустимое падение напряжения на проводе

Используя формулу 15, рассчитаем для каждого участка необходимое сечение проводов.

Участок от АКБ (EVE INR21700-50E) до DC-DC преобразователя (MT3608). На данном участке длина провода составит 10 сантиметров. Тогда:

$$S = \frac{0.5 \text{ A} * 0.0175 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}^2}{\text{м}} * 2 * 0.1 \text{ м}}{5 \text{ В} * 5\%} = 0.007 \text{ мм}^2$$

Как мы видим, допустимое сечение провода очень маленькое, что говорит о том, что мы можем использовать любой провод с любым сечением. То же самое можно сказать об остальных участках, т. к. участок от АКБ до DC-DC преобразователя самый нагруженный. Поэтому мы будем использовать провода с сечением  $0.25 \text{ мм}^2$ .

## 4.2 Подготовка модулей и сборка электрической схемы

В качестве тела нашей имитационной модели будет служить палка от разборной швабры, которая показана на рисунке 4.1. Она имеет достаточно жесткую конструкцию, чтобы выдержать постоянные вибрации, которые будут влиять на имитационную модель в рабочем режиме. Благодаря тому, что палка сделана из алюминия, с ней очень легко взаимодействовать, а именно делать отверстия. Однако минус в том, что металл довольно легко гнётся, что может оказаться на эстетике имитационной модели.



Рисунок 4.1 – Тело для имитационной модели «Умной палочки»

Измерив штангенциркулем оптически датчики, подберём сверло для необходимых отверстий. Нам необходимы отверстия для двух датчиков и кнопки включения «Умной палочки». Сделаем отверстия используя небольшой шуруповёрт. Этот процесс будет показан на рисунках 4.2–4.5.



Рисунок 4.2 – Замер лазерного датчика с использованием штангенциркуля



Рисунок 4.3 – Замер ИК-датчика с использованием штангенциркуля



Рисунок 4.4 – Сделанные отверстия с использованием шуруповёрта

При сборке модели так же будут использоваться изолирующая лента, двухсторонняя клейкая лента, вибростойкая лента, паяльник с припоем и флюсом, мультиметр, запас проводов нужного сечения, нож, боковые кусачки, круглогубцы.

Перед тем, как собирать электрическую схему, показанную на рисунке 4.5 необходимо подготовить модули, а именно припаять провода к нужным нам пинам. На плате Arduino Nano для работы нашего проекта нам необходимы аналоговые выходы A4, A5, A7. Они служат для передачи информации с датчиков на микроконтроллер для дальнейшей обработки. Так же нам необходимы цифровые выводы D2 и D3. С них будет осуществляться передача информации для пользователя. Еще нам необходимы пины +5 В, GND, Vin. С пинов +5 В и GND будут получать питание оптические датчики. GND и Vin будут служить для питания Arduino Nano от литий-ионного аккумулятора. Все электронные модули необходимо заизолировать, т. к. они будут находиться внутри тела «Умной палочки», которая имеет токо-проводимость. Если мы не заизолируем их, у нас имеется риск получить короткое замыкание, либо получать ложную информацию от датчиков. Подготовленная плата микроконтроллера показана на рисунке 4.6.

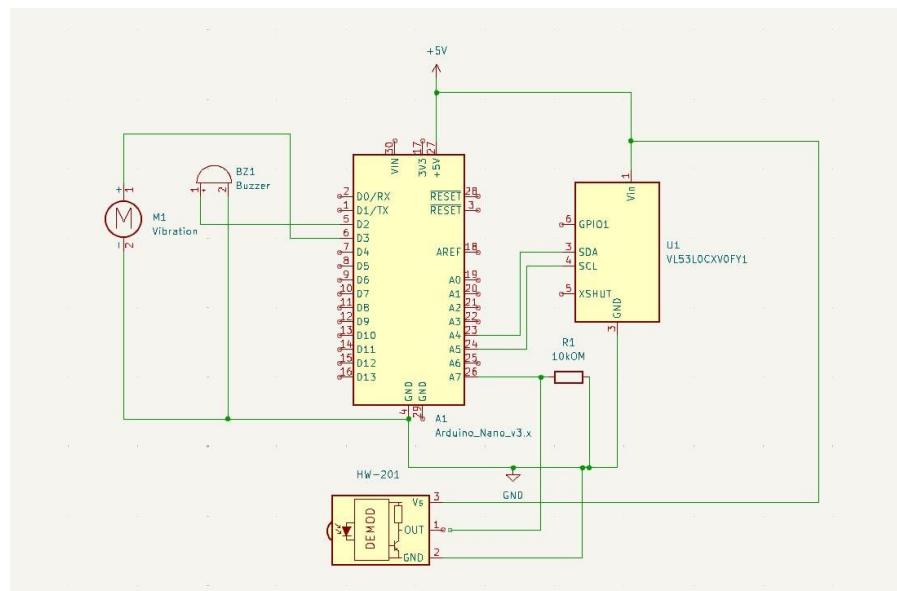


Рисунок 4.5 – Общая электрическая схема «Умной палочки»



Рисунок 4.6 – Подготовленная плата микроконтроллера Arduino Nano

ИК-датчик HW-201 (YL-63) имеет 3 пина, а именно Vin, GND, OUT. Нам необходимо подать +5 В на этот датчик. Подготовленный ИК-датчик показан на рисунке 4.7.



Рисунок 4.7 – ИК-датчик HW-201 (YL-63)

Лазерный датчик VL53L0X GY-530, который описан в другой дипломной работе, имеет 4 пина, а именно Vin, GND, SDA, SCL. Нам необходимо подать +5 В на этот датчик. Подготовленный ИК-датчик показан на рисунке 4.8.



Рисунок 4.8 – Лазерный датчик VL53L0X GY-530

Модули Buzzer (пищалка) и вибромотор «Таблетка» имеют по 2 контакта. Управление ими осуществляется через цифровые выходы D2 и D3 соответственно. Поэтому «+» контакты подключаются к цифровым выходам на плате микроконтроллера, «-» контакты к пину GND. Подготовленные модули Buzzer (пищалка) и вибромотор «Таблетка» показаны на рисунке 4.9.



Рисунок 4.9 – Подготовленные Модули Buzzer (пищалка) и вибромотор «Таблетка»

DC-DC преобразователь МТ-3608 имеет 2 пина входа и 2 пина выхода. Подключаем последовательно ко входу АКБ (EVE INR21700-50E) к DC-DC преобразователю. Выходные пины подключаем +OUT на Vin на плате микроконтроллера, -OUT на GND платы микроконтроллера. Предварительно, подключив АКБ к преобразователю настроим выходное напряжение, используя мультиметр как показано на рисунке 4.10. Настройка производится использованием встроенного в плату преобразователя потенциометра.



Рисунок 4.10 – Настроенный DC-DC преобразователь вместе с АКБ

На этом этапе наша подготовка завершена. Дальше, согласно схеме, показанной на рисунке 4.5 собираем нашу электрическую схему. Мной было принято решение разделить схему на 2 части: первая часть – часть с оптическими датчиками; вторая часть – часть с системой оповещения и питания. Так как необходимо установить датчики в нижней части тела «Умная палочка», то для удобства эта часть была собрана с использованием 5 контактной соединительной фишкой. Она позволит при необходимости отделить датчики от платы микроконтроллера. Вторая часть, которая состоит из buzzer, вибромотора, DC-DC преобразователя и АКБ были подключены напрямую, так как они будут находиться в верхней части. Так же в разрыв «+» провода была установлена кнопка, для экономии энергии. Полностью собранная электрическая схема показана на рисунке 4.11–4.12.

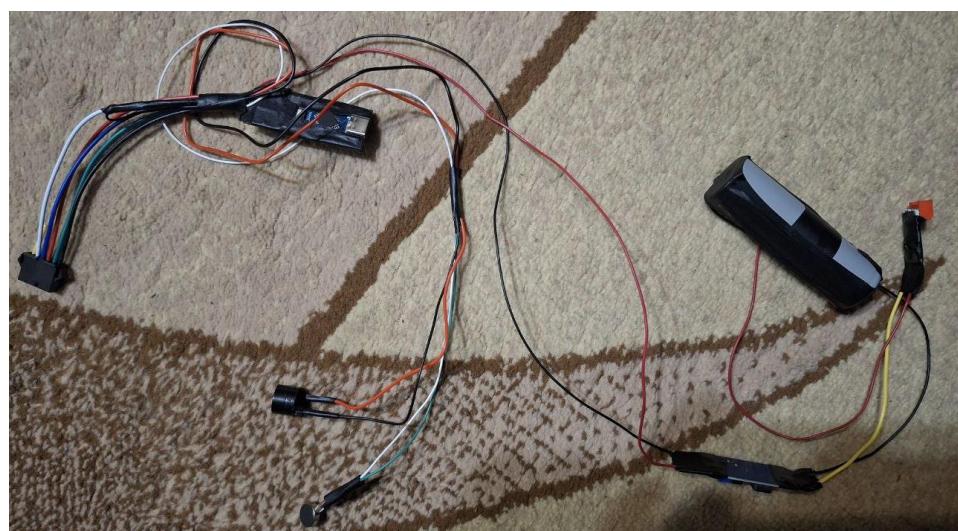
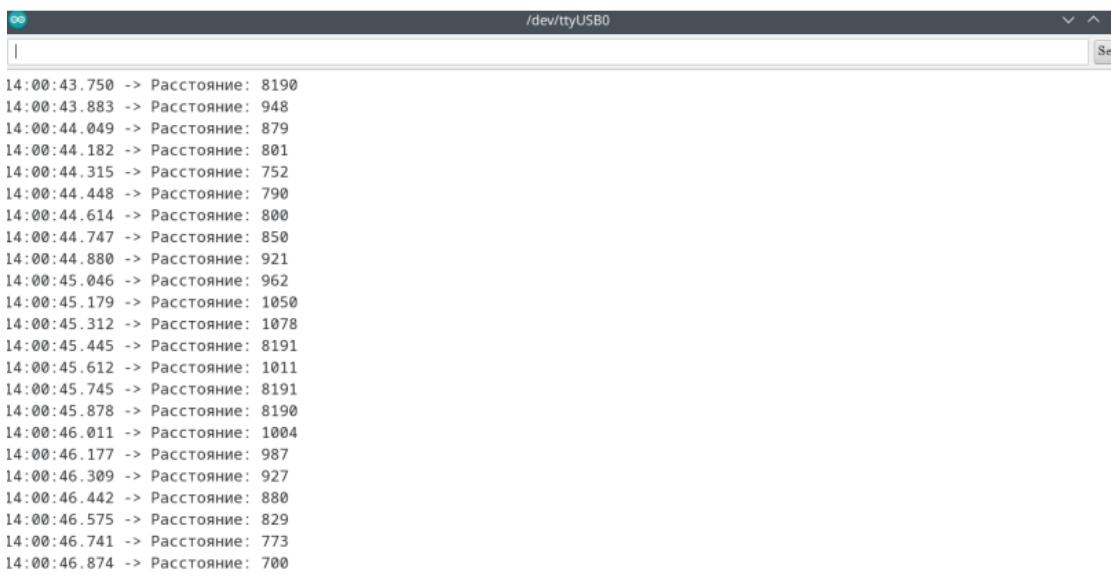


Рисунок 4.11 – Собранный верхний часть электрической схемы.

Из-за общего объема собранной схемы наше тело частично утратило возможность складываться, однако на работоспособность это никак не влияет.

#### 4.3 Проверка работоспособности имитационной модели «Умная палочка»

Так как у нас нет возможности передать проверку на работоспособность полностью собранную модель «Умная палочка», проведём тесты на работоспособность через среду разработки Arduino IDE. Так как у нас групповой проект, то тестирование схемы будет проводиться на совмещённой схемы. Нажимаем вкладку Tools, далее SerialMonitor (рисунок 4.12).



```
14:00:43.750 -> Расстояние: 8190
14:00:43.883 -> Расстояние: 948
14:00:44.049 -> Расстояние: 879
14:00:44.182 -> Расстояние: 801
14:00:44.315 -> Расстояние: 752
14:00:44.448 -> Расстояние: 790
14:00:44.614 -> Расстояние: 800
14:00:44.747 -> Расстояние: 850
14:00:44.880 -> Расстояние: 921
14:00:45.046 -> Расстояние: 962
14:00:45.179 -> Расстояние: 1050
14:00:45.312 -> Расстояние: 1078
14:00:45.445 -> Расстояние: 8191
14:00:45.612 -> Расстояние: 1011
14:00:45.745 -> Расстояние: 8191
14:00:45.878 -> Расстояние: 8190
14:00:46.011 -> Расстояние: 1004
14:00:46.177 -> Расстояние: 987
14:00:46.309 -> Расстояние: 927
14:00:46.442 -> Расстояние: 880
14:00:46.575 -> Расстояние: 829
14:00:46.741 -> Расстояние: 773
14:00:46.874 -> Расстояние: 700
```

Рисунок 4.12 – Вывод измерения расстояния в среду разработки

Опираясь на эти показания, можно построить график зависимости расстояния (Ось Y) от времени (Ось X). Данный график, который показан на рисунке 4.13 показывает, какие данные получает микроконтроллер Arduino Nano в рабочем режиме от оптических датчиков.

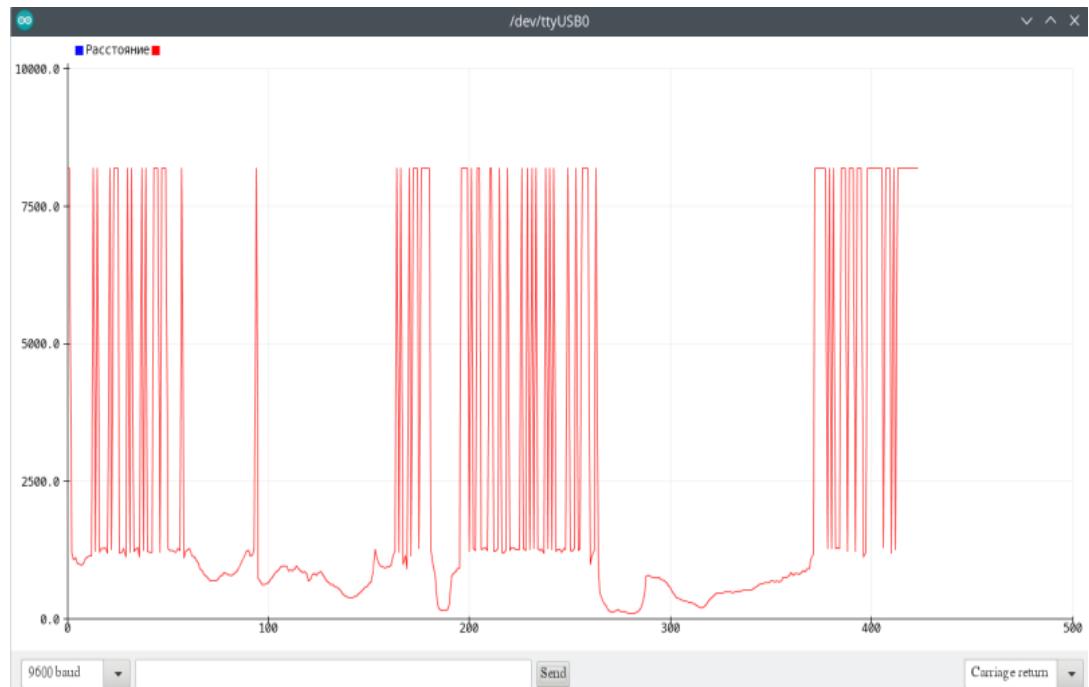


Рисунок 4.13 – График изменения расстояния и работы электрической схемы

**Выводы.** В первой части были описаны принципы нахождения необходимого сечения проводов, а также были произведены расчёты для нашей схемы.

Во второй части была подготовлена и собрана схема «Умная палочка». Также была собрана имитационная модель.

В третьей части были проведены тесты работоспособности имитационной модели. Получаемые данные были выведены и приведены в виде графика, что говорит о том, что наша схема «Умной палочки» работоспособна. Задача дипломного проекта выполнена.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных работ по разработке и исследованию оптоволоконных сенсоров для «Умной палочки» была спроектирована и собрана имитационная модель «Умной палочки» и разработан код для выполнения основных функций устройства. Тестирование работоспособности и полученные результаты свидетельствуют о правильности выполненных работ.

В дипломной работе описаны три главы, в которых рассматриваются каждый шаг создания «Умной палочки», теоретические аспекты приёма-передачи информации, принципы работы оптического датчика, функциональность и преимущества платы Arduino Nano, а также программный код для её корректной настройки.

Первый раздел является обзором существующих моделей оптических датчиков, которые подходят для использования в проектировании «Умной палочки». Подробно разобраны плюсы и минусы лидирующих типов оптических датчиков, на основании которых был проведён SWOT-анализ, а также поставлены задачи, необходимые для выполнения технического задания по созданию «Умной палочки».

Во втором разделе были описаны фундаментальные законы приёма-передачи информации, что играет ключевую роль при конструировании оптических датчиков. Так же в этой главе был описан выбранный датчик для данного дипломного проекта, изучены принципы его работы и его характеристики. Оптическим датчиком для создания «Умной палочки» был выбран инфракрасный датчик HW-201 с модулем YL-63. Так же были описаны другие модули, которые будут использоваться в нашем дипломном проекте, а именно вибромотор «Таблетка», который служит для передачи сообщения человеку с ограниченными возможностями; был выбран литий-ионный аккумулятор модели EVE INR21700-50E для длительной автономной работы.

В третьем разделе мы согласовали микроконтроллер Arduino Nano с ранее выбранным инфракрасным датчиком. Согласованность этих двух элементов необходима для работы «Умной палочки» с максимальной точностью. После выбора двух основных компонентов была спроектирована электрическая схема, которая соответствует международным правилам составления электрических схем. Так же был разработан программный код для управления «Умной палочкой».

В четвертом разделе было рассчитано необходимое сечение проводов для сборки электрической схемы. Расчёты проводились с соответствием электротехническими законами и международными стандартами. Тестирование собранной электрической схемы подтвердило работоспособность устройства. Результаты измерений успешно выводились в монитор компьютера, что свидетельствует о правильности работы программы и соответствии техническому заданию.

При создании устройства «Умная палочка» учитывались международные стандарты, регулирующие требования к ассистивным технологиям, оптическим датчикам и доступности устройств:

1. ISO 23599:2012 – Assistive products for blind and vision-impaired persons – Tactile walking surface indicators (Вспомогательные устройства для людей с нарушениями зрения и слуха, включая тактильные маркеры и системы вызова). Данный стандарт устанавливает требования к вспомогательным устройствам для незрячих, что включает в себя тактильные и звуковые элементы навигации. «Умная палочка», оснащенная вибрационным и звуковым сигналами, соответствует этим требованиям, обеспечивая пользователю дополнительную сенсорную информацию об окружающей среде [17].

2. ISO 21542:2021 – Building construction – Accessibility and usability of the built environment (Руководство по доступности зданий и сооружений). Стандарт определяет требования к обеспечению доступности городской среды. В контексте разработки «Умной палочки» он позволяет учитывать особенности городской инфраструктуры и адаптировать функционал устройства для эффективного ориентирования незрячих людей [18].

3. ISO 9999:2016 – Assistive products for persons with disability – Classification and terminology (Ассистивные изделия для людей с ограниченными возможностями – Классификация и терминология). В данном стандарте классифицируются устройства, предназначенные для помощи людям с инвалидностью, включая электронные навигационные системы. «Умная палочка» может быть отнесена к этой категории, что подтверждает ее функциональное назначение [19].

4. ISO 21801–1:2020 – Cognitive accessibility – Part 1: General guidelines (Когнитивная доступность – Часть 1: Управление когнитивной доступностью). В данном стандарте описаны принципы проектирования доступных устройств, что особенно важно при разработке удобного интерфейса взаимодействия с пользователем, включая тактильные и звуковые сигналы [20].

5. ISO 21802:2019 – Assistive products – Information and communication technology (Продукты и услуги, предназначенные для повышения доступности, коммуникации и безопасности для людей с когнитивными нарушениями). Данный стандарт помогает сформировать подход к организации звуковых и тактильных уведомлений, чтобы они были интуитивно понятными для пользователя [21].

6. ISO 23659:2020 – Fiber optics – Test methods for passive optical components (Оптоволоконные датчики – Методы испытаний пассивных оптических компонентов). Этот стандарт регламентирует методы тестирования оптических компонентов, включая модуль YL-63 с оптическим датчиком HW-201, что позволяет определить его точность и надежность в составе умной трости [22].

7. СТ РК ГОСТ Р 51317.3.11–2009 - Электромагнитная совместимость технических средств. Стойкость к импульсным помехам напряжением в питающих и сигнальных цепях. Требования и методы испытаний. Этот стандарт устанавливает требования к устойчивости электронных устройств

к импульсным электромагнитным помехам, возникающим в питающих и сигнальных цепях. Применение данного стандарта позволяет оценить защищённость электроники от внешних электрических возмущений, что важно для обеспечения надёжности работы умной трости в условиях воздействия помех [23].

Применение данных стандартов позволяет обеспечить соответствие «Умной палочки» современным требованиям по доступности, удобству использования и эффективности работы для людей с ограниченными возможностями.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ВОЗ: более 1 млрд человек в мире имеют инвалидность // Электронная версия доступна по ссылке: <https://dislife.ru/materials/4320>
- 2 Assistive Technologies and Computer Access for Motor Disabilities / ред. Дж. М. Джонс. Электронная версия доступна по ссылке: <https://drive.google.com/file/d/1SVXy8LParAneecKCjpzY754NTvZN3Ia/view>
- 3 Мониторинг Целей устойчивого развития до 2030 года [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: <https://stat.gov.kz/ru/sustainable-development-goals/goal/>
- 4 Matias I.R., Ikezawa S., Corres J. Fiber Optic Sensors: Current Status and Future Possibilities. – Cham: Springer, 2019. Электронная версия доступна по ссылке: <https://drive.google.com/file/d/1aAG7Ik39gizMW0UzliXK8PApoH4D5O/view>
- 5 Оптический аналоговый датчик Sharp GP2Y0A21YK0F [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: <https://aliexpress.ru/item/1005006024614462.html>
- 6 Оптический LIDAR датчик HOKUYO UST-10LX [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: <https://hokuyousa.com/products/lidarobstacle-detection/ust10lx>
- 7 Оптический LIDAR датчик Ouster OS1 [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: <https://ouster.com/products/hardware/os1-lidar-sensor>
- 8 Optical Fiber Sensor Technology: Advanced Applications. Электронная версия доступна по ссылке: [https://drive.google.com/file/d/1LjTEYddSHn\\_dkQ8AjoyUr\\_QcK](https://drive.google.com/file/d/1LjTEYddSHn_dkQ8AjoyUr_QcK)
- 9 Бусурин В. И., Носов Ю. Р. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с. Электронная версия доступна по ссылке: <https://drive.google.com/file/d/1P5ZD5vhiubm3uRaPGLhEcqwB39u9QMPK>
- 10 инфракрасный датчик HW-201 с модулем YL-63 [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: <https://xn--80abntiqkep.xn--p1ai/product/244799>
- 11 chipdocs.ru. Общая информация про инфракрасные оптические датчики [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: <https://chipdocs.ru/articles/infrakrasnyj-datchik-prepyatstvij/>
- 12 Arduino-parts.kz. Вибромотор «Таблетка» [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: <https://arduino-parts.kz/p110491513-miniatyurnyj-vibromotor-tabletka.html>
- 13 18650pro. Обзор литий-ионного аккумулятора EVE INR21700-50E [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: <https://18650pro.ru/blog/test/eve-inr21700-50e/>
- 14 KiCad. Wikipedia [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: <https://ru.wikipedia.org/wiki/KiCad>

15 Arduino Nano. Wikipedia [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: [https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino\\_Nano](https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino_Nano)

16 Arduino IDE. Wikipedia [Электронный ресурс]. Электронная версия доступна по ссылке: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino\\_IDE](https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino_IDE)

17 ISO 23599:2012 – Assistive products for blind and vision-impaired persons – Tactile walking surface indicators. Geneva: ISO, 2012. Доступно по ссылке: <https://www.iso.org/standard/50946.html>

18 ISO 21542:2021 – Building construction – Accessibility and usability of the built environment. Geneva: ISO, 2021. Доступно по ссылке: <https://www.iso.org/standard/72580.html>

19 ISO 9999:2016 – Assistive products for persons with disability – Classification and terminology. Geneva: ISO, 2016. Доступно по ссылке: <https://www.iso.org/standard/66384.html>

20 ISO 21801-1:2020 – Cognitive accessibility – Part 1: General guidelines. Geneva: ISO, 2020. Доступно по ссылке: <https://www.iso.org/standard/72146.html>

21 ISO 21802:2019 – Assistive products – Information and communication technology. Geneva: ISO, 2019. Доступно по ссылке: <https://www.iso.org/standard/71574.html>

22 ISO 23659:2020 – Fiber optics – Test methods for passive optical components. Geneva: ISO, 2020. Доступно по ссылке: <https://www.iso.org/standard/74108.html>

23 СТ РК ГОСТ Р 51317.3.11–2009. Электромагнитная совместимость технических средств. Стойкость к импульсным помехам напряжением в питающих и сигнальных цепях. Требования и методы испытаний. Электронная версия доступна по ссылке: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293739/4293739815.pdf>

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

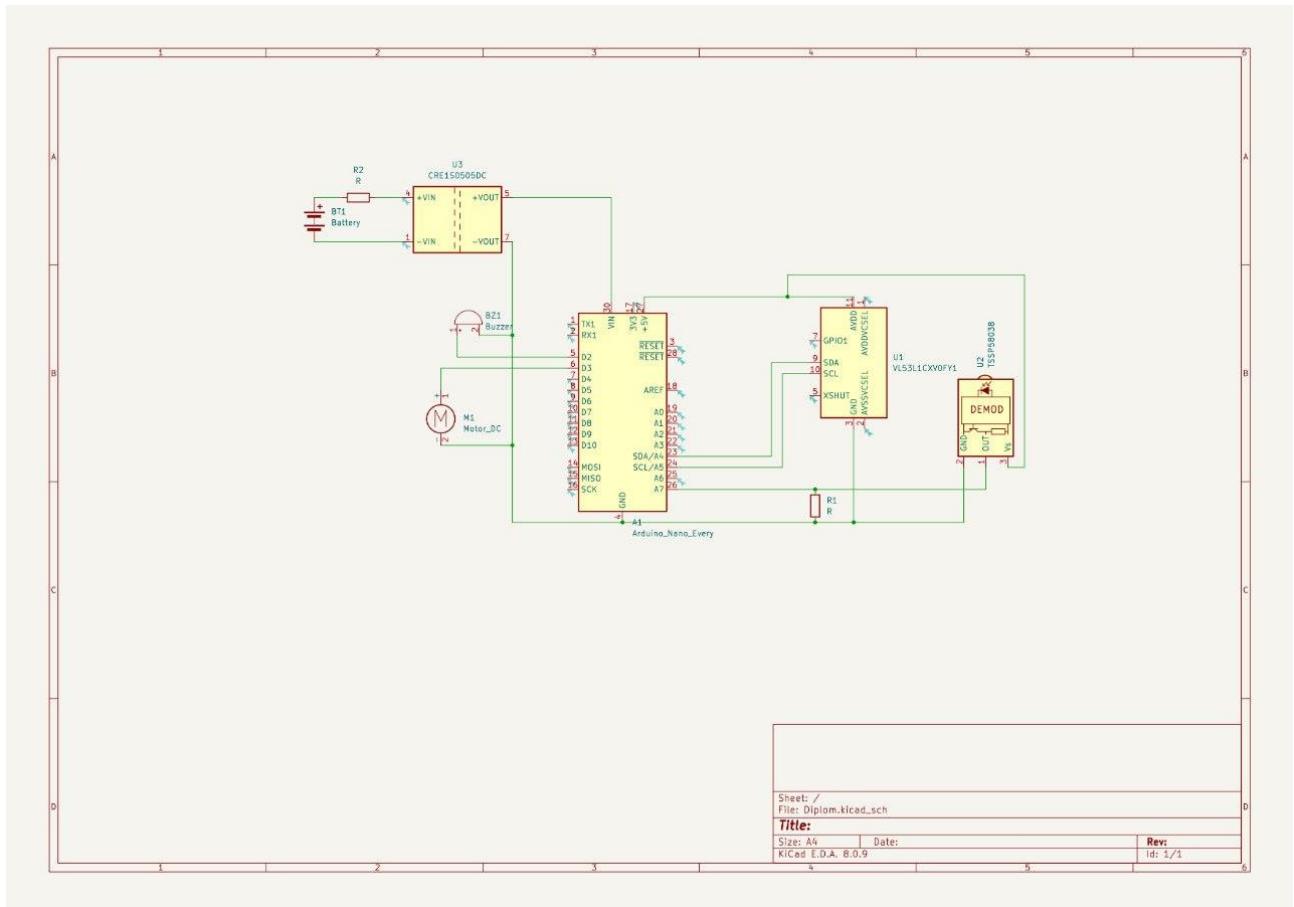


Рисунок А.1 – Полная электрическая схема «Умной палочки»

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

```
#define SENSOR_PIN A7 // Пин A7 для подключения датчика
#define BUZZER_PIN 2 // Пин для пищалки
#define VIBRO_PIN 3 // Пин для вибромотора

const int threshold = 512; // Пороговое значение для определения наличия объекта

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
    pinMode(VIBRO_PIN, OUTPUT);
}

void loop() {
    int sensorValue = analogRead(SENSOR_PIN); // Читаем аналоговый сигнал с A7

    Serial.print("Датчик (значение): ");
    Serial.println(sensorValue);

    if (sensorValue < threshold) { // Если значение ниже порога — объект обнаружен
        digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
        digitalWrite(VIBRO_PIN, HIGH);
    } else { // Иначе — объекта нет
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
        digitalWrite(VIBRO_PIN, LOW);
    }

    delay(100); // Небольшая задержка
}
```

Рисунок Б.1 – Полная версия программы для работы с ИК-датчиком HW-201 (YL-63)

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_VL53L0X.h>

#define BUZZER_PIN 2 // Пин для пищалки
#define VIBRO_PIN 3 // Пин для вибромотора

Adafruit_VL53L0X lox;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
    pinMode(VIBRO_PIN, OUTPUT);

    if (!lox.begin()) {
        Serial.println("Ошибка инициализации VL53LDK!");
        while (1);
    }
}

void loop() {
    VL53L0X_RangingMeasurementData_t measure;
    lox.rangingTest(&measure, false);

    int distance = measure.RangeMilliMeter; // Расстояние в мм
    Serial.print("Расстояние: ");
    Serial.println(distance);

    if (distance < 750) { // Меньше 75 см
        digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
        digitalWrite(VIBRO_PIN, HIGH);
    } else if (distance < 2000) { // От 75 см до 2 м
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
        digitalWrite(VIBRO_PIN, HIGH);
    } else { // Больше 2 м
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
        digitalWrite(VIBRO_PIN, LOW);
    }

    delay(100);
}
```

Рисунок В.1 – Полная программа «Умной палочки»

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

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

**Автор: Аи Владислав Александрович**

**Тақырыбы: Исследование и разработка оптоволоконных сенсоров для «Умной палочки» для людей с ограниченными возможностями**

**Жетекші: Ерлан Таштай**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 9.8**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.3**

**Дәйексөз (35): 4.2**

**Әрінгерді ауыстыру: 4**

**Аралықтар: 2**

**Шагын көңістіктер: 3**

**Ақ белгілер: 0**

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

- ☒** **Ғылыми сінбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс ез бетінше жазылған болып санала отырып, көргауга жіберіледі.**
- ☐** **Осы жұмыстагы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі сінбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты езі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта ендеуге жіберілсін.**
- ☐** **Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагнэттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бүрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс көргауга жіберілмейді.**

**Негіздеме:**

**2025-05-09**

**Күні:**



**Кафедра менгерушісі**



## Протокол

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

**Автор:** Аи Владислав Александрович

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Исследование и разработка оптоволоконных сенсоров для «Умной палочки» для людей с ограниченными возможностями

**Научный руководитель:** Ерлан Таштай

**Коэффициент Подобия 1:** 9.8

**Коэффициент Подобия 2:** 4.3

**Микропробелы:** 3

**Знаки из зарубежных алфавитов:** 4

**Интервалы:** 2

**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:

2025-05-09

Дата



Заведующий кафедрой



# Протокол

## о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Аи Владислав Александрович

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Исследование и разработка оптоволоконных сенсоров для «Умной палочки» для людей с ограниченными возможностями

**Научный руководитель:** Ерлан Таитай

**Коэффициент Подобия 1:** 9.8

**Коэффициент Подобия 2:** 4.3

**Микропробелы:** 3

**Знаки из других алфавитов:** 4

**Интервалы:** 2

**Белые Знаки:** 0

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

- Задокументированные в работе заимствования являются законным и не являются плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Задокументированное в работе заимствование является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены задокументированные в работе заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манipуляции), 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 процедур. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

2025-05-09

Дата

Сунгат Марксұлы

проверяющий эксперт

ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Ан Владислав Александрович

6B06201 – «Телекоммуникация»

Тема: «Исследование и разработка оптоволоконных сенсоров для «Умной палочки» для людей с ограниченными возможностями»

Дипломная работа Ан В.А. представляет собой исследование и разработку оптоволоконных сенсоров для «Умной палочки» для людей с ограниченными возможностями.

В первой главе были рассмотрены обзор и SWOT-анализ существующих решений и технологий, применяемых в устройствах «Умная палочка».

Во второй главе были описаны технические характеристики оптоволоконного датчика YL-63, а также протокол обмена информацией между датчиком и головным устройством.

Третья глава посвящена разработке электрической схемы «Умной палочки». Стоит отметить, что схема была смоделирована на стенде и проверена на работоспособность.

В четвертой главе были разработаны имитационная модель, основной код для работы и управления «Умной палочкой».

Актуальность дипломной работы заключается в решении важных задач, связанных с обеспечением безопасности, мобильности и качества жизни людей с нарушениями зрения, а также других уязвимых групп (пожилые, люди с нарушениями координации, дети в особых условиях и пр.).

Дипломная работа оценена на «отлично» (91/A), а студент Ан Владислав Александрович рекомендован к присвоению академической степени бакалавра информационных и коммуникационных технологий по образовательной программе 6B06201 – «Телекоммуникация».

Научный руководитель  
Заведующий кафедрой ЭИиКТ  
Кандидат технических наук  
Таштай Е. Т.

«21» 2025 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу  
Ан Владислав Александрович

На тему: «Исследование и разработка оптоволоконных сенсоров для  
«Умной палочки» для людей с ограниченными возможностями»

Выполнено:

- а) графическая часть на 4 листах
- б) пояснительная записка на 30 страницах

## ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Основная часть посвящена разработке и созданию макета с использованием оптических сенсоров на базе микроконтроллера Arduino Nano с оптических сенсоров на базе микроконтроллера Arduino Nano с описанием исполняемого кода на языке С, который управляет «Умной палочкой».

## Оценка работы

В целом задание выполнено. Дипломная работа оценена на «отлично» (89/В+), а студент Ан Владислав Александрович – рекомендован к присвоению академической степени бакалавра информационных и коммуникационных технологий по образовательной программе 6В06201 «Телекоммуникация».

Рецензент:  
К.т.н., профессор  
АУЭС имени Г.Даукеева  
«21» 11 2025 г.

