

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(код и наименование направления подготовки)

Электроника и робототехника

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Акустический кодовый замок

Обучающийся

А.А. Скоробогатов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.И. Золотов

(ученая степень, ученое звание, Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Название бакалаврской работы: «Акустический кодовый замок».

Работа состоит из пояснительной записки на 50 страницах, включающей 35 рисунков, 9 таблиц, списка литературы из 30 наименований, в том числе 5 иностранных источников, 2 приложения и графической части на 6 листах формата А1.

Целью работы является разработка и проектирование прототипа электронного акустического кодового замка.

В первой части рассмотрены готовые решения, сформирована концепция разрабатываемого устройства.

Во второй части рассмотрены и подобрана необходимая компонентная база, обоснован их выбор, их принципы функционирования и некоторые характеристики.

В третьей части рассматривается аппаратное обеспечение в виде кода управляющей программы опытного образца устройства.

В четвертой части рассмотрено проектирование разработанного опытного образца устройства.

Результатом выполнения бакалаврской работы является опытный образец устройства и его программный код.

Abstract

The title of the graduation work is: « Acoustic combination lock».

The graduation work consists of an explanatory note on 50 pages, including 35 figures, 9 tables, a list of 30 references, including 5 foreign sources, 2 appendices and a graphic part on 6 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to develop and design a prototype of an electronic acoustic combination lock.

In the first part, ready-made solutions are considered, the concept of the device being developed is formed.

In the second part, the necessary component base is considered and selected, their choice, their principles of operation and some characteristics are justified.

In the third part, the hardware is considered in the form of a control program code for a prototype device.

In the fourth part, the design of the developed prototype of the device is considered.

The result of the bachelor's work is a prototype device and its program code.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ состояния вопроса	8
1.1 Анализ исходных данных и известных решений	8
1.1.1 Механические замки.....	8
1.1.2 Электромеханические замки.....	11
1.1.3. Электромагнитные замки.....	13
1.1.4 Скрытый электронный замок	15
1.1.5 Биометрический электронный замок	17
1.1.6 Кодовый замок-звонок	18
1.2 Формулировка задач исследования	20
2 Разработка и обоснование схемотехнического решения.	21
2.1 Разработка электрической схемы и выбор необходимых компонентов.....	21
2.1.1 Структурная схема устройства	21
2.1.2 Микроконтроллер	22
2.1.3 Датчик звука.....	25
2.1.4 Сервопривод.....	27
2.1.5 Блок питания	30
2.1.6 Индикатор	33
2.2 Разработка конструкции устройства.....	35
3 Разработка кода управляющей программы.	41
3.1 Программное обеспечение	41
3.2 Разработка программной части устройства	42

4 Проектирование опытного образца устройства.....	44
4.1 Изготовление системы.....	44
4.2 Проверка и отладка программы устройства	45
Заключение	47
Список используемой литературы	48
Приложение А Инструкция по работе с акустическим кодовым замком	51
Приложение Б Программный код акустического кодового замка	52

Введение

Дверные замки представляют собой существенный элемент обеспечения безопасности помещений и сохранения имущества. За длительное время их использования произошло значительное количество изменений в их дизайне и внутренней конструкции. Существуют разные виды замков: механические, электрические, электромеханические и электромагнитные замки различных типов.

Система, основанная на использовании замков электромеханического типа, является одной из систем, нацеленных на защиту помещений от нелегального проникновения. Она функционирует путем предоставления уникального кода индивидуальным лицам или группам лиц. В зависимости от уровня доступа, определенного в коде, возможен вход только в определенные помещения и в определенное время. Ввод кода осуществляется на панели кодирования.

Кодовые замки имеют несколько недостатков, которые обусловлены особенностями их устройства и принципа работы. Одним из таких недостатков является возможность взлома злоумышленником, пытающимся проникнуть в помещения с такой системой защиты, которая может возникнуть в случае, если злоумышленник сможет узнать код доступа или подобрать кодовый ключ методом перебора. В этом случае, замок легко будет обойти, что представляет опасность для безопасности помещения или объекта.

Второй недостаток заключается в невозможности или трудоемкости замены ключей, как механических, так и электронных типов. Это может вызвать проблемы в случае утери ключа или его копирования злоумышленником. Если для замены механического ключа необходимо заменить весь замок, то изменение кода доступа в электронном замке может потребовать специальных знаний и оборудования, что может стоить

довольно дорого и занимает много времени. Это создает неудобство использования таких замков для пользователя.

Исходя из изложенной информации ранее, необходимо исправить недостатки замков электромеханического типа путем повышения защищенности электромеханического типа от взлома, а также упрощением процедуры настройки во время установки замка и во время его эксплуатации.

Достижение поставленной цели возможно с помощью акустического кодового замка. Создание описанной системы на базе микроконтроллера позволит получить компактное, удобное, безопасное и самое главное простое в обращении и несложное в изготовлении устройство, управление которым будем осуществляться при помощи звука.

В рамках данной работы предполагается разработать, изготовить и наладить работу устройства контроля доступа на микроконтроллерном управлении с использованием датчика звука.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Анализ исходных данных и известных решений

1.1.1 Механические замки

На данный момент, механический замок является самым распространенным видом замков, который за длительный период существования обновлялся в части дизайна и конструкции.

Современные кодовые замки могут быть классифицированы по нескольким критериям, включая метод установки, способ управления механизмом блокировки двери и возможность регулировки кода.

Механические замки делятся на два типа по методу установки: врезные и накладные. Установка врезных замков происходит путем прямой установки в само полотно, тогда как накладные замки устанавливаются на поверхности полотна и требуют меньше времени и не ослабляют полотно двери. И те, и другие могут быть как сувальдными, так и цилиндровыми и дисковыми.

Относительно привода механических замков, их можно классифицировать на два типа:

- замки с непосредственным приводом запирающего стержня (сувальдные);
- замки с косвенным приводом запирающего стержня (цилиндровые).

Механизм сувальдных замков (рисунок 1) позволяет ключу непосредственно влиять на запирающую пластину при вращении. При этом, бороздки ключа должны соответствовать конфигурации кодовых впадин механизма. В противном случае замок не открывается, хотя такие замки могут быть открыты отмычками.

Замки цилиндрического типа (рисунок 2) функционируют благодаря механизму, который обеспечивает свободное перемещение запирающей

пластины при вращении стержня-привода, жестко соединенного с цилиндром, в который вставляется ключ [1], [2].

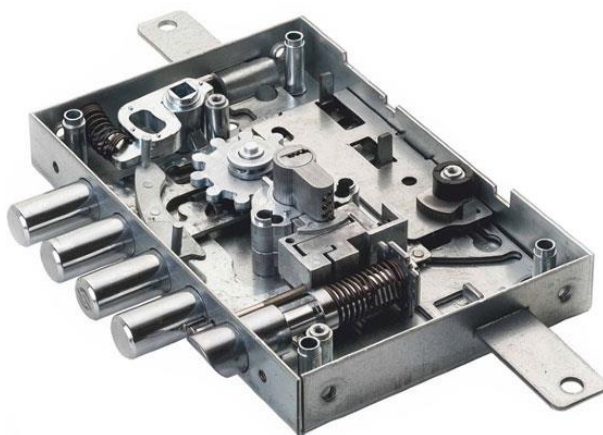


Рисунок 1 – Внутреннее устройство замка типа сувальдный

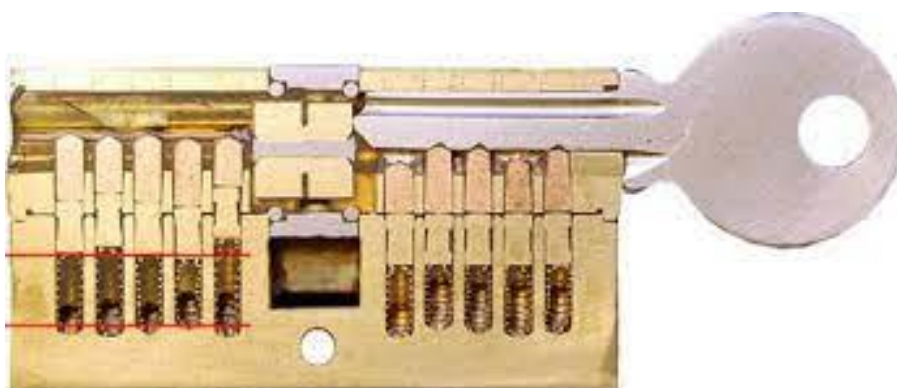


Рисунок 2 – Внутреннее устройство замка типа цилиндровый

Тем не менее, вращение цилиндра привода без ключа невозможно из-за наличия маленьких подпружиненных деталей на обойме цилиндра, которые блокируют его вращение. Данные детали впиваются в отверстия цилиндра привода при помощи миниатюрных пружинок.

Когда ключ вставлен в цилиндр привода, он оказывается на месте подпружиненных деталей, разрешается вращение цилиндра.

Дисково-цилиндровые замки, также известные как финские замки, являются специальным типом замков, которые применяются для обеспечения безопасности. Они работают благодаря особому механизму, который осуществляет выставление секретного кода путем поворота внутренних дисков на определенный угол. Для этого используется специальная пластина-вертушка, которая проходит через вырезы в дисках.

Механизм замка состоит из набора дисков, каждый из которых содержит вырез для ключа полукруглой формы и отверстие для пластины-баланса, которые помещены в цилиндр. Ключ имеет аналогичные вырезы. При работе замка происходит определение вертушки путем выставления баланса. При попытке использовать другой ключ диски остаются неподвижными и пластина-баланс блокирует цилиндр, что приводит к невозможности открыть замок.

Кроме этого, использование замков связано с возможностью выдвижения одного или нескольких запирающих стержней для фиксации положения двери, а многоригельные замки позволяют достичь наивысшей защиты от проникновения. Этот тип замков осуществляет защиту путем расположения запирающих стержней в двух или четырех направлениях, включая вертикальное и горизонтальное, их высокая прочность обеспечивается стальной конструкцией.

Кроме этого, механические кодовые замки не требуют наличия ключа, что является их главным преимуществом. Однако, ограниченное использование таких защитных инструментов связано с возможностью определения комбинаций цифр, введенных в замок. Простые механические кодовые замки не имеют следствий от последовательности вводимых цифр, что является ограничивающим

фактором в возможных комбинациях. Злоумышленник может легко подсмотреть код, а метки на клавиши наборного поля могут быть использованы для взлома замка. Поэтому одним из методов защиты может быть периодическая смена кодовой комбинации при использовании механических кодовых замков.

Механические кодовые замки могут использоваться совместно с другими устройствами для условного доступа в помещение. Далее рассмотрены разновидности электрических замков.

1.1.2 Электромеханические замки

Электромеханические замки представляют собой модификацию механических замков, который способны открываться в ответ на электрический сигнал, поступающий от источника напряжения необходимой величины (12 или 24 вольта). Этот сигнал генерируется системой, управляемой с помощью удаленной кнопки, которая предоставляет дистанционный доступ к замку[2].

Такой замок можно открыть тремя способами:

- электрическим импульсом, подаваемым от удаленной кнопки;
- расположенной с внутренней стороны корпуса замка механической или электрической кнопкой;
- обычным механическим ключом.

Электромеханические замки также различаются по способу установки на два вида: врезные (рисунок 3) и накладные (рисунок 4).



Рисунок 3 – Накладной электромеханический замок



Рисунок 4 – Врезной электромеханический замок

Электромеханические замки оснащены управляемым электромагнитом, который обеспечивает механизм открытия замка. При закрытии двери, запирающий ригель защелкивается и остается в состоянии, в котором он выстроен и поддерживается пружиной с небольшим усилием. В то же время, пружина открывающего механизма автоматически натягивается и блокируется защелкой. При открывании замка электромагнит освобождает защелку и пружина, освободившись и преодолев сопротивление пружины запирающего ригеля, вытаскивает его.

Но такая конструкция замка имеет два недостатка:

- короткой длиной запирающего стержня запора;
- невозможностью повторного дистанционного закрывания замка.

Это значит, что после подачи открывающего сигнала дверь с замком такой конструкции останется в незапертом состоянии до тех пор, пока ее не откроют и не закроют снова.

1.1.3. Электромагнитные замки

Электромагнитные замки (рисунок 5) отличаются невысокой стоимостью и удобством монтажа. Они также полезны в экстренных ситуациях, включая пожар, террористические атаки или стихийные бедствия так как, этот тип замков обладает удерживающей силой, не превышающей 300-500 кг.

Электромагнитный замок представляет собой электромагнит с плоской стальной пластиной и обладает хорошей мощностью. Для закрытия такого замка, постоянное напряжение подается на электромагнит замка. При закрытии двери, стальная пластина, закрепленная на ней, приближается к электромагниту, в результате чего она притягивается им и удерживается его магнитным полем.



Рисунок 5 – Электромагнитный замок

В передовых дизайнах электромагнитных замков, состояние закрытой двери поддерживается дверным доводчиком, в то время как электромагнит получает только зондирующие импульсы напряжения. Это приводит к резкому снижению энергопотребления замка. В случае попытки открыть дверь, контроллер замка обеспечит полное удерживающее напряжение на электромагните.

Для открытия электромагнитного замка необходимо отключить его питание. При использовании данного замка важно убедиться, что комплектация также включает в себя дверной доводчик.

Большинство электронных кодовых замков обладают отсутствием отрицательных характеристик, присущих механическим кодовым замкам. К примеру, обычный кодовый замок, имеющий всего лишь шесть кнопок, обладает колоссальным числом комбинаций кодового набора, превышающих 36 миллиардов, благодаря тому, что разрешается совместное нажатие кнопок при наборе кода[2].

Системы контроля доступа, несмотря на свое громкое название, основаны на тех же принципах, что и электронные кодовые замки, но в них используется электронный ключ – считыватель, вместо наборного поля. Электронный ключ представляет собой головку диаметром 20 мм и толщиной 6 мм с окончанием из пластмассы, в которую вшит магнитный код длиной несколько десятков байтов (байт - восемь двоичных разрядов). Максимальное число ключей, которое может использовать замок, равняется 280 триллионам и каждый ключ имеет свой уникальный номер. Ключи можно свободно приобрести. Пример электронного ключа представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Электронный ключ

Из-за огромного количества цифровых комбинаций номера ключей не могут быть подобраны, поэтому система контроля доступа ограничивается регистрацией только имеющихся ключей. Для открытия замка необходимо приложить головку ключа к пятачку считывателя. Система также поддерживает функции регистрации новых ключей и удаления устаревших, но этот процесс трудоемкий и требует наличие специального оборудования с соответствующими знаниями их использования, что делает почти невозможным замену ключей без вызова специалиста.

1.1.4 Скрытый электронный замок

Скрытый электронный замок (рисунок 7) представляет собой радиоуправляемый электронный замок, встроенный в дверное полотно и обладающий электромеханическим приводом. В отличие от традиционных замков, этот тип не имеет замочной скважины с внешней стороны двери, а с внешней стороны полотна у отсутствуют следы установки в виде внешней замочной скважины. За счет этого, даже профессиональный взломщик может столкнуться со сложностями при определении места расположения замка-невидимки. Определить, что в двери есть замок на радиоуправлении, злоумышленник сможет не раньше, чем взломает все механические замки. Радиоуправление позволяет управлять этим замком при помощи

специального дистанционного устройства, а система аварийного питания обеспечивает надежную работу замка в любых условиях.

Попытки злоумышленников получить доступ к замку, используя его код, также не будут увенчаны успехом, поскольку производители данного типа замков применяют большое число уникальных комбинаций кода, общее количество которых достигает нескольких миллиардов. Кроме того, защита замков с динамическим кодом гарантирует постоянное изменение кода, что делает выполнение такого типа атак бессмысленным.



Рисунок 7 – Скрытый электронный замок

Однако в случае утери пользователем пультом радиуправления это создаст массу проблем в связи с отсутствием возможности попасть внутрь помещения для перенастройки замка и замены ключа радиуправления, что не может быть решено самостоятельно, без вызова специалиста с оборудованием.

1.1.5 Биометрический электронный замок

Биометрический электронный замок - это электронное запирающее устройство, для открытия и закрытия которого используется часть человеческого тела, например, отпечаток пальца или радужная оболочка глаза. Такой замок представлен на рисунке 8. Исходя из того, что нет двух одинаковых папиллярных рисунков на пальцах людей, кодирование определенного отпечатка в память системы позволяет открывать замок простым касанием пальца к считывающему датчику. В процессе эксплуатации данный тип замка практически невозможно переполнить или повредить, ввиду того, что внешние просветы отсутствуют, не предоставляя возможности кому-либо держаться за или поместить что-либо внутрь замка.



Рисунок 8 – Биометрический электронный замок

Сложность конструкции такого замка и неочевидность настройки её самостоятельно делают этот замок малопригодным для самостоятельной установки, не имея соответствующих знаний и инструментов, в следствии чего этот замок устанавливается только специалистами.

Самый распространенный способ аутентификации таких замков — по отпечаткам пальцев, на их распознавании основана работа большинства биометрических замков. Система также может быть дополнена USB разъемом с внутренней стороны помещения и Bluetooth модуль для более простого доступа к помещению. Но такие модификации усложняют замок, в

следствии чего растет его стоимость производства и увеличивается общее потребление энергии, уменьшая его энергетическую автономность без подзарядки. Также такие модификации делают биометрический электронный замок более уязвимым к взлому злоумышленником.

1.1.6 Кодовый замок-звонок

У представленного экземпляра электронного кодового замка отсутствует типичное поле из кнопок с возможностью набора кода. Вместо этого код вводится посредством последовательного нажатия и отпускания единственной кнопки, которая также выступает в качестве кнопки вызова. В процессе ввода кода, звуковой сигнал отключается. Электронный модуль замка генерирует восьмиразрядное двоичное число, которому соответствуют единицы и нули, формируемые путем замкнутости кнопки в течение определенных промежутков времени - 1-2 секунды на единицу, и менее секунды на ноль. Внешний вид такого замка представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Кодовый замок-звонок

При первом аппликационном нажатии, устройство проиграет звук, и при последующем нажатии кнопки выдача звука блокируется на несколько секунд, чтобы дать пользователю время для ввода кода. Если перерыв между нажатиями не превышает трех секунд, кнопка будет использоваться в качестве ввода кода, без проигрывания звукового сигнала, поскольку каждое последующее размыкание кнопки приведет к увеличению блокировки звука на три секунды.

После ввода кода, кнопку нужно будет нажать еще раз и удерживать ее для открытия замка. Если код был введен верно, замок откроется через две секунды путем активации электромагнита. Однако основным недостатком устройства является сложность ввода кода, требующего сосредоточенности и внимания, поскольку кнопку нельзя удерживать дольше двух секунд при вводе кода, иначе замок заблокируется и перестанет реагировать на дальнейшие нажатия.

Также следует отметить, что настройка необходимого кода может потребовать вызов специалиста с оборудованием, поскольку система не предусматривает изменения кодовой комбинации после установки. В связи с этим может потребоваться полная замена замка, что создает дополнительные неудобства для пользователя.

1.2 Формулировка задач исследования

Целью данной работ является разработка и проектирование электромеханического кодового замка с использованием микроконтроллерного управления и датчика звука.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- анализ исходных данных и известных решений;
- проработка и реализация схематического решения устройства;
- подбор необходимой компонентной базы;
- разработка кода управляющей программы;
- проектирование и установка защитного корпуса устройства;
- отладка программы и макета;
- изготовление опытного образца устройства.

Выводы по разделу

После определения цели бакалаврской работы и поставленных задач, было выполнено исследование, посвященное техническим аспектам кодовых замков. Проведен обзор и анализ существующих решений, выявлены их недостатки. Ключевая концепция создаваемого устройства была определена на основе проведенного анализа, что позволило разработать электронные и электрические соединения комплекса, а также провести техническую и программную реализацию.

2 Разработка и обоснование схемотехнического решения

2.1 Разработка электрической схемы и выбор необходимых

компонентов

2.1.1 Структурная схема

Для начала разработки устройства необходимо понимать необходимо понимать общий принцип её работы. С этой целью была сделано структурная схема акустического кодового замка, изображенная на рисунке 10.

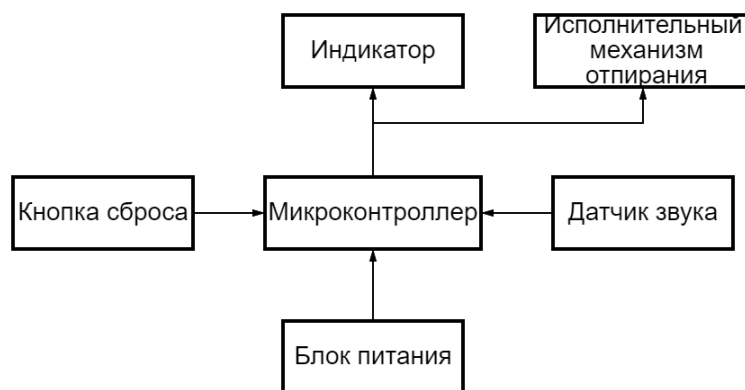


Рисунок 10 – Структурная схема устройства

Исходя из полученной структурной схемы, для создания акустического кодового замка понадобятся:

- микроконтроллер;
- блок питания;
- датчик звука;
- исполнительный механизм отпирания;
- индикатор работы;
- кнопка записи и сброса.

2.1.2 Микроконтроллер

Непосредственное создание компонентов и их производство связаны с высокими затратами ресурсов и времени. В свете этого, было принято решение применять готовые компоненты, что является вариантом экономичнее [3], [4]. Для реализации акустического кодового замка необходим управляющая основа, которая будет регулировать всю работу устройства. На эту роль были выбраны микроконтроллер серии Arduino Nano V3(рисунок 11), и плата Raspberry Pi Pico (рисунок 12).

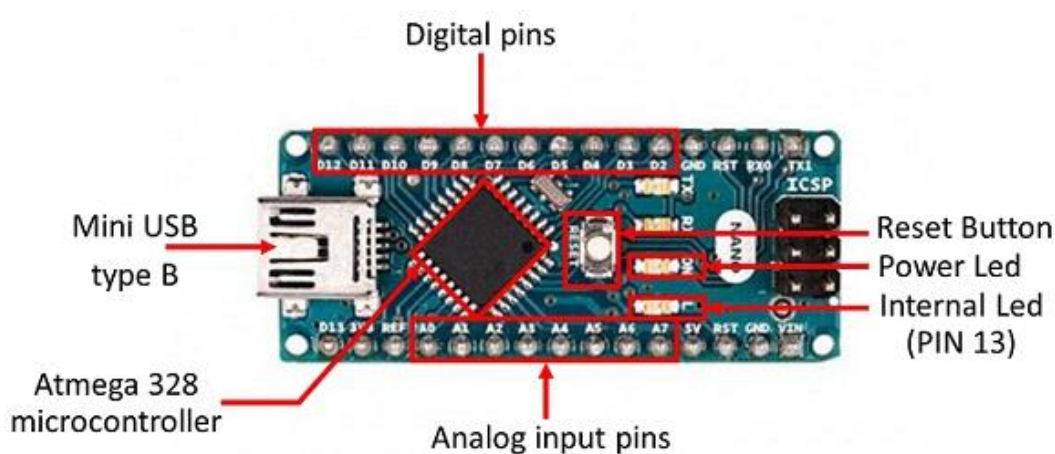


Рисунок 11 – Лицевая сторона Arduino Nano V3

Arduino Nano V3 - это устройство на основе микроконтроллера ATmega168 или ATmega328, адаптированное для использования с макетными платами. По функциональности устройство похоже на Arduino Uno, и отличается от него размерами, отсутствием разъема питания, а также другим типом (Mini-B) USB-кабеля. В его состав входит: 14 цифровых входов/выходов, 6 из которых с поддержкой ШИМ, 8 аналоговых выходов A0-A7, кварцевый резонатор частотой 16 МГц, USB-разъем типа miniUSB Type-B, Встроенный светодиод на D13 порт и кнопка сброса. Для запуска устройства достаточно осуществить его питание через батарею, а также возможна коммутация с персональным компьютером с помощью miniUSB - кабеля.

Таблица 1 с основными техническими параметрами Arduino Nano V3 представлена ниже [10].

Таблица 1 - Технические характеристики Arduino Nano

Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендованное)	7-12 В
Цифровых входов / выводов	14 (6 из которых с поддержкой ШИМ)
Аналоговых входов / выводов	8
Максимальный ток одного вывода	40 мА
Flash-память	32 Кбайт (2 Кбайт под bootloader)
Энергозависимая память (SRAM)	2 Кбайт
Энергонезависимая память (EEPROM)	1 Кбайт
Частота процессора	16 МГц
Размер платы	45x18 мм

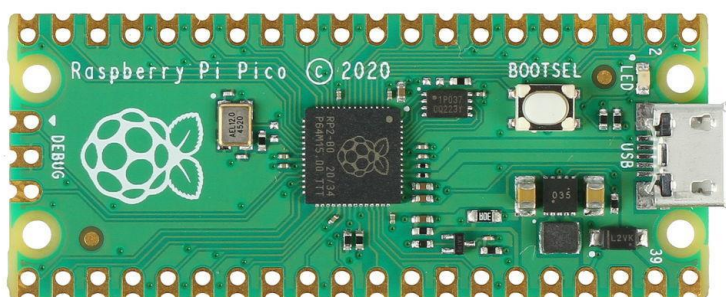


Рисунок 12 – Лицевая сторона Raspberry Pi Pico

Raspberry Pi Pico является устройством, построенным на основе микроконтроллера RP2040 и специально адаптированным для использования с макетными платами. В отличие от одноплатных компьютеров, таких как Raspberry Pi 4, контроллер Pico функционирует без операционной системы. Вся мощность платформы нацелена на выполнение единственной программы, координирующей работу

датчиков, модулей и исполнительных устройств. Особенностью PiCo является возможность программируемого ввода-вывода, которая позволяет реализовать произвольный аппаратный интерфейс. Это означает, что пользователь самостоятельно может настроить входы и выходы на плате, включая шину SD-карты или VGA, в соответствии с индивидуальными потребностями.

Основой платы является чип Arm Cortex M0+ с двумя ядрами и рабочей частотой ядра в 133 МГц. Для работы пользователю доступно 264 КБ оперативной памяти и 2 МБ Flash-памяти. Кроме того, имеется разъем USB 1.1 и доступны 26 I/O каналов. Другие интерфейсы, которые могут быть задействованы в проекте, включают 2 × UART, 2 × I2C, 2 × SPI, а также 16 PWM-каналов. Встроенный температурный датчик и 4 ADC-канала также доступны для использования.

Таблица 2 с основными техническими параметрами Raspberry Pi Pico представлена ниже.

Таблица 2 - Технические характеристики Raspberry Pi Pico [13].

Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендованное)	Через USB: 5 В Через пин VSYS: 1,8–5,5 В
Цифровых входов / выводов	26 (16 из которых с поддержкой ШИМ)
Аналоговых входов / выводов	3
Потребляемый ток	До 140 мА
Flash-память	2 МБ
Оперативная память	264 КБ
Частота процессора	133 МГц
Размер платы	52,7 × 21 мм

Из этих двух плат была выбрана Arduino Nano V3. Хотя Raspberry Pi Pico и обладает большими вычислительными мощностями по

сравнению с Arduino, но она меньше распространена. Arduino Nano обладает более компактными размерами, более широко распространено, в связи с чем она имеет больше доступных библиотек, по сравнению с Raspberry Pi Pico.

2.1.3 Датчик звука

В качестве датчика звука для сравнения были выбраны готовый модуль KY – 037(рисунок 13) и модуль LM393(рисунок 14). Датчик звука представляет собой звуковой модуль, способный откликаться и реагировать на любой акустический сигнал в соответствии с заданными настройками чувствительности.



Рисунок 13 – Лицевая сторона датчика звука KY-037

Работа модуля KY-037 основана на принципе изменения уровня напряжения на его цифровом выходе в случае, если уровень громкости, настроенный микрофоном, достигает заранее заданного порога. Кроме того, модуль имеет возможность использования встроенного микрофона напрямую - для подключения к усилителю и последующего усиления и воспроизведения звука. Отличие версии KY-037 от KY-038 заключается лишь в размере микрофона.

Для управления силовыми нагрузками можно использовать модули реле, а также можно подключить датчик звука напрямую к контроллеру Arduino.

В таблице 3 представлены основные технические параметры датчика звука KY-037.

Таблица 3 - Технические характеристики датчика звука KY-037

Рабочее напряжение	5 В
Цифровых выводов	1 (D0)
Аналоговых выводов	1 (A0)
Потребляемый ток	10 мА
Компаратор	LM386
Размер микрофона	9x7 мм

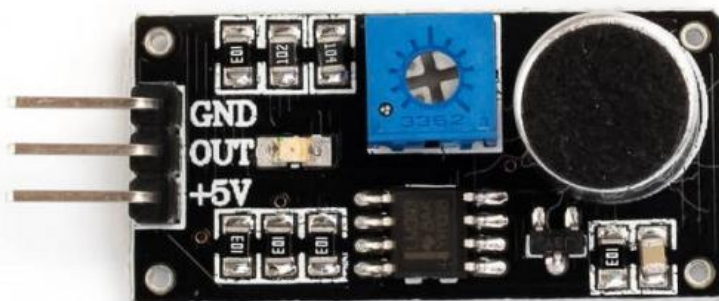


Рисунок 14 – Лицевая сторона датчика звука на LM393

Модуль датчика звука LM393 содержит микрофон, микросхему LM393 и другие электронные компоненты. Датчик обладает высокой чувствительностью к ударам, вибрациям и щелчкам, но плохо реагирует на речь. Превышение звукового порога преобразуется в логический сигнал в датчике звука при помощи компаратора LM393. Два

светодиода, установленные на плате, используются в качестве индикаторов включения и срабатывания датчика. Подключается непосредственно к микроконтроллеру.

В таблице 4 описаны основные технические параметры датчика звука на LM393 [14].

Таблица 4 - Технические характеристики датчика звука LM393

Рабочее напряжение	5 В
Цифровых выводов	1 (D0)
Потребляемый ток	1,4 мА
Компаратор	LM393
Размер датчика	47 x 18.5 x 10 мм

Из этих двух модулей датчиков звуков был выбран модуль KY-037. Он обладает более точными показаниями обнаружения звука за счет возможности вывода информации через цифровой и аналоговый выход, чем не обладает LM393.

2.1.4 Сервопривод

Для реализации имитации открытия двери были выбраны сервопривод TowerPro SG50 (рисунок 15) и шаговый двигатель 28BYJ-48 (рисунок 16).

TowerPro SG50 представляет собой аналоговый сервопривод с крутящим моментом 0.6 кг/см и диапазоном вращения. Сервопривод - это электродвигатель с блоком управления, способный благодаря обратной связи точно удерживать заданное положение на оси вала или постоянную скорость вращения. Сервопривод TowerPro SG50 является устройством класса микро, с весом в 5 грамм. Сервопривод имеет три

провода: черный – заземление, красный – питание, и оранжевый – ШИМ сигнал.



Рисунок 15 – Сервопривод TowerPro SG50

В таблице 5 представлены основные технические параметры сервопривода TowerPro SG50.

Таблица 5 - Технические характеристики TowerPro SG50

Рабочее напряжение	5 В
Частота подачи импульса	50 Гц
Рабочая скорость	0,1сек/60 градусов
Диапазон рабочих температур	0 до +55 С
Крутящий момент	0,6 кг×см
Скорость минимальная	0,10(сек/60 градусов)
Скорость максимальная	0,08(сек/60 градусов)
Диапазон вращения	180 градусов
Габариты	21,5 x 11,7 x 25,1 мм

Шаговый двигатель 28BYJ-48 представляет собой устройство для обеспечения точного позиционирования выдвижных механизмов. Шаговые двигатели преобразуют электрические импульсы в перемещение вала на определенный угол. Минимально возможный угол перемещения шагового двигателя, называется шагом.

Управление шаговым двигателем осуществляется с помощью внешнего оборудования в виде специальных плат – драйверов, к которому подключается блок управления и питание. В зависимости от режима подключения меняется количество ступеней импульсов для осуществления одного шага:

- полношаговый режим – 4 ступени импульсов на 1 шаг;
- полушаговый режим – 8 ступеней импульсов на 1 шаг.

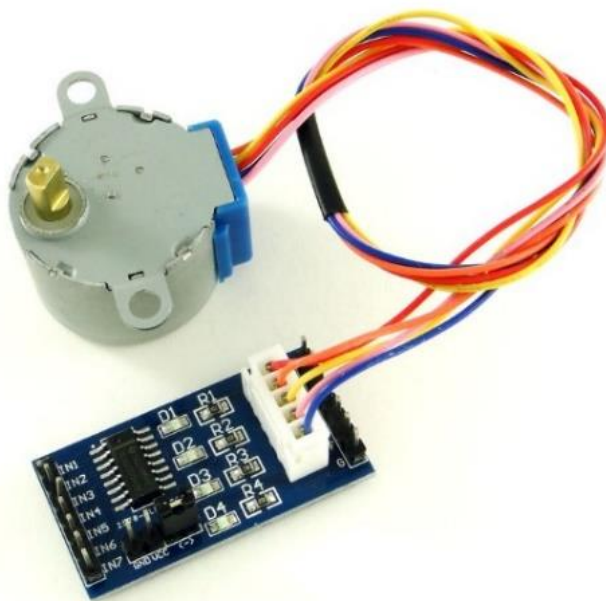


Рисунок 16 – Шаговый двигатель 28BYJ-48 с драйвером ULN2003

В таблице 6 представлены основные технические параметры шагового двигателя 28BYJ-48 [15].

Таблица 6 – Технические параметры 28BYJ-48

Рабочее напряжение	5В или 10В
Число фаз	4
Номинальная скорость вращения	15 об./мин;
Крутящий момент	0,3 кг×см
Шаг в градусах	0,18°
Максимальное количество шагов в секунду	500
Время полного оборота	4 с
Габариты	25×18 мм

Для реализации имитации открытия двери был выбран сервопривод TowerPro SG50 из двух рассмотренных вариантов. Сервопривод позволяет работать без точного позиционирования механизмов закрытия, что упрощает процесс работы устройства. Одним из основных преимуществ выбранного сервопривода являются простота установки и компактные размеры, что является критичным фактором для данного устройства.

2.1.5 Блок питания

Для питания создаваемого устройства было рассмотрено два варианта решения: батарея «крона» PALO 6F22 Ni-MH (рисунок 17) и батарея AA Ni-MH 2500 mAh SmartBuy (рисунок 19). К вопросу питания стоит подойти осторожно, ведь неправильный расчет может привести к поломке микроконтроллера. Взяв среднее значение рекомендуемого входного напряжения Arduino Nano, получаем 9 вольт.

Элемент питания «крона» PALO 6F22 Ni-MH представляет собой прямоугольный элемент питания, имеющий на одном из своих торцов два полюса и номинальное напряжение 9. Название «крона» утвердилось

в период советского союза и продолжает использоваться и по сей день, несмотря на то, что предприятие, первоначально выпустившее этот тип батареек, давно прекратило свою деятельность. Батареи «крона» могут быть представлены как одноразовые, так и аккумуляторного типа, предназначенные для подзарядки. Никель-металлогидридный состав кроны позволяет перезаряжать батарею.



Рисунок 17 – Батарея «крона» PALO 6F22 Ni-MH

Для подключения батареи «крона» PALO 6F22 Ni-MH к плате Arduino Nano будет использоваться адаптер питания батареек «крона», который изображен на рисунке 18.



Рисунок 18 – Адаптер питания батареек «крона» 9 В

В таблице 7 представлены основные технические параметры батареи «крона» PALO 6F22 Ni-MH.

Таблица 7 - Технические характеристики PALO 6F22 Ni-MH

Напряжение	9В
Диапазон рабочих температур	-20 до +60 С
Вес	31 г
Емкость	300 мАч
Количество зарядок	1200
Габариты	26×17 ×48 мм

Батарея AA типа Ni-MH 2500 mAh SmartBuy представляет собой перезаряжаемое энергохранилище и предназначен для использования в различных электронных, электрических и электромеханических устройствах, которые требуют элементы типоразмера AA. Никель-металлогидридный химический состав позволяет гарантированно подзаряжать батарею 300 раз, а при соблюдении рекомендаций хранения – 400 раз.

Для подключения к плате Arduino Nano потребуется батарейный отсек на 1-4 батарейки AA типа.



Рисунок 19 – Батарея AA Ni-MH 2500 mAh SmartBuy

В таблице 8 представлены основные технические параметры батареи AA Ni-MH 2500 mAh SmartBuy.

Таблица 8 - Технические характеристики AA Ni-MH 2500 mAh SmartBuy

Напряжение	1,2 В
Диапазон рабочих температур	-20 до +35 С
Вес	20 г
Емкость	2500 мАч
Количество зарядок	300-400
Габариты	14,5×50 мм

С целью обеспечения энергопитания устройства была выбрана батарея «крона» PALO 6F22 Ni-MH, выбранная из двух вариантов батарей, рассмотренных выше. Следует отметить, что выбранный аккумулятор «крона» обладает более длительным сроком службы, имеет более компактные габариты и более легкая по весу по сравнению с окончательным вариантом питания, состоящим из 4 элементов AA Ni-MH 2500 mAh SmartBuy.

2.1.6 Индикатор

В устройстве многих электронных замков может присутствовать элемент, показывающий, что устройство работает и считывает сигналы. Для выполнения показа таких процессов были выбраны пьезокерамический излучатель звука (рисунок 20) и красный светодиод 5ММ (рисунок 21).

Пьезоэлектрические излучатель звука - указанные в настоящем изложении электроакустические средства вывода аудиосигналов, функциональные возможности которых основаны на феномене обратного пьезоэлектрического эффекта. В силу структурного устройства пьезокерамического вибратора, данный излучатель состоит из металлического основания формы шара, облицованного

пьезоэлектрической керамикой и покрытого токопроводящим напылением. Процесс подачи электрического напряжения на контактные элементы вызывает колебания, соответствующие биморфной конструкции пьезоизлучателя, которые могут быть трансформированы в звуковой сигнал.



Рисунок 20 – Пьезокерамический излучатель звука

Светодиод - прибор на основе полупроводниковых материалов, которые способны преобразовывать электрический ток в световое излучение. Принцип действия светодиода обусловлен явлением люминесценции. Элемент светодиода представляет собой двухвыводной элемент, включающий в себя анод и катод. При применении светодиодов очень важно учитывать полярность при их подключении, плюсовой вывод должен быть направлен на анод, а минусовой - на катод. Цветовые характеристики светодиодного излучения в значительной степени определяются шириной запрещенной зоны материала полупроводника, где рекомбинация электронов и дырок происходит, а также особенностями легирования полупроводника примесями. Следует заметить, что при увеличении ширины запрещенной зоны в материале полупроводника, цвет светодиода становится более «синим», так как между уровнями энергии возрастает расстояние, и кванты света приобретают более высокую энергию [20].

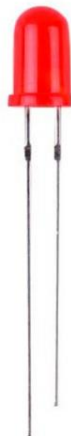


Рисунок 21 – Красный светодиод 5ММ

Для индикации работы устройства был выбран светодиод, для его подключения дополнительно понадобится резистор на 220 Ом. Пьезоизлучатель не был выбран по причине возможных конфликтов с датчиков звука, что могло привести к неблагоприятной реакции в виде продолжительного дублирования получения звукового сигнала.

2.2 Разработка конструкции устройства

Для иллюстрации структуры устройства была применена программа, способная обеспечить визуализацию всех этапов работы с устройством Arduino. При помощи программы Fritzing с электронного ресурса fritzing.org возможна визуальная моделирование ряда разнообразных решений, которые представляются пользователю в формате макета, принципиальной схемы, печатной платы и кода. Визуальный интерфейс данного программного комплекса весьма легкий в освоении и показан на рисунке 22.

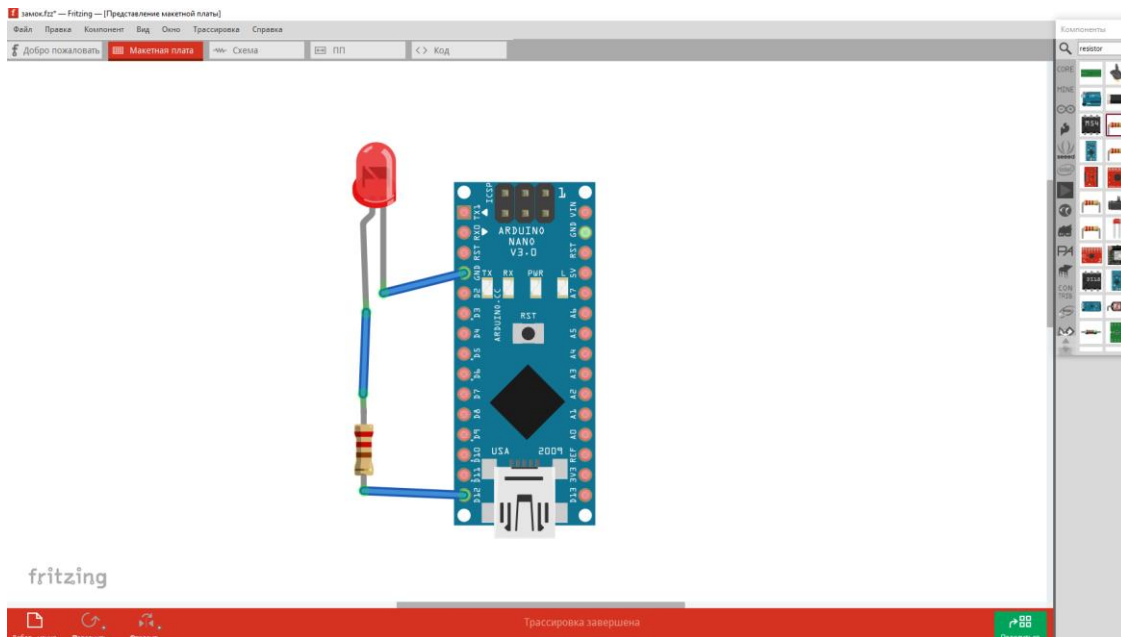


Рисунок 22 – Интерфейс программы Fritzing

Далее были промоделированы модули в программе Fritzing с совместным подключением к Arduino Nano V3 и выведены их схемы подключения.

Сперва необходимо подключить питание к пину Vin и провод заземления к Gnd. Дальнейшее питание остальных устройств будет происходить через плату Arduino Nano. Полученная схема изображена на рисунке 23.

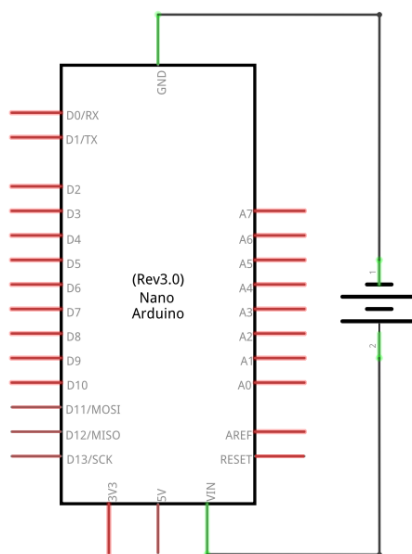


Рисунок 23 – Схема подключения питания

Далее необходимо подключить датчик звука KY – 037 к плате Arduino Nano. Подключение производится соответственно таблице 9.

Таблица 9 – Подключение KY – 037 к Arduino Nano

KY – 037	Arduino Nano
A0	A0
GND	GND
VCC	5 V
D0	D8

Результат подключения датчика звука может быть виден на рисунке 24.

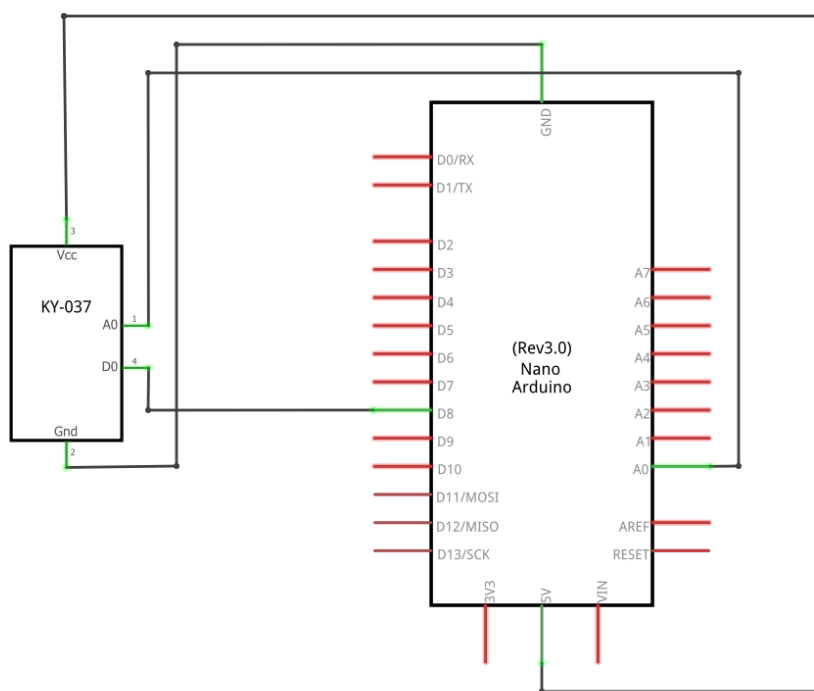


Рисунок 24 – Схема подключения датчика звука

Подключение сервопривода TowerPro SG – 50 к плате Arduino Nano происходит следующим образом: питание и заземление выводится на соответствующие пины на плате, Pulse подключается к цифровому пину 7. Результат подключения представлен на рисунке 25.

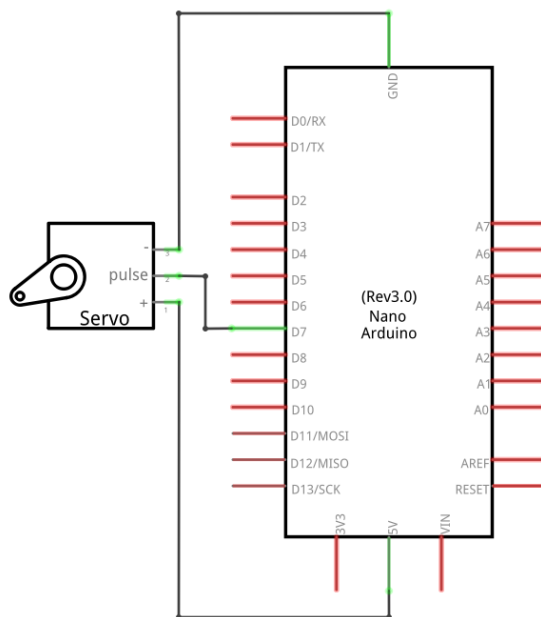


Рисунок 25 – Схема подключения сервопривода

Для отображения работы датчика звука был использован красный светодиод с прямым напряжением в 2,2В с резистором на 220 Ом. Подключив резистор с анодом светодиода к цифровому пину 12, настроенному на вывод, получаем схему, указанную на рисунке 26.

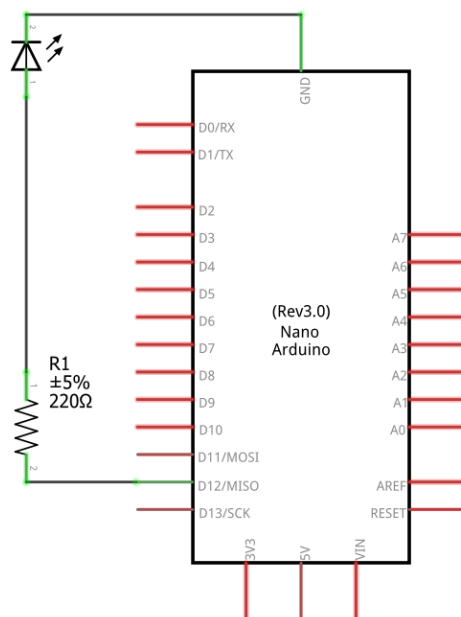


Рисунок 26 – Схема подключения светодиода

Для выполнения сброса записанного кода замка была использована тактовую кнопку, подключенную к цифровому пину номер 2. Подключение показано на рисунке 27.

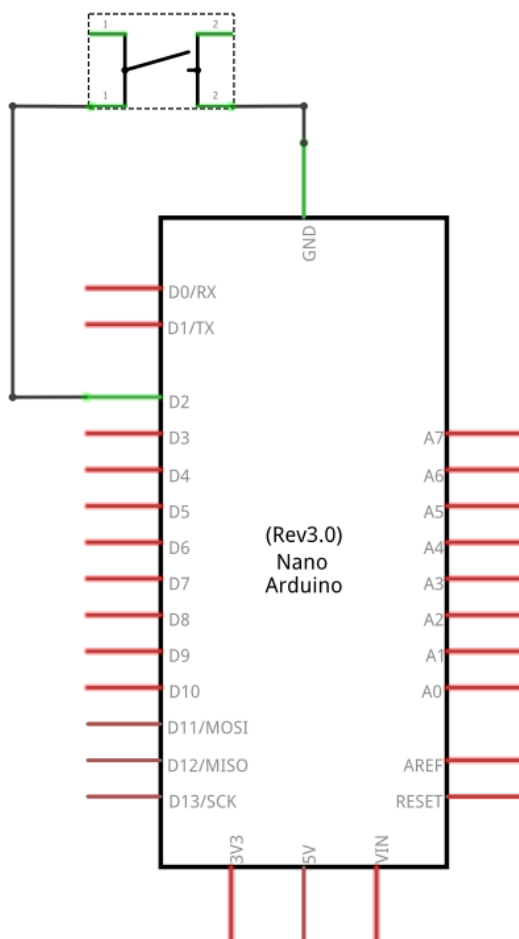


Рисунок 27 – Схема подключения кнопки

На рисунке 28 представлена полная схема подключений компонентов с микроконтроллером.

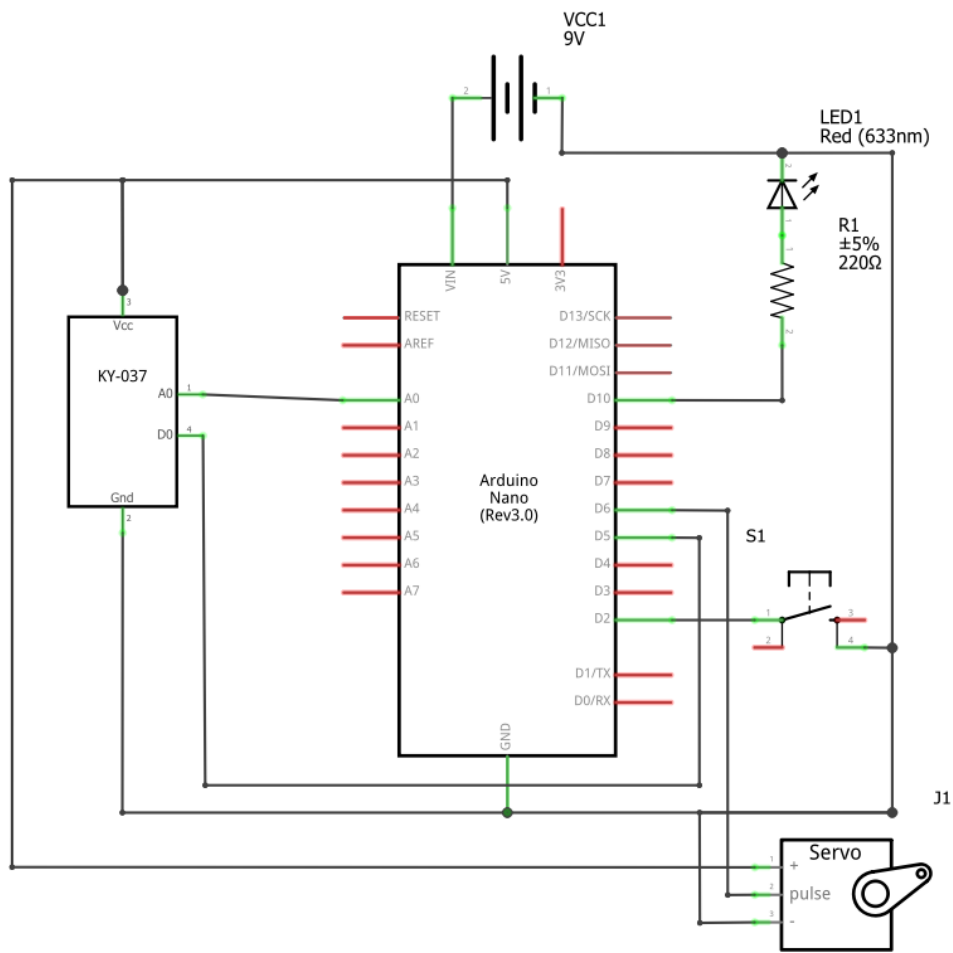


Рисунок 28 – Схема подключения всего устройства

С помощью полученной схемы, выполненной в программе Fritzing, можно приступить к сбору компонентной базы будущего устройства, процесс которого описан в разделе 4.1.

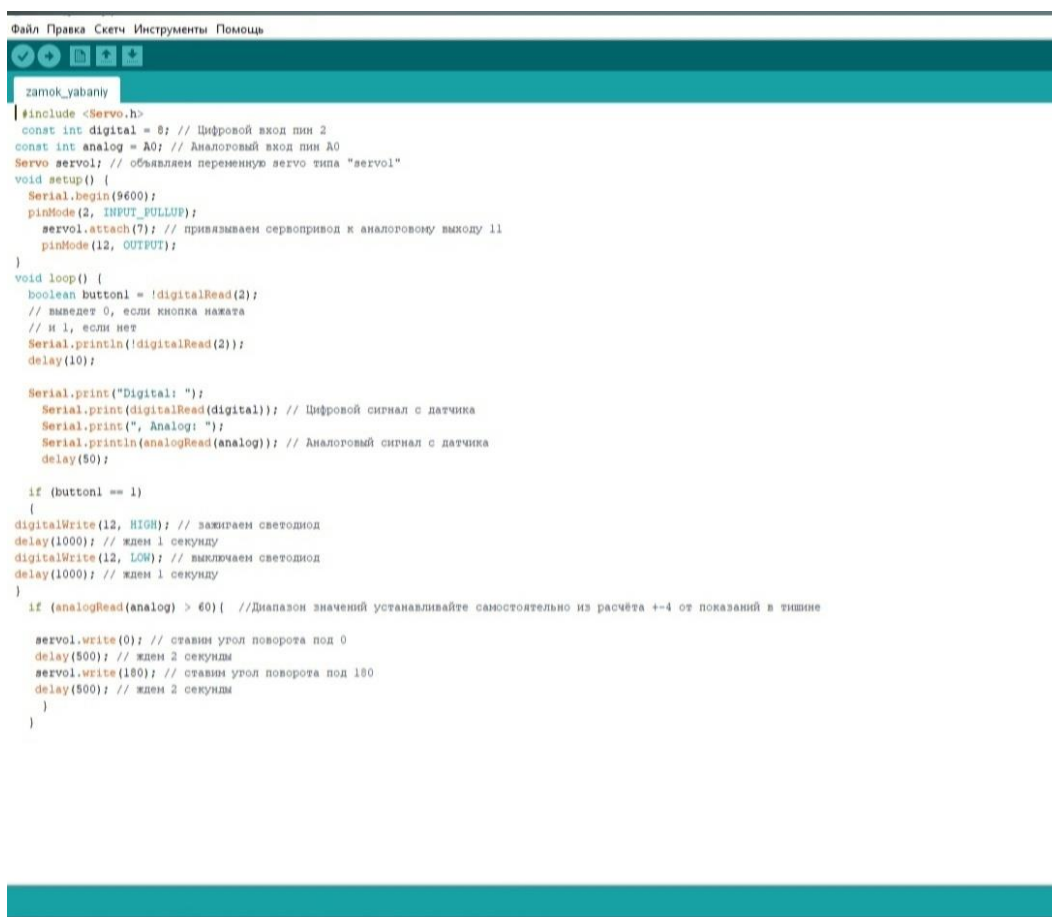
Выводы по разделу

В данном разделе была выполнена выборка из нескольких вариантов необходимых с учетом характеристик компонентов и разработана структурная схема устройства. Также, на основе проведенных действий была разработана электрическая схема в специальной программе.

3 Разработка кода управляющей программы

3.1 Программное обеспечение

Для разработки программы была использована специально разработанная среда программирования Arduino IDE, которая предоставляется бесплатно через интернет и доступна на официальном сайте разработчика www.arduino.cc. Arduino IDE является кроссплатформенной средой разработки, поддерживающей операционные системы Windows, MacOS и Linux [8], [9], [12]. Разработанная на языках Си и C++, данная среда необходима для создания и загрузки программ на Arduino-совместимые платы. Интерфейс программы представлен на рисунке 29.



```
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
zamok_yabany
#include <Servo.h>
const int digital = 8; // Цифровой вход пин 2
const int analog = A0; // Аналоговый вход пин A0
Servo servol; // объявляем переменную servo типа "servol"
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, INPUT_PULLUP);
  servol.attach(7); // привязываем сервопривод к аналоговому выводу 11
  pinMode(12, OUTPUT);
}
void loop() {
  boolean button1 = !digitalRead(2);
  // выведет 0, если кнопка нажата
  // и 1, если нет
  Serial.println(!digitalRead(2));
  delay(10);

  Serial.print("Digital: ");
  Serial.print(digitalRead(digital)); // Цифровой сигнал с датчика
  Serial.print(", Analog: ");
  Serial.println(analogRead(analog)); // Аналоговый сигнал с датчика
  delay(50);

  if (button1 == 1)
  {
    digitalWrite(12, HIGH); // зажигаем светодиод
    delay(1000); // ждем 1 секунду
    digitalWrite(12, LOW); // выключаем светодиод
    delay(1000); // ждем 1 секунду
  }
  if (analogRead(analog) > 60) { //Диапазон значений устанавливайте самостоятельно из расчёта +-4 от показаний в тишине

    servol.write(0); // ставим угол поворота под 0
    delay(500); // ждем 2 секунды
    servol.write(180); // ставим угол поворота под 180
    delay(500); // ждем 2 секунды
  }
}
```

Рисунок 29 – Интерфейс программы Arduino IDE

3.2 Разработка программной части устройства

Прежде чем приступить к созданию программы, требуется определить базовый алгоритм работы устройства контроля доступа, который необходим для понимания процесса выполнения различных сценариев (рисунок 30).

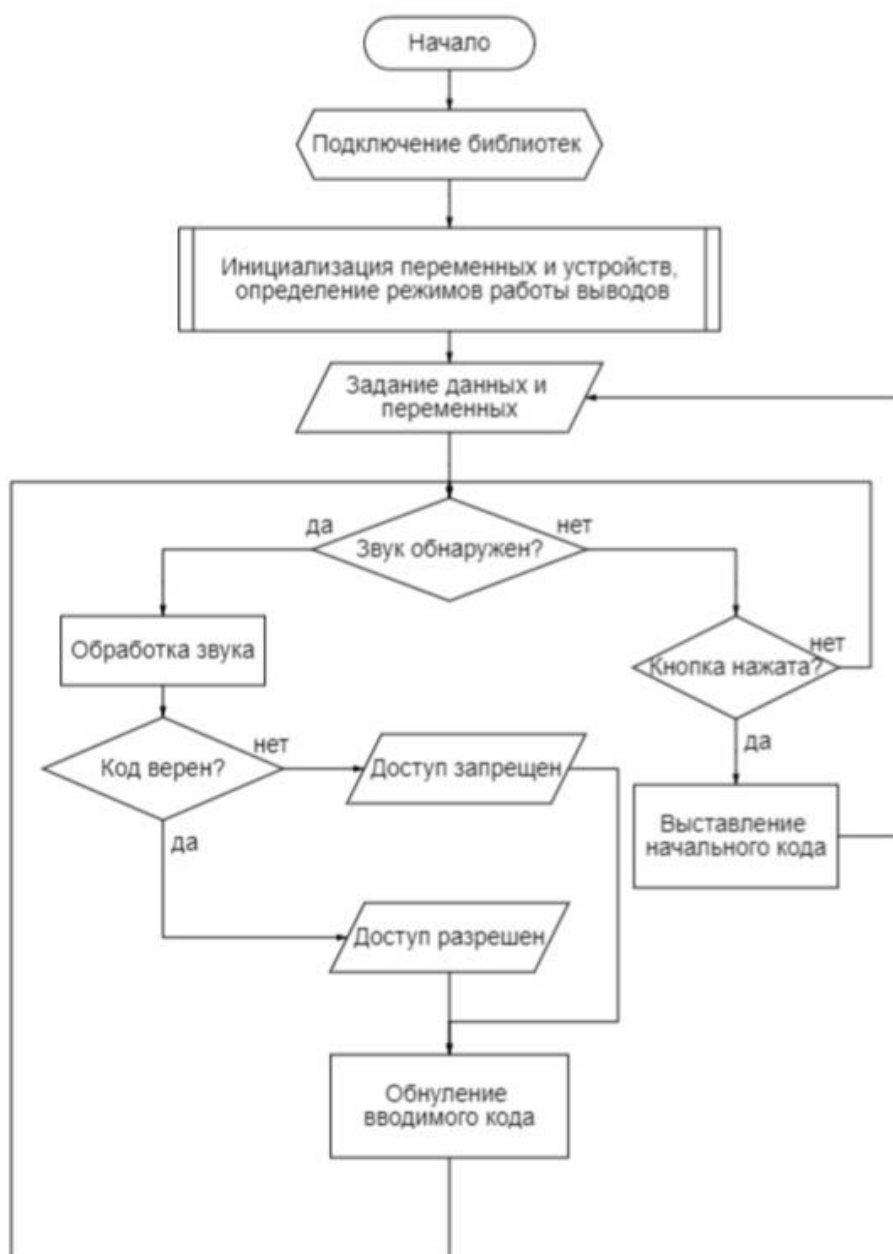


Рисунок 30 – Базовый алгоритм работы устройства

Благодаря тщательной работе, интенсивной разработке и постоянным тестам кода, удалось создать надежную программу, обеспечивающую функционирование электронного замка на основе Arduino Nano V3. В процессе разработки кода были добавлены следующие необходимые сторонние библиотеки: «Servo», «EEPROM». Их установка происходила путем поиска их на просторах сети и с помощью внутреннего инструментария программы: скетч - подключить библиотеку – управление библиотеками или добавить .ZIP библиотеку [24]- [30]. Этот процесс можно увидеть на рисунке 31.

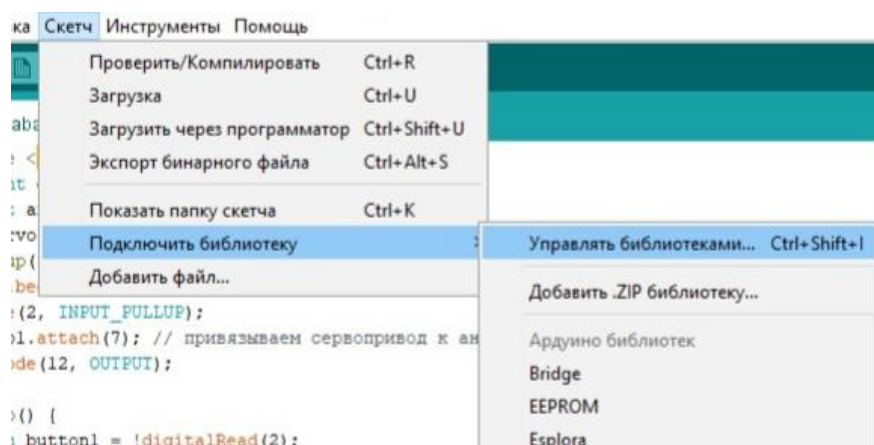


Рисунок 31 – Алгоритм установки библиотек

В приложении Б представлен полный код программы устройства, охватывающая все компоненты и микроконтроллер.

Выводы по разделу

В данном разделе была выполнена разработка блок схемы алгоритма устройства. Также была рассмотрена программа для записи кода на устройство и был создан программный код акустического кодового замка.

4 Проектирование опытного образца устройства

4.1 Изготовление системы

Для объединения различных модулей с микроконтроллером Arduino Nano V3 было принято решение использовать макетную плату на 400 пинов, которая обеспечивает удобное размещение всех элементов схемы на одной плате и соединение их между собой и с микроконтроллером при помощи проводов. В результате такой сборки создается полная электрическая схема, представленная на рисунке 32, отдельные элементы которой были расписаны в разделе 2, в которой все элементы соединены с микроконтроллером в соответствии с принципиальными схемами, которые ранее были разработаны в специализированном программном обеспечении Fritzing.

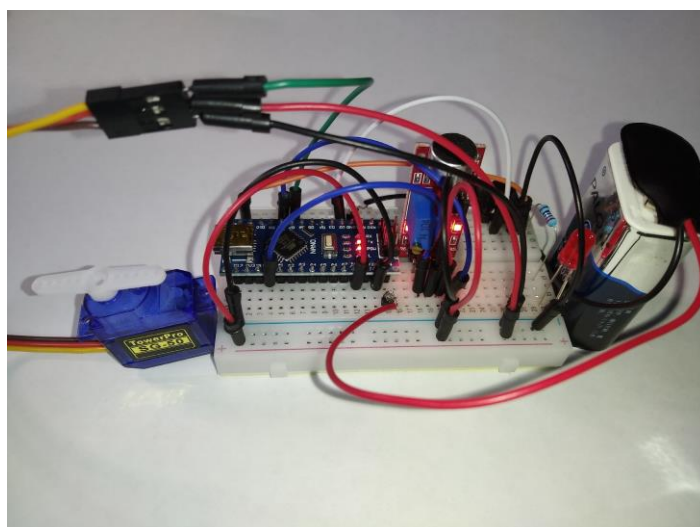


Рисунок 32 – Полная схема устройства акустического кодового замка

Рассмотрим детально процесс подключения модуля KY – 037, а также светодиода вместе с тактовой кнопкой. Данный процесс представлен на рисунке 33 и рисунке 34 соответственно.

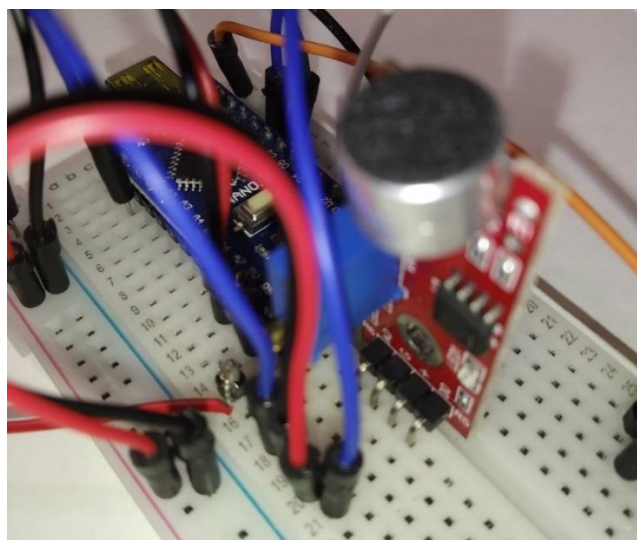


Рисунок 33 – Соединение КУ – 037 с микроконтроллером

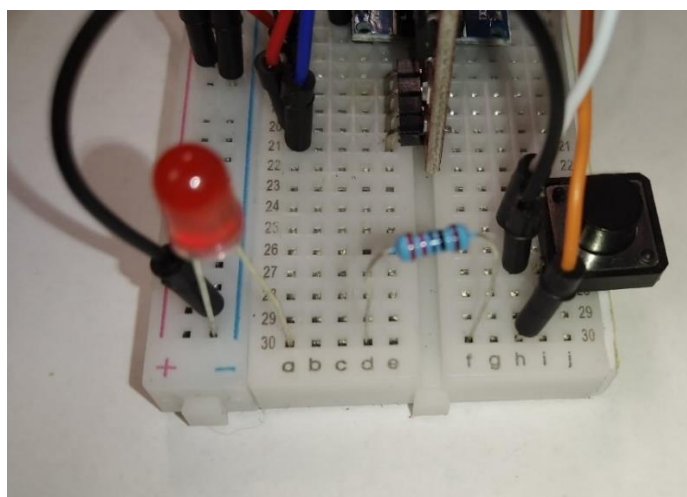


Рисунок 34 – Соединение светодиода и кнопки с микроконтроллером

4.2 Проверка и отладка программы устройства

В ходе практической работы и создания модели электронного устройства контроля доступа, возникли некоторые проблемы, а также новые идеи по модернизации программной части. В частности, была выявлена проблема с нарушением последовательности действий программы в связи с ожиданием завершения свечения светодиода. В результате чего было изменено время ожидания с 1 до 0,2 секунды. Также была обнаружена проблема с распознаванием звука датчиков КУ

– 037, в результате чего была проведена калибровка его на реагирование на хлопок на расстоянии в 15 сантиметрах от него.

Теперь перейдём к проверке работоспособности программного обеспечения устройства. После включения начальная комбинация кода состоит из хлопка, при получении акустической информации загорается светодиод на 0,2 секунды и сервопривод приводит механизм имитации двери в открытое состояние, так же постоянно мигает светодиод на плате Arduino Nano, с периодичностью поступающих цифровых и аналоговых сигналов (рисунок 35).

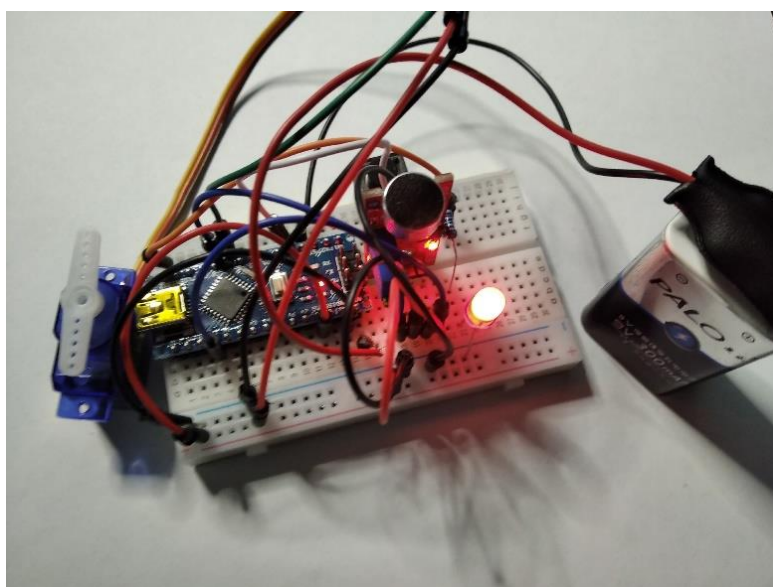


Рисунок 35 – Устройство получило верную комбинацию

Нажатие на кнопку сбросит начальную комбинацию и поставит устройство в режим ожидания новой комбинации на 10 секунд.

Выводы по разделу

В этом разделе была выполнена сборка опытного образца по созданным ранее схемам. Также был установлен программный код и произведена отладка полученного устройства.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе выполнена разработка рабочей программы, которая была успешно перенесена на микроконтроллерное устройство управления, после чего были осуществлены мероприятия по изготовлению, отладке и созданию полнофункционального макета системы контроля доступа в помещение.

Для устройства были разработаны все необходимые электронно-электрические связи с подбором соответствующей компонентной базы. Реализовано конечное программное обеспечение, дополняемое функцией записи кода при наблюдении за величинами на звуковом сенсоре через USB-кабельный порт, подключенный к персональному компьютеру.

Полученное устройство позволяет осуществлять контроль за датчиком звука и устройствами, входящими в комплектацию электронной системы, осуществляя эффективное моделирование данных процессов.

Макет электронного замка позволяет смоделировать основные функции и задачи по контролю доступа в различные помещения при помощи ввода кодовой комбинации по средствам звуковой информации различной громкости с заданным пользователем периодичностью. В случае утери информации о заданном акустическом коде предусмотрена кнопка со сбросом с целью установки нового кода.

Вся информация с устройства будет поступать на компьютер только по подключенному к нему USB проводу. В таком случае, устройство будет работать автономно с помощью установленного в него аккумуляторного отдела, но таким образом не будет доступна отладочная информация.

Основной целью работы являлось разработка устройства, основанного на использовании акустической информации, предназначенного для контроля за доступом.

Список используемой литературы

1. Никитин, И. С. Замки механические / И.С. Никитин, Е.Н. Поздняков, А.В. Родзивилова, В.Н. Скрипкин. – М. Интер-крим Пресс. -2011. - 208 с
2. «DOMOFONPORTAL» [Электронный ресурс] // «Коротко о замках» <http://www.domofonportal.ru/2010-02-07-19-12-56/141-2010-03-13-10-35-05.html> (дата обращения: 12.02.2023).
3. Белов, А.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств / А.В. Белов. - СПб.: Наука и техника, 2016. - 544 с.
4. Белов, А.В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR: шагаем от «чайника» до профи: Книга / А.В. Белов. - СПб.: Наука и техника, 2013. - 528 с.
5. Водовозов, А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: Учебное пособие / А.М. Водовозов. - Вологда: ВоГТУ, 2002. - 123 с.
6. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny фирмы ATMEL. Руководство пользователя / А.В. Евстифеев. - М.: ДМК, .
7. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы ATMEL / А.В. Евстифеев. - М.: ДМК, 2015. - 286 с.
8. С. Монк. Програмируем Arduino. Профессиональная работа со кетчами. — СПб.: Питер, 2017.
9. «Arduino IDE» [Электронный ресурс]. «Download the Arduino IDE» URL: <https://www.arduino.cc/en/main/software> (дата обращения: 17.04.2023).
- 10.«Arduino oficial store» [Электронный ресурс] // «Arduino Nano» URL:<https://store-usa.arduino.cc/collections/boards/products/arduino-nano> (дата обращения: 17.04.2023).
- 11.Прокопенко, В.С. Программирование микроконтроллеров ATMEL на

- языке C / В.С. Прокопенко. - СПб.: Корона-Век, 2015. - 320 с.
12. James A. Langbridge. Arduino Sketches. Tools and Techniques for Programming Wizardry 2015. 480p. ISBN 9781118919606
 13. «Raspberry Pi» [Электронный ресурс]. «Raspberry Pi Pico» URL: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/> (дата обращения: 17.04.2023).
 14. «RobotShop» [Электронный ресурс]. «SOUND SENSOR» URL: <https://www.robotshop.com/media/files/pdf/sound-sensor-module-arduino-datasheet.pdf> (дата обращения: 18.04.2023).
 15. «RobotChip» [Электронный ресурс]. «Обзор шагового двигателя 28BYJ-48 с драйвером ULN2003» URL: <https://robotchip.ru/obzor-28byj-48-s-drayverom-uln2003/> (дата обращения: 27.03.2023).
 16. Баранов, В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы / В.Н. Баранов. - М.: Додэка XXI, 2006. - 288
 17. Магда Ю.С. Программирование и отладка C/C++ приложений микроконтроллеров ARM / Ю.С. Магда. - М.: ДМК Пресс, 2012. -
 18. Магда, Ю.С. Программирование и отладка C/C++ приложений для микроконтроллеров ARM / Ю.С. Магда. - М.: ДМК, 2014. - 168 с.
 19. Магда, Ю.С. Современные микроконтроллеры. Архитектура, программирование, разработка устройств / Ю.С. Магда. - М.: ДМК,
 20. «DURAY» [Электронный ресурс]. «Светодиод: устройство, принцип работы, преимущества» URL: <https://duray.ru/database/stati/svetodiod-ustroystvo-printsip-raboty-preimushchestva> (дата обращения: 11.04.2023).
 21. Ревич, Ю.В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера / Ю.В. Ревич. - СПб.: ВHV, 2012. -

22. Стюарт, Б. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров / Б. Стюарт. - М.: Додэка XXI, 2007. - 360 с.
23. Бьерн, Страуструп Программирование: принципы и практика с использованием С++ / Страуструп Бьярн. - М.: Вильямс, 2016. - 1328 с.
24. Вагнер, Б. С#. Эффективное программирование. 50 рекомендаций по усовершенствованию программирования на С# / Б. Вагнер; Пер. с англ. М. Горелик. - М.: Лори, 2013. - 256 с.
25. Васильев, А.Н. Программирование на С++ в примерах и задачах / А.Н. Васильев. - М.: ЭКСМО, 2017. - 416 с.
26. Гриффитс, И. Программирование на С# 5.0 / И. Гриффитс. - М.: ЭКСМО, 2016. - 208 с.
27. Иванов, В.Б. Программирование микроконтроллеров для начинающих. Визуальное проектирование, язык С, ассемблер / В.Б. Иванов. - СПб.: Корона-Век, 2015. - 176 с.
28. Кёнег, Э. Эффективное программирование на С++. Практическое программирование на примерах. Серия «С++ In-Depth» / Э Кёнег, Б. Му. - М.: Диалектика, 2019. - 368 с.
29. Кениг, Э. Эффективное программирование на С++. Практическое программирование на примерах. Т. 2 / Э. Кениг, Б.Э. Му. - М.: Вильямс, 2016. - 368 с.
30. Павловская, Т.А. С#. Программирование на языке высокого уровня: Учебник для вузов / Т.А. Павловская. - СПб.: Питер, 2013. - 432 с.

Приложение А

Инструкция по работе с акустическим кодовым замком

Для начала работы с устройством контроля доступа (электронным замком), необходимо подключить микроконтроллер Arduino Nano V3 к персональному компьютеру через miniUSB Type-B кабель для того, чтобы наблюдать отладочную информацию, поступающую от устройства. При подключении питания загорятся красный светодиод на 1 секунду. Изначально EEPROM память микроконтроллера и в течении 10 секунд устройство будет считывать заданный код. По завершению записи кода светодиод будет мигать при обнаружении звука. В это время на «Монитор порта» в интерфейсе программы Arduino IDE будет выводиться полученная информация о коде в виде единиц и нулей и по окончании 10 секунд программа выдаст текст "Конец записи". После неправильно набранной комбинации звуков светодиод засветится 2 раза за секунду и в «Монитор порта» будет выведено "Доступ запрещен". Для смены кода необходимо нажать кнопку и ввести комбинацию из заданного в настройках числа хлопков из `#define patternLenth N`, где N – число значений комбинации, за 10 секунд.

Приложение Б

Программный код акустического кодового замка

```
#include<EEPROM.h> // библиотека для EEPROM памяти
#include<Servo.h> // библиотека для сервопривода
#define patternLenth 3 // длинна кода
#define patternInputTime 10000 // время ввода кода звуком
#define sensitivity 42 // чувствительность (нижний порог звука)
#define margin 100
#define sw 2 // кнопка
#define servoPin 7 // к этому контакту подключен сервомотор
#define открытие 0
#define закрытие 180
const int digital = 8; // Цифровой вход пин 8
const int analog = A0; // Аналоговый вход пин A0
long slot[patternLenth+1];
int pattern[patternLenth];
int flag=0;
int acceptFlag=0;
int knok;
Servo myServo;
void setup()
{
  pinMode(sw, INPUT_PULLUP);
  myServo.attach(servoPin);
  myServo.write(180);
  Serial.begin(9600);
  digitalWrite(12, HIGH); // зажигаем светодиод
  delay(1000); // ждем 1 секунду
```

Продолжение Приложения Б

```
digitalWrite(12, LOW); // выключаем светодиод
delay(1000); // ждем 1 секунду
Serial.println(analogRead(A0)); // Аналоговый сигнал с датчика
delay(500); // ждем 0.5 секунды
}
void loop()
{

    int i=0;

    if(digitalRead(sw) == LOW)

    {

        Serial.println("Начало");
        digitalWrite(12, HIGH); // зажигаем светодиод
        delay(500); // ждем 0.5 секунду
        digitalWrite(12, LOW); // выключаем светодиод
        delay(500); // ждем 0.5 секунду
        long stt= millis();
        while(millis()<(stt+patternInputTime))
        {
            int temp=analogRead(A0);
            if(temp>sensitivity && flag==0 && i<=patternLenth)
            {
                Serial.println(analogRead(A0));
```

Продолжение Приложения Б

```
    delay(10);

    flag=1;

    slot[i++]=millis()-stt;

    // Serial.println(slot[i-1] - stt);

    if(i>patternLenth)

        break;

}

// else if(temp == 0)
else if(temp == sensitivity)

    flag=0;

}

long stp=millis();

Serial.println("Стоп");

    digitalWrite(12, HIGH); // зажигаем светодиод

    delay(100); // ждем 0.1 секунду

    digitalWrite(12, LOW); // выключаем светодиод

    delay(100); // ждем 0.1 секунду

// Serial.println(stp-stt);

for(int i=0;i<patternLenth;i++)

{

    knob=1;

    if(slot[i+1]-slot[i] <500 )

        pattern[i]=0;

    else

        pattern[i]=1;
```

Продолжение Приложения Б

```
Serial.println(pattern[i]);
}
if(digitalRead(sw) == 0)
{
    for(int i=0;i<patternLenth;i++)
        EEPROM.write(i,pattern[i]);
    while(digitalRead(sw) == 0);
}
else
{
    if(knok == 1)
    {
        for(int i=0;i<patternLenth;i++)
        {
            if(pattern[i] == EEPROM.read(i))
            {
                Serial.println(acceptFlag++);
            }
            else
            {
                Serial.println("Прерывание");
                break;
            }
        }
    }
}

Serial.println(acceptFlag);
```

Продолжение Приложения Б

```
if(acceptFlag >= patternLenth-1)
{
    Serial.println(" Принят");
    digitalWrite(12, HIGH); // включаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
    digitalWrite(12, LOW); // выключаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
    myServo.write(открытие);
    delay(4000);
    myServo.write(открытие);
}
else
    Serial.println("Отклонен");
    digitalWrite(12, HIGH); // включаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
    digitalWrite(12, LOW); // выключаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
    digitalWrite(12, HIGH); // включаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
    digitalWrite(12, LOW); // выключаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
    digitalWrite(12, HIGH); // включаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
    digitalWrite(12, LOW); // выключаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
    digitalWrite(12, HIGH); // включаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
```


Продолжение Приложения Б

```
digitalWrite(12, LOW); // выключаем светодиод
    delay(500); // ждем 1 секунду
}
for(int i=0;i<patternLenth;i++)
{
    pattern[i]=0;
    slot[i]=0;
}
slot[i]=0;
acceptFlag=0;
}
}
```