

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»

(наименование кафедры)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Система контроля доступа в помещение

| | | |
|--------------|---|------------------------|
| Студент | <u>Д.А. Зубенко</u> (И.О. Фамилия) | _____ (личная подпись) |
| Руководитель | <u>М.В. Позднов</u> (И.О. Фамилия) | _____ (личная подпись) |
| Консультанты | <u>О.А. Парфенова</u> (И.О. Фамилия) | _____ (личная подпись) |

Допустить к защите

Заведующий кафедрой А.А. Шевцов
(степень, звание, И.О. Фамилия) _____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20__ г.

Тольятти 2019

Аннотация

Бакалаврская работа «Система контроля доступа в помещение» состоит из пояснительной записки (66 страниц, 11 рисунков, 4 таблицы, 4 приложения) и 6 листов формата А1 графического материала.

В бакалаврской работе представлены результаты разработки электронной системы, контролирующей доступ в помещение. Система выполнена в виде бесконтактного замка. Описано устройство и принцип действия системы: управление электронной системой осуществляется с помощью микроконтроллера Arduino UNO. Бесконтактное открытие организовано с помощью трех ультразвуковых датчиков расстояния. В ходе разработки была применена микросхема L298 (сдвоенный транзисторный H-мостовой драйвер) обеспечивающая необходимое питание, приходящего с Arduino UNO на двигатель сигнала. Двигатель необходим для отпирания автоматических раздвижных дверей. Автоматические раздвижные двери обеспечивают бесконтактное открытие.

В соответствии с заданием был подобран понижающий трансформатор, обеспечивающий необходимое питание для работы микроконтроллера и двигателя, открывающего дверь. В ходе работы было разработано два варианта управления замком, один из которых ограничивает несанкционированный доступ, другой исключает случайное открытие дверей. Так же в работе изучен теоретический материал по вопросам разновидностей и классификации кодовых замков, охарактеризована концепция организации рабочих, производственных и исследовательских пространств «чистое помещение», предложены места применения технологии электронных замков с бесконтактным вводом пароля.

В работе представлены результаты разработки схемы подключения компонентов системы к Arduino UNO, а также программный код для управления системой открытия двери.

Abstract

The title of the graduation work is Indoor Access Control System. The work consists of explanatory note on 66 pages, 11 figures, 4 tables, 4 applications and graphic part on 6 A1 sheets.

The graduation work represents the results of designing the electronic access control system for indoor facilities. In the work, the structure and operating principles of designed system are described. The electronic system is controlled by Arduino UNO microcontroller. Contactless unlocking is formed by three ultrasonic distance sensors. The design process included the use of L298 microscheme (duplex transistor-based H bridge driver) in order to maintain approximate power supply to engage engine operated by Arduino UNO controller. Engine operates the door opening. Automatic slide-opening door system provides contactless unlocking.

According to the task, the appropriate step-down transformer was selected to maintain power supply for functioning of the microcontroller and door opening engine. During the design process, 2 options for lock operation were developed, one of those restricts unauthorized access to facility, another expels accidental unlocking of the door.

The graduation work includes the results of theoretical researches aimed at combination lock systems variety and classification, characterizes the Cleanroom concept for research, industrial and workspace facilities design and functioning. The work proposes numeral options of electronic contactless lock system use in different kinds of facilities.

The work represents the results of designing schematics for connection of the electronic lock components with Arduino UNO microcontroller, as well as software code for Access door opening system.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ | 7 |
| 1.1 Кодовые замки (классификация и разновидности) | 7 |
| 1.1.1 Классификация кодовых замков | 7 |
| 1.1.2 Разновидности кодовых замков | 9 |
| 1.2 Технология «чистое помещение» | 22 |
| 1.2.1 Чистые помещения в электронной промышленности | 25 |
| 1.2.2 Чистые помещения в медицине и фармацевтической промышленности | 26 |
| 1.2.3 Концепция чистого помещения | 27 |
| 1.3 Автоматические раздвижные двери | 29 |
| 2. ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ | 32 |
| 2.1 Arduino UNO и используемые компоненты | 32 |
| 2.1.1 Arduino UNO | 32 |
| 2.1.2 Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04 | 36 |
| 2.1.3 Микросхема L298 | 37 |
| 2.2 Блок питания | 39 |
| 3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ | 41 |
| 3.1 Принцип работы «Бесконтактная ручка» | 41 |
| 3.2 Принцип работы «Кодовый замок» | 42 |
| Заключение | 44 |
| Список используемой литературы | 45 |
| Приложение 1 | 48 |
| Приложение 2 | 51 |
| Приложение 3 | 54 |
| Приложение 4 | 59 |

ВВЕДЕНИЕ

С началом оседлой жизни первобытного общества и строительства первых жилищ, у людей появилась, и со временем все больше обострялась, необходимость защищать свое имущество, решением стал кусок дерева, закрывающий вход в жилище. Это была первая версия двери, просто отодвигающаяся в сторону. Позже их стали вешать на навесы, тем самым упростив открытие. С ростом поселения возник политический строй. Правители считали опасным свою жизнь и имущество соплеменникам, для защиты были созданы первые замки. Это были обычные засовы отпирающиеся деревяшкой определенной формы.

С развитием общества развивались и технологии, двери, ключи и замки приобретали все более различные и сложные формы. Особенно большой скачек произошел за последнее столетие. Сейчас существует большое количество дверей (от навесных до раздвижных) и замков (от навесных до молекулярных). Для открытия современных замков не обязательно нужен ключ, точнее ключ в привычном для нас виде. Это может быть и числовая последовательность вводимая с помощью клавиатуры, и звук определенной чистоты, и даже химические элементы.

Однако не для всех дверей необходим замок. Так например, помещение в котором врач готовится к операции отделено от операционной дверью или силиконовой занавеской, в любом случае преодолеть это препятствие врачу помогает санитар. Поставить туда автоматические раздвижные двери или оставить вообще без перегородки нельзя, дабы не допустить в операционную биоагентов, которые могут вызвать у больного осложнения.

В технологии «чистое помещение» перемещение между комнатами с разным классом чистоты сопровождается прохождением через специальную камеру, в которой производится обработка человека или техники. Доверить обработку автоматике нельзя, поскольку из-за сбоя дверь может открыться до проведения всех ступеней обработки, поэтому при каждой такой камере

находится оператор, следящий за процедурой очистки. Но он может не заметить того, что увидит человек находящийся в камере, однако после очистки ему нельзя взаимодействовать с чем либо в камере дабы не занести в помещение чего-то лишнего.

Целью и основными задачами ВКР является разработка устройства которое позволит открывать двери не взаимодействия с ними на физическом уровне и варианты дальнейшего развития.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Кодовые замки (классификация и разновидности)

Замок – устройство фиксации электронной, механической или комбинированной конструкции. Служит для запираения крышек, дверей емкостей. Также применяется для ограничения доступа к предметам с целью усложнения их кражи.

На сегодняшний день существует несколько типов замков, для открытия и закрытия которых не нужен ключ. Точнее сказать, ключ выглядит не так как мы привыкли – это замки с магнитным ключом или кодовые замки.

Кодовый замок – устройство фиксации, для открытия которого требуется указать кодовую комбинацию, вводимую с помощью специального цилиндра, на клавиатуре или иными способами.

1.1.1 Классификация кодовых замков

Кодовые замки можно классифицировать по типу и способу управления запорным механизмом.

По типу

По типу кодовые замки делятся на навесные, врезные и накладные.

Навесные замки. Устанавливаются поверх дверного полотна. Каким бы сложным не был механизм их запираения, надежностью такие замки не отличаются.

Накладные замки. Устанавливаются с внутренней стороны помещения, способом накладывания такого замка на дверь. В большинстве случаев устанавливаются на деревянные двери. Особой надежностью не отличаются.

Врезные замки. Устанавливаются на двери из любого материала. Устанавливаются путем врезания такого замка в дверное полотно. Самый надежный тип замка.

По устойчивости к взлому

По степени устойчивости к взлому врезные и накладные замки примерно одинаковые. В них элементом ненадежности является материал, из которого сделана дверь.

По способу управления

По способу управления замки делятся на механические и электронные. Механические сегодня считаются менее привлекательными для установки, поскольку имеют ряд недостатков, они быстрее выходят из строя и взломать такие замки намного проще. Механические замки подразделяются на кнопочные, поворотные и роликовые.

Основное преимущество замков электронного принципа действия — это то, что их узел управления может располагаться отдельно от замка. Эта особенность делает их более защищенными от взлома.

По механизму запираения

По механизму запираения замки классифицируются:

Ригельные замки. Их основное отличие от других запирающих механизмов в том, что открывание таких замков производится не вращением ключа, а его линейным перемещением. Достигается это за счет длины ключа, имеющего специальные косые прорези. Неудобство такого замка заключается в необходимости носить с собой большой ключ.

Электронные замки. Управляется современный электронный замок с помощью набора комбинаций букв и цифр на специальной панели или же при помощи специального магнитного ключа. Верный код хранится в памяти электронного блока. Запирающий механизм такого замка должен оставаться запертым даже в случае полного отключения питания. «Мозги» электронного замка подвержены взлому, но сделать это может далеко не каждый, что делает этот замок более надежным, чем механический.

Кодовые замки. Его преимуществом - отсутствие ключей (ключ от такого замка хранится в голове хозяина замка). Но кроме преимуществ имеются и недостатки – со временем кнопки кодового замка немного западают или стираются, и увидев этот дефект становится проще подобрать нужную комбинацию.

Сувальдные замки. В основу их работы положен набор специальных кодовых пластин и массивная сердцевина. Сломать такой замок практически невозможно физически, но подобрать отмычку вполне реально. Чем больше на ключе имеется прорезей, тем больше сувальд используется в запирающем механизме, и тем труднее подобрать к такому замку отмычку.

Цилиндровый запирающий механизм. Самый распространенный, на сегодняшний день, тип замка. К такому замку сложно подобрать отмычку, а ключ к таким замкам достаточно компактный, чтобы носить его в кармане. Наиболее сложными для вскрытия считаются замки, ключ которых имеет двухстороннюю боковую перфорацию.

В случае необходимости применяются комбинированные замки, состоящие из нескольких замков разного или схожего типа.

1.1.2 Разновидности кодовых замков

Электронный замок

Электронный замок – электронное устройство, предназначенное для ограничения доступа в помещение или ограничить выход. Решение об открытии замка принимается на основе сигналов с различных датчиков.

Частью электронной системы контроля доступа является исполнительный механизм, в качестве которого используются электромеханические и электромагнитные запорные устройства.

По способу отпирания (запирания) замки делятся на:

- электромеханический замок;
- электромагнитный замок.

По типу ключа замки подразделяются на:

- кодовый замок;
- умный замок;
- биометрический замок.

Электромагнитный замок

Магнитный замок – запирающее устройство, основанное на воздействии магнитом на ригель.

Пассивный электромагнитный замок работает без электрического питания, обладает небольшой силой, применяется для удержания дверей закрытыми.

Электромагнитный замок состоит из корпуса с электромагнитом и ответной планки из металла с большой магнитной проницаемостью. Такие замки используются как исполнительные устройства систем управления дверьми. Мощность такого электромагнита должна быть достаточной, чтобы не было возможности открыть дверь силовым методом.

Достоинства электромагнитного замка:

- В случае аварийного отключения электропитания замок отпирается, что делает возможным беспрепятственную эвакуацию;
- Простота конструкции;
- Отсутствуют движущиеся части.

Недостатки электромагнитного замка:

- Большие габариты и масса запирающего устройства;

- Необходим надежный источник питания, без электроэнергии замок отпирается.

Устройство электромагнитного замка

Электронный кодовый замок состоит из четырех основных частей:

1. Замок с электромагнитным приводом запирающего механизма. Если введенный код совпадает с комбинацией на носителе информации на электромагнит подается электрический импульс отпирающий или запирающий засов замка.

2. Наружный пульт управления. Считывающее устройство, его вид зависит от способа ввода сигнала.

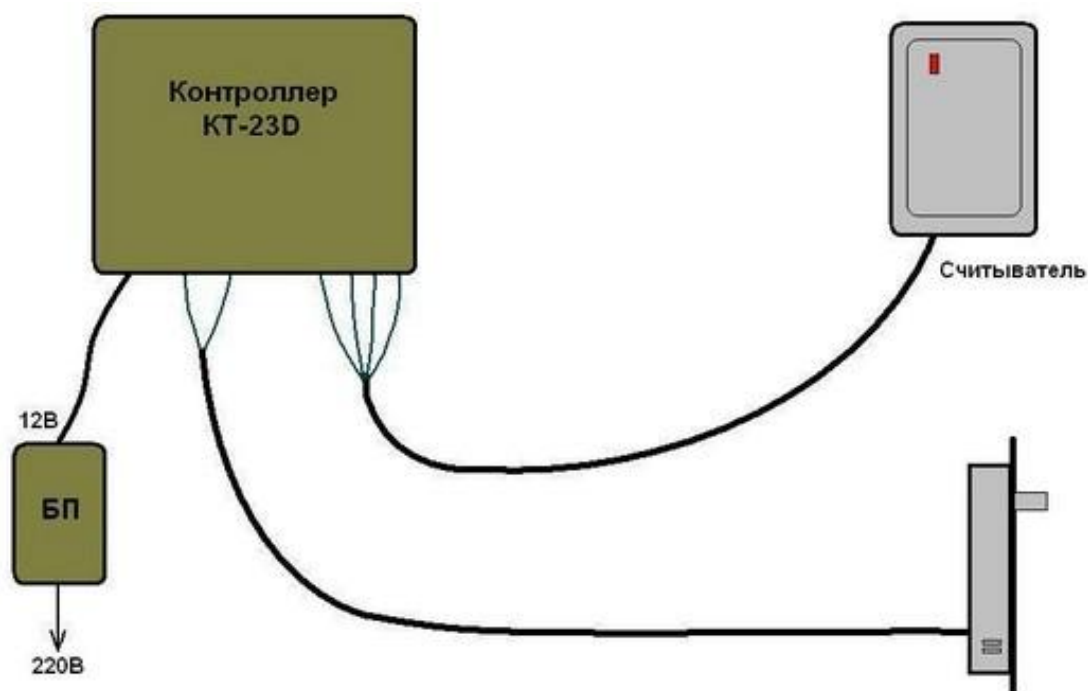


Рисунок 1 – Электромагнитный замок

3. Внутренний блок управления. Контролер, который принимает сигнал со считывателя и сравнивает его с имеющейся в памяти

комбинацией. В случае совпадения подает импульс на электромагнит замка для его открытия.

4. Источник бесперебойного питания. Наличие такого источника обязательно для электронных замков, поскольку при отключении электричества замок переходит в свое нормальное состояние. Емкости такого блока достаточно для бесперебойной работы замка в течении нескольких дней.

Электромеханический замок



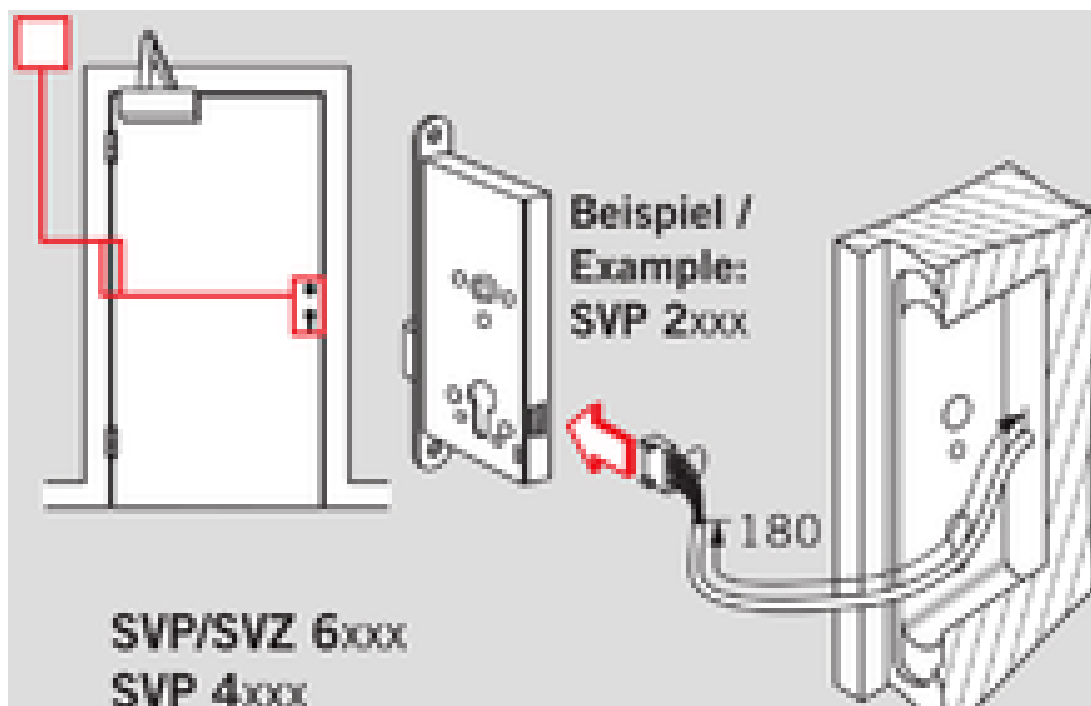


Рисунок 2 – Электромеханический замок

Электромеханический замок – основан на механическом воздействии на запирающий механизм. Механическое воздействие осуществляется электродвигателем или соленоидом.

Электромагнитные замки оснащены функцией контроля состояния двери.

Виды замков:

- соленоидные замки;
- замки с электроблокировкой;
- моторные замки.

Соленоидные замки

В таких замках ригель приводится в движение металлическим сердечником, который втягивается в соленоид.

Замки с электроблокировкой

Запирающее усилие создается с помощью пружин. Механизм приводится в действие соленоидом или электродвигателем.

Моторные замки

Такие замки оборудованы небольшим электромотором постоянного тока, который управляет ригелем.

Электромоторные замки, в конструкцию которых входит редуктор, развивают большее усилие, что позволяет работать при перекосе двери или неправильной установки замка, но работают медленно.

Моторные замки реечного типа работают быстро, но с повышенным шумом и развивают малое усилие (в несколько килограммов).

Электромоторные замки имеют два нормальных состояния – «открыто» и «закрыто», поэтому не подходят для отказобезопасных дверей.

Отказобезопасность

По отказобезопасности электромеханические замки подразделяются на нормально-закрытые, нормально-открытые и моторные с двумя нормальными положениями.

Разблокировка нормально-закрытых замков происходит при подаче электрического сигнала. При отключении питания двери с такими замками остаются закрытыми, потому их нельзя устанавливать на пути эвакуации.

При отключении электрического питания в нормально-открытом механизме происходит блокировка ригелей замка в втянутом состоянии.

Принцип работы электромеханического замка

Надежное запираение двери при использовании в качестве защиты электромеханического замка обеспечивается за счет запорного ригеля, который подключен к электроприводу. Установка данного вида замка во многом схожа с механическими замками. Соответственно, фиксация их осуществляется непосредственно на двери. К электромеханическому замку.

Принцип работы электромеханического замка, с функциональной точки зрения:

1. В тот момент, когда закрывается дверь, посредством взводящего ригеля происходит взведение в рабочее положение специальной пружины;

2. В это же время запорный ригель блокирует дверь за счет вхождения в ответную планку замка. При этом обеспечивается блокировка высокой надежности, которая не может быть нарушена даже взломом двери методом отжатия;

3. Разблокировка двери может быть осуществлена только с помощью соленоида: на соленоид поступает напряжение, приводя тем самым в действие сброс фиксатора пружины, которая втягивает в корпус замка запорный ригель;

4. При закрытии двери, механизм электромеханического замка опять в автоматическом режиме осуществляет ее блокировку.

Умный замок

Умный замок, смартлок или замок неведимка – это электронный замок, открывающийся с помощью смартфона по беспроводной сети. В основном смартлок устанавливают на механические замки. Для электрических и электромагнитных замков смартлок выполняет роль контроллера. Это позволяет устанавливать умные замки не только на входную дверь, но и на ворота, межкомнатные двери или шлагбаум.

Умные замки появились при популяризации смартфонов и всего за несколько лет стали самыми распространенными электронными замками.

Механизм аутентификации

Ключом для умного замка является смартфон. Смартлок отслеживает смартфоны, попавшие в его беспроводную сеть, и определяет есть ли у этого

смартфона право на управление замком. Смартфон, имеющий доступ к управлению замком, отдает команду «открыть» или «закрыть», которую смартлок исполняет.

Первоначально виртуальный ключ находится только у владельца замка, но он может его передать другим пользователям. Виртуальный ключ можно настроить по времени, сделать его временным или постоянным, ограничить время действия по определенным дням или часам.

Стандарты беспроводной сети

Как правило, для взаимодействия со смартфонами умные замки используют Bluetooth, BLE (Bluetooth Low Energy) или Wi-Fi сети. Bluetooth и BLE имеют небольшой радиус действия, но потребляют немного энергии, что позволяет замку долгое время работать от аккумулятора. Из-за большого потребления электроэнергии Wi-Fi модулем, интегрировать Wi-Fi в сам замок нерационально. Обычно используется Wi-Fi-мост, подключенный в сеть неподалеку от замка, замок связывается по Bluetooth с мостом, а мост связывается со смартфоном по Wi-Fi, это позволяет управлять замком на большем расстоянии.

Основные функции

Смартлоки имеют четыре основные функции:

- автоматическое открытие при приближении владельца;
- возможность открывать и закрывать замок со смартфона в пределах Bluetooth-сети;
- возможность выдавать и отзывать виртуальные ключи для других пользователей с помощью смартфона;
- удаленное управление со смартфона через Wi-Fi-сеть.

К дополнительным функциям можно отнести:

- уведомление об открытии и закрытии замка;
- хранение данных об открытии замка;
- уведомление о попытке взлома.

Умный замок можно встроить в домашнюю систему автоматизации, что позволит ему взаимодействовать с другими интеллектуальными устройствами в доме. Так же, есть возможность через смартфона управлять умным замком с помощью голоса.

Установка умного замка

Процесс монтажа этого замка можно разбить на две части:

1. Установка запорного механизма. Единственное отличие от установки обычного замка заключается в прокладке проводов управления. Способ прокладки проводов зависит от типа замка - врезной или накладной. Для врезного замка провода прокладываются внутри двери, в то время как провода накладного находятся снаружи и закрываются накладками. На этом же этапе устанавливается блок питания, когда аккумулятор почти разряжен замок сообщает об этом подавая сигнал на внешний датчик. Так же необходимо вывести пучок проводов для подключения приемника сигнала, расположенного с внешней стороны двери.

2. Блок управления. Монтируется в непосредственной близости от двери. С замком соединяется кабелем посредством специального разъема. К блоку управления подключается основное питание от сети и дополнительная батарея, для работы при прекращении подачи электроэнергии.

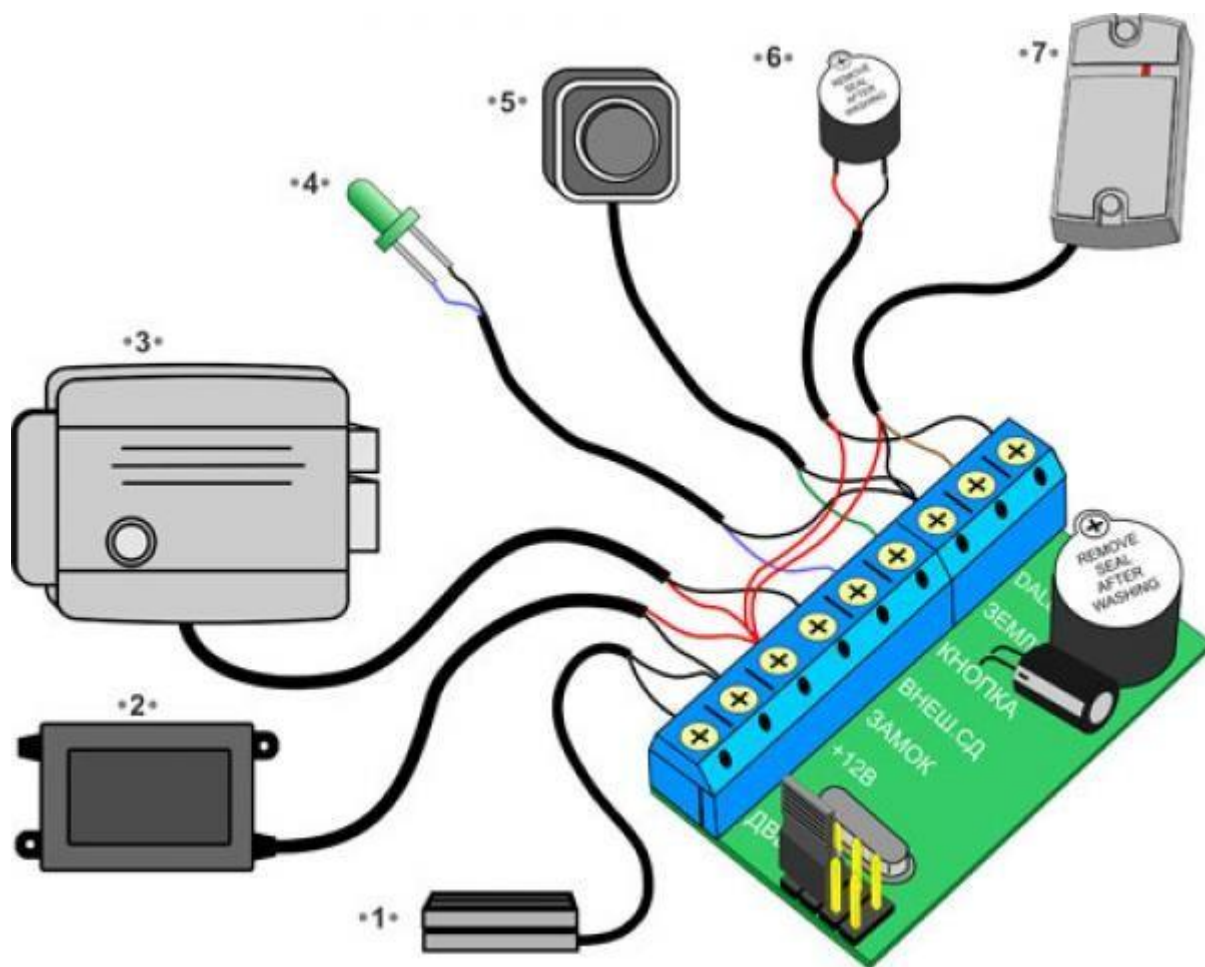


Рисунок 3 – Подключение умного замка

Биометрический замок

Биометрический замок – электронный замок, открытие которого происходит через биометрическую аутентификацию (биометрические параметры человека).

Биометрические параметры

Есть достаточно много биометрических параметров используемых для аутентификации, самые распространенные из них:

- радужная оболочка глаза;
- рисунок вен на передней части глаза;
- сетчатка глаза;
- отпечатки пальцев;
- голос.

Большинство биометрических замков работает на распознавании отпечатков пальцев.

Механизм аутентификации

Биометрический замок анализирует сложные структуры, на которых к тому же могут присутствовать помехи (например мелкие царапины на пальцах) и сравнивает их с теми, что уже внесены в базу.

В редких случаях биометрический замок может не принять корректный ключ из-за помех или принять некорректный.

Существуют специальные параметры дающие оценку качества анализа в биометрическом замке:

FRR (False Rejection Rate) показывает вероятность того, что верный ключ не будет принят как корректный и замок перед владельцем не откроется.

FAR (False Acceptance Rate) показывает, насколько велика вероятность открытия замка при предъявлении чужого ключа.

Вероятность ошибки составляет доли процента. Как правило FRR выше FAR, то есть биометрический замок скорее не откроется перед владельцем, чем впустит постороннего. Это делает биометрический замок достаточно надежным.

Молекулярный замок

Молекулярный замок – блокирующая система, предназначенная для выработки сигнала на открытие электронного замка. Замок реагирует не на электрический сигнал от клавиатуры или считывающего устройства, а на датчик реагирующий на набор химических веществ. В молекулярных замках используются замки стенографического типа, то есть о существовании замка знает только человек имеющий доступ к информации о нем.

История создания молекулярных замков

Первую подобную систему в 2007 году представил профессор Абрахам Шанцер вместе с группой разработчиков из научного института Вейцман (Израиль). Исследователи продемонстрировали систему молекулярной блокировки, способной реагировать на несколько паролей. Данная разработка позволяет молекулярным замкам и молекулярным клавиатурам конкурировать с электронными замками и датчиками создавая системы повышенной безопасности.

В технологии молекулярных замков используются не электрические, а химические и оптические сигналы. Преимущество этой технологии заключается не только в сокрытии пароля, секретом является сам факт наличия замка. Принцип действия замков с молекулярной клавиатурой заключается в комбинированном флуоресцентного молекулярного датчика, который реагирует на различные химические вещества. В отличие от большинства люминесцентных молекулярных сенсоров, которые генерируют

оптические сигналы, этот датчик генерирует уникальные «подписи» химических элементов, действуя как обонятельная система.

В случае электронного замка разблокировка происходит через введение правильного пароля. Разблокировка биометрического замка происходит с помощью уникального набора биометрических характеристик человека (уникальной «подписи»). Для открытия молекулярного замка необходимы и пароль, и оптические отпечатки, что делает такой тип замка наиболее надежным.

Для создания молекулярного замка разработчики использовали сахарады (фруктоза, глюкозу, галактозу, ксилозу и другие). Последовательность этих веществ – аналог электронных паролей. Молекулярные системы блокировки реагируют на пароли из двух, трех или четырех элементов. Эти системы генерируют уникальный оптический спектр каждого набора элементов и может быть запрограммирована для нескольких пользователей. В этом случае для каждого пользователя устанавливается свой флуоресцентный отпечаток, который распознается и обрабатывается специальной программой.

1.2 Технология «чистое помещение»

Чистое помещение — помещение, в воздухе которого контролируется размер и число пылевых частичек, микроорганизмов, частиц аэрозоля на м³. В некоторых случаях в помещениях наблюдают и за другими показателями, например, за влажностью и температурой.

Применяются чистые комнаты в фармацевтической, медицинской отраслях, при производстве электронных компонентов и для научных исследований.

Базовая характеристика таких помещений — число пылевых и других частиц, превышающих в размерах определенную величину (0,1; 0,3; 0,5 микрона и так далее), которые находятся в кубометре воздуха. Величина пылевых частиц определяется в зависимости от назначения комнаты: в электронной промышленности при уменьшении микросхемы уменьшается и допустимая величина частичек. Правила проектирования и постройки чистых помещений, применения материалов и оснащения, а методы их испытаний и аттестации, а также деление таких систем по классам чистоты определяются серией стандартов ISO 14644 (в РФ серия ГОСТ Р ИСО 14644), признанные в мировой практике:

Таблица 1 – Стандарты ISO 14644

| | |
|-------------|--|
| ISO 14644-1 | Классификация чистоты воздуха |
| ISO 14644-2 | Требования к контролю и мониторингу для подтверждения постоянного соответствия ISO 14644-1 |
| ISO 14644-3 | Методы испытаний |
| ISO 14644-4 | Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию |

| | |
|-------------|--|
| ISO 14644-5 | Эксплуатация |
| ISO 14644-6 | Термины и определения |
| ISO 14644-7 | Изолирующие устройства (боксы перчаточные, укрытия с чистым воздухом и т.д.) |
| ISO 14644-8 | Классификация молекулярных загрязнений в воздухе |
| ISO 14644-9 | Классификация чистоты поверхности по концентрации частиц |

В чистых комнатах для электронной промышленности, в отличие от помещений медицинского и фармацевтического назначения, особенно значим контроль за микрочастицами в воздухе, а не за микроорганизмами, с которыми можно бороться при помощи бактерицидных ламп, дезинфицирующих растворов и др. Чистота в таких помещениях достигается, как правило, благодаря верной компоновке инженерных систем и корректной работы воздушной подготовки. Эти помещения проектируются и применяются так, чтобы привести к минимальным значениям поступление и накапливание нежелательных частичек внутри помещения.

Для этого обычно используется несколько фильтров очистки (от более грубой до самой тонкой); фальшпол (чуть приподнятое покрытие с перфорацией); система, создающая избыточное давление в помещении для того, чтобы частицы прибывали к полу; инженерная инфраструктура, обслуживающая комнату (электрохозяйство, обеспечивающее комнату электропитанием; обеспечение водой; воздухоподготовка; шлюзы для перемещения из комнат с меньшим классом чистоты в более чистые комнаты и т.д.), ESD изделия и покрытия.

Базовые элементы чистых помещений

Стеновые сооружения, преграждающие доступ (панели, каркас, окна).

Герметичные потолки со встроенными источниками света.

Полы, имеющие антистатическое покрытие.

Сложная система специальной вентиляции, включающая приточно-вытяжные установки, конструкции для воздухозабора, фильтрующие распределители и модули, датчики, автоматику и прочие элементы.

Воздушные шлюзы для предотвращения проникновения различных частиц в производственную зону.

Передаточные шлюзы (окна) для перемещения стерильных материалов, инструментов и изделий между различными зонами.

Комплекс устройств для управления инженерными системами.

Сотрудник, входящий в помещение, также должен пройти специальную подготовку. Сначала человек производит так называемое «первое переодевание»: переобувается из грязной обуви в чистую, облачается в халат и головной убор. Затем приходит очередь «второго переодевания» в специальный плотный костюм с антистатическими нитями, а также в маску и перчатки. Проход в чистую комнату из зоны переодевания может быть оборудован воздушным душем – мощными потоками очищенного воздуха. Правила пользования чистыми помещениями запрещают перед их посещением пользоваться косметикой и средствами ароматизации.

Из-за воздушного вихря возникающего во время перемещений сотрудников, на стенах, на полу, потолке и на оборудовании частички, летающие в воздухе, под воздействием электростатических сил садятся на поверхности, а не вытягиваются из комнаты с воздушным потоком.

В чистых помещениях для борьбы со статическим электричеством применяют 3 дополняющих друг друга средства:

- заземление мебели и работников (использования ESD браслетов, стульев, одежды и обуви, инструментов и т.д.);

- эксплуатация ESD тары и упаковки. Антистатическая тара применяется как при работе с микросхемами (ESD лотки, треи, подставки), так и во время их транспортировки (антистатический ящик, кейс, паллета, пакет);
- ионизация воздуха, нейтрализующая электростатический разряд на предметах. Когда электростатический заряд скапливается на предметах, имеющихся в рабочей зоне, он может быть нейтрализован привлечением из воздуха зарядов обратной полярности.

Создание высококачественных изделий в электронной промышленности напрямую связано с оснащением специальных производственных зон. Чистые помещения и их инженерное обеспечение помогают избежать финансовых и репутационных потерь в компании.

1.2.1 Чистые помещения в электронной промышленности

Развитие электроники влечет за собой все большую востребованность чистых помещений для производства микросхем. Инновационные разработки позволяют уменьшать размер деталей, поэтому производителям становится сложнее обеспечивать отсутствие дефектов в микросхемах. С учетом меняющихся условий производства чистые помещения в электронной промышленности играют ключевую роль в обеспечении высокого качества изделий.

В микроэлектронике регламентированы и движения сотрудников, находящихся в чистой комнате: перемещения требуется снизить до необходимого минимума, а сами движения не должны быть порывистыми, чтобы не создавать дополнительные потоки воздуха.

Из-за воздушного вихря во время перемещений сотрудников, на стенах, на полу, потолке и на оборудовании частички, летающие в воздухе, под воздействием электростатических сил садятся на поверхности, а не

вытягиваются из комнаты с воздушным потоком. В связи с этим повышается риск порчи электрокомпонентов из-за статического электричества.

Нюансы проектирования чистых помещений для микроэлектроники

Работа с открытыми печатными платами требует использования зон с максимальной защитой от стороннего воздействия. Поэтому в электронной промышленности применяют:

- строительные материалы и конструкции, не выделяющие веществ, которые могут повлиять на производственный процесс;
- перфорированные покрытия для пола, обеспечивающие единое направление потока воздуха;
- устройства для строгого соблюдения заданных в узком диапазоне параметров окружающей среды (температуры, влажности);
- фильтрующее оборудование для воды, которой обрабатываются основания для микросхем;
- специальные комплексы для распределения жидкостей и газов, используемых в технологии производства;
- высокоточные управляющие системы для отслеживания появления токсичных материалов, иных опасных веществ, а также датчики для контроля за технологическими параметрами производства.

Таким образом, создание высококачественных изделий в электронной промышленности напрямую связано с оснащением специальных производственных зон. В настоящее время профильные компании работают над снижением стоимости услуг на проектирование и строительство чистых помещений.

1.2.2 Чистые помещения в медицине и фармацевтической промышленности

Чистое помещение направлено не на борьбу и уничтожение уже имеющихся микроорганизмов в помещении, а на предотвращение их

возникновения. Основные задачи чистого помещения - это удаление потоком воздуха исходящих от персонала, продукта и оборудования микроорганизмов из помещения. Цель чистых помещений - снизить рост патогенной микрофлоры воздушной среды.

Чистое помещение обеспечивает:

- микробиологическую защищенность персонала бактериологических и вирусологических лабораторий больниц;
- существенное секвестирование внутрибольничной инфекции;
- снижение уровня послеоперационных осложнений и летальности;
- интенсивный воздухообмен в зоне операционного стола;
- отсутствие турбулентности потоков обеспечивает ограждение оперируемого от операционной бригады и препятствует осаждению микроорганизмов на раневую поверхность;
- минимальную опасность инфицирования операционной раны;
- повышение качества лечебного процесса;
- снижение материнской и детской смертности от послеродовых септических заболеваний, тяжелых токсикозов беременных, преждевременных родов, инфекционных заболеваний новорожденных;
- повышение качества лечебного процесса при интенсивной терапии для ухода за больными особенно после операций ТКМ, с заболеваниями иммунной системы, системы кроветворения, с онкологическими заболеваниями.

1.2.3 Концепция чистого помещения

Разрабатываемые комплексы технического оборудования должны обеспечивать заданные их функционалом параметры воздушной среды в чистых помещениях, чистых зонах (в построенном, оснащем, эксплуатационном состоянии) отвечать нормативным документам к архитектурно-планировочным решениям, технологии производственного

процесса, системам вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха этих помещений за счет:

- Рационального зонирования чистых помещений в соответствии с их функциональным разделением;
- Установки приточной системы на базе центрального кондиционера;
- Установки вытяжной системы с рациональным расположением отверстий забора воздуха из чистого помещения;
- Установки системы очистки и обеззараживания внутреннего воздуха, позволяющей увеличить размер (площадь сечения) однонаправленного воздушного потока;
- Организации в чистом помещении воздухопотоков таким образом, чтобы гарантированно обеспечить переток воздуха из более чистого помещения в менее чистое, за счет обеспечения избыточного давления (от 5 до 20Па) в более чистых помещениях по отношению к менее чистым;

Применение в чистом помещении ограждающих конструкций (напольных, стеновых и потолочных) отвечающих всем требованиям международных стандартов.

1.3 Автоматические раздвижные двери

В последние годы наибольшее распространение получили раздвижные автоматические двери. Каждый производитель предлагает несколько моделей, каждая рассчитана на различные условия, от бытовых, для установки в жилых помещениях, до дверей для работы в «тяжелых условиях» и герметичных дверей для производства. В каждом конкретном случае, целесообразно провести анализ условий, в которых будут установлены двери, и выбрать конкретную модель, удовлетворяющую техническим характеристикам.

Раздвижные двери бывают рядными, с одной или двумя подвижными створками и телескопическими (две или четыре створки).

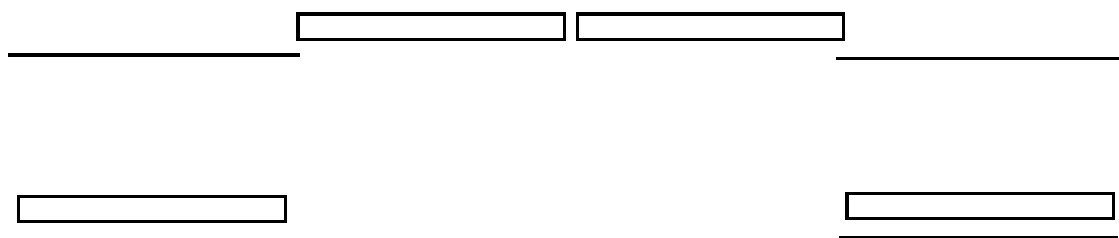


Рисунок 4 – Рядные двери

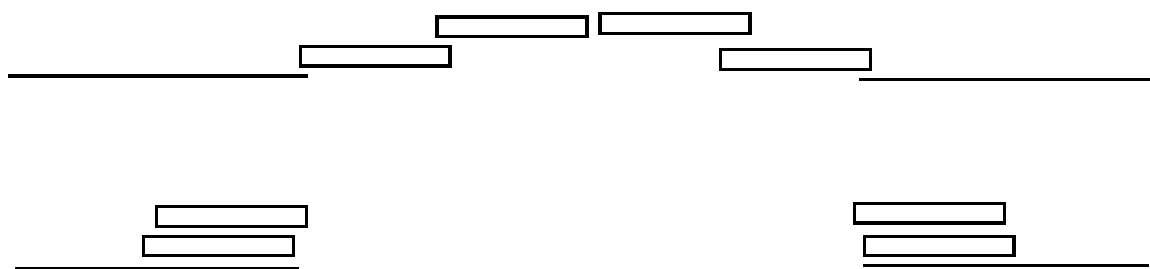


Рисунок 5 – Телескопические двери

Дверные створки автоматически раздвигаются, если человек приближается к ним, что является следствием работы сверхвысокочастотного излучения или инфракрасного радара (детектора движения) и так же закрываются, выдержав определенную паузу. Для безопасности человека,

находящегося в проеме дверей, предусмотрены фотоэлементы, излучающие инфракрасный луч.

Для управления автоматических дверей применяется переключатель режимов работы – селектор (кнопочный или поворотный).

Зачастую селектор снабжен ключом, позволяющем предотвратить несанкционированное изменение режимам работы. В большинстве моделей предусмотрены следующие режимы:

- летний автоматический (дверь открывается на полную ширину);
- зимний режим (в целях сбережения тепла в помещении дверь открывается не на полную ширину);
- открытая/закрытая дверь;
- односторонний проход (работает только на вход или выход из помещения).

Чтобы раздвижная дверь правильно выполняла свои функции, ей нужно свободное пространство, в зоне открытия подвижных створок, то есть по бокам от проема, что характеризует ширину тамбура. Для рядных дверей ширина тамбура должна быть немного шире дверного проема. Если ширина тамбура ограничена конфигурацией здания, целесообразно использовать телескопические двери. Кроме бокового свободного пространства, важным считается длина тамбура. Рекомендуемая длина тамбура от двух метров и более. Это связано с вопросами энергосбережения и комфорта. Такое расстояние позволяет создать эффект шлюза, сначала открывается внешняя дверь, человек доходит до середины тамбура, внешняя дверь в это время закрывается, после чего открывается внутренняя. Это сокращает время, когда обе двери находятся в открытом положении. Такой алгоритм работы дверей значительно уменьшает расход тепловой энергии.

Важной составляющей долгого функционирования автоматического входа, является основа, на которой закреплены операторы дверей. Оператор –

это алюминиевая балка, расположенная над проемом, в которой располагается автоматика. Чаще всего оператор крепиться на витраж. Витраж изготавливается исходя из конфигураций помещения и типа двери. Конфигурация витража должна предусматривать силовой горизонтальный ригель, закрепленный на выверенной высоте. Динамическая нагрузка на ригель и витраж достаточно высока (масса двери достигает нескольких сотен килограмм). Колебания витража приведут к перекосам и повышенному износу механизма, поэтому они не допустимы.

2. ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ

В данном разделе рассмотрены выбранные решения, касающиеся электронных компонентов, включенных в устройство, приведено их описание, а также обоснован их выбор. Основные параметры, которым должно соответствовать устройства:

- работа от сети 220 В;
- возможность автономной работы при отключении питания сети;
- возможность ввода нового пароля.

Была разработана структурная схема, которая представлена на рисунке 6, и принципиальные схемы, они приведены в следующем разделе.

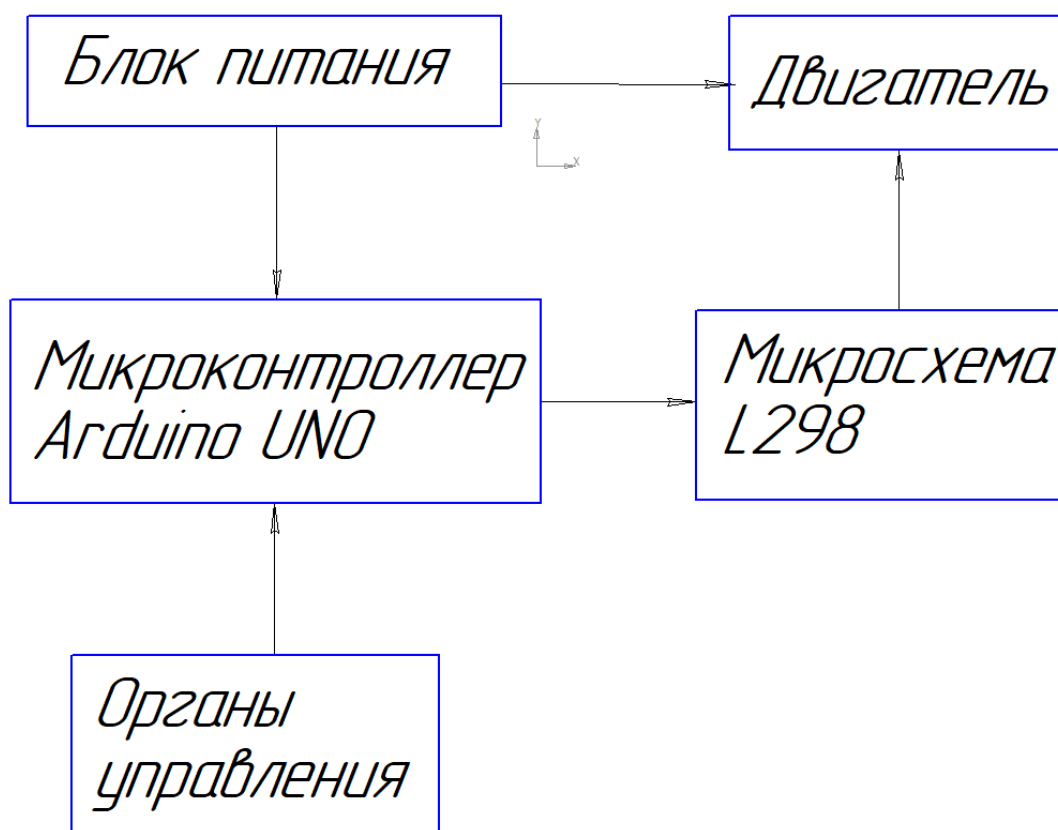


Рисунок 6 – Структурная схема проектируемого устройства

2.1 Arduino UNO и используемые компоненты

2.1.1 Arduino UNO

Плата Arduino UNO – самое популярное и доступное устройство семейства Arduino. В ее основе лежит чип ATmega328.

Таблица 2 - Характеристики Arduino UNO

| | |
|---------------------------------------|---|
| Микроконтроллер | АТmega328 |
| Рабочее напряжение | 5 В |
| Напряжение питания (рекомендуемое) | 7-12 В |
| Напряжение питания (предельное) | 6-20 В |
| Цифровые входы/выходы | 14 (из них 6 используются в качестве ШИМ-выходов) |
| Аналоговые входы | 6 |
| Максимальный ток одного вывода | 40 мА |
| Максимальный выходной ток вывода 3.3В | 50 мА |
| Flash-память | 32 КБ из которых 0.5 КБ используются загрузчиком |
| SRAM | 2 КБ |
| EEPROM | 1 КБ |
| Тактовая частота | 16 МГц |

Описание пинов Arduino UNO

Схема распиновки представлена на рисунке 7. Принципиальная схема на рисунке 8.

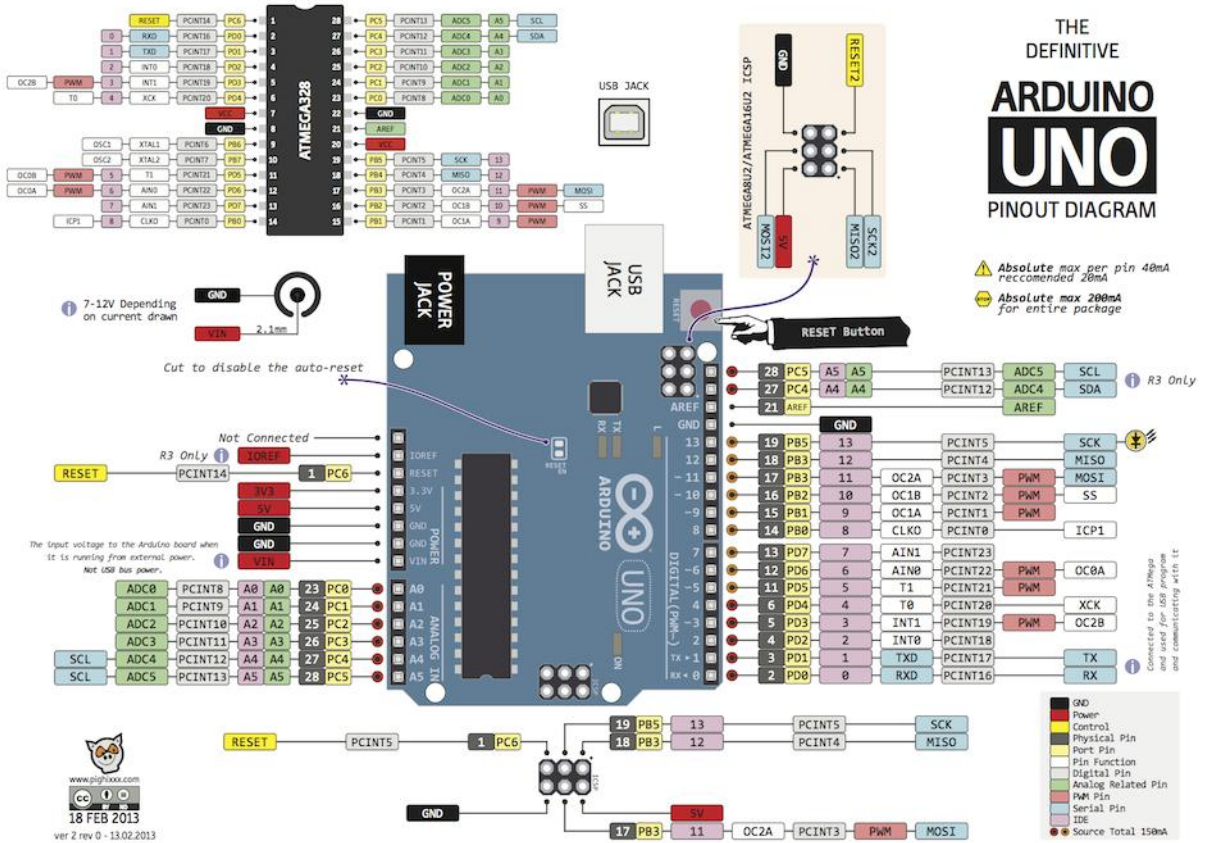


Рисунок 7 – Распиновка Arduino UNO

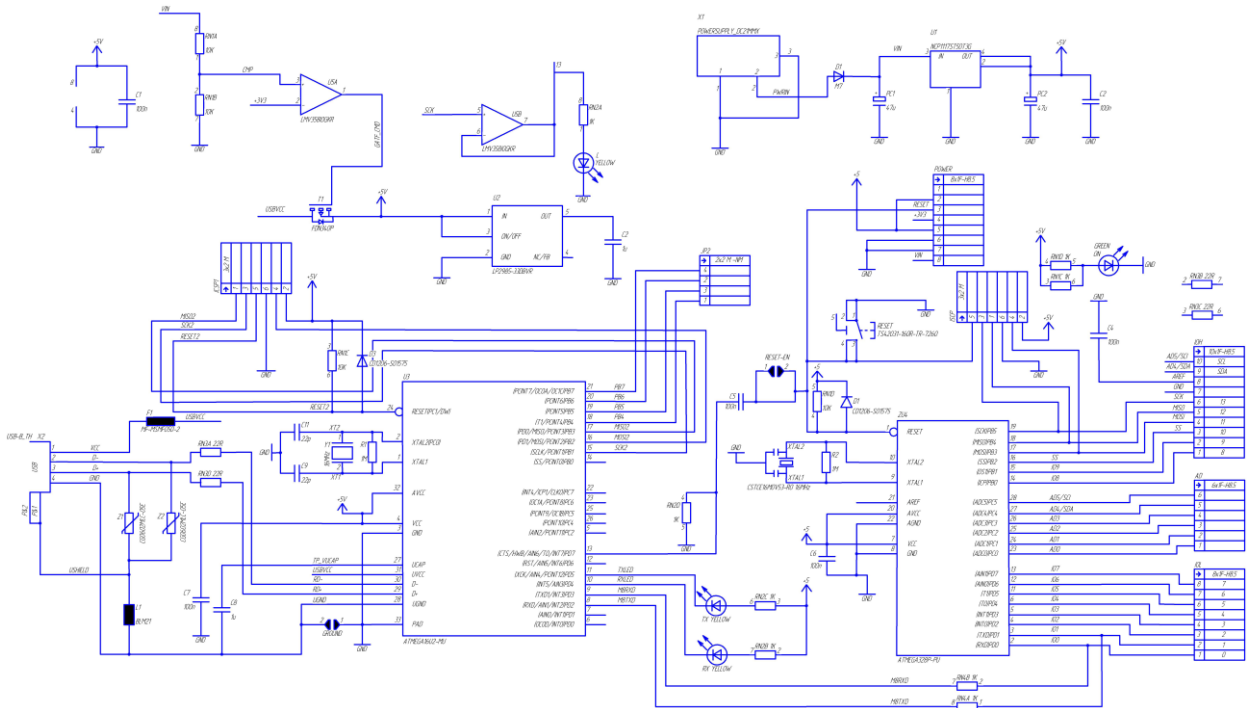


Рисунок 8 – Принципиальная схема Arduino UNO

Пины Arduino используются для подключения внешних устройств и могут работать как в режиме входа (INPUT), так и в режиме выхода (OUTPUT). К каждому входу может быть подключен резистор 20-50 кОм с

помощью выполнения команды `pinMode ()` в режиме `INPUT_PULLUP`. Допустимый ток на каждом из выходов – 20 мА, не более 40 мА в пике. Для удобства и оптимизации работы некоторые пины совмещают в себе несколько функций:

- Пины 0 и 1 – контакты UART (RX и TX соответственно);
- Пины с 10 по 13 – контакты SPI (SS, MOSI, MISO и SCK соответственно)
- Пины A4 и A5 – контакты I2C (SDA и SCL соответственно)

Аналоговые пины Arduino UNO предназначены для подключения аналоговых устройств и являются входами для встроенного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), который в Arduino UNO десятиразрядный.

Так же есть два дополнительных пина:

- AREF – выдает опорное напряжение для встроенного АЦП.
- RESET – подача низкого сигнала на этот вход приведет к перезагрузке устройства.

Пины питания:

- 5V – на этот пин Arduino подает 5 В, его можно использовать для питания внешних устройств.
- 3.3 V – на этот пин от внутреннего стабилизатора подается напряжение 3.3 В.
- GND – вывод земли.
- VIN – пин для подачи внешнего напряжения
- IREF – пин для информирования внешних устройств о рабочем напряжении платы.

Подключение устройств

Подключение любых устройств к плате осуществляется путем присоединения к контактам, расположенным на плате контроллера: одному из цифровых или аналоговых пинов или пинам питания. При подключении любого внешнего устройства следует помнить, что использование платы в качестве источника питания возможно лишь в том случае, если устройство не потребляет больше разрешенного предельного тока контроллера.

Варианты питания Arduino UNO

Рабочее напряжение платы Arduino UNO – 5 В. На плате установлен стабилизатор напряжения, что дает возможность подавать питание с различных источников, в том числе с USB-устройств.

Питание от внешнего адаптера, рекомендуемое напряжение от 7 до 12 В. Напряжение выше 12 В быстро приведет плату в негодность. Напряжение менее 7 В может привести к нестабильной работе, так как на входном каскаде может потеряться 1-2 В. Для подключения питания можно использовать встроенный разъем DC 2.1, подключить источник на прямую через вход VIN или через USB-порт от компьютера. Так же можно подключить питание через пин 5V, но в таком случае не задействован входной стабилизатор и малейший перепад напряжения приведет плату в негодность.

2.1.2 Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04

Ультразвуковые датчики расстояния очень востребованы в робототехнике из-за своей относительной простоты, достаточной точности и доступности. Они используются как приборы, помогающие объезжать препятствия, определять размеры предметов, моделировать карту помещения и сигнализировать о приближении или удалении объектов.

Датчик расстояния является прибором бесконтактного типа, и обеспечивает высокоточное измерение и стабильность. Диапазон дальности его измерений составляет от 2 до 400 см.

Таблица 3 - Технические характеристики HC-SR04

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Питающее напряжение | 5 В |
| Рабочий параметр силы тока | 15 мА |
| Сила тока в пассивном состоянии | < 2 мА |
| Обзорный угол | 15° |
| Сенсорное разрешение | 0,3 см |
| Измерительный угол | 30 ° |
| Ширина импульса | 10 ⁻⁶ с |

Датчик оснащен четырьмя выводами:

- Контакт питания - +5 В;
- Trig – выход сигнала «выход»;
- Echo – выход сигнала «вход»;
- GND – вывод «Земля».

Для получения данных, необходимо выполнить следующие действия:

1. Подать на выход Trig импульс длительностью 10 микросекунд;

2. В датчике HC-SR04 подключенном к Arduino сигнал преобразуется в 8 импульсов с частотой 40 кГц, которые будут посланы вперед через излучатель;

3. Когда импульсы дойдут до препятствия они отразятся от него и будут приняты приемником, что обеспечит наличие входного сигнала на выходе Echo;

4. В контроллере полученный сигнал следует перевести в расстояние используя формулы:

```
Time=pulseIn(Echo, HIGH);
```

```
dist=Time * 340=Time * 0.034; //скорость распространения звука в воздухе 340 м/с
```

```
dist=Time*1/29=Time/29; //преобразовали десятичную дробь
```

```
dist=Time/58; //нужно учитывать, что звук преодолел расстояние до объекта и обратно
```

В основу принципа действия ультразвукового датчика заложено явление отражения акустических волн, распространяющихся в воздухе. Но скорость распространения звука в воздухе зависит от свойств этого воздуха, в первую очередь от температуры. Датчик не учитывает в какой именно среде он работает и для расчетов берет скорость распространения звука в воздухе при нормальных условиях (340 м/с). В реальных условиях из-за фактора температуры датчик может ошибиться на 1-4 см.

2.1.3 Микросхема L298

L298 – сдвоенный H-мостовой драйвер, позволяющий управлять нагрузкой с напряжением 4,5-46 В и силой тока до 2 А. Схема разработана для управления двигателями.

У схемы разделено электропитание, что позволяет подключить нагрузку отличающуюся от питания микросхемы.

Микросхемы L298 имеют защиту от перегрева. При нагреве до +70°C микросхема отключится.

Распиновка представлена на рисунке 9.

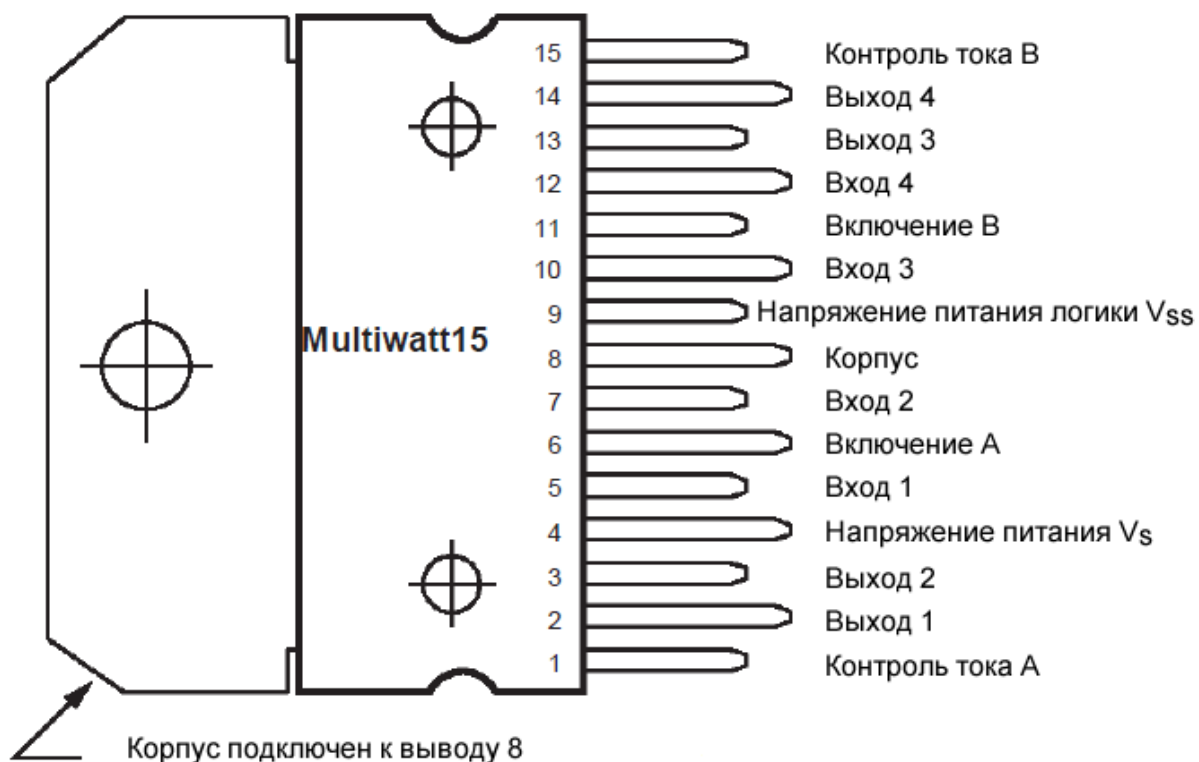


Рисунок 9 – Распиновка микросхемы L298

Таблица 4 – Параметры L298

| Параметры | MIN | ТYP | MAX |
|------------------------------------|-------|-------|--------|
| Рекомендуемые режимы | | | |
| Напряжение питания V_{ss} | 4,5В | | 7В |
| Напряжение питания V_s | 4,5В | | 46В |
| Входное напряжение низкого уровня | -0,3В | | 1,5В |
| Входное напряжение высокого уровня | 2,3В | | 7В |
| Основные электрические параметры | | | |
| Ток потребления I_s | | 13/50 | 22/70м |

| | | | |
|--------------------------------------|-------------|------------|-------------|
| | | мА | А |
| Ток потребления Iss | | 24/7м А | 36/12м А |
| Входной ток | | 10мк А | 100мк А |
| Выходное напряжение | 0,95В | 1,35В | 1,7В |
| Частота переключение | | 25кГц | 40кГц |
| Пределные параметры | | | |
| Максимальное напряжение питания Vs | 50В | | |
| Максимальное напряжение питания Vss | 7В | | |
| Входное напряжение | -0,3..7В | | |
| Напряжение на входах SENS | -1..+2,3В | | |
| Максимальный постоянный выходной ток | ±2А | | |
| Максимальный импульсный выходной ток | ±3А | | |
| Максимальная рассеиваемая мощность | 25Вт | | |
| Диапазон температур | -25..+130°C | | |

2.2 Блок питания

Для понижения напряжения сети используем понижающий трансформатор ТТП-100 220/27/9, на первичной обмотке трансформатора напряжение составляет 220 В, на вторичной – 27 В 3.3 А, и 9 В 1А и выпрямляется диодным мостом.

Рекомендуемое напряжение питания Arduino UNO от 7 до 12 В, поэтому питание Arduino подключим ко вторичной обмотки 9 В и 1 А.

Для питания электромеханического замка с контактом состояния подключим его ко вторичной обмотке с напряжением 27 В и 3.3 А.

В качестве резервного источника питания используется пять NiMH аккумуляторов типоразмера AA емкостью по 2000 мАч.

В режиме «открывания» двери ток потребления складывается из потребления: трех УЗ датчиков, электромеханического замка, трех контрольных диодов, L298.

$$I_{\text{откр}} = 3 * 17 + 1000 + 3 * 2 + 1000 = 2057 \text{ мА}$$

При таком потреблении время разрядки аккумуляторов в режиме «открывания» составляет:

$$t_{\text{раб}} = \frac{10000}{2057} = 4,86 \text{ ч.}$$

3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В ходе работы было разработано две версии кода. Первая схема состоит из трех ультразвуковых датчиков, трех светодиодов, микросхемы L298 и Arduino UNO.

Вторая версия отличается от первой наличием кнопки и отсутствием светодиодов.

Схема устройства состоит из трех ультразвуковых датчиков, трех светодиодов, микросхемы L298 и Arduino UNO.

3.1 Принцип работы «Бесконтактная ручка»

Первую версию можно назвать «бесконтактной ручкой». Такая версия подойдет для помещений доступ в которые не ограничен, но должна быть исключена вероятность случайного открытия, например «чистые помещения».

Принцип ее работы следующий: все датчики проверяются по очереди. Датчики должны быть задействованы в определенном порядке, в приведенном коде (Приложение 1) это последовательно, сверху вниз. За каждым датчиком закреплен светодиод. Светодиод загорается при задействовании датчика на заданном расстоянии (в данном случае 10-15 см). Поскольку человек не может определять расстояние достаточно точно, без использования измерительных приборов, необходимое расстояние задано интервалом. Лишь когда все три датчика задействованы на двигатель подается сигнал открывающий дверь. Спустя три секунды на двигатель подается сигнал для закрытия двери.

Код программы представлен в Приложении 1. Алгоритм работы кода программы – Приложение 2. Принципиальная схема проектируемого устройства на рисунке 10.

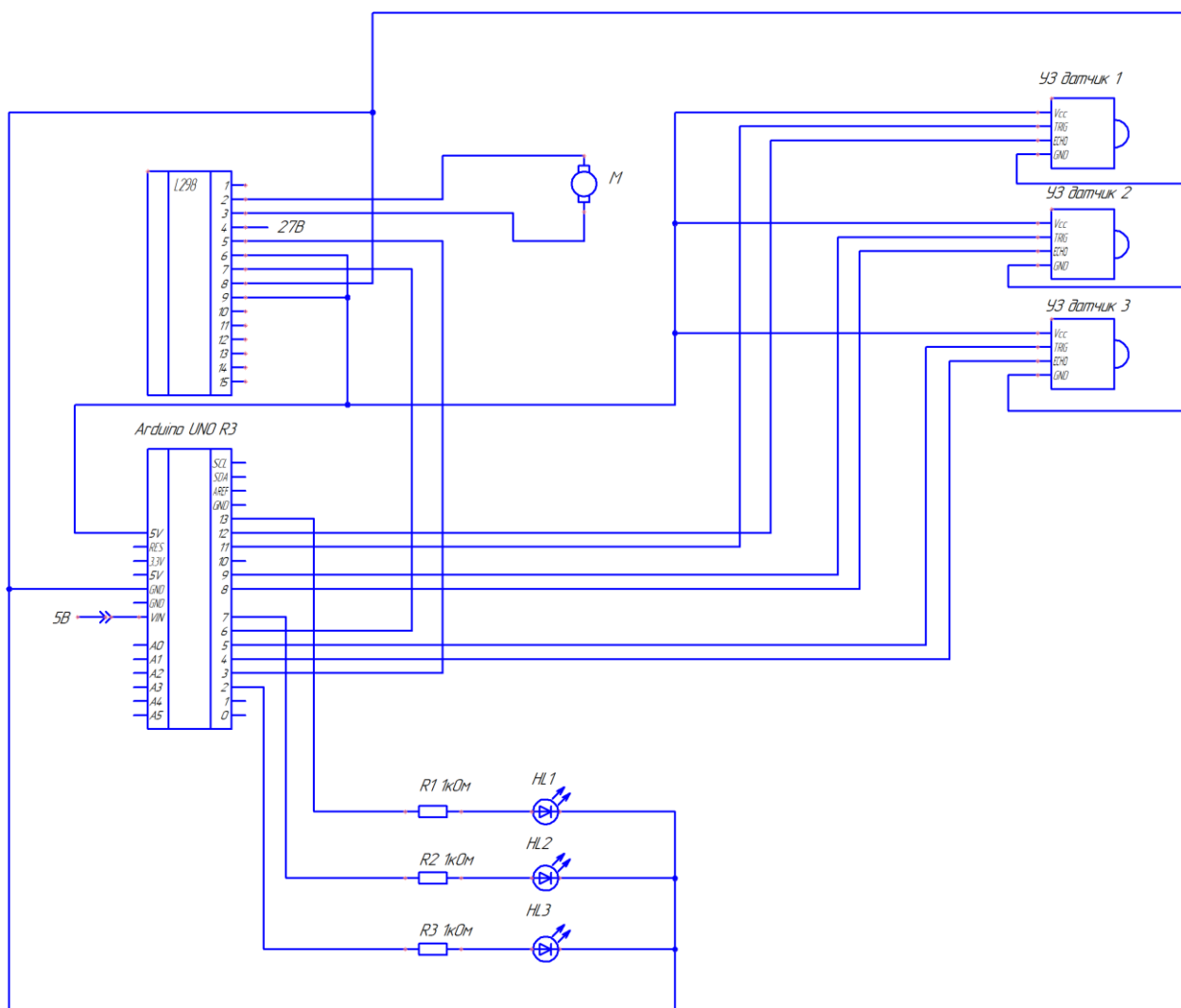


Рисунок 10 – Принципиальная схема устройства «Бесконтактная ручка»

3.2 Принцип работы «Кодовый замок»

Вторая версия программы по компонентам отличается наличием кнопки.

Такая особенность позволила изменять код, что необходимо было выполнить по заданию.

В случае необходимости смены кода, необходимо нажать кнопку, после чего ввести старый пароль, далее нажать кнопку еще раз, обозначив начало ввода нового пароля. После введения нового кода необходимо опять нажать кнопку обозначив конец операции. Для каждого датчика существует отдельный массив, в котором хранится введенное значение с погрешностью ± 2 .

При вводе пароля, для открытия двери, датчик считывает полученное значение и сравнивает его с пятью значениями своего массива. В конечном условии проверяется состояние всех трех датчиков, если на них записаны верные значения дверь открывается.

Код программы представлен в Приложении 3. Алгоритм работы кода программы – Приложение 4. Принципиальная схема проектируемого устройства на рисунке 11.

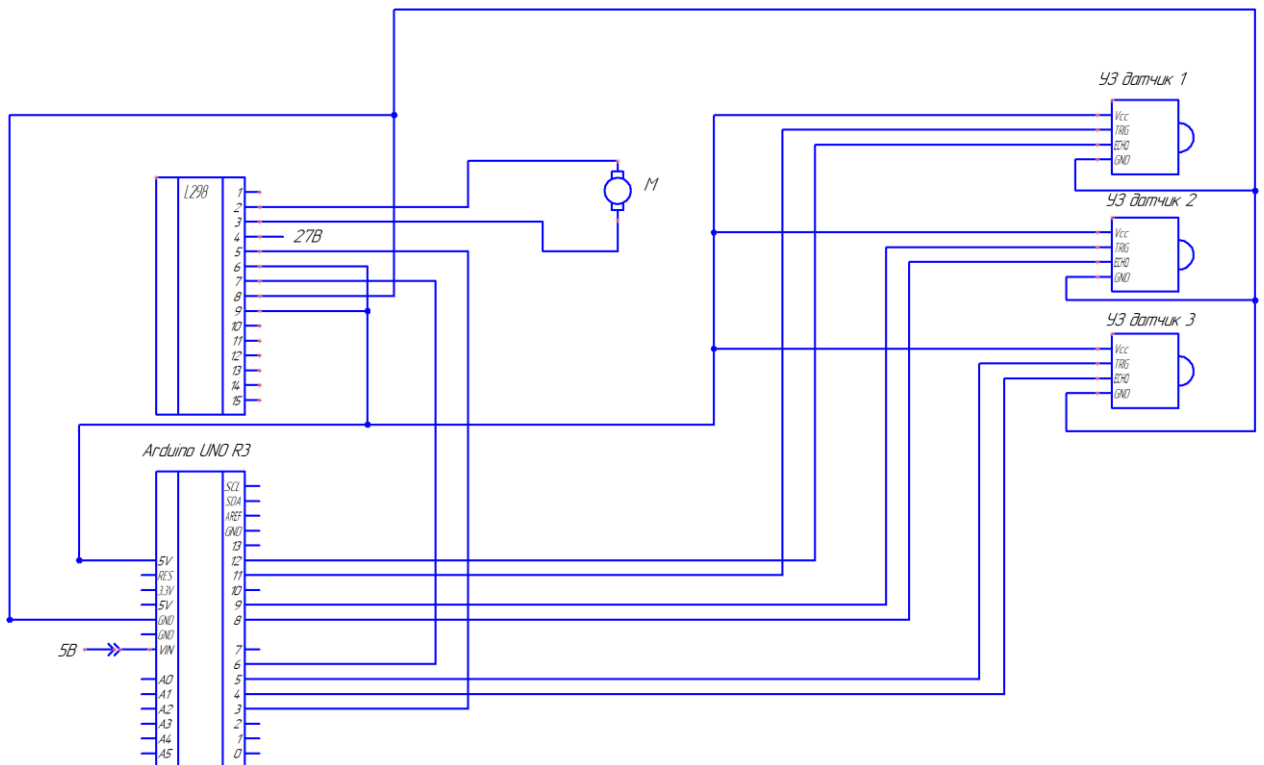


Рисунок 11 - Принципиальная схема устройства «Кодовый замок»

Заключение

В данной работе спроектирован замок с возможностью бесконтактного открытия двери. Замок управляется микроконтроллером Arduino UNO и работает от сети. Данное решение подходит как для промышленных так и для жилых помещений.

Разработанный механизм не ограничивает доступ в помещение, но исключает случайное открытие двери. Приведение механизма в действие осуществляется в задействовании датчиков в определенном порядке на определенном расстоянии. Такое решение подходит для технологии «чистое помещение», которая так же рассмотрена в работе.

Использование этого замка в технологии «чистое помещение» исключит занесение в них нежелательных организмов, биоагентов, пыли, излишнего статического заряда.

Второй способ является кодовым замком, основанном на бесконтактном вводе. В нем предусмотрена смена пароля, а так же допускается небольшая погрешность. Последовательность задействования датчиков не регламентирована. Данное решения можно использовать как в промышленности так и в жилых помещениях.

Список используемой литературы

1. A.Lachheb, L.E. Amraoui, J. Khedhiri "Finite Elements Modeling of Linear Motor for Automatic Sliding Door Application", International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 7, No. 8, 2016.
2. Datasheet Arduino Uno [Электронный ресурс] // Портал для электротехников Octopart. URL: <https://datasheet.octopart.com/A000073-Arduino-datasheet-12389410.pdf> (дата обращения 12.04.2019).
3. Datasheet Ultrasonic Ranging Module HC-SR04 [Электронный ресурс] // Интернет-портал Mouser. URL: <https://www.mouser.com/ds/2/813/HCSR04-1022824.pdf> (дата обращения 13.05.2019).
4. Dual Full-bridge driver [Электронный ресурс] // Интернет-портал Sparkfun. URL: https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf (дата обращения 7.05.2019).
5. J. G. Amoros , P. Andrada , "Sensitivity Analysis of Geometrical Parameters on a Double-Sided Linear Switched Reluctance Motor, " IEEE Transactions on Industrial Electronics, VOL. 57, NO. 1, January 2010.
6. K.Kircher, X.Shib, S.Patil, K. MaxZhang "Cleanroom energy efficiency strategies: Modeling and simulation"[Электронный ресурс] // Интернет-страница научного журнала ScienceDirect. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778809002187> (дата обращения 19.03.2019).
7. T. Hansz "Getting the most out of cleanroom design", ASHRAE Transactions journal, vol. 111, No. 2, 2005.
8. Umar Farooq, Athar Hanif, Usman Asad, Mahmood ul Hasan, Muhammad Amar. RFID Based Security and Access Control System [Электронный ресурс] // International Journal of Engineering and Technology.

URL: <http://www.ijetch.org/papers/718-B10136.pdf> (дата обращения 19.03.2019).

9. Zaafrane Wajdi, Khidiri Jalel, Rehaoulia Habib, “2-D finite element design of a single sided linear planner switched reluctance motor,” World Applied Sciences Journal , 25 (3): 494-499, 2013

10. Автоматические раздвижные двери: преимущества и недостатки, разновидности и принцип работы [Электронный ресурс] // Интернет-портал Caseton. URL: <https://caseton.ru/articles/avtomaticheskie-razdvizhnye-dveri-osobennosti-konstruktsii-vidy-i-preimushchestva/> (дата обращения 12.04.2019).

11. Белов Г. А. Электроника и микроэлектроника: учеб. пособие для вузов / Г. А. Белов. - 2-е изд., испр. ; Гриф МО. - Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2001. - 377 с. : ил.

12. Блум Дж. [Bloom J.] Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства пер. с англ. / под ред. В. Петина. СПб.: ВHV, 2015. - 336 с.

13. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника: Учебник для энергетических и электромеханических специальностей вузов / Ю. С. Забродин . – 2-е изд., стер . – М. : Альянс, 2008. – 496 с.

14. Литвиненко Н.А. Л64 Технология программирования на C++. Win32 API-приложения. / Н.А. Литвиненко — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 288 с.: ил.

15. Морозов А.А., Белова Е.М. Оптимизация работы системы вентиляции и кондиционирования воздуха чистых помещений электронной промышленности //Аллея Науки. 2017. N 11(1) С. 342-348.

16. Петин В.А, Биняковский А.А. Практическая энциклопедия Arduino / В.А. Петин. - М.:ДНК-Пресс, 2017. - 152 с.

17. Правила выполнения электрических схем. Unified system of design documentation. Rules for presentation of electric schemes : межгосударственный стандарт ГОСТ 2.702-2011 : взамен ГОСТ 2.702-75 :

введен 2012-01-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. - Москва : Стандартиформ, 2011. - III, 22 с. - (Единая система конструкторской документации).

18. С. Монк [Monch S.] Програмируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами пер. с англ. / под ред. А. Макарова — СПб.: Питер, 2017. - 286 с.

19. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12-е изд. Том I: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 832 с.: ил.

20. Шилдт, Герберт: С++: Базовый курс, 3 - е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2010. – 624 с.: ил.

Приложение 1

```
#define Trig_3 5

#define Echo_3 4

#define ledPin_w 2

#define Trig_2 9

#define Echo_2 8

#define ledPin_b 7

#define Trig_1 11

#define Echo_1 12

#define ledPin_o 13

#define drv_1 3

#define drv_2 6

void setup()
{
  pinMode(Trig_1, OUTPUT);
  pinMode(Echo_1, INPUT);
  pinMode(ledPin_o, OUTPUT);
  pinMode(Trig_2, OUTPUT);
  pinMode(Echo_2, INPUT);
  pinMode(ledPin_b, OUTPUT);
  pinMode(Trig_3, OUTPUT);
  pinMode(Echo_3, INPUT);
  pinMode(ledPin_w, OUTPUT);
  pinMode(drv_1, OUTPUT);
  pinMode(drv_2, OUTPUT);
}
```


Продолжение приложения 1

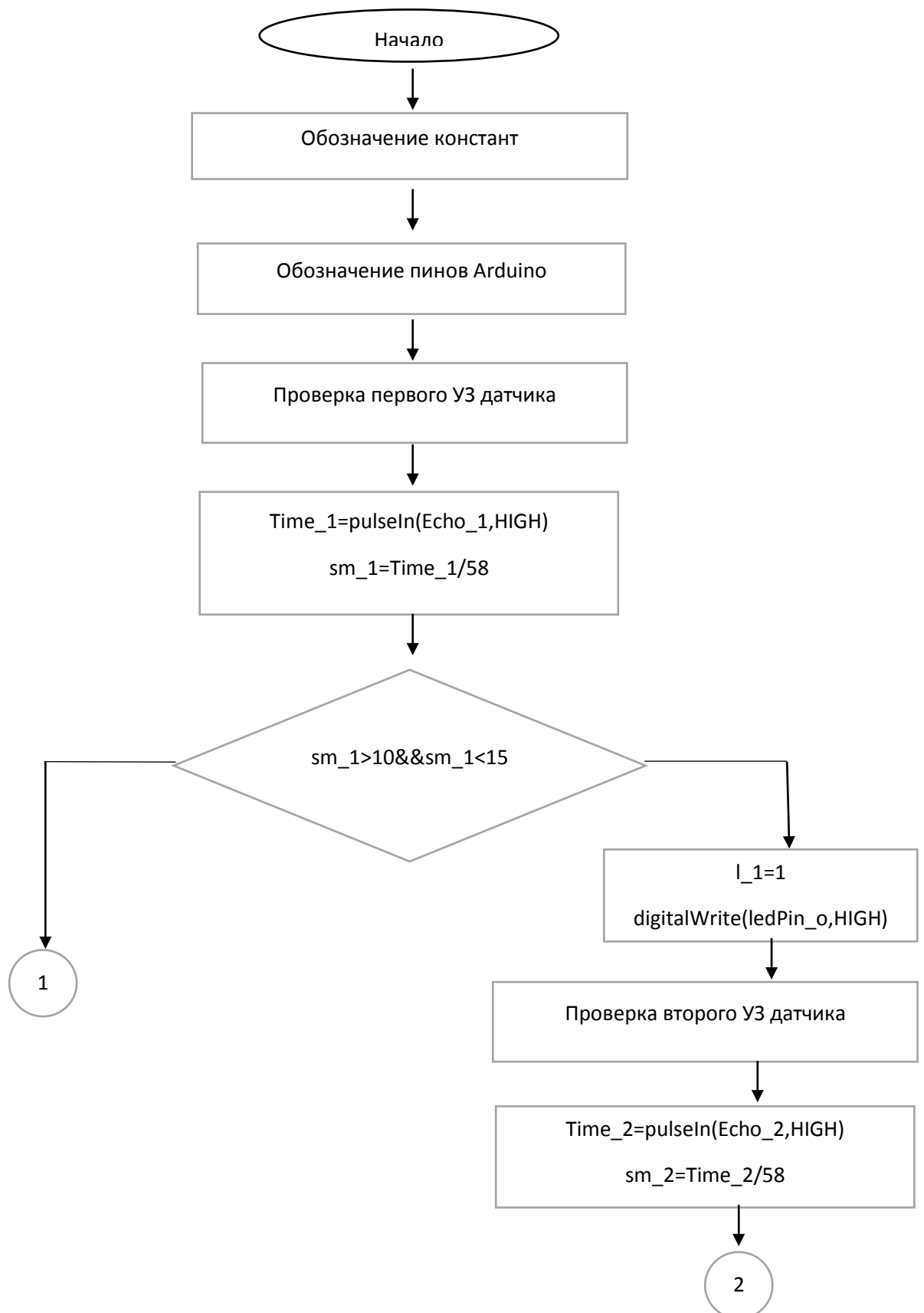
```
Serial.begin(9600);
}
unsigned int Time_1=0;
unsigned int sm_1=0;
unsigned int Time_2=0;
unsigned int sm_2=0;
unsigned int Time_3=0;
unsigned int sm_3=0;
unsigned int l_1;
unsigned int l_2;
unsigned int l_3;

void loop() //HCSR()
{
digitalWrite(Trig_1, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(Trig_1, LOW);
Time_1=pulseIn(Echo_1, HIGH);
sm_1=Time_1/58;
if (sm_1>10 && sm_1<15)
{
l_1=1;
digitalWrite (ledPin_o, HIGH);
digitalWrite (Trig_2, HIGH);
delayMicroseconds (10);
digitalWrite (Trig_2, LOW);
Time_2=pulseIn (Echo_2, HIGH);
sm_2=Time_2/58;
if (sm_2>10 &&sm_2<15)
```

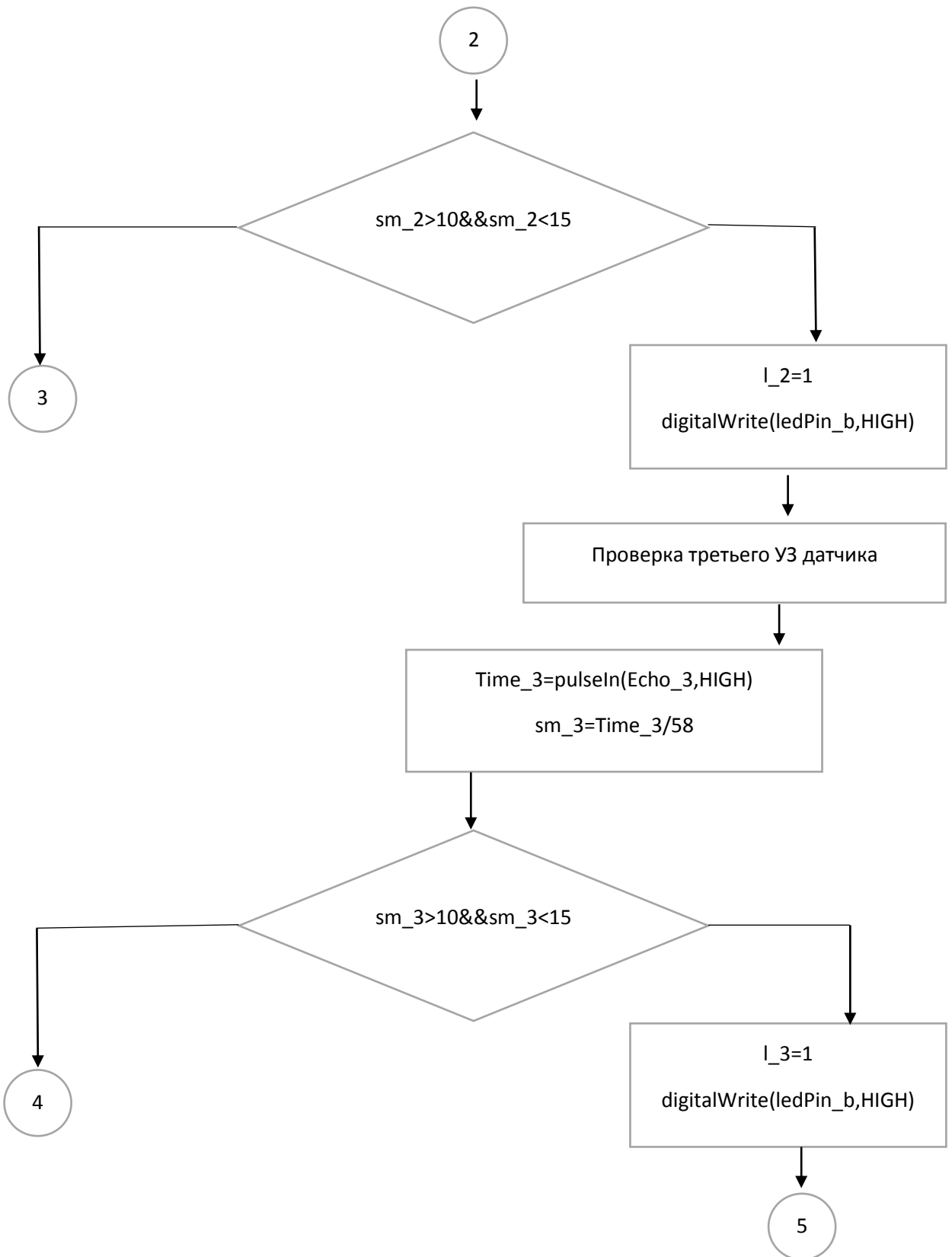
Продолжение приложения 1

```
{  l_2=sm_2;
    digitalWrite (ledPin_b, HIGH);
    digitalWrite (Trig_3, HIGH);
    delayMicroseconds (10);
    digitalWrite (Trig_3, LOW);
    Time_3=pulseIn (Echo_3, HIGH);
    sm_3=Time_3/58;
    if (sm_3>10 && sm_3<15)
    {
        l_3=sm_3;
        digitalWrite (ledPin_w, HIGH);
    }}
if (l_1!=0 && l_2!=0 && l_3!=0)
{
    digitalWrite(drv_1,HIGH);
    digitalWrite(drv_2,LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite(drv_1,LOW);
    delay(3000);
    digitalWrite(drv_2,HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(drv_2,LOW);
    digitalWrite (ledPin_o, LOW);
    digitalWrite (ledPin_b, LOW);
    digitalWrite (ledPin_w, LOW);
    l_1=0;
    l_2=0;
    l_3=0;
}}
```

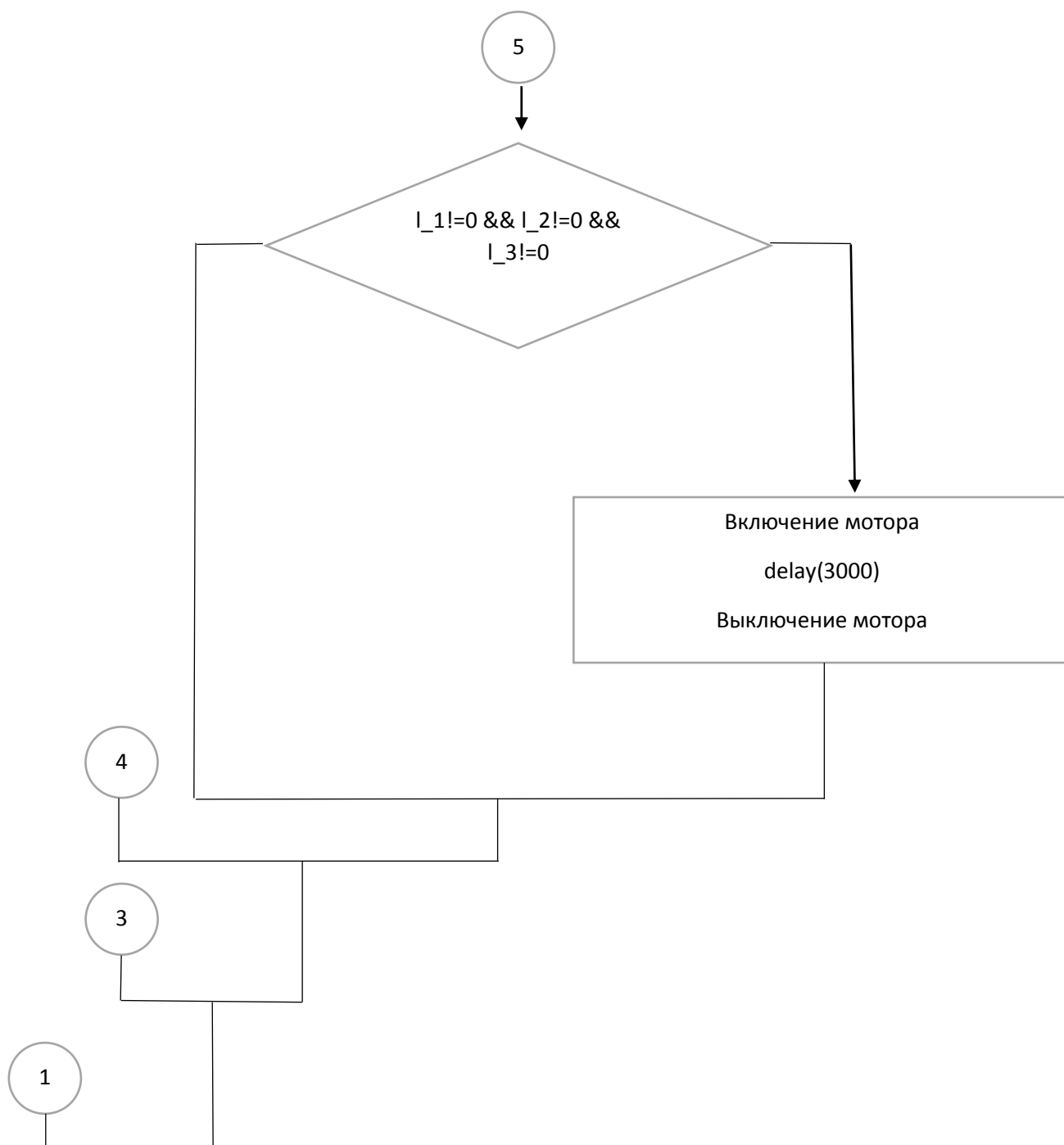
Приложение 2



Продолжение приложения 2



Продолжение приложения 2



Приложение 3

```
#define T_1 11 //Triger
#define E_1 12 //Echo
#define T_2 9
#define E_2 8
#define T_3 5
#define E_3 4
#define But 1 //Button
#define drv_1 3 //driver
#define drv_2 6

unsigned int Time_1, Time_2, Time_3, sm_1,sm_2,sm_3;
unsigned int l,k,n;
unsigned int p_1[i]={l-2;l-1;l;l+1;l+2};
unsigned int p_2[i]={k-2;k-1;k;k+1;k+2};
unsigned int p_3[i]={n-2;n-2;n;n+1;n+2};
unsigned int i=5;
unsigned int t1,t2,t3;
int butstate=0;

void setup()
{
pinMode(T_1, OUTPUT);
pinMode(T_2, OUTPUT);
pinMode(T_3, OUTPUT);
pinMode(E_1, INPUT);
pinMode(E_2, INPUT);
pinMode(E_3, INPUT);
```

Продолжение приложения 3

```
pinMode(But, INPUT);
pinMode(drv_1, OUTPUT);
pinMode(drv_2, OUTPUT);
Serial.begin(9600);
}

void prov()
{
digitalWrite(T_1,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(T_1,LOW);
Time_1=pulseIn(E_1,HIGH);
sm_1=Time_1/58;
for(i=0;i=5;i++)
{
if(sm_1=p_1[i])
t1=1;
}
digitalWrite(T_2,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(T_2,LOW);
Time_2=pulseIn(E_2,HIGH);
sm_2=Time_2/58;
for(i=0;i=5;i++)
{
if(sm_2=p_2[i])
```

Продолжение приложения 3

```
t2=1;
}
digitalWrite(T_3,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(T_3,LOW);
Time_3=pulseIn(E_3,HIGH);
sm_3=Time_3/58;
for(i=0;i=5;i++)
{
if(sm_3=p_3[i])
t3=1;
}}

void newpas()
{
f=prov()
if(t1=1&& t2=1&& t3=1)
{
butstate=digitalRead(But);
if(But==HIGH)
{
digitalWrite(T_1,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(T_1,LOW);
Time_1=pulseIn(E_1,HIGH);
sm_1=Time_1/58;
```


Продолжение приложения 3

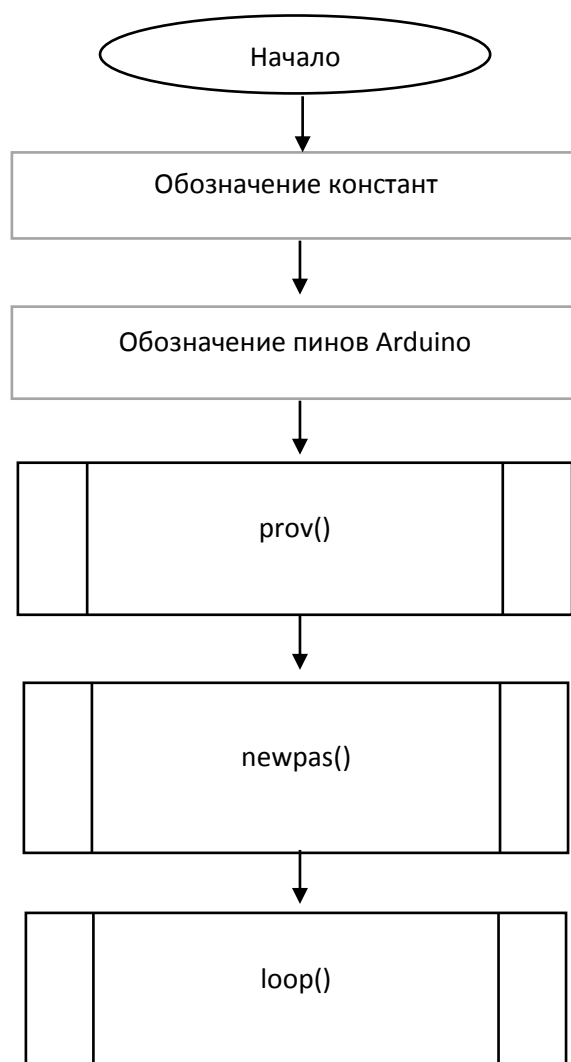
```
l=sm_1;
digitalWrite(T_2,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(T_2,LOW);
Time_2=pulseIn(E_2,HIGH);
sm_2=Time_2/58;
k=sm_2;
digitalWrite(T_3,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(T_3,LOW);
Time_3=pulseIn(E_3,HIGH);
sm_3=Time_3/58;
n=sm_3;
}
else
delay(5000);
}

void loop()
{
butstate=digitalRead(But);
if(But==HIGH)
{
f=newpas();
}
else
```

Продолжение приложения 3

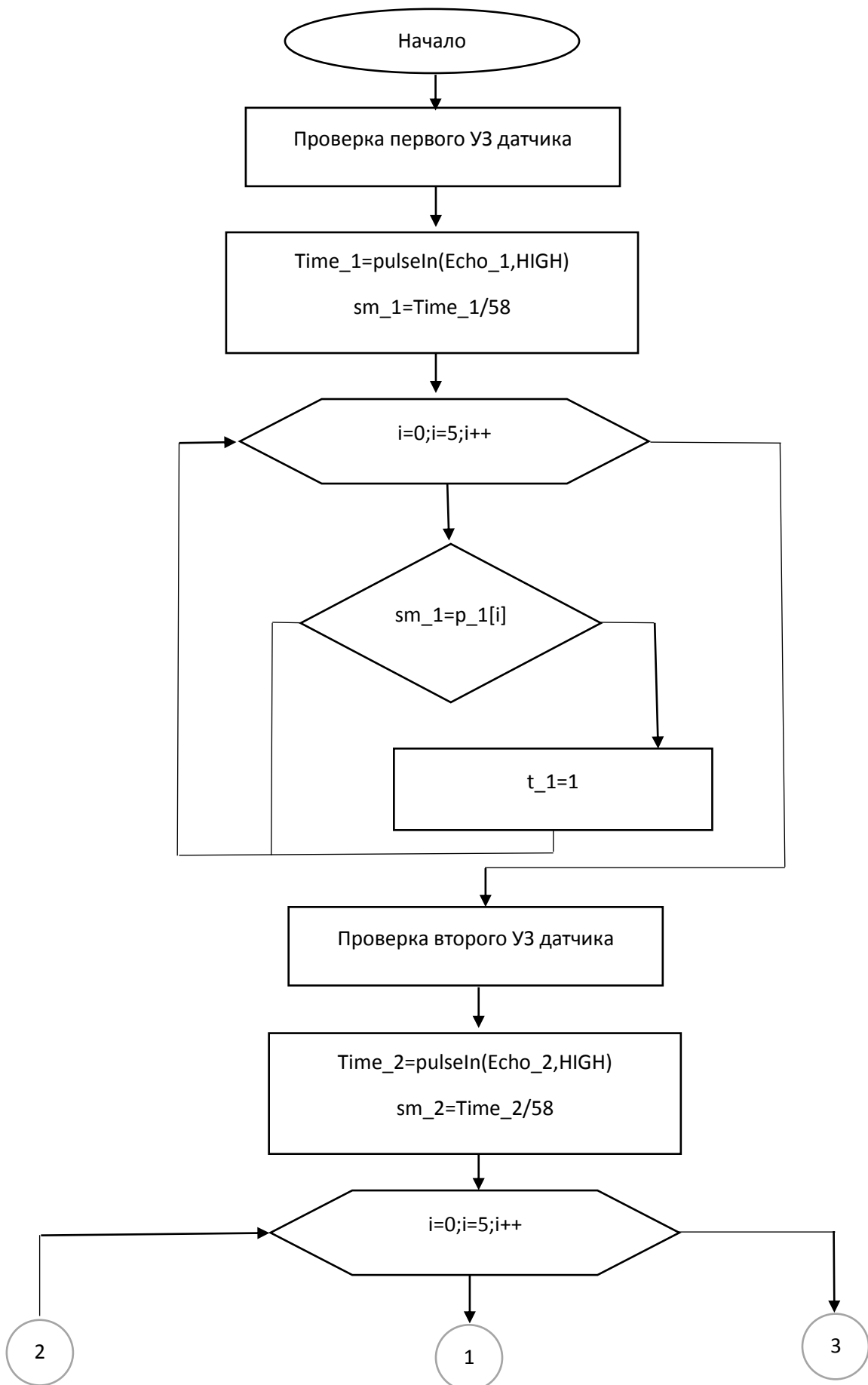
```
{  
f=prov();  
if(t1=1&&2=1&&3=1)  
{  
digitalWrite(drv_1,HIGH);  
digitalWrite(drv_2,LOW);  
delay(1000);  
digitalWrite(drv_1,LOW);  
delay(3000);  
digitalWrite(drv_2,HIGH);  
delay(1000);  
digitalWrite(drv_2,LOW);  
t1=0;  
t2=0;  
t3=0;  
}}}
```

Приложение 4

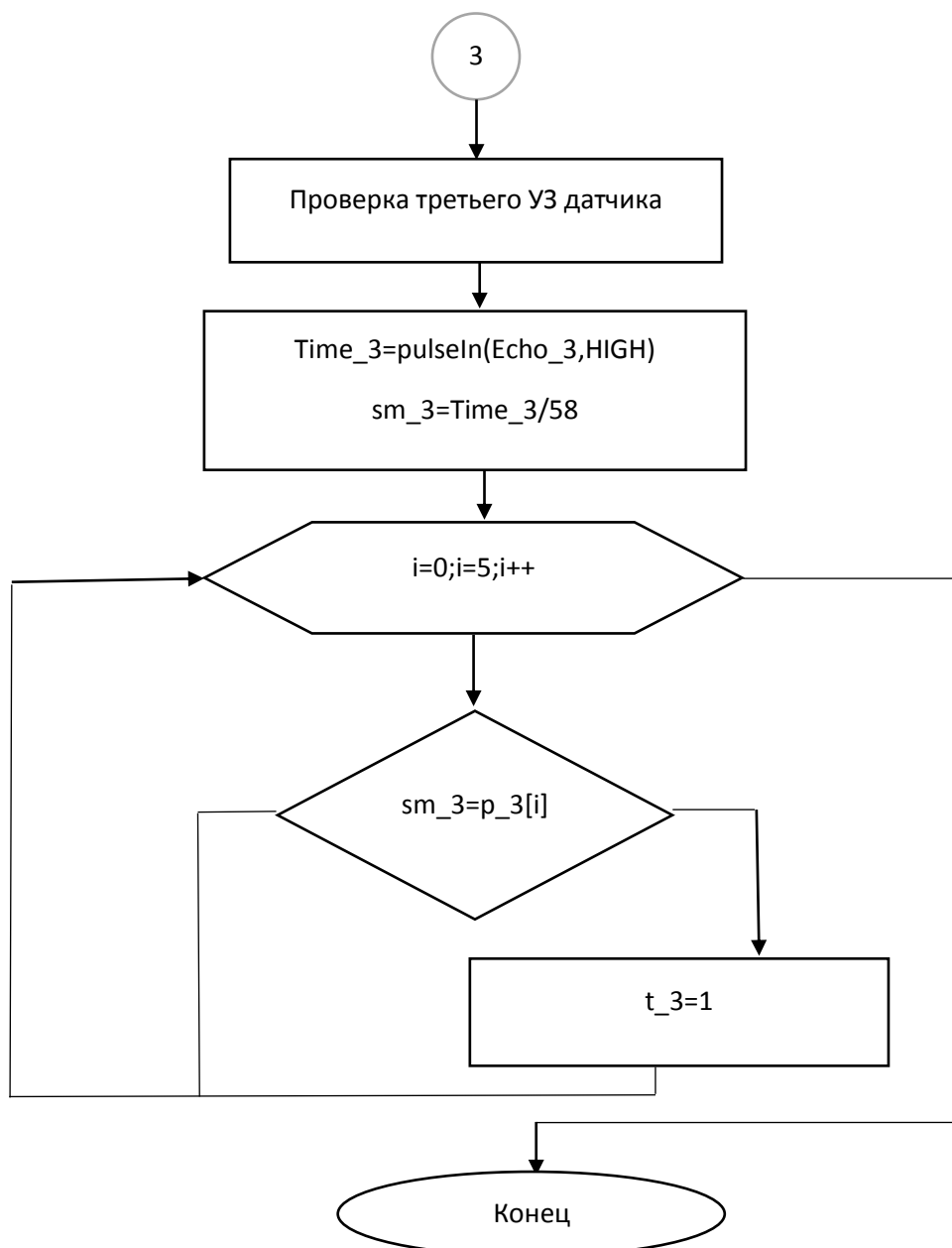
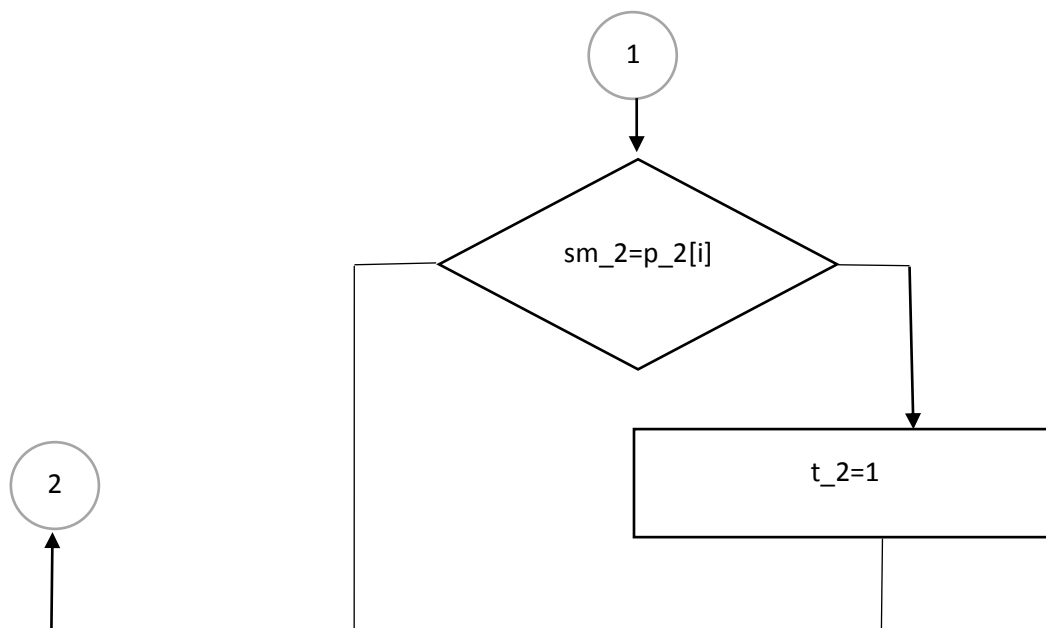


Продолжение приложения 4

Подпрограмма prov()

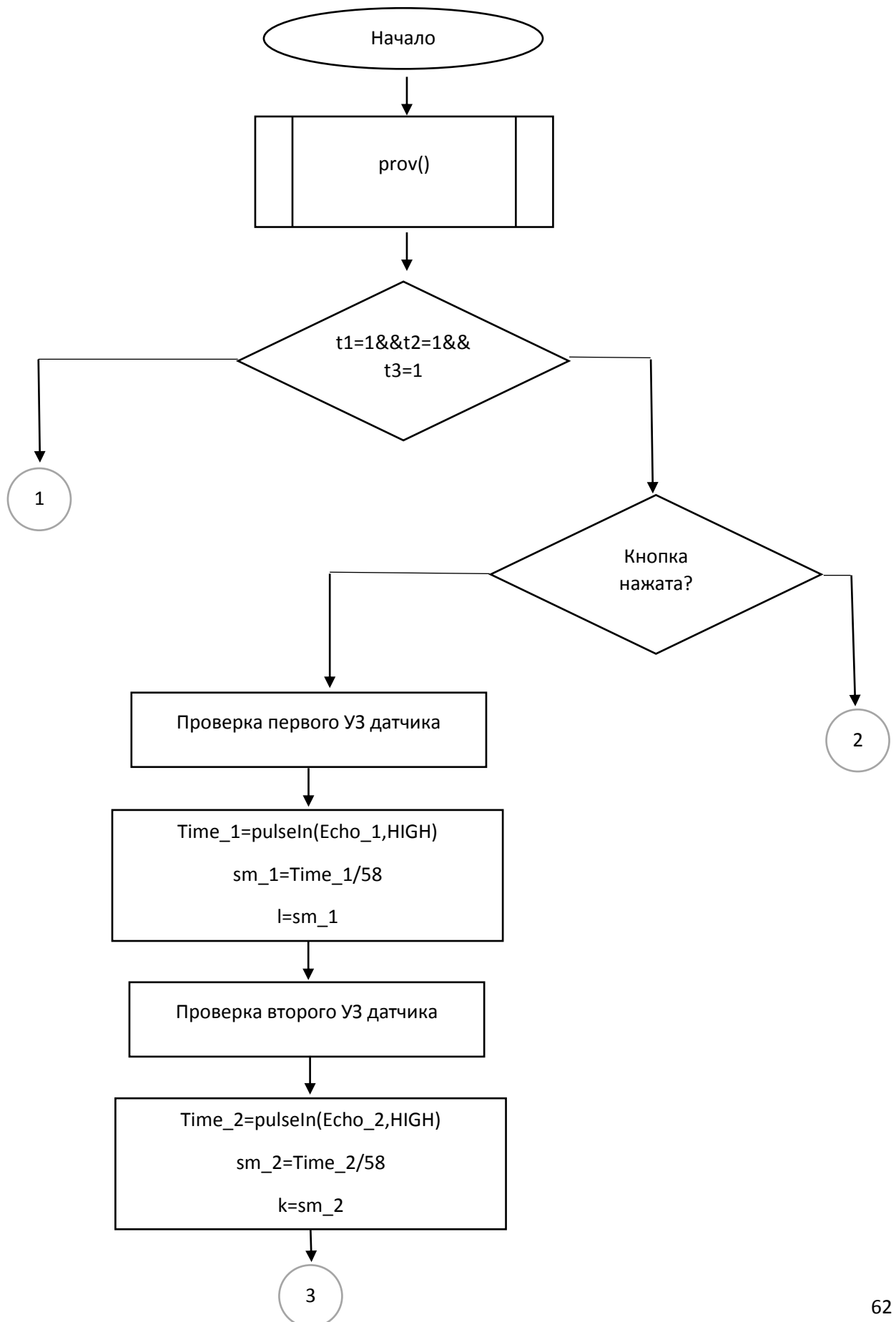


Продолжение приложения 4

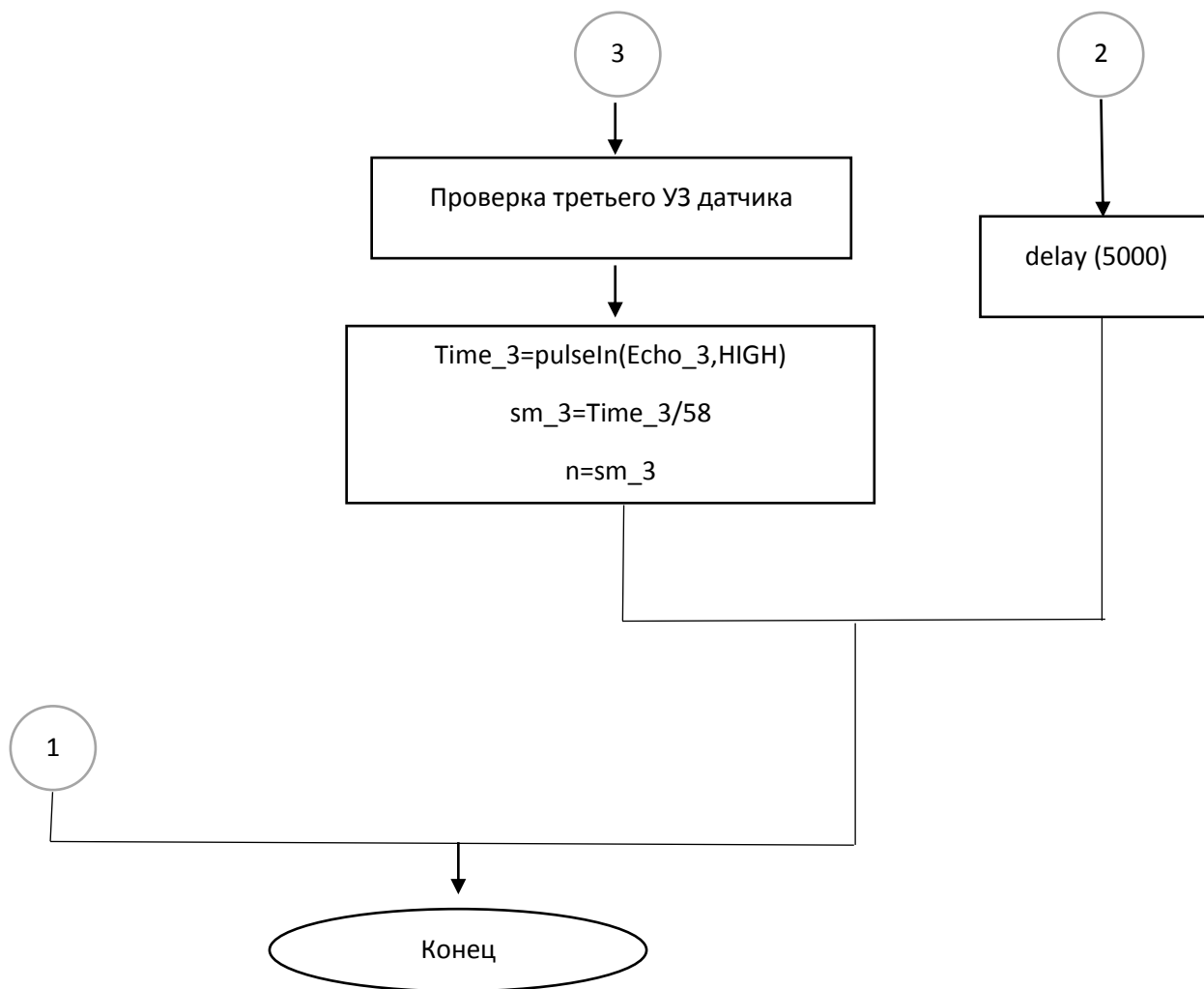


Продолжение приложения 4

Подпрограмма newpas()



Продолжение приложения 4



Продолжение приложения 4

Подпрограмма loop()

