

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Факультет профессионального образования

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему «Разработка проекта беспроводная Bluetooth колонка под  
микроконтроллерным управлением»

студента группы КСК9-18-1 спо по специальности 09.02.01 Компьютерные  
системы и комплексы

Боляк Артем Сергеевич \_\_\_\_\_

Руководитель: \_\_\_\_\_ (Е.Л.Федосеева)

Консультант по экономической части:  
\_\_\_\_\_ (К.В.Кондратьева)

Консультант по промышленной экологии и охране труда:  
\_\_\_\_\_ (А.К.Торошин)

Рецензент: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Допуск к защите: \_\_\_\_\_ (М.Н.Апталаев)

Лысьва, 2022 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ.....	5
1.1 Понятие мультимедийного устройства и их виды .....	5
1.2 Понятие Bluetooth .....	7
1.3 Понятие беспроводная Bluetooth колонка .....	10
1.4 Принцип работы беспроводной Bluetooth колонки.....	10
1.5 Анализ существующих решений.....	14
1.6 Анализ требований к устройству .....	18
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ .....	20
2.1 Структурная схема разрабатываемого устройства .....	20
2.2 Выбор комплектующих для разрабатываемого устройства .....	22
2.3 Разработка программы и устройства .....	25
3 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ .....	39
3.1 Выявление вредных и опасных факторов по отношению к инженеру - электронику	39
3.2 Обеспечение безопасности труда на рабочем месте "Инженера - электронщика" .....	41
3.3 Способы утилизации вычислительной техники и оргтехники.....	44
3.4 Вывод по разделу .....	45
4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	47
4.1 Расчет затрат на разработку программы для микроконтроллера.....	47
4.2 Расчет затрат на внедрение программы для микроконтроллера.....	50
4.3 Расчет эксплуатационных текущих затрат по программе для микроконтроллера .....	52
4.4 Расчет экономической целесообразности разработки и внедрения информационных технологий .....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	61
Приложение А – Техническое задание.....	64
Приложение Б – Программный код .....	74

## ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе всё чаще стали использоваться устройства, предназначенные для удобства и комфортности жизни. Сервисы доставки, роботы, помогающие в работе по дому, фитнес часы и различные средства коммуникации являются лишь частью современных проектов, которые пользуются большой актуальностью среди пользователей.

Bluetooth колонка также является наиболее популярным устройством в этой области и до сих пор пользуется большой актуальностью среди пользователей, по причинам низкой стоимости, а также большого удобства использования в разных условиях. Это устройство даёт возможность воспроизведения музыки дистанционно, без необходимости подключения к интернету или питанию.

Современные Bluetooth колонки используются не только как персональные колонки, но также могут быть использованы в качестве больших профессиональных колонок на каких-либо мероприятиях, концертах. Технология, используемая в Bluetooth колонках можно использовать и в наушниках.

Предметом исследования является мультимедийные устройства, предназначенные для воспроизведения звука. Объектом исследования будет являться технология Bluetooth.

Цель выпускной квалификационной работы является разработка Bluetooth колонки.

К задачам выпускной квалификационной работы можно отнести:

- Провести анализ предметной области и изучить требования для проектируемого устройства;
- Выполнить выбор элементной базы, используемой в проекте, разработать принципиальную схему, печатную плату, программный код и корпус устройства;

- провести расчёт экономических параметров разработанного устройства;
- рассмотреть основы охраны труда и охраны экологии.

# 1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Понятие мультимедийного устройства и их виды

Мультимедиа – это технология, позволяющая объединить в компьютерной системе несколько различных видов информации, такой, например, как текст, звук, изображение.

Мультимедийные файлы – это файл, в которых содержится информация какого-либо типа с которыми устройство может поддерживать работу, как например, звуковые данные, изображение или видео.

Мультимедийным устройством называется устройство способное поддерживать работу со всеми этими видами информации, или с большинством из них. В эту работу входят такие действия как ввод, хранение, обработка, передача и вывод этой информации.

Все современные компьютеры являются мультимедийными, так как могут выполнять вышеперечисленные действия со всеми типами данных, видео, звук, различные виды графики, всю эту информацию компьютер может хранить, изменять, передавать, и выводить пользователю. Компьютер является не единственным мультимедийным устройством, на ряду с ним стоят мобильные телефоны, планшеты и многие другие.

Большинство мультимедийных устройств имеет возможность подключения к другим устройствам, при помощи специальных интерфейсов или беспроводных протоколов передачи данных. При этом устройства смогут обмениваться файлами, и принимать их в правильной форме, не путая тип данных [1].

Для нормальной работы устройств и запуска мультимедийных файлов корректно, были придуманы расширения файлов.

Расширения файлов это - подпись файла, в которой содержится информация о файле, и указан тип данных, к которому он принадлежит.

Расширение файла изображения и файла содержащего звуковую информацию будут разными, для того что бы, система могла понять к какому

типу данных относится этой файл, и могла его корректно запустить, передать, отобразить.

В таблице 1 можно видеть несколько наиболее популярных и часто используемых расширений файлов [2].

Таблица 1 – Примеры расширений

Тип информации	Расширение
Изображение	png, jpeg, ico, bmp
Видео	wmv, mp4, mpeg
Аудио	mp3
Текст	txt

Если разделить мультимедийные устройства на их виды, то можно выделить мультимедийные устройства ввода и вывода.

Мультимедийные устройства ввода предназначены для ввода данных в компьютер. К ним можно отнести такие устройства как микрофон, веб-камера, MIDI-клавиатура и тому подобные.

Мультимедийные устройства вывода служат для вывода, отображения или проигрывания мультимедийных данных пользователю. К таким относятся колонки, экран, проектор.

Для поддержки работы устройства с мультимедийными файлам, необходимо присутствие 2 компонентов: программной составляющей, и аппаратной. Аппаратная составляющая была рассмотрена выше, к ней относятся устройства, отвечающие за ввод и вывод данных пользователя, эти устройства автоматически переводят команды компьютера и данные в мультимедийную форму. Например, при запуске видео, на экран выводится не двоичный код, содержащийся в файле, а изображение, за отображение которого отвечает монитор.

Программная составляющая технология мультимедиа предназначена для обработки, создания и передачи мультимедийных файлов и данных. К примеру, для создания презентации, необходима специальная программа для

её создания. Так же для обработки видео графики и звуковых данных используется специальное программное обеспечение, в котором уже заложенные необходимые функции, пользователь при этом работает только непосредственно с необходимым видом информации [2].

## **1.2 Понятие Bluetooth**

Bluetooth – это технология беспроводной передачи данных, работающая с помощью радиосвязи. Данная технология позволяет соединять некоторые простые устройства, по типу смартфона, ноутбука, планшета и так далее. В возможности Bluetooth входит как передача данных текста или каких-либо других цифровых данных, так и передача данных относящихся к типу звука, которые состоят из аналоговой величины.

Технология Bluetooth была разработана в 1999 году, и с тех времён было выпущено более 6 версий, основные отличия которых заключаются в скорости передачи данных и радиусе действия [6].

Говоря про дальность работы Bluetooth, можно отметить, что имеется 3 класса дальности поддержки подключения, где нижним классом является версия Bluetooth работающая на расстоянии 1 метр в радиусе. Ко второму классу относят Bluetooth работающий на 10 метров в радиусе, и максимальное расстояние на котором может быть поддержана работа Bluetooth составляет 100 метров.

Использование Bluetooth чаще встречается именно на малых устройствах или аксессуарах компьютеров, по причине малой пропускной способности. Но в тоже время эта проблема Bluetooth полностью оправдывается большой эффективностью энергопотребления, что позволяет уменьшить затрачиваемую энергию для устройства.

Упомянутые выше классы дальности передачи данных Bluetooth, а также сама технология Bluetooth описана в стандарте IEEE 802.15.1, и является открытым, что позволяет ознакомиться с его содержанием.

В настоящее время выпущена уже 5 версия Bluetooth, которая позволяет передавать до 2 Мбит в секунду, а также имеет максимальное

расстояние работы на открытой местности 200 метров, и порядка 40 метров в помещении. Однако наиболее часто используемой и популярной является версия Bluetooth 4.2, по причине широкого использования в мобильных устройствах, и оптимальной скорости, которой вполне хватает для устройств, использующих технологию Bluetooth.

Если рассматривать принцип подключения устройств по технологии Bluetooth, то имеется 2 варианта подключения. Первым и основным является подключение по технологии “точка - точка” в результате, которого выполняется подключение между собой двух устройств, которые и выполняют обмен данных между собой.

Наиболее редким методом подключения является метод называемый «точка – много точек». При этом методе подключения несколько устройств подключаются к одному, который в этом случае называется сервером. При таком подключении создаётся маленькая сеть, состоящая из Bluetooth устройств.

Пример схем подключения показан на рисунке 1 [9].

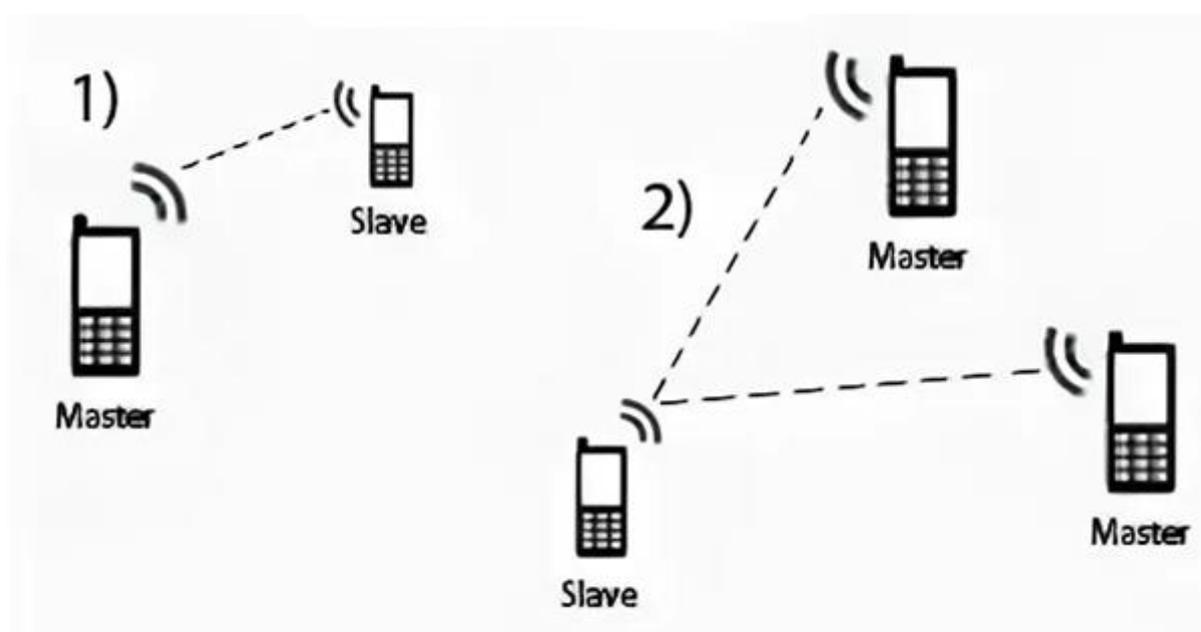


Рисунок 1 - схемы подключения Bluetooth устройств

Ещё одна технология, используемая в Bluetooth, называется standby и позволяет не подключаться к устройству приёмнику Bluetooth постоянно, запоминая подключаемые устройства в памяти устройства. При помощи этой технологии нет необходимости во вводе пароля при подключении к устройству, по причине того, что технология Standby запоминает последнее подключенное устройство, и автоматически пытается подключиться к этому устройству.

Также Bluetooth делится на несколько классов, характеризующие мощность и дальность работы Bluetooth. К первому классу относят Bluetooth с максимальной мощностью 100мВт. Это позволяет работать этому устройству на максимальном расстоянии 100 метров, при условии, что между приёмником и передатчиком нет препятствий и преград. Bluetooth первого класса чаще используется в компьютерах и в автомобиле, при подключении к аудио устройству.

Ко второму классу относят Bluetooth с максимальной мощностью 10 мВт. По причине снижения мощности, максимальное расстояние также снизилось, до 50 метров. Этот класс используется в USB адаптерах Bluetooth.

Последний третий класс Bluetooth является наиболее слабым, и имеет мощность 1 мВт. Снижение мощности привело к снижению расстояния, на котором может работать Bluetooth устройство, и оно составляет порядка 10 метров. Такая мощность Bluetooth используется в мобильных телефонах.

Как уже говорилось выше, Bluetooth работает на основе радиосвязи. При поддержке работы используется диапазон частот от 2,402 до 2,480 ГГц, что позволяет этой технологии поддерживать до 79 каналов связи, где каждый из них может иметь тактовую частоту равную 1 МГц.

В Bluetooth поддерживается технология FHSS, которая позволяет менять каналы передачи данных на скорости около 1600 раз в секунду, что позволяет оставаться соединению более стабильным.

Стоит отметить что Bluetooth и Wi-fi имеют большое сходство, но из их отличий можно отметить то, что Bluetooth поддерживает работу, как в

синхронном, так и в асинхронном режиме, когда Wi-fi работает лишь в асинхронном. Также Wi-fi имеет наибольшую скорость и пропускную способность передачи данных. Частота, на которых работают эти технологии также разные [9].

### **1.3 Понятие беспроводная Bluetooth колонка**

Беспроводная Bluetooth колонка представляет собой устройство, способное воспроизводить звуки, которыми может являться как музыка, так и другая звуковая информация (видео, звонок и так далее).

Передача звука в колонке происходит без использования проводов, по беспроводному интерфейсу передачи информации Bluetooth. Также в некоторых устройствах есть возможность подключения флеш накопителей, или аудио разъёмов, для проводной передачи звука в устройство. Это может быть полезно в случае, если беспроводное подключение не может быть выполнено.

Кроме того, музыка на устройство может передаваться не только от пользователя, но также и по радио. В этом случае пользователь лишь выбирает радиостанцию, которую будет воспроизводить устройство колонки.

Для питания устройства используются аккумуляторы, также позволяющие отказаться от необходимости использования проводов для питания, за исключением периодов времени, когда аккумулятор заряжается.

В совокупности этих элементов управления и питания, Bluetooth колонка представляет собой автономную акустическую систему, способную выполнять свои функции в независимости от внешних условий, ведь для работы устройства не обязательно подключение к сети питания и сети Интернет [5].

### **1.4 Принцип работы беспроводной Bluetooth колонки**

Современные Bluetooth колонки для своей работы требуют, как программных, так и аппаратных средств.

Основными элементами простой Bluetooth колонки являются:

- динамик для производства звука,
- микросхема управления, которая так же называется микроконтроллером,
- усилитель, предназначенный для усиления производимого звука,
- Bluetooth приёмник, который будет принимать сигнал по беспроводному интерфейсу Bluetooth с устройства передатчика звука.

Для понимания работы колонки и других устройств, связанных с воспроизведением звука, необходимо изучить, что из себя представляет звук, и как его воспроизводят динамики [5].

Звук представляет собой физическое явление колебаний, в процессе которого от колебания какого-либо упругого вещества в пространстве появляются звуковые волны.

Если говорить проще, то звук - это некоторая аналоговая величина, изменяющаяся во времени. На рисунке 2 можно видеть график такой волны, в зависимости от времени [3].



Рисунок 2 - График звуковой волны в зависимости от времени

На рисунке 2 хорошо видно 2 параметра звуковой волны, это период и амплитуда. От этих параметров напрямую зависит высота звука и громкость.

Значение частоты вычисляется по формуле, указанной на рисунке 2. Чем выше частота, тем выше звук, и наоборот. Человек способен слышать

звук с частотой от 20 Гц до 20 кГц, при этом люди пожилого возраста плохо слышат более высокие звуки.

От амплитуды же зависит громкость звука, чем амплитуда выше, тем выше будет громкость. Из этого можно сделать вывод, что усилитель звука должен будет изменять амплитуду подаваемого на него аналогового сигнала [3].

Как известно компьютер и другая техника является цифровой, и работает с цифровыми сигналами (нули и единицы). И по этой причине для хранения информации в компьютерной цифровой системе необходимы некоторые дополнительные устройства, способные переводить аналоговую величину в цифровую.

При записи звука через микрофон, он переводит колебания воздуха или другой среды в аналоговый электронный сигнал. После чего идёт процесс его кодирования. Во время этого процесса специальное устройство, называемое АЦП (Аналогово-цифровой преобразователь) считывает напряжение, и переводит его значение в цифровую форму, и хранит в виде целого числа.

Качество звука при этом зависит от двух параметров кодирования:

- частота кодирования, это количество кодирования в секунду. Чем выше это значение, тем чаще происходит процесс считывания значения аналогового сигнала, а значит звук, записанный в компьютерную технику будет максимально приближён к реальному.

- разрядность кодирования, это разрядность кода получаемого при кодировании звука. Чем выше это значение, тем более мелкие изменения в сигнале может принять считывающее устройство.

Частое явление в динамиках, колонках или других звуковых системах называемое шумом, связано именно с тем что некоторые мелкие участки аналогового сигнала не были считаны, или считаны не совсем корректно, в силу недостатка разрядности.

Теперь после перевода аналогового сигнала в цифровую форму, компьютер может хранить считанный звук.

Для проигрывания звука используется обратный процесс. Устройство под названием ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь) получает из цифрового кода аналоговую величину, которая при подаче на динамики приводит в действие электромагнит, который получает свои магнитные свойства от поданного на него напряжения. В свою очередь при взаимодействии электромагнита с магнитом, установленным в динамике, колеблется мембрана, которая воспроизводит звук в привычной для человека форме.

Так в Bluetooth колонке работают микрофон считывающий голос пользователя, динамик, воспроизводящий звук, и микроконтроллер, который является связующим звеном при передаче звукового сигнала по беспроводному интерфейсу.

При передаче звука с устройства, на котором запущено аудио на умную колонку по интерфейсу Bluetooth, передаётся именно цифровой код, который при получении сразу же преобразуется в аналоговую величину через ЦАП [4].

Стоит так же напомнить о таком немаловажном элементе беспроводной Bluetooth колонки как усилитель.

Усилитель имеет разные возможности и характеристики, но самым важным из них, наверное, является мощность, которая даёт более громкое и качественное звучание.

Основным элементом любого усилителя является транзистор.

Транзистор - это полупроводниковый прибор, который может быть использован в режиме усилителя.

На вход транзистора подаётся 2 сигнала. Первый сигнал - это аналоговая величина, тот самый звуковой сигнал, который необходимо усилить. Усиление этого сигнала будет зависеть от второго, управляющего, сигнала.

Процесс усиления звука заключается в усилении громкости звука, а как уже известно, громкость звука зависит от амплитуды. Значит, что процесс

усиления транзистором сводится к увеличению амплитуда. Пример усиления показан на рисунке 3 [3].

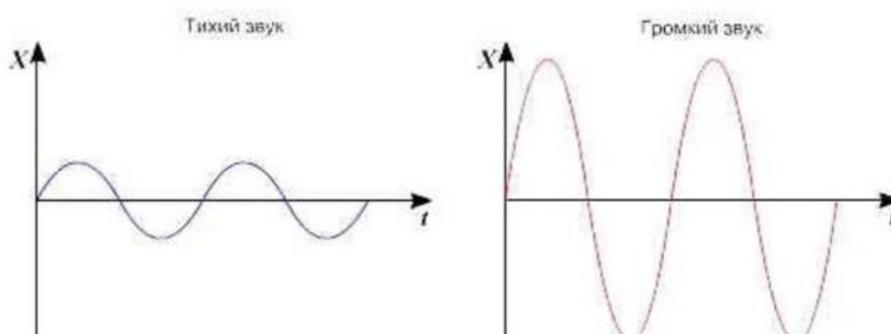


Рисунок 3 - Результат усиления звукового сигнала

В процессе усиления транзистор умножает сигнал на какое-либо значение, тем самым величина аналоговой составляющей возрастает, не изменяя при этом частоту звука.

При усилении сигнала, шумы так же будут усиливаться, и если раньше они были слабые и едва слышны, то после усиления они становятся намного заметнее. Поэтому, немало важно использование сглаживающих конденсаторов, необходимых для уменьшения шумовых сигналов [4].

### **1.5 Анализ существующих решений**

Портативная колонка Xiaomi Mi Compact Bluetooth Speaker 2 – это мини портативная колонка, выпущенная компанией Xiaomi, имеет стоимость всего 1070 рублей.

Подключение колонки происходит по беспроводному интерфейсу Bluetooth, и максимальное расстояние работы составляет 10 метров. В устройстве поддерживается работа Bluetooth версии 4.2.

Звук которые сможет производить колонка имеет мощность 2Вт, при одном установленном в корпусе динамике, а диапазон частот на котором способно работать устройство составляет от 200Гц до 18кГц, что вполне

позволяет производить как низкие, так и большинство высоких слышимых частот.

Корпус колонки выполнен из алюминия, и поставляется только в белом цвете. Форма корпуса представляет собой цилиндр с размерами 32 x 50 x 50 мм, и массой 237 грамм.

Для питания устройства в нём установлен Литий-ионный аккумулятор, ёмкость которого составляет 480mAh. Как уверяет производитель этой ёмкости аккумулятора устройству хватает для поддержания работы в течении 6 часов. Для подзарядки аккумулятора используется установленный на корпусе разъём micro-USB.

На рисунке 4 изображенная рассматриваемая колонка [10].



Рисунок 4 - Xiaomi Mi Compact Bluetooth Speaker 2

Пользователи этой колонки в основном выделяли недостатки связанные с отсутствием возможности управления громкостью непосредственно на самой колонке. В отдельных случаях недостатками является малая мощность и отсутствие кабеля питания в комплекте. [10]

Портативная колонка Xiaomi QBN4195GL является ещё одной беспроводной Bluetooth колонкой от компании Xiaomi, представляющий

собой более высокий класс колонки по качеству и мощности звучания. Стоимость этой колонки также выше, и составляет порядка 3899 рублей.

В этой колонке установлен один большой динамик диаметров 52 мм. Мощность звучания колонки составляет 16Вт, с диапазон производимых частот от 80Гц до 20кГц, что составляет почти все слышимые звуки ухом человека.

Беспроводное подключение к колонке возможно по Bluetooth, который будет распространяться на 15 метров в радиусе от колонки. Колонка поддерживает Bluetooth 5 версии. Кроме того, для подключения устройств в устройстве предусмотрен Jack 3,5 миллиметра, который позволит подключить устройство по подходящему интерфейсу, что может быть полезно в случае если подключаемое устройство не имеет возможности работы с Bluetooth.

Для автономного питания в этой колонке так же используется Литий-ионный аккумулятор, имеющий ёмкость 2600 mAh, что позволит поддерживать работу устройства на протяжении примерно 13 часов. Для зарядки аккумулятора используется USB Type-C, и максимальное время зарядки составляет примерно 4 часа.

Ещё одна немало важная особенность этой колонки заключается в возможности подключения нескольких устройств одного производителя, с целью создания единой музыкальной системы.

Корпус устройства выполнен из чёрного пластика с размерами 74 x 213 x 74 мм в форме цилиндра. Несмотря на то, что корпус изготовлен из пластика, он имеет защиту от влаги по технологии IPX7. На самом корпусе расположены основные кнопки управления, к которым относятся кнопки увеличения и уменьшения громкости, перелистывания музыки, включения колонки и Bluetooth.

На рисунке 5 можно видеть рассматриваемую колонку [11].



Рисунок 5 -Портативная колонка Xiaomi QBN4195GL

Портативная колонка JBL Flip 5 является представителем колонок от компании JBL, мощность звучания этой колонки, составляет 20Вт, а воспроизводимые частоты лежат в диапазоне 65 Гц - 20кГц, что так же, как и предыдущие рассматриваемые колонки позволяет выдавать почти все слышимые частоты ухом человека.

Для подключения этой колонки к мобильному устройству используется Bluetooth версии 4.2. Максимальное расстояние, на котором способна поддерживаться связь с колонкой составляет порядка 10 метров.

Одной из основных особенностей этой беспроводной колонки является её полная защита от влаги, которая не только спасёт устройство от влажной среды, но также позволит использовать устройство под дождём, как указывает производитель. Защита от влаги выполнена по технологии IPX7.

Корпус устройства состоит из металла чёрного цвета и имеет размеры 69 x 181 x 74 мм. Из-за материала корпуса масса устройства является больше чем у остальных рассмотренных колонок, и составляет 540 грамм.

Питание системы всё также представляет собой литий-ионные аккумуляторы общая ёмкость, которой равна 4800mAh. Как заявляет

производитель, такой аккумуляторной батареи хватает на 12 часов непрерывного использования, а время зарядки будет составлять порядка двух с половиной часов.

В колонке JBL Flip 5 используется технология JBL Party Boost, позволяющая объединять 2 или более колонок в одну музыкальную систему.

На боковой панели устройства расположены основные кнопки управления устройством, к ним относятся кнопки управления громкостью, кнопки переключения музыки и включения колонки.

Внешний вид корпуса рассматриваемого устройства можно видеть на рисунке 6 [12].



Рисунок 6 - JBL Flip 5

Стоимость этой колонки составляет порядка 7499 рублей.

Пользователи этой колонки в основном предъявляют недостатки по высокой стоимости устройства. Из плюсов выделяют хорошее звучание и ёмкий аккумулятор [12].

### **1.6 Анализ требований к устройству**

Устройство беспроводной колонки имеет актуальность среди людей или коллективов, слушающих музыку в помещении или на природе, с использованием мобильного устройства.

Назначение этого устройства связано с воспроизведением музыки дистанционно, без необходимости подключения проводов от колонки к телефону или питанию.

В функционал проектируемого устройства входит воспроизведение музыки при беспроводном подключении по интерфейсу Bluetooth, индикация заряда батареи, осуществление заряда батареи, воспроизведение световых эффектов.

Корпус устройства должен быть выполнен из прозрачного пластика, с установленной светодиодной лентой внутри. Светодиодная лента должна выполнять некоторые световые эффекты, которые зависят от громкости и интенсивности воспроизводимого звука колонкой. Размеры корпуса не должны превышать 30 x 30 x 30 см.

Питание системы должно быть автономным, с возможностью подзарядки от USB. Одной зарядки аккумулятора должно хватать на 8 часов непрерывной работы колонки.

Мощность воспроизводимого звука должна составлять около 5 Вт.

Требования к эксплуатации: эксплуатация устройства автономно от мобильно сети и питания, при температуре окружающей среды от 0 до +25 градусов с относительно влажностью воздуха не более 70 %.

Требования к хранению устройства: хранение устройства можно производить от -5 до +40 градусов, при относительной влажности воздуха не более 80 %.

## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Структурная схема разрабатываемого устройства

Для начала разработки устройства необходимо выделить в системе структурные блоки, их выполняемые функции и взаимосвязь между собой. После этого будет создана структурная схема устройства.

Для разрабатываемого устройства можно выделить следующие структурные блоки: блок питания, блок Bluetooth приёмника, блок воспроизведения звука и блок, отвечающий за световые эффекты.

Блок отвечающий за питание системы представляет собой установленную аккумуляторную батарею с подключёнными к ней разъёмом питания и схемой питания аккумуляторов.

В блок Bluetooth приёмник входит модуль, имеющий возможность работы по интерфейсу Bluetooth. Этот модуль будет подключён к усилителю, тем самым он будет являться звеном приёма данных из других сред.

К блоку воспроизведения звука относится выше упомянутый усилитель звука, задачей которого является усиление входного звучания, а после него выходной динамик, который будет воспроизводить звук колонки.

Отдельным блоком выделен блок, отвечающий за световые эффекты. Этот блок имеет свой микроконтроллер, в задачи которого входит сбор данных о воспроизводимой музыке и вывод некоторых световых эффектов. Для световых эффектов будет использоваться светодиодная лента.

Взаимосвязь между блоками может быть, как однонаправленной, так и двунаправленной. Разница между этими понятиями заключается в направлении передачи сигнала или данных. В случае однонаправленного сигнала данные всегда передаются от одного блока к другому, и поддержка обратного ответа не предусмотрена, в случае двунаправленной связи, все блоки, соединённые этой связью, могут быть как приёмниками, так и отправителями.

Связь между блоком Bluetooth приёмника и блоком воспроизведения звука является однонаправленной, и направлена от блока Bluetooth

приёмника, к блоку воспроизведения звука. Обратная связь в этом случае не имеет смысла быть.

Связи с блоком, отвечающим за питание, будут установлены со всеми остальными блоками, по причине необходимости питания каждого элемента.

Блок, отвечающий за световые эффекты, имеет связь только с блоком питания. Для получения данных о производимом звуке в нём установлен датчик звука, который считывает звук, производимый колонкой, и на основе этих данных микроконтроллер будет управлять освещением. В этом блоке установлен микроконтроллер, датчик звука, адресная лента.

На рисунке 7 изображена полученная структурная схема разрабатываемого устройства.

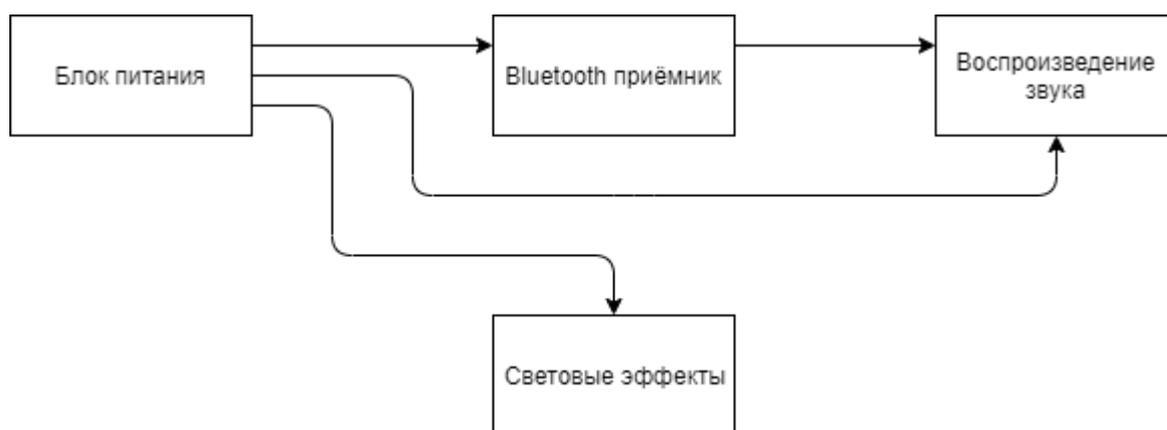


Рисунок 7 - Структурная схема устройства

На рисунке 7 можно видеть направление потока данных и сигналов, обозначенное стрелочкой. Передача сигналов звука осуществляется между блоком приёма данных, и передаются блоку воспроизведению звука, как это и было описано выше.

Все остальные связи между блоками показанные на рисунке 7 представляют собой передачу питания системы.

## 2.2 Выбор комплектующих для разрабатываемого устройства

Следующим шагом необходимо выбрать модели используемых в проекте элементов и комплектующих.

Микроконтроллер управляющий системой освещения и эффектами освещения в проектируемом устройстве обладает требованиями по присутствию АЦП, необходим минимум 1 канал встроенного АЦП, количеству цифровых линий ввода-вывода, которых должно быть минимум 2, объёму флэш-памяти и питания микроконтроллера, которое должно составлять не более 3.3 В. Также важным фактором при выборе микроконтроллера будет являться его цена.

Для сравнения были выбраны несколько наиболее подходящих микроконтроллеров ATmega8, Attiny10, ATmega16, STM8S003K3T6C, из которых будет выбран один наиболее подходящий микроконтроллер.

Что касается питания, то по этому требованию подходят лишь микроконтроллеры Attiny 10 и STM8S003K3T6C. Требование о наличии периферии АЦП также удовлетворяется среди сравниваемых микроконтроллеров.

Объём флэш-памяти, предназначенной для хранения программного кода, у каждого микроконтроллера разный, и имеет значение с 512 байт до 16 кбайт, у разных микроконтроллеров. Более подробно это будет рассмотрено в сравнительной таблице.

Количество контактов у этих микроконтроллеров существенно различается. Так если, у микроконтроллера STM8S003K3T6C имеется 28 линий ввода-вывода, то у Attiny10 их количество меньше, и составляет всего 4 линии ввода-вывода. Микроконтроллер ATmega8 имеет 23 линии ввода-вывода, а ATmega16 - 32.

В таблице 2 можно видеть сравнительные характеристики выше перечисленных микроконтроллеров [13].

Таблица 2 - Сравнение микроконтроллеров

	ATmega8	ATmega16	Attiny10	STM8S003K3T6C
Цена	100	140	80	90
Линий ввода-вывода	23	32	4	28
АЦП	6 каналов 10-разрядного АЦП	8 каналов 10-разрядного АЦП	4 каналов 10-разрядного АЦП	4 каналов 10-разрядного АЦП
Частота, МГц	0-16	0- 16	0- 12	0- 16
Объём флэш-памяти, кбайт	0,5	16	1	8
Питание, В	4.5-5.5	4.5-5.5	1.8 -5.5	2.95-5.5

После выполнения сравнения параметров микроконтроллеров, был выбран микроконтроллер Attiny10.

Питание этого микроконтроллера подходит под указанные требования. Имеется 4 канала, встроенного 10-разрядного АЦП. Количество каналов вполне подходит под требования проекта.

Объём флэш-памяти отстаёт от объёма флэш-памяти других микроконтроллеров, но стоимость выбранного микроконтроллера является более низкой. Считается, что объёма флэш-памяти в размере 1 Кбайта будет достаточно. Кроме того, количество линий ввода-вывода не на много превышает требуемых, так схема не будет сильно загромождена [13].

Так основными причинами выбора микроконтроллера Attiny10 являются низкая стоимость, подходящее питание, подходящее количество контактов и флэш-памяти.

Следующим будет выбран модуль для передачи данных и осуществляющий подключение мобильных устройств к колонке через Bluetooth.

Задачами этого устройства является получение данных с мобильного устройства, а потому, требования, предъявляемые к Bluetooth модулю, будут связаны с параметрами передачи.

Для Bluetooth модуля выдвигаются требования по дальности приёма сигнала, количеству получаемых каналов, их число должно быть равно двум,

и питание модуля, оно должно составлять не более 3.3 В. Для сравнения между собой были выбраны следующие модули: XY-BT-Mini, MH-MX8, JDY-62A.

Рассмотрим модуль MH-MX8. Его максимальное расстояние работы составляет 20 метров, а поддерживаемая версия Bluetooth 4.2. Питание модуля осуществляется только 5 вольтами, что не удовлетворяет выдвинутым требованиям.

XY-BT-Mini ещё один Bluetooth модуль, который поддерживает приём аудио сигнала. Питание устройства составляет 3.7 – 5 В, что сделано для подключения к литиевым аккумуляторам. Также поддерживается двухканальный режим работы. Расстояние, на котором способно работать устройство составляет порядка 10 метров. В качестве оповещения о подключении здесь используется светодиодное и голосовое оповещение.

Последний рассматриваемый модуль JDY-62A имеет возможность управления через кнопки, расположенные непосредственно у самого приёмника, что позволяет управлять колонкой не на мобильном устройстве, а кнопками на корпусе колонки. Количество каналов равно двум, как и необходимо по выдвинутым требованиям. Минимальное питание модуля 5 В, что не подходит по установленным требованиям.

Сравнение этих модулей также представлено в таблице 3 [14].

Таблица 3 - Сравнение Bluetooth модулей

	MH-MX8	XY-BT-Mini	JDY-62A
Цена, р	80	80	80
Дальность, м	20	10	15
Питание, В	5	3.7 – 5	5
Количество каналов, шт	2	2	2

По результатам сравнения Bluetooth модулей был выбран модуль XY-BT-Mini по причине подходящего напряжения питания устройства. Остальные модули не удовлетворяют требования питания, пусть и показывают более положительные результаты в других параметрах [14].

Так же необходимо выбрать светодиодную ленту, предназначенную для световых эффектов. Для сравнения выбраны ленты на чипе WS2811, WS2812, WS2813.

В проекте будут использоваться именно адресные светодиодные ленты, а не простые RGB ленты, так как в этом случае имеется возможность управления каждым светодиодом ленты, что позволяет создавать более интересные световые эффекты.

Требованиями является подключение ленты по одному информационному контакту. Питание ленты должно составлять 12 В.

WS2811 – представляет собой адресную светодиодную ленту, с питанием от 12 до 24 В. При этом для управления этой светодиодной лентой используется один контакт.

WS2812, WS2813 – имеют питание 5 В, что не подходит по требованиям. К тому же, адресная светодиодная лента WS2813 управляется через 2 цифровых контакта.

В результате была выбрана адресная светодиодная лента WS2811, по причине наиболее подходящего питания 12 В [19].

### **2.3 Разработка программы и устройства**

На основании выбранных элементов устройства, в этом разделе будет выполнена разработка принципиальной схемы, а в последствии и печатной платы устройства, после чего написан программный код

Для начала будет разработана принципиальная схема устройства, на которой обозначаются все элементы схемы, их контакты и обозначения, так же на принципиальной схеме выстраивается связь между контактами элементов схемы.

При проектировании принципиальной схемы необходимо выполнить несколько основных подсистем, к которым относится подсистема повышающего преобразователя с 3.7 до 12 В, система зарядки аккумулятора, система создания световых эффектов и система усилителя звука. Все эти

системы будут расположены на одной схеме, а впоследствии перенесены на печатную плату.

На рисунке 8 можно видеть полученную принципиальную схему, которая впоследствии будет детально рассмотрена. В приложении В можно видеть принципиальную схему в большем масштабе.

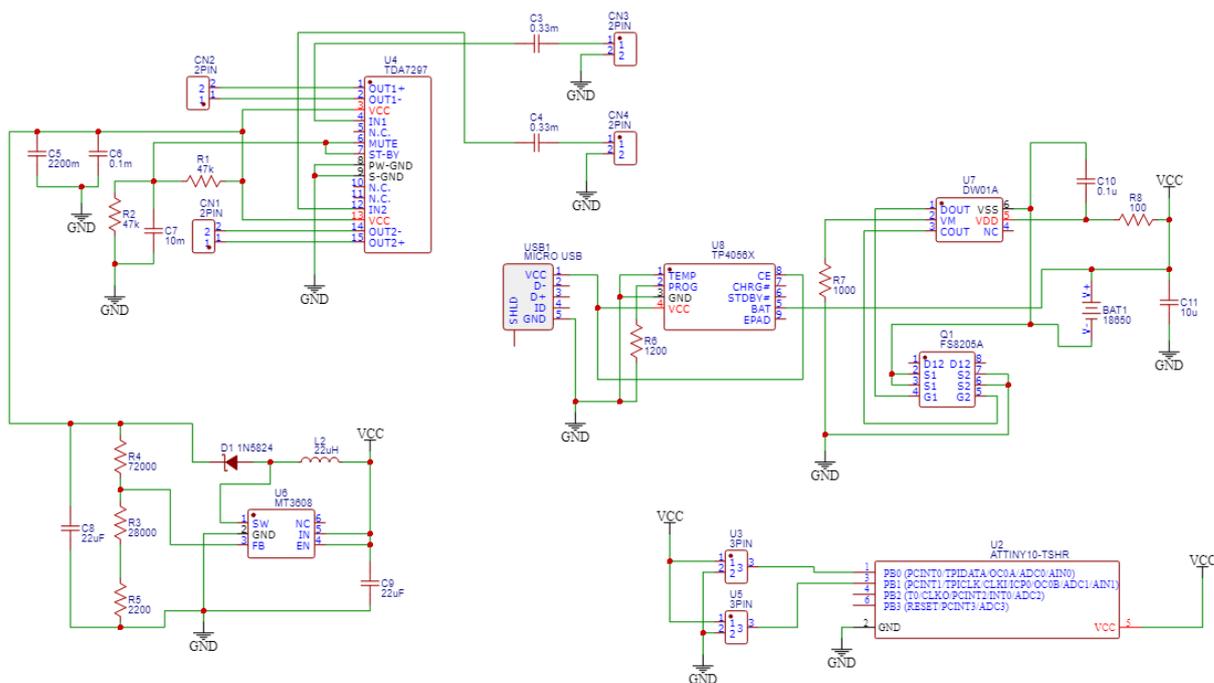


Рисунок 8 - Принципиальная схема устройства

Основной источник питания системы литий-ионный аккумулятор 16850 имеет номинальное напряжение 3.7 В, на схеме он обозначен как BAT1. Собранная схема питания позволяет производить безопасную зарядку аккумулятора, с возможностью его автоматического отключения, в случае полного заряда. Также полученная схема не позволит аккумулятору разрядиться ниже чем на 2.5 В. Такая схема продлит срок службы аккумулятора, и увеличит время в течении, которого аккумулятор будет держать заряд через некоторое время эксплуатации.

В основе схемы зарядки аккумулятора лежат микросхема контроллера заряда TP4056 и чип DW01, предназначенный для защиты аккумулятора от перезаряда и переразряда.

Резистор R6, подключенный к контакту 2 контроллера заряда TP4056, служит для регулирования тока зарядки. От его номинала зависит ток, при котором будет заряжаться аккумулятор. При установленном 1 кОм ток зарядки будет составлять 1 А.

Общий провод всей системы и минус аккумулятора не замкнуты, по причине необходимости возможности управления подключения аккумулятора. В случае разрядки аккумулятора, микросхема DW01A разомкнёт аккумулятор от системы, и он прекратит разряжаться, что не даст потратить его ресурс. В остальных случаях микросхема DW01A будет держать землю и минус аккумулятора замкнутыми.

Для питания аккумулятора был расположен разъём питания MicroUSB.

Таким образом питание системы будет составлять примерно 3.7 В.

Схема, отвечающая за зарядку аккумулятора показана на рисунке 9.

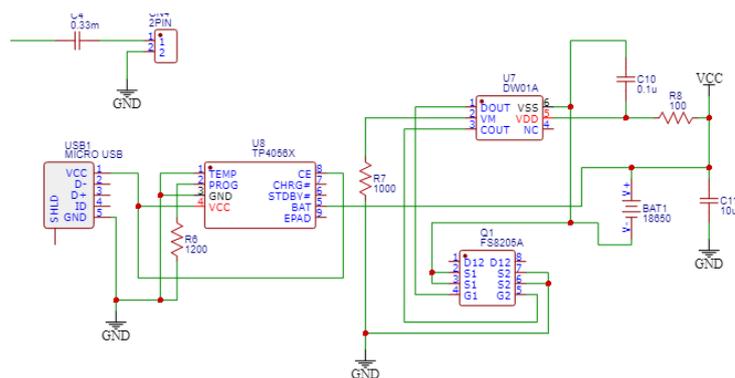


Рисунок 9 - Схема заряда аккумулятора

Подсистема повышения напряжения на 12 В предназначена для питания усилителя звука. Схема основана на микросхеме MT3608, которая предназначена непосредственно для повышения напряжения.

Входное напряжение подаётся на контакт IN и составляет 3.7 В, которые приходят с аккумулятора 18650.

Выходное напряжение можно регулировать, но по причине ненужности этой возможности, было сразу установлено необходимое сопротивление на резисторах R3 и R4.

На выходе установлен сглаживающий конденсатор С8, который предназначен для сглаживания и фильтрации полученного напряжения.

На рисунке 10 показана схема повышающего преобразователя.

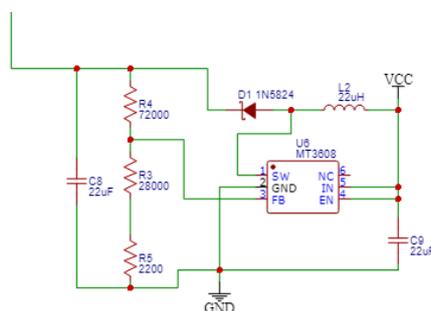


Рисунок 10 - Схема повышающего преобразователя

Схема усилителя основана на микросхеме TDA7297, который поддерживает работу в двухканальном режиме. Питание усилителя может быть выбрано из диапазона питания от 8 до 25 В. Выходная максимальная мощность полученного усилителя составляет порядка 10 Вт на каждый канал.

Питание микросхемы TDA7297 подключается через некоторый сглаживающий фильтр, состоящий из двух конденсаторов С5 и С6, после чего питание подаётся на контакты микросхемы VCC, расположенные на 3 и 13 контактах.

Для подачи сигналов для усиления на схеме расположены клеммы CN3 и CN4, которые подключаются к контактам IN1 и IN2 через конденсаторы С3 и С4.

Выходной сигнал подаётся на клеммы CN2 и CN1, которые подключены к выводам микросхемы OUT1+, OUT1- и OUT2+, OUT2- соответственно.

У используемой микросхемы TDA7297 в усилителе имеется возможность моментального отключения звука, за который отвечает контакт микросхемы MUTE. По причине того, что на корпусе устройства не предвидится использование дополнительных кнопок и регуляторов громкости, возможность взаимодействия с контактом Mute также была не

использована. По этой причине была собрана схема, которая позволяет микросхеме всегда работать, и не использовать этот контакт.

На рисунке 11 представлена схема усилителя звука, которая была описана выше.

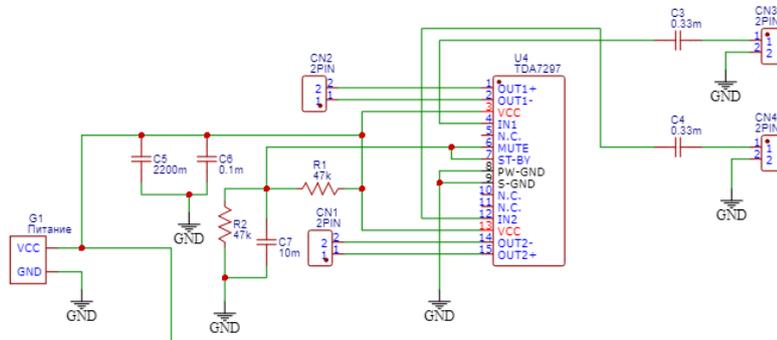


Рисунок 11 - Принципиальная схема усилителя звука

Последняя подсистема принципиальной схемы, это подсистема управления световыми эффектами, для которой используется выбранный микроконтроллер ATtiny10.

На рисунке 12 можно видеть схему подсистемы, отвечающей за световые эффекты.

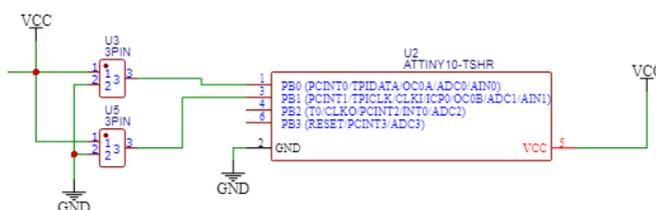


Рисунок 12 - Принципиальная схема подсистемы отвечающей за световые эффекты

К микроконтроллеру подключаются 2 колодки, U3 и U5, с тремя контактами. Они предназначены для подключения датчика звука и светодиодной ленты, каждым из них необходимо питание, для которого требуется 2 контакта, и третий контакт является информационным, для передачи информации.

После разработки принципиальной схемы устройства, будет спроектирована печатная плата, на которой должны находиться все необходимые обозначения, для понятного чтения и ремонта устройства.

Разрабатываемая печатная плата имеет размеры 970 на 860 мм, с уже расположенным боксом под аккумуляторную батарею. Печатная плата является двухсторонней, так как проводящие дорожки расположены с двух сторон, что упрощает задачу разводки дорожек.

Ширина выполненных дорожек зависит от их назначения. Так дорожки, отвечающие за передачу информационных сигналов или маломощного питания, выполнены с не большой шириной дорожки, а проводники, отвечающие за питание мощных элементов схемы и вывод звукового усиленного сигнала, были выполнены с большей шириной дорожки.

Все блоки схемы, описанные при разработке принципиальной схемы, также выделяются на печатной плате. Элементы, входящие в каждый блок, были сгруппированные, что придаёт плате вид отдельных функциональных блоков. Это позволяет при необходимости легко найти необходимый блок схемы, впоследствии и мелкий элемент.

Что касается обозначений элементов, то обозначения, присутствующие на принципиальной схеме, так же обозначены и на печатной плате, с помощью верхнего слоя шелкографии. Кроме того, на плате добавлены обозначения для пользователей, благодаря которым можно понять куда на плате подключается светодиодная лента, правые или левые каналы звука, а также куда подключается входной звук до усилителя, и выход с усилителя.

По краям платы расположены 4 крепёжных отверстия с диаметром 2 мм, благодаря им впоследствии плата будет установлена в корпус.

Для питания аккумулятора был добавлен разъём USB-micro, рядом с которым располагается схема питания и защиты аккумулятора.

На рисунках 13 и 14 представлен пример верхнего и нижнего слоя полученной печатной платы устройства.

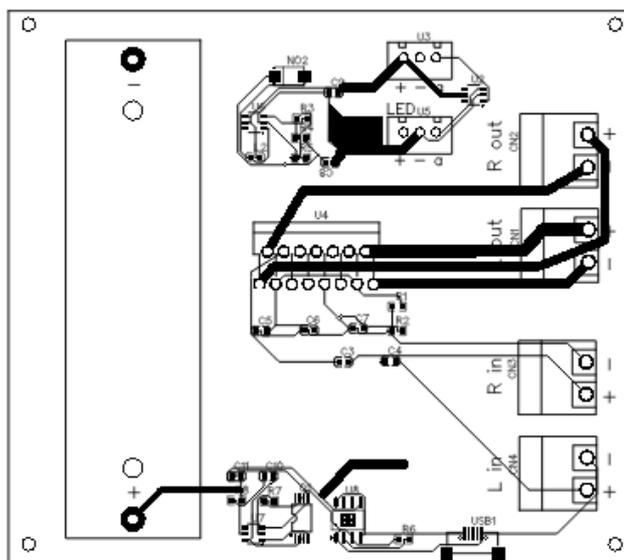


Рисунок 13 - Верхний слой печатной платы

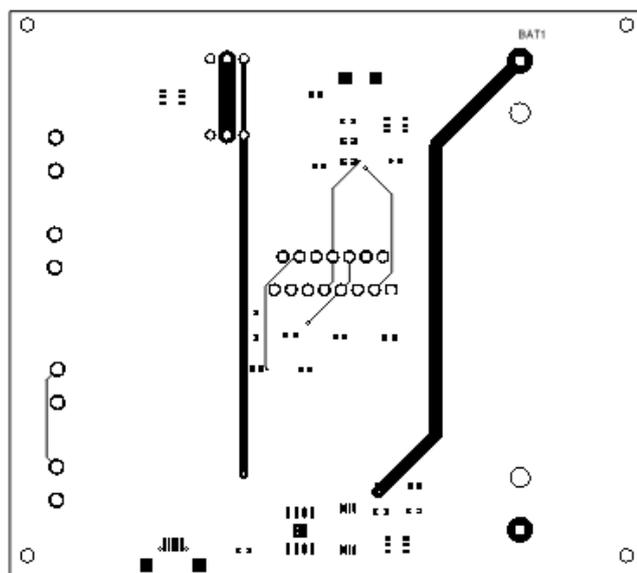


Рисунок 14 - Нижний слой печатной платы

На верхнем слое платы можно видеть все обозначения и большинство токопроводящих дорожек. Нижний слой, при проектировании, являлся вспомогательным, и при необходимости помогал в разводке дорожек, если возникали проблемы с их пересечением.

В нижней части платы расположен разъём питания и схема питания и защиты аккумулятора. В центре платы расположен усилитель, а выше него повышающий преобразователь.

Теперь после завершённой разработки печатной платы устройства необходимо написать программный код, управляющий световыми эффектами Bluetooth колонки.

В разрабатываемом программном коде необходимо расположить переменные, содержащие все необходимые настройки об устройстве, в которые входит контакт микроконтроллера, к которому подключена светодиодная лента, количество светодиодов, расположенных на ленте, интервал входных значений от датчика звука и так далее.

При запуске программы необходимо, чтобы подсветка всегда была сброшена в состояние наименьшей яркости освещения, и лишь потом, при принятии данных от датчика звука, могла делать некоторую обработку и менять освещение ленты.

Кратко алгоритм работает следующим образом, имеется массив данных, имеющий длину равную количеству светодиодов на ленте. В этом массиве хранятся данные о цвете и яркости каждого светодиода. За каждый новый цикл выполнения программы, цвет ленты изменяется, продвигая цвет от конца ленты к её началу. При этом цвет будет добавляться с конца ленты, в центре же, цвет будет продвигаться и изменяться на основании уже записанного там цвета, прибавляя некоторую константу, которая также будет зависеть и от режима играющей музыки.

Формирование нового цвета будет зависеть от значения датчика звука, а также от нескольких предыдущих значений датчика звука. В результате будет формироваться новый цвет.

Анализируя полученные данные от датчика звука, они будут сохраняться в массив последних полученных данных, а также обрабатываться, с целью получения режима воспроизведения световых эффектов. Так, если сейчас воспроизводятся громкая и энергичная музыка, получив данные от датчика звука, световые эффекты также будут изменены, и иметь более яркий цвет. В случае если музыка играет тихая и спокойная, световые эффекты также не будут иметь большой скорости и ярких цветов.

Массив, в котором будут храниться данные, полученные с датчика звука несколько последних считываний, будет иметь длину 5 элементов. Эти данные будут напрямую влиять на выводимое освещение светодиодной ленты, а также на дальнейшую работу освещения, так как если некоторое время, считывание показывает, что звук не воспроизводится, то программа будет завершена.

Для изучения полученной блок-схемы, необходимо описать названия переменных, используемых как в блок-схеме, так и в программном коде.

Массив `leds` – это массив, в котором хранятся значения цветов, выводимых на светодиодную ленту. Данные хранятся в формате RGB.

Массив `long_avg` – это массив, который хранит последние значения, считанные с датчика звука.

Переменная `no_sound` – переменная, хранящая значение количества циклов, в результате которых не было получено данных о звуке.

Переменная `longavg` – это переменная хранящее среднее арифметическое значение массива `long_avg`.

Переменная `songmode` – это переменная хранящая значение режима работы.

На рисунке 15 можно видеть блок-схему алгоритма программы.

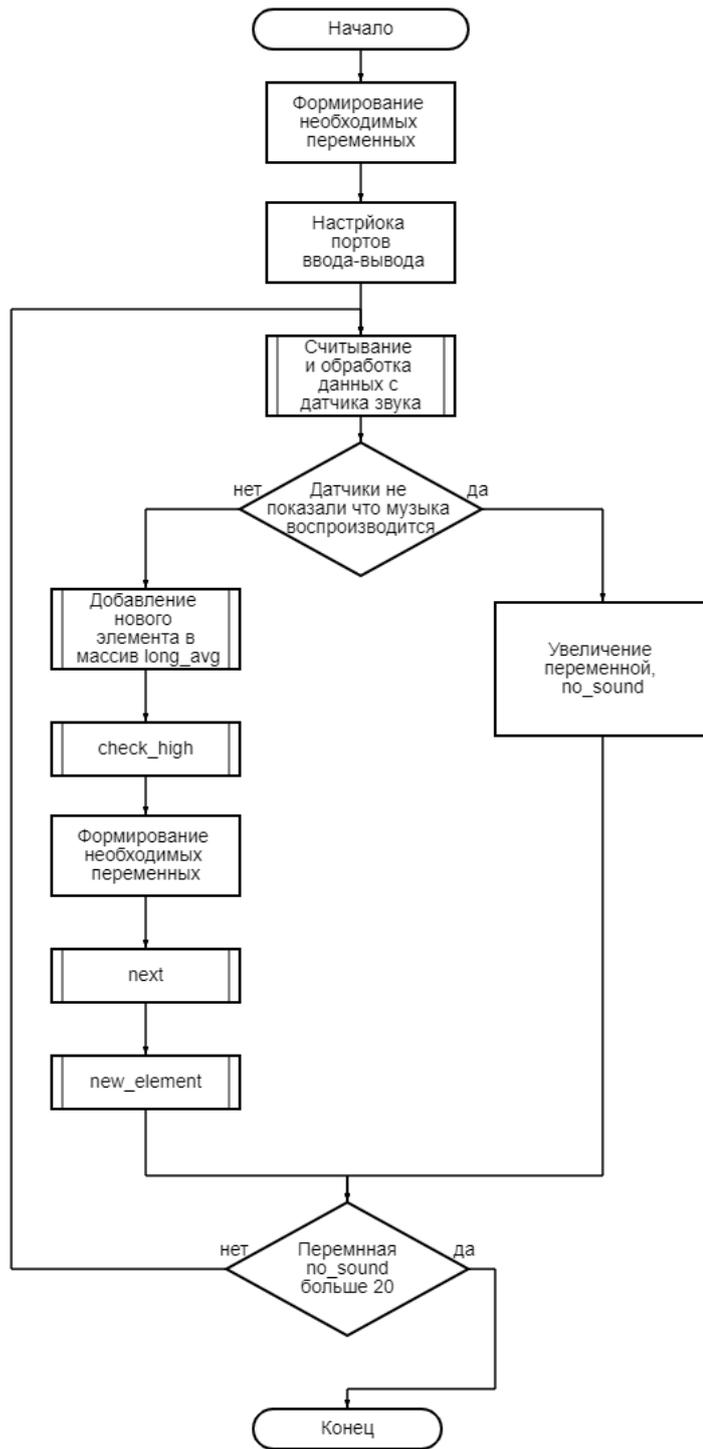


Рисунок 15 – Блок-схема алгоритма программы

Как можно видеть на рисунке 15, основное тело цикла работы программы состоит из бесконечного цикла, в котором происходит изменение нового цвета, основанное на полученных данных с датчика звука, и нескольких последних данных с датчика звука.

На блок-схеме, показанной на рисунке 15, можно видеть следующие функции:

`Check_high` – функция выбора режима, на основании массива последних значений с датчика звука.

`Next` – функция продвижения элементов массива, с увеличением их на данные полученные после выбора режима.

`New_element` – функция формирование нового элемента массива.

Все функции после функции `check_high`, работают на основании результатов функции `check_high`. В некоторые переменные записываются данные, которые используются при любом из двух режимов, но их значение является разным для двух этих режимов.

При продвижении и изменении элементов массива, выполняется цикл, который проходится по всем элементам массива, и записывает данные из элемента с некоторым индексом, в этот же массив, с индексом на 1 меньше, чем индекс, откуда было считано значение. Так, все элементы будут перенесены с конца массива, в его начало. Кроме того, между процессами считывания и записи элемента, происходит его изменение, которое зависит от режима воспроизведения музыки. Значения, на которые изменяется цвет элементов, прописываются при создании необходимых переменных. При изменении значений элементов массива, проводится проверка полученных значений, путём проверки полученного значения на необходимый диапазон значений. Необходимо, что бы полученное значение лежало в диапазоне от 0 до 255. При невыполнении этого требования, новый элемент массива принимает значение наиболее близкое из допустимых к полученному. Описанная выше функция имеет название `next` на блок-схеме, и её блок схема представлена на рисунке 16.

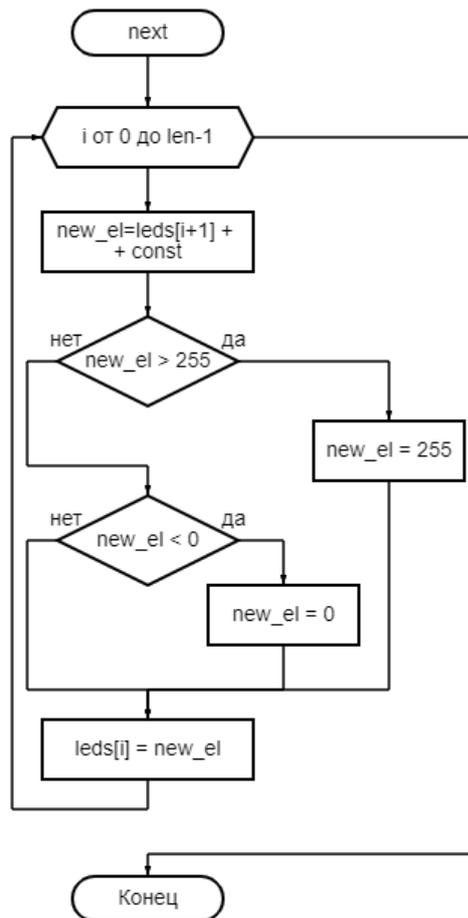


Рисунок 16 - Блок-схема функции продвижения элементов массива leds

На блок-схеме, представленной на рисунке 16, можно видеть переменную const, которая представляет собой значения, полученные при формировании переменных, зависящих от режима.

При формировании цвета нового элемента, который будет находиться в конце массива, используется слегка другая методика, но она также зависит от нескольких уже имеющихся элементов. При входе в определённый режим воспроизведения музыки, формируются не только переменные для изменения элементов массива, но и переменная для создания нового элемента. После её формирования, в процессе работы программы, последние 5 элементов массива складываются между собой, и делятся на 5, что даёт тем самым среднее значение последних 5 элементов массива. После этого

полученное значение делится на переменную, сформированную при входе в режим воспроизведения музыки.

Описанная функция имеет название `new_element` на блок-схеме, и более подробно показана на рисунке 17.

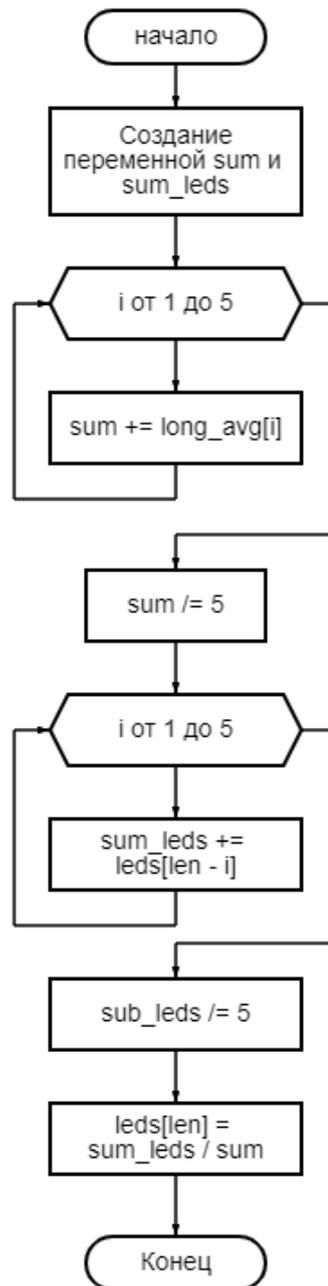


Рисунок 17 – Блок-схема функции `new_element`

Формирование нового цвета необходимо, по той причине, что если все имеющиеся цвета постоянно увеличивать на некоторое предустановленное значение, то рано или поздно, значения элементов массива придёт либо к

максимальным, либо к минимальным, и единственное, что сможет их как-то изменять, это изменения режимов, частоту чего невозможно предугадать на этапе разработки. Поэтому, формируются новые цвета, которые затем передвигаются вглубь массива, и там изменяют свои значения. В момент, когда элемент дойдёт до начала массива, он будет потерян, и заменён на новые значения.

При формировании всех значений массива, для начала необходимо выполнить вход в один из двух режимов воспроизведения музыки. Для этого используется ещё один массив, который хранит несколько последних значений считанных с датчика звука. Для получения режима воспроизведения музыки, необходимо получить среднее арифметическое значение, из значений, записанных в этом массиве. На основании полученного среднего значения массива, и выполняется выбор текущего режима, путём сравнения его с некоторой константой. Блок-схема описанной функции, показанная на рисунке 18.

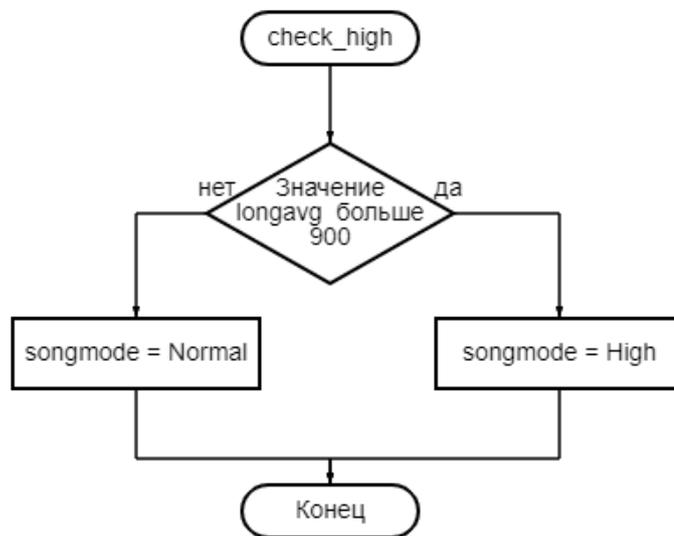


Рисунок 18 - Блок-схема алгоритма выбора режима

Полученный программный код представлен в приложении А.

## **3 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ**

### **3.1 Выявление вредных и опасных факторов по отношению к инженеру - электронику**

В процессе работы, специалист подвергается различным вредным и опасным факторам, которые пагубно влияют на его здоровье. В некоторых случаях вредные и опасные факторы могут привести к сильным заболеваниям, способным сделать человека инвалидом.

Перед изучением возможных вредных и опасных факторов на рабочем месте инженера-электронщика, необходимо изучить само понятие вредного и опасного фактора.

Вредные факторы - это фактор, при возникновении которого, ухудшается состояние здоровья человека. Чаще всего вредный фактор грозит именно здоровью, не грозя жизни человека, но необходимо учитывать, что при долгом, и продолжительном воздействии вредных факторов на организм человека, риск угрозы жизни увеличивается. К примеру, вредным фактором может быть плохое освещение, что будет пагубно влиять на зрение, но опасности для жизни это не представляет.

Опасные факторы – это факторы, представляющие опасность для жизни человека. Опасные факторы, по большей степени, влияют не на здоровье человека, а на состояние его организма и жизнь в целом. К примеру, опасного фактора можно отнести падение с высоты.

Для объединения двух этих понятий был выдвинут термин негативного фактора, который в себе содержит понятия как вредных, так и опасных факторов [18].

Сам термин опасность представляет собой свойство среды, представляющее угрозу для здоровья или жизни человека.

Любая опасность носит потенциальный характер, вследствие чего можно говорить, что любая деятельность является потенциально опасной. По этой причине нельзя добиться полной безопасности в любом виде

деятельности, можно лишь минимизировать риск возникновения опасности, и воздействие негативных факторов.

Условия труда – это совокупность некоторых факторов, включающих в себя удобство рабочего места, предоставление необходимых инструментов, и средств, а также создание необходимых условий окружающей среды, которые делают работу более удобной. Плохие условия труда могут плохо влиять на физическое и психологическое здоровье человека, а также может повлиять на снижение эффективности работы человека.

При работе инженера электронщика на организм человека могут влиять несколько видов негативных факторов. Их воздействие на организм человека могут быть разных видов и иметь разные последствия [18].

Самым частым и распространённым являются физические негативные факторы. При воздействии физических негативных факторов, организм человека подвергается таким действиям, в результате которых могут быть получены удары, ожоги или иные другие последствия, носящие физических характер.

При физических негативных факторах подвергается в первую очередь физическое здоровье человека, ухудшение которого может произойти как в момент влияния физического негативного фактора, так и через некоторое время.

Инженер-электронщик чаще подвергается физическим негативным факторам, которые представляют собой плохое освещение, риск удара током, ожог паяльником или нагретым электронным устройством, работа в одной и той же позе, что может негативно влиять на состояние здоровья.

Ещё одним наиболее частым и распространённым негативным фактором является психологический. Психологический негативный фактор - это фактор, который влияет в первую очередь на психологическое здоровье человека, а также несёт вред для концентрации и эффективности работы человека.

Основными причинами появления психологического негативного фактора являются не удовлетворительные условия труда, которые приводят к лишней напряжённости работы. Так же монотонность и рутинность работы может привести к уменьшению концентрации и эффективности работы, путём однообразности.

В работе инженера-электронщика психологический негативный фактор появляется от долгой однотонной работы по пайке электронных компонентов и при долгой работе за компьютером, в одной позе.

Последним видом негативных факторов является химические негативные факторы, который представляет собой воздействие химических веществ на организм человека, к которым можно отнести различные ядовитые вещества, пары или газы. При работе инженера электронщика, он подвергается химическому негативному фактору представляющего собой пары от расплавленного олова, которые образуются при проведении работ по пайке электронных схем [18].

### **3.2 Обеспечение безопасности труда на рабочем месте "Инженера - электронщика"**

В процессе работы инженер-электронщик подвергается большому количеству вредных и опасных факторов, часть из которых была рассмотрена выше. Для обеспечения безопасной и эффективной работы специалиста, необходимо добиться снижения влияния рассмотренных вредных и опасных факторов, а также выполнять требования безопасности для инженера-электронщика [16].

Для нормализации освещения на рабочем месте инженера-электронщика необходимо понять в каком состоянии находится уровень освещения. В случае если на рабочем месте недостаточно освещения, необходимо не обходимо выполнить установку дополнительных источников освещения, или заменить уже имеющиеся на более мощные.

В помещении, где работает инженер-электронщик, уровень освещения не должен падать ниже 200 Лк. На непосредственно рабочем месте, уровень освещения должен быть от 300 до 500 Лк.

Из существующих источников освещения можно выделить 2 вида: естественное и искусственное освещение. Естественное освещение – это освещение от солнечного света. Искусственное освещение – это освещение, источник, которого связан с использованием светильников, ламп и тому подобных источников освещения. На рабочем месте необходимо присутствие как естественного, так и искусственного источника освещения, так как естественного освещения зачастую не хватает.

Для снижения воздействия паров от расплавленного олова, полученных в результате проведения работ по пайке, необходимо использовать медицинскую маску, а также вытяжку. В случае если в помещении нет вытяжки, необходимо хотя бы проветривать помещение и проводить работу около окна.

Для работы по пайке радиоэлектронных компонентов используется местная вытяжка, работающая по методу вытяжной и приточной вентиляции. Местная вытяжка, это вытяжка, работающая в отдельной части помещения, а именно в месте, где проводятся работы по пайке радиоэлектронных компонентов. Под вытяжной и приточной вентиляцией понимается двойная система вентиляции, которые в своей совокупности работают по откачке грязного воздуха из помещения, а другая по подаче чистого воздуха в помещение. Данная система называется механической системой вентиляции и наиболее желательна для использования на рабочем месте.

В течении недели, время работы инженера-электронщика не должно превышать 40 часов. За смену работник имеет право на незапланированный отдых, в количестве 45 минут, это время относится к времени работы, а также время для обеда, в количестве одного часа, это время не относится к рабочему [15].

Перед началом преступления к рабочему процессу, работник обязан пройти вводный и первичный инструктаж, направленных на обучение работника основным правилам и нормам на рабочем месте.

Перед началом проведения работ, работник обязан проверить инструменты на их исправность, проверить средства индивидуальной защиты, если такие необходимы для работы. Если проводить работы с неисправным инструментом, это может привести к травме работника, или поломке техники, с которой будут проводиться работы, в зависимости от инструмента. Без надёжных средств индивидуальной защиты нельзя выполнять работы с тонером и высоким напряжением электричества, так как это может привести к ухудшению здоровья работника.

При проведении работ с устройствами, необходимо в первую очередь отключить их от питания, а если в устройстве имеются высоковольтные конденсаторы, то сбросить с них заряд, во избежание замыкания тока через тело работника. Если при проведении работ, устройство должно быть подключено к питанию, то выполнение таких работ требует повышенного внимания от работника, а потому такие работы выполняются опытными работниками. Нельзя прикасаться к оголённым частям провода, не зная, подключён ли он к напряжению.

В случае если во время работы появился запах гари, дым или необычные для данной работы звуки, необходимо отключить устройство от питания, если оно было подключено, а также позвать руководителя, для предупреждения его о случившемся.

После окончания выполнения работ необходимо прибрать рабочее место, разложив все вещи по предусмотренным для них местам, выкинуть мусор, а также доложить начальству о выполненной работе и случившихся неблагоприятных ситуациях во время работы, если таковые были. Необходимо проверить спецодежду, средства индивидуальной защиты и инструменты на их целостность, и исправность [16].

### **3.3 Способы утилизации вычислительной техники и оргтехники.**

Большая часть комплектующих вычислительной техники являются опасными как для здоровья персонала, так и для экологии. Для проведения утилизации были разработаны некоторые нормативные документы, в которых описаны правила проведения утилизации вычислительной и оргтехники.

Утилизация – это процесс изъятия из нее полезных компонентов и металлов, которые можно повторно использовать.

Самостоятельная утилизация вычислительной техники запрещена на законодательном уровне. Кроме того, неправильная утилизация вычислительной техники также является нарушением налогового кодекса, по причине содержания в вычислительной технике драгоценных металлов.

Так, основными причинами проведения утилизации являются:

- вред окружающей среде и экологии, который появляется по причине содержания в технике опасных веществ, пагубно влияющих на экологию при разложении техники;

- содержание в технике драгоценных металлов. При разработке комплектующих вычислительной техники используются драгоценные металлы, среди которых присутствует золото и серебро. В процессе утилизации эти металлы обратно добывают из комплектующих, после чего их можно заново использовать [17].

Утилизация может проводится только силами сторонних компаний, которые имеют право на проведение утилизационных работ.

К обязательным устройствам для утилизации можно отнести следующие устройства:

- Компьютер;
- Монитор;
- Аккумуляторы;
- Принтеры, сканеры, ксероксы;

- Люминесцентные лампы.

Эти устройства являются обязательными для утилизации по постановлению правительства РФ №818. При нарушении условий утилизации или списании техники, организации грозит штраф в размере от 100 до 1000 МРОТ.

В процессе утилизации вычислительной и оргтехники можно выделить 2 основных этапа: физический и химический. Во время физического этапа утилизации, вычислительную и оргтехнику разбирают на составные части. Из техники достают те элементы, которые можно использовать в других устройствах в этом же виде, после чего непригодные для использования части устройств перемалывают, и получают полностью разобранные комплектующие вычислительной и оргтехники.

На этапе химической утилизации полученную дроблённую технику обрабатывают химическими веществами, которые позволяют выделить из остатков техники драгоценные металлы, а также опасные токсины [17].

При утилизации системного блока, в нём могут содержаться следующие компоненты:

- железо — 21,08%,
- фосфор — 0,01 %,
- никель — 0,075 %,
- медь — 0,85 %,
- алюминий — 0,13 %,
- свинец — 0,012 %,
- полимерные материалы — 77,843 %.

### **3.4 Вывод по разделу**

В разделе “Охрана труда и производственная экология” были рассмотрены следующие подразделы:

- “Выявление вредных и опасных факторов по отношению к инженеру – электронику”, в котором были рассмотрены понятия вредного и

опасного фактора, а также существующие вредные и опасные факторы на рабочем месте инженера-электронщика, и возможные последствия, с их разделением по классификации.

– “Обеспечение безопасности труда на рабочем месте "Инженера - электронщика"” в котором были рассмотрены правила проведения работ перед началом работы, во время работы и после выполнения работы, для обеспечения безопасности работника и оборудования. Рассмотрены нормы времени работы работника, с обязательным отдыхом от работы.

– “Способы утилизации вычислительной техники и оргтехники” в котором были рассмотрены причины, по которым необходимо проводить утилизацию вычислительной и оргтехники, нормативные документы в соответствии с которыми проводится утилизация, а также некоторые этапы, утилизации вычислительной и оргтехники.

## 4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Расчет затрат на разработку программы для микроконтроллера

Затраты на разработку программы для микроконтроллера рассчитываются по формуле 1.

$$Z_{РПР} = Z_{ФОТР} + Z_{ОВФ} + Z_{ЭВМ} + Z_{СПП} + Z_{ХОН} + P_H, \quad (1)$$

где  $Z_{ФОТР}$  – общий фонд оплаты труда разработчиков программы,

$Z_{ОВФ}$  – начисления на заработную плату разработчиков программы во внебюджетные фонды,

$Z_{ЭВМ}$  – затраты, связанные с эксплуатацией техники,

$Z_{СПП}$  – затраты на специальные программные продукты, необходимые для разработки программы для микроконтроллера,

$Z_{ХОН}$  – затраты на хозяйственно-операционные нужды (бумага, литература, носители информации и т.п.),

$P_H$  – накладные расходы ( $P_H = 30\%$  от  $Z_{ФОТР}$ ).

При разработке программы для микроконтроллера общее время разработки составило 1 месяца.

Фонд оплаты труда за время работы над программой для микроконтроллера рассчитывается по формуле 2.

$$Z_{ФОТР} = \sum_{j=1}^m O_{Pj} \cdot T_{РПРj} \cdot (1 + k_D)(1 + k_Y), \quad (2)$$

где  $O_{Pj}$  – оклад  $j$ -го разработчика. В разработке участвовал 1 человек, его оклад составляет 18500 руб.,

$T_{РПРj}$  – общее время работы над программой в месяцах,  $T_{РПР} = 1$ ,

$k_D$  – коэффициент дополнительной зарплаты,  $k_D = 20\% = 0,2$ ,

$k_Y$  – районный коэффициент,  $k_Y = 0,15$ .

Таким образом,

$$Z_{ФОТР} = 18500 \cdot 1 \cdot (1 + 0,2) \cdot (1 + 0,15) = 25530 \text{ руб.}$$

Страховой взнос во внебюджетные фонды складываются из взносов на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Страховые взносы складываются из обязательного пенсионного страхования (ОПС), отчислений в фонд социального страхования и отчислений в фонд обязательного медицинского страхования.

Значения всех используемых ставок приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения ставок страховых взносов

№	Наименование внебюджетного фонда	Размер ставок, %
1	Пенсионный фонд	22
2	Фонд социального страхования	2,9
3	Федеральный фонд обязательного медицинского страхования	5,1
	Итого:	30

Сумма начислений на заработную плату во внебюджетные фонды рассчитывается по формуле 3.

$$Z_{ОВФ} = 0,3 \cdot Z_{ФОТР}, \quad (3)$$

$$Z_{ОВФ} = 0,3 \cdot 25530 = 7659 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с использованием вычислительной и оргтехники рассчитываются по формуле 4.

$$Z_{ЭВМ} = T_{МРПР} \cdot k_{Г} \cdot n \cdot C_{М-ч} \quad (4)$$

где  $k_{Г}$  – коэффициент готовности ЭВМ,  $k_{Г} = 0,95$ ,

$n$  – количество единиц техники, равно 1,

$C_{М-ч}$  – себестоимость машино–часа,  $C_{М-ч} = 6$  руб.,

$T_{МРПР}$  – машинное время работы над программой, равно 1 мес.

Перевод рабочего времени в часы осуществляется по формуле 5.

$$T_{час} = T_{мес} \cdot Ч_{РД} \cdot T_{см} \cdot K_{см}, \quad (5)$$

где  $T_{час}$  – рабочее время, ч,

$T_{мес}$  – рабочее время, мес, ( $T_{мес} = 1$ ),

$Ч_{РД}$  – число рабочих дней, ( $Ч_{РД} = 22$ ),

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, ( $T_{см} = 8$  ч),

$K_{см}$  – количество рабочих смен, ( $K_{см} = 1$ ).

Таким образом, время на разработку программы для микроконтроллера с использованием ЭВМ составляет:

$$T_{\text{час}} = 1 \cdot 22 \cdot 8 \cdot 1 = 176 \text{ часа,}$$

$$Z_{\text{ЭВМ}} = 176 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 6 = 1003,2 \text{ руб.}$$

Затраты на специальные программные продукты, необходимые для разработки программы для микроконтроллера рассчитываются по формуле 6.

$$Z_{\text{СПП}} = \sum_{p=1}^n C_p \quad (6)$$

где  $C_p$  – цена  $p$ -го специального программного продукта.

Перечень программных продуктов специального назначения приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Программные продукты специального назначения

№	Название ПП	Цена, руб.
1	Среда разработки Arduino IDE	0
2	Proteus	0
	Итого:	0

Использованные программные продукты бесплатны, поэтому:

$$Z_{\text{СПП}} = 0 \text{ руб.}$$

Затраты на хозяйственно–организационные нужды приведены в таблице 6 и вычисляются по формуле 7.

$$Z_{\text{ХОИ}} = \sum_{\tau=1}^n C_{\tau} \cdot K_{\tau}, \quad (7)$$

где  $C_{\tau}$  – цена  $\tau$ -го товара, руб.,

$K_{\tau}$  – количество  $\tau$ -го товара.

Таблица 6 – Затраты на хозяйственно–организационные нужды

Наименование	Цена за единицу (руб.)	Кол-во (шт.)	Всего (руб.)
USB–флеш–накопитель	400	1	400
Бумага	1	140	140
		Итого:	540

$$Z_{\text{ХОИ}} = 400 \cdot 1 + 1 \cdot 140 = 540 \text{ руб.}$$

Накладные расходы рассчитываются по формуле 8.

$$P_{\text{Н}} = Z_{\text{ФОТР}} \cdot k_{\text{НР}}, \quad (8)$$

$$P_{\text{Н}} = 25530 \cdot 0,3 = 7659 \text{ руб.}$$

Таким образом, затраты на разработку программы для микроконтроллера рассчитанные по формуле 1 составят:

$$Z_{\text{РПР}} = 25530 + 7659 + 1003,2 + 0 + 540 + 7659 = 42391,2 \text{ руб.}$$

#### **4.2 Расчет затрат на внедрение программы для микроконтроллера**

Затраты на внедрение программы для микроконтроллера ( $Z_{\text{ВПР}}$ ) рассчитываются по формуле 9.

$$Z_{\text{ВПР}} = Z_{\text{М}} + Z_{\text{КТС}} \cdot (1 + k_{\text{ТУН}}) + Z_{\text{ПО}} + Z_{\text{ФОТВ}} + Z_{\text{ОФВ}} + Z_{\text{ЭВМ}} + P_{\text{КОМ}} + P_{\text{Н}}, \quad (9)$$

где  $Z_{\text{М}}$  – затраты на приобретение материалов, руб.,

$Z_{\text{КТС}}$  – затраты на приобретение комплекса технических средств, руб.,

$Z_{\text{ПО}}$  – затраты на приобретение программного обеспечения (включают стоимость разработанной программы, а также других существующих ПП, необходимых для функционирования системы), руб.,

$Z_{\text{ФОТВ}}$  – затраты на оплату труда работников, занятых внедрением проекта, руб.,

$Z_{\text{ОФВ}}$  – страховой взнос во внебюджетные фонды с заработной платы работников, занятых внедрением проекта, руб.,

$Z_{\text{ЭВМ}}$  – затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ при внедрении проектного решения, руб.,

$P_{\text{КОМ}}$  – командировочные расходы, руб.,

$P_{\text{Н}}$  – накладные расходы, руб.,

$k_{\text{ТУН}}$  – коэффициент транспортирования, установки и наладки комплекса технических средств, определяется действующими нормативами организации, а также спецификой конкретного проекта.

Затраты на приобретение материалов ( $Z_{\text{М}}$ ) приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Затраты на приобретение материалов

Наименование	Цена за единицу (руб.)	Кол-во (шт.)	Всего (руб.)
Attiny10	80	1	80
WS2811, 1 метр	400	1	400
XY-BT-Mini	80	1	80
Усилитель TDA7297	80	1	80
Микросхема MT3608	13	1	13
FS8205A	5	1	5
DW01A	5	1	219
Микросхема зарядки аккумулятора TP4056X	7,5	1	7,5
Разъём micro-USB	10	1	10
Аккумулятор	300	1	300
Текстолит 100x50	150	1	150
Пластик	600	1	600
Резистор 100 Ом	2	1	2
Резистор 47 кОм	2	2	3
Резистор 1.2 кОм	1	2	3
Резистор 2.2 кОм	2	1	2
Резистор 72 кОм	2	1	2
Резистор 2.8 кОм	2	1	2
Резистор 1 кОм	2	1	2
Конденсатор 0.1 uF	10	2	20
Конденсатор 2200 uF	10	1	10
Конденсатор 10m	10	2	20
Конденсатор 22uF	10	2	20
Индуктивность 22 uH	10	1	10
Индуктивность 22 uH	10	1	10
Диод 1N5824	15	1	15
Динамик 4Ом	150	1	150
Итого:			2 205,5

Дополнительного приобретения компьютеров или других КТС не требуется, следовательно,  $Z_{\text{КТС}} = 0$ .

Затраты на приобретение программного обеспечения в данном случае равны затратам на разработку и составляют  $Z_{\text{ПО}} = 42391,2$  руб.

Внедрением занят один системный инженер с окладом 18000 руб. Время внедрения – 0,25 месяца. По формуле рассчитываем затраты на оплату труда и страховой взнос во внебюджетные фонды.

$$Z_{\text{ФОТВ}} = 18000 \cdot 0,25 \cdot (1 + 0,15) = 5175 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ОВФ}} = 5175 \cdot 0,3 = 1552,5 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ при внедрении проектного решения составят:

$$З_{ЭВМ} = 0,25 \cdot 22 \cdot 8 \cdot 6 = 264 \text{ руб.}$$

Командировочные расходы при внедрении программы для микроконтроллера не планируются, следовательно,  $R_{ком} = 0$ .

Так как коэффициент накладных расходов по данным организации составляет  $k_{НР} = 0,3$ , то величина накладных расходов равна 1552.5 руб.

Суммарные затраты на внедрение составят:

$$З_{ВПР} = 2\,205,5 + 0 + 42391,2 + 5175 + 1552,5 + 264 + 0 + 1552,5 = 53140,7 \text{ руб.}$$

### **4.3 Расчет эксплуатационных текущих затрат по программе для микроконтроллера**

Годовые затраты на обработку результатов до внедрения разработанной программы для микроконтроллера рассчитываются по формуле 10.

$$C_1 = ЗП_1 + ОТ_{ВН1} + З_{ЭВМ1} + M_{з1} + НР_1, \quad (10)$$

где  $ЗП_1$  – затраты на оплату труда сотрудника на выполнение функций до внедрения проектного решения,

$ОТ_{ВН1}$  – страховой взнос во внебюджетные фонды,

$З_{ЭВМ1}$  – затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ,

$M_{з1}$  – годовые материальные затраты на сопровождение программы для микроконтроллера составляют 2200 руб.,

$НР_1$  – накладные расходы.

Временные затраты работы сотрудника в месяцах рассчитываются по формуле 11.

$$T_{1мес} = \frac{T_{1час}}{Ч_{рд} \cdot Ч_{рч}}, \quad (11)$$

где  $T_{1мес}$ ,  $T_{1час}$  – время, затрачиваемое сотрудником на обработку результатов, в месяцах и часах соответственно ( $T_{1час} = 275$  часов),

$Ч_{рд}$  – число рабочих дней в месяц,

$Ч_{рч}$  – число рабочих часов в день.

$$T_{1мес} = \frac{275}{22 \cdot 8} = 1,6 \text{ мес,}$$

Тогда затраты на оплату труда сотрудника рассчитываются по формуле 12.

$$ЗП_1 = O_c \cdot T_{1\text{мес}} \cdot (1 + k_d) \cdot (1 + k_y), \quad (12)$$

где  $O_c$  – оклад сотрудника (оклад составляет 20000 руб.),

$$ЗП_1 = 20000 \cdot 1,6 \cdot (1 + 0,2) \cdot (1 + 0,15) = 44160 \text{ руб.}$$

Страховой взнос до внедрения вычисляют по формуле 13.

$$ОТ_{ВН1} = ЗП_1 \cdot 0,3, \quad (13)$$

$$ОТ_{ВН1} = 44160 \cdot 0,3 = 13248 \text{ руб.}$$

Рассчитываем затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ до внедрения по формуле 14.

$$З_{ЭВМ1} = T_{1\text{час}} \cdot C_{M-ч}, \quad (14)$$

$$З_{ЭВМ1} = 275 \cdot 6 = 1650 \text{ руб.}$$

Подставив соответствующие значения в формулу 10, получим:

$$C_1 = 44160 + 13248 + 1650 + 2200 = 61258 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на эксплуатацию системы после внедрения программы для микроконтроллера рассчитываются аналогично по формуле 15.

$$C_2 = ЗП_2 + ОТ_{ВН2} + З_{ЭВМ2} + M_{з2} + НР_2, \quad (15)$$

где  $ЗП_2$  – затраты на оплату труда сотрудника после внедрения,

$ОТ_{ВН2}$  – страховой взнос во внебюджетные фонды,

$З_{ЭВМ2}$  – затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ после внедрения,

$M_{з2}$  – материальные затраты, годовые материальные затраты на сопровождение программы для микроконтроллера составляют 2500 руб.,

$НР_2$  – накладные расходы.

Временные затраты работы сотрудника в месяцах вычисляются по формуле 16.

$$T_{2\text{мес}} = \frac{T_{2\text{час}}}{\text{Ч}_{рд} \cdot \text{Ч}_{рч}}, \quad (16)$$

где  $T_{2\text{мес}}$ ,  $T_{2\text{час}}$  – время, затрачиваемое сотрудником на обработку результатов, в месяцах и часах соответственно ( $T_{2\text{час}} = 50$  часов),

$\text{Ч}_{рд}$  – число рабочих дней в месяц,

Чрч – число рабочих часов в день.

$$T_{2\text{мес}} = \frac{120}{22 \cdot 8} = 0,7 \text{ мес.}$$

Тогда затраты на оплату труда сотрудника высчитываются по формуле 17.

$$ЗП_2 = O_c \cdot T_{2\text{мес}} \cdot (1 + k_d) \cdot (1 + k_y), \quad (17)$$

где  $O_c$  – оклад сотрудника (оклад составляет 20000 руб.)

$$ЗП_2 = 20000 \cdot 0,7 \cdot (1 + 0,2) \cdot (1 + 0,15) = 19320 \text{ руб.}$$

Страховой взнос после внедрения вычисляются по формуле 18.

$$O_{T_{\text{ВН2}}} = ЗП_2 \cdot 0,3, \quad (18)$$

$$O_{T_{\text{ВН2}}} = 19320 \cdot 0,3 = 5796 \text{ руб.}$$

Рассчитываем затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ после внедрения по формуле 19.

$$З_{\text{ЭВМ2}} = T_{2\text{час}} \cdot C_{\text{М-Ч}}, \quad (19)$$

$$З_{\text{ЭВМ2}} = 120 \cdot 6 = 300 \text{ руб.}$$

Подставив соответствующие значения в формулу, получим:

$$C_2 = 19320 + 5796 + 720 + 2500 = 28336 \text{ руб.}$$

Таким образом, текущие затраты на содержание системы до внедрения разработанной программы для микроконтроллера составляют 61258 руб., после внедрения 28336 руб.

#### **4.4 Расчет экономической целесообразности разработки и внедрения информационных технологий**

Для разрабатываемого проекта расчет экономической эффективности производится исходя из следующих условий:

- годовые текущие затраты до внедрения автоматизированной системы,  $C_1 = 61258$  руб.,
- годовые текущие затраты после внедрения системы,  $C_2 = 28336$  руб.,
- горизонт расчета принимается исходя из срока использования разработки,  $T = T_n = 2$  годам,

– шаг расчета равен одному году,  $t = 1$  году,  
– капитальные вложения равны затратам на создание системы,  $K = 53140,7$  руб.,

– норма дисконта равна норме дохода на капитал,  $E = 12\%$ .

Ожидаемая условно-годовая экономия от внедрения системы рассчитывается по формуле 20.

$$\text{Э}_{\text{уг}} = C_1 - C_2 + \sum \text{Э}_i, \quad (20)$$

где  $\text{Э}_{\text{уг}}$  – ожидаемая условно-годовая экономия, руб.,

$C_1$  – годовые текущие затраты до внедрения автоматизированной системы, руб.,

$C_2$  – годовые текущие затраты после внедрения системы, руб.,

$\sum \text{Э}_i$  – ожидаемый дополнительный эффект от различных факторов, руб.

Так как основным фактором, по которому производится расчет экономической эффективности от внедрения программы для микроконтроллера, является уменьшение времени обработки результатов тестирования и дополнительный эффект не учитывается, то  $\sum \text{Э}_i = 0$ .

Подставив вычисленные выше значения в формулу, получим:

$$\text{Э}_{\text{уг}} = 61258 - 28336 = 32922 \text{ руб.}$$

где  $\text{Э}_{\text{уг}}$  – ожидаемая условно-годовая экономия, руб.

Величина ожидаемого годового экономического эффекта от внедрения ИС рассчитывается по формуле 21.

$$\text{Э}_{\text{г}} = \text{Э}_{\text{уг}} - K \cdot E_{\text{н}}, \quad (21)$$

где  $\text{Э}_{\text{г}}$  – ожидаемый годовой экономический эффект, руб.,

$\text{Э}_{\text{уг}}$  – ожидаемая условно-годовая экономия, руб.,

$K$  – капитальные вложения (равны затратам на создание ИС), руб.,

$E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений определяется по формуле 22.

$$E_n = \frac{1}{T_n}, \quad (22)$$

где  $T_n$  – нормативный срок окупаемости капитальных вложений, лет.

Подставив вычисленные выше значения в формулу, получим:

$$Э_r = 32922 - 53140,7 \cdot 0,5 = 6351,7 \text{ руб.}$$

Расчетный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений рассчитывается по формуле 23.

$$E_p = \frac{Э_{уг}}{K}, \quad (23)$$

где  $E_p$  – расчетный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений,

$Э_{уг}$  – ожидаемая условно-годовая экономия, руб.,

$K$  – капитальные вложения на создание системы, руб.

Подставив вычисленные выше значения в формулу, получим:

$$E_p = \frac{32922}{53140,7} = 0,6$$

Расчетный срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле 24.

$$T_p = \frac{1}{E_p}, \quad (24)$$

где  $E_p$  – коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Подставив вычисленные выше значения в формулу, получим:

$$T_p = \frac{1}{0,6} = 1,6 \text{ год.}$$

Срок окупаемости без дисконтирования 1,6 год.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами.

Если в течение расчетного периода не происходит инфляционного изменения цен или расчет производится в базовых ценах, то величина ЧДД для постоянной нормы дисконта вычисляется по формуле 25.

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T (P_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1 + E)^t} - K, \quad (25)$$

где  $P_t$  – ожидаемые результаты от внедрения предложенной ИС, руб.,

$Z_t$  – ожидаемые затраты (капитальные и текущие) на создание и эксплуатацию ИС, руб.,

$\Delta t = (P_t - Z_t)$  – эффект, достигаемый на  $t$ -м шаге расчета,

$K$  – капитальные вложения,

$t$  – номер шага расчета ( $t = 1, 2$ ),

$T$  – горизонт расчета,

$E$  – постоянная норма дисконта, 12%.

$\Delta t = (P_t - Z_t) = \Delta \text{уг} = 32922$  руб. В том случае, если текущие затраты ( $Z_t$ ) на весь срок использования разработки равны 0.

$t = 1, 2$  год, т.к. предполагается, что результат от внедрения предложенной ИС будет с текущего года внедрения ИС.

Если ЧДД инвестиционного проекта положителен, то проект является эффективным (при данной норме дисконта).

Тогда суммарный чистый дисконтированный доход за весь горизонт расчета равен:

$$\text{ЧДД} = \Delta_1 \cdot \frac{1}{(1 + E)} + \Delta_2 \cdot \frac{1}{(1 + E)^2}, \quad (26)$$

$$\text{ЧДД} = \frac{32922}{(1 + 0,12)} + \frac{32922}{(1 + 0,12)^2} - 53140,7 = 2499,15 \text{ руб.}$$

Положительное значение чистого дисконтированного дохода,  $\text{ЧДД} > 0$ , свидетельствует о том, что инвестирование целесообразно и данная ИС может приносить прибыль в установленном объеме.

Индекс доходности (ИД) представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капитальных вложений и определяется по формуле 27.

$$\text{ИД} = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^T (P_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (27)$$

где  $K$  – величина капиталовложений или стоимость инвестиций.

$$\text{ИД} = \frac{55639,86}{53140,7} = 1,04$$

Инвестиции считаются эффективными, если индекс доходности выше единицы,  $\text{ИД} > 1$ , следовательно, инвестиции в данную ИС, эффективны.

Внутренняя норма доходности (ВНД):

при  $E_1 \rightarrow \text{ЧДД}_1 > 0$

$E_2 \rightarrow \text{ЧДД}_2 < 0$

$$\text{ВНД} = E_1 + \frac{\text{ЧДД}_1}{\text{ЧДД}_1 - \text{ЧДД}_2} \cdot (E_2 - E_1), \quad (28)$$

при  $E_1 \rightarrow \text{ЧДД}_1 > 0$

$E_2 \rightarrow \text{ЧДД}_2 > 0$

$$\text{ВНД} = E_1 + \frac{\text{ЧДД}_1}{\text{ЧДД}_1 + \text{ЧДД}_2} \cdot (E_2 - E_1) \quad (29)$$

$E_1 = 0,11$

$$\text{ЧДД}_1 = \frac{32922}{(1 + 0,11)} + \frac{32922}{(1 + 0,11)^2} - 53140,7 = 3239 \text{ руб.}$$

$E_1 = 0,13$

$$\text{ЧДД}_2 = \frac{32922}{(1 + 0,13)} + \frac{32922}{(1 + 0,13)^2} - 53140,7 = 1776,57 \text{ руб.}$$

$E_1 \rightarrow \text{ЧДД}_1 > 0$

$E_2 \rightarrow \text{ЧДД}_2 > 0$

$$\text{ВНД} = 0,11 + \frac{3239}{3239 + 1776,57} \cdot (0,13 - 0,11) = 0,12.$$

Таким образом, норма дисконта должна быть в пределах 11% – 13%.

Показатели экономической целесообразности разработки и внедрения программы для микроконтроллера сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Показатели экономической целесообразности разработки и внедрения программы для микроконтроллера

<b>Наименование показателя</b>	<b>Значения</b>
Затраты на разработку и внедрение ПП, руб.	53140,7
Ожидаемая экономия от внедрения ПП, руб.	32922
Чистый дисконтированный доход, руб.	2499,15
Индекс доходности	1,04
Внутренняя норма доходности	0,12
Дисконтированный срок окупаемости, лет	1,6
Срок морального старения, года	2

Произведенные расчеты свидетельствуют, что внедрение, разработанной в ВКР программы для микроконтроллера, позволит сократить временные затраты на обработку результатов тестирования, что приведет к сокращению годовых текущих затрат на 32922 рублей

Опираясь на оценку экономической эффективности можно сделать вывод о том, что разработка и внедрение предлагаемой программы для микроконтроллера является экономически обоснованной и целесообразной.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана беспроводная Bluetooth колонка. Все поставленные задачи были выполнены в полном объёме:

- выполнен анализ предметной области и изучены требования для проектируемого устройства,
- выполнен выбор элементной базы устройства, разработана принципиальная схема устройства, печатная плата, программный код и корпус устройства,
- рассмотрены основы охраны труда и промышленной экологии,
- проведён расчёт экономических параметров разработанного устройства.

Разработанное устройство может использоваться как частными пользователями, так и некоторыми организациями, для обеспечения дистанционного воспроизведения звука малой и средней мощности.

На основании данной работы может быть разработана более мощная и Bluetooth колонка, как в плане воспроизводимого звука, так и в автономности аккумуляторов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология мультимедиа. Часть 1. Понятие «мультимедиа». Средства мультимедиа. [электронный ресурс]. URL: <https://interneturok.ru/lesson/informatika/7-klasse/narezka-dsh/tehnologiya-multimedia-chast-1-ponyatie-multimedia-sredstva-multimedia> – (дата обращения 18.02.2022г).
2. Лекция 1. Понятие мультимедиа технологии. [электронный ресурс]. URL: [https://portal.tpu.ru/SHARED/a/AD/Education/Materials/MS\\_lectures.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/a/AD/Education/Materials/MS_lectures.pdf) – (дата обращения 18.02.2022г).
3. Что такое звук? Как устроено ухо? Что значит герц и децибел? Как устроен микрофон? [электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/592909/> – (дата обращения 18.02.2022г)
4. В какой форме хранится звук в компьютере [электронный ресурс]. URL: <https://doma35.ru/computers/v-kakoy-forme-hranitsya-zvuk-v-kompyutere> – (дата обращения 18.02.2022г)
5. Портативные блютуз-колонки: какими бывают и какую выбрать? . [электронный ресурс]. URL: <https://stroy-podskazka.ru/portativnye-kolonki/blyutuz/> – (дата обращения 18.02.2022г).
6. Технология Bluetooth [электронный ресурс]. URL: [https://crossgroup.su/solutions/data\\_transfer/bluetooth.html](https://crossgroup.su/solutions/data_transfer/bluetooth.html) – (дата обращения 18.02.2022г)
7. Разработка электроники. О микроконтроллерах на пальцах [электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/445936/> – (дата обращения 18.02.2022г)
8. Микроконтроллеры. Устройство и особенности. [электронный ресурс]. URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/mikrokontrollery/> – (дата обращения 18.02.2022г)
9. Связь Bluetooth – как она работает и как использовать технологию связи. [электронный ресурс]. URL:

[https://webznam.ru/blog/svjaz\\_bluetooth/2020-02-16-1424](https://webznam.ru/blog/svjaz_bluetooth/2020-02-16-1424) – (дата обращения 18.02.2022г)

10. Портативная колонка Xiaomi Mi Compact Bluetooth Speaker 2. [электронный ресурс]. URL: [https://www.citilink.ru/product/portativnaya-kolonka-xiaomi-mi-compact-bluetooth-speaker-2-5vt-belyi-1192352/?utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=newcities-srch-cat-nz-all\\_14&utm\\_source=yandex&utm\\_content=%7Cс:71467735%7Cg:4827004748%7Cb:11755198135%7Ck:36565859884%7Cst:search%7Ca:no%7Cs:none%7Ct:premium%7Cp:2%7Cr:%7Cdev:desktop%7Ccgci:0&utm\\_param1=all&yclid=738901007414124893](https://www.citilink.ru/product/portativnaya-kolonka-xiaomi-mi-compact-bluetooth-speaker-2-5vt-belyi-1192352/?utm_medium=cpc&utm_campaign=newcities-srch-cat-nz-all_14&utm_source=yandex&utm_content=%7Cс:71467735%7Cg:4827004748%7Cb:11755198135%7Ck:36565859884%7Cst:search%7Ca:no%7Cs:none%7Ct:premium%7Cp:2%7Cr:%7Cdev:desktop%7Ccgci:0&utm_param1=all&yclid=738901007414124893) – (дата обращения 18.02.2022г)

11. Mi Portable Bluetooth Speaker 16W. [электронный ресурс]. URL: <https://www.mi.com/ru/product/mi-portable-bluetooth-speaker/> – (дата обращения 18.02.2022г).

12. JBL FLIP 5. [электронный ресурс]. URL: <https://www.jbl.ru/колонки/портативные%20колонки-1/JBL+FLIP+5-.html> – (дата обращения 18.02.2022г).

13. Список микроконтроллеров ATmega. [электронный ресурс]. URL: <https://chipinfo.pro/mcu/avr/atmegalist.shtml> – (дата обращения 21.03.2022г).

14. Топ 10 Bluetooth аудио модулей. [электронный ресурс]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5d8b2c4ba06eaf00b105652d/top-10-bluetooth-audio-modulei-5e17575ad4f07a00af669d64> – (дата обращения 21.03.2022г).

15. Оценка условий труда на рабочем месте инженера-электронщика [электронный ресурс] URL: <http://www.refbzd.ru/viewreferat-1696-11.html> - (дата обращения 14.04.2022г)

16. Инструкция по охране труда для инженера по эксплуатации электротехнического оборудования [электронный ресурс] URL: <https://инструкция-по-охране-труда.рф/по-эксплуатации-электротехнического.html> -(дата обращения 13.04.2022г)

17. Отходы орг.техники. Состав, ФККО, паспорта, расчет [электронный ресурс] URL: <https://этна-регионы.рф/utilizaciya/licenziya-na-orgtehniku.html> - (дата обращения 13.04.2022г)

18. Идентификация опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте инженера-электронщика [электронный ресурс] URL: [https://studbooks.net/1510896/bzhd/identifikatsiya\\_opasnyh\\_vrednyh\\_proizvodstvennyh\\_faktorov\\_rabochem\\_meste\\_inzhenera\\_elektronschika](https://studbooks.net/1510896/bzhd/identifikatsiya_opasnyh_vrednyh_proizvodstvennyh_faktorov_rabochem_meste_inzhenera_elektronschika) - (дата обращения 23.04.2022г)

19. ГАЙД ПО АДРЕСНОЙ СВЕТОДИОДНОЙ ЛЕНТЕ [электронный ресурс] URL: [https://alexgyver.ru/ws2812\\_guide/](https://alexgyver.ru/ws2812_guide/) - (дата обращения 23.04.2022г)

## Приложение А – Техническое задание

**Утверждаю**

Должность

Ф.И.О

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022г

Беспроводная Bluetooth колонка под микроконтроллерным управлением

Наименование

Bluetooth колонка

Сокращенное наименование

### Техническое задание

Действует с \_\_71\_\_

Согласовано

Должность

Ф.И.О

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022г

Разработчик

Должность

Боляк А.С Ф.И.О

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022г

Лысьва 2022г.

## 1 Общие сведения

### 1.1 Наименование системы

#### 1.1.1 Полное наименование

Полное наименование: Беспроводная Bluetooth колонка.

#### 1.1.2 Краткое наименование

Краткое наименование: Bluetooth колонка.

### 1.2 Основания для проведения работ

Работа выполняется на основании задания по проведению ВКР.

### 1.3 Наименование организаций – Заказчика и Разработчика

#### 1.3.1 Заказчик

Заказчик: ЛФ ПНИПУ

#### 1.3.2 Разработчик

Разработчик: Студент ЛФ ПНИПУ Артём Боляк

### 1.4 Плановые сроки начала и окончания работы

Работы по разработке Bluetooth колонки будут начаты 20.02.2022г и будут проходить до 30.05.2022г.

### 1.5 Источники и порядок финансирования

Разработка финансируется разработчиком.

### 1.6 Порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ

Результат разработки устройства предъявляется Заказчику по завершению каждого из испытаний. При этом Заказчик получает результат испытаний, и все разработанные материалы устройства.

## 2 Назначение и цель создания системы

### 2.1 Назначение системы

Беспроводная Bluetooth колонка разрабатывается для использования в развлекательном характере. Данное устройство позволяет слушать музыку и различные звуковые материалы дистанционно, на расстоянии 10 метров от электронного источника звука.

### 2.2 Цели создания системы

Bluetooth колонка разрабатывается с целью выполнения задания на выпускную квалификационную работу.

### 3 Характеристика объектов автоматизации

Использование Bluetooth колонки будет проводиться как в помещении, так и на улице. Диапазон температур, при которых должна поддерживаться работа устройства лежит от 15 до 30 градусов Цельсия. Предполагается использование Bluetooth колонки на максимальном расстоянии от источника звука в 10 метров.

#### 4 Требования к системе

##### 4.1 Требования к системе в целом

##### 4.1.1 Требования к структуре и функционирования системы

Bluetooth колонка имеет в своей структуре 4 функциональный блока, среди которых:

- блок световых эффектов,
- блок приёма звука по Bluetooth,
- блок воспроизведения звука,
- блок питания.

Блок световых эффектов представляет собой микроконтроллера, который выполняет управлением выводимых световых эффектов на адресную светодиодную ленту. Выводимые эффекты зависят от воспроизводимого звука, поэтому необходимо использовать датчик звука, на основании которого микроконтроллер будет управлять световыми эффектами.

Блок приёма звука по Bluetooth выполняет приём данных о звуке, и на выходе выдаёт аналоговую величину звука.

Блок воспроизведения звука выполняет усиление полученного звука с блока приёма звука по Bluetooth. После усиления звука аналоговая величина подаётся на динамики для воспроизведения звука.

Блок питания выполняет работу питания всех элементов устройства. Питается устройства от аккумуляторной батареи.

4.1.2 Требования к численности и квалификации персонала системы и режиму его работы

Не предъявляются.

4.1.3 Показатели назначения

4.1.3.1 Параметры, характеризующие степень соответствия системы назначению

Bluetooth колонка должна обеспечивать воспроизведение звука мощностью 5 Вт. Одного заряда аккумулятора должно хватать на 4 часа непрерывной работы колонки.

4.1.3.2 Требования к приспособляемости системы к изменениям

Не предъявляются.

4.1.3.3 Требования к сохранению работоспособности системы в различных вероятных условиях

В таблице 1 приведены некоторые вероятных условиях и действия при их возникновении.

Таблица 1 - Вероятные случаи при работе устройства

Вероятное условие	Действие
Ухудшение Bluetooth связи.	Временная приостановка работы устройства с отключением от подключенного клиента Bluetooth.

4.1.4 Требования к надежности

4.1.4.1 Состав показателей надёжности для системы в целом

О надёжности собранного устройства свидетельствуют:

Качество спайки радиоэлектронных элементов. Спайка радиоэлектронных элементов должно производиться чистыми проводами, не имеющими грязи и нагара на концах спаянных проводов и контактом. Каждый элемент должен качественно припаян и зафиксирован в своём посадочном месте. Не допускается состояние, при котором элемент печатной платы раскачивается или выпадывает из посадочного места.

Качество сборки корпуса устройства. Корпус устройства должен быть крепко закрыт и защищён от внешнего воздействия. Каждый элемент корпуса должен крепко зафиксирован в корпуса и не расшатываться.

4.1.4.2 Перечень аварийных ситуаций, по которым регламентируются требования к надёжности

В ходе эксплуатации Bluetooth колонки могут возникнуть следующие аварийные ситуации:

- сбой питания устройства,
- сбой в Bluetooth связи,
- сбой в работе программы микроконтроллера.

1.4.4.3 Требования к надёжности технических средств и программного обеспечения

Все используемые в устройстве технические средства должны в полной степени выполнять необходимые для них функции и задачи.

4.1.4.4 Требования к методам оценки и контроля показателей надёжности на разных стадиях создания системы в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

Проверка работоспособности разрабатываемого устройства проводится Разработчиком при выполнении одного из этапа разработки устройства.

4.1.5 Требования к эргономике и технической эстетике

Не предъявляются.

4.1.6 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы

Эксплуатация устройства должна быть разрешена при температуре от 15 до 30 градусов Цельсия. Водонепроницаемость корпуса устройства не является необходимой. Влажность воздуха при которой можно эксплуатировать устройство лежит в диапазоне от 60 до 85%.

Техническое обслуживание устройства предполагает очистку корпуса устройства и его разъёма для зарядки от пыли и мусора.

4.1.7 Требования к защите информации от несанкционированного доступа

4.1.7.1 Требования к информационной безопасности

Для защиты от несанкционированного подключения к Bluetooth колонке, необходимо установить пароль для подключения к Bluetooth колонке. Длина пароля равна 6 символам.

4.1.8 Требования к сохранению информации при авариях

Не предъявляются.

4.1.9 Требования к защите от влияния внешних воздействий

Для защиты от внешних физических воздействий необходимо выполнить корпус из более толстого пластика, с качественным крепежом всех элементов корпуса

4.1.10 Требования по стандартизации и унификации

Вся разработка проводится по приведённым ГОСТам в пункте 9 настоящего технического задания.

4.2 Требования к функциям, выполняемым системой

Устройство имеет следующие функциональные блоки:

- блок световых эффектов,
- блок приёма звука по Bluetooth,
- блок воспроизведения звука,
- блок питания.

В таблице 2 представлены выполняемые задачи и функции блоком световых эффектов.

Таблица 2 - Функции и задачи блока световых эффектов

Функции	Задачи
Вывод световых эффектов	Сбор данных о воспроизводимой музыке.
	Выполнение математической переработки полученных данных.
	Вывод результатов обработки данных в виде цветов светодиодов.

В таблице 3 представлены выполняемые задачи и функции блоком приёма звука по Bluetooth.

Таблица 3 - Функции и задачи блока приёма звука по Bluetooth

Функции	Задачи
Приём данных звука	Приём данных звука по Bluetooth и вывод звука в аналоговой величине.

В таблице 4 представлены выполняемые задачи и функции блоком воспроизведения звука.

Таблица 4 - Функции и задачи блока воспроизведения звука

Функции	Задачи
Воспроизведение звука	Выполнение усиления полученного звука.
	Воспроизведение усиленного звука.

В таблице 5 представлены выполняемые задачи и функции блоком питания.

Таблица 5 - Функции и задачи блока питания

Функции	Задачи
Обеспечение всех элементов устройства питанием.	Зарядка аккумуляторных батарей.
	Изменение уровня напряжения при необходимости
	Защита аккумуляторов от переразрядки и перезарядки.

#### 4.3 Требования к видам обеспечения

##### 4.3.5 Требования к математическому обеспечению

В алгоритме программы необходимо разработать математическую функцию, которая будет выполнять изменения световых эффектов, на основании нескольких считываний данных о проигрываемой музыке.

##### 4.3.6 Требования к информационному обеспечению

Необходимо обеспечить стабильную Bluetooth связь между мобильным устройством и Bluetooth колонкой.

#### 4.3.7 Требования к лингвистическому обеспечению

Программный код для микроконтроллера должен быть написан на языке программирования C++.

#### 4.3.4 Требования к программному обеспечению

Для работы устройства необходимо разработать программный код, выполняющий работу по управлению световыми эффектами.

Для работы с мобильным устройством по интерфейсу Bluetooth, устройство должно поддерживать работу по Bluetooth с операционной системой Android выше 10 версии.

#### 4.3.5 Требования к техническому обеспечению

В устройстве необходимо использовать микроконтроллер, управляющий освещением Bluetooth колонки, Bluetooth приёмник и усилитель. Для зарядки и разрядки аккумулятора необходимо разработать подсистемы регулятора питания и разрядки аккумулятора.

#### 4.3.6 Требования к метрологическому обеспечению

Не предъявляются.

#### 4.3.7 Требования к организационному обеспечению

#### 4.3.8 Требования к методическому обеспечению

После завершения разработки Bluetooth колонки, Разработчик предоставляет Заказчику все разработанные материалы устройства, включающие в себя принципиальную схему устройства, схему печатной платы с двух сторон, если плата двухсторонняя, блок-схему алгоритма работы устройства. Так же Разработчик должен предоставить Заказчику программный код. Все материалы передаются Разработчиком Заказчику при сдаче устройства на электронном носителе и распечатанные на бумажном носителе.

#### 4.3.9 Требования к патентной чистоте

Разработанное устройство должно быть свободно от авторских прав, и иметь полную возможность на эксплуатацию.

#### 5 Состав и содержание работ по созданию системы

Разработка Bluetooth колонки выполняется в 3 этапа:

- разработка устройства с созданием всех необходимых материалов,
- разработка устройства,
- отладка устройства с изменением материалов разработки при необходимости.

После двух последних этапов разработки Разработчик должен сам проводить испытания устройства, проверяющие выполнение устройством всех необходимых ему функций.

#### 6 Порядок контроля и приемки системы

Приёмка устройства проводится с приёмкой всех материалов разработки, а также с проведением испытаний с Заказчиком, для проверки полного функционирования системы.

7 Требования к составу и содержанию работ по подготовке устройства к вводу в эксплуатацию

Не предъявляются.

#### 8 Требования к документированию

Не предъявляются.

#### 9 Источники разработки

В процессе разработки устройства необходимо пользоваться следующими ГОСТами:

ГОСТ 2.102-2013 «Единая система конструкторской документации. СХЕМЫ. Виды и типы. Общие требования к выполнению»

ГОСТ ИЕС 60268-1-2014 «ОБОРУДОВАНИЕ ЗВУКОВЫХ СИСТЕМ. Общие положения»

ГОСТ Р 56956-2016 «Телекоммуникации. Электропитание оборудования сети доступа»



## Приложение Б – Программный код

```
#include <FastLED.h>

/** BASIC CONFIGURATION */

//The amount of LEDs in the setup
#define NUM_LEDS 264
//The pin that controls the LEDs
#define LED_PIN 3
//The pin that we read sensor values form
#define ANALOG_READ 0

//Confirmed microphone low value, and max value
#define MIC_LOW 0.0
#define MIC_HIGH 1200.0
/** Other macros */
//How many previous sensor values effects the operating average?
#define AVGLEN 5
//How many previous sensor values decides if we are on a peak/HIGH (e.g. in a song)
#define LONG_SECTOR 20

//Mneumonics
#define HIGH 3
#define NORMAL 2

//How long do we keep the "current average" sound, before restarting the measuring
#define MSECS 30 * 1000
#define CYCLES MSECS / DELAY

/** Sometimes readings are wrong or strange. How much is a reading allowed
to deviate from the average to not be discarded? */
#define DEV_THRESH 0.8

//Arduino loop delay
#define DELAY 1

float fscale( float originalMin, float originalMax, float newBegin, float newEnd, float
inputValue, float curve);
void insert(int val, int *avgs, int len);
int compute_average(int *avgs, int len);
void visualize_music();

//How many LEDs to we display
int curshow = NUM_LEDS;

/** Not really used yet. Thought to be able to switch between sound reactive
mode, and general gradient pulsing/static color*/
int mode = 0;

//Showing different colors based on the mode.
int songmode = NORMAL;
```

```

//Average sound measurement the last CYCLES
unsigned long song_avg;

//The amount of iterations since the song_avg was reset
int iter = 0;

//The speed the LEDs fade to black if not relit
float fade_scale = 1.2;

//Led array
CRGB leds[NUM_LEDS];

/*Short sound avg used to "normalize" the input values.
We use the short average instead of using the sensor input directly */
int avgs[AVGLEN] = {-1};

//Longer sound avg
int long_avg[LONG_SECTOR] = {-1};

//Keeping track how often, and how long times we hit a certain mode
struct time_keeping {
    unsigned long times_start;
    short times;
};

//How much to increment or decrement each color every cycle
struct color {
    int r;
    int g;
    int b;
};

struct time_keeping high;
struct color Color;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    //Set all lights to make sure all are working as expected
    FastLED.addLeds<NEOPIXEL, LED_PIN>(leds, NUM_LEDS);
    for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++)
        leds[i] = CRGB(0, 0, 255);
    FastLED.show();
    delay(1000);

    //bootstrap average with some low values
    for (int i = 0; i < AVGLEN; i++) {
        insert(250, avgs, AVGLEN);
    }

    //Initial values
    high.times = 0;

```

```

high.times_start = millis();
Color.r = 0;
Color.g = 0;
Color.b = 1;
}

/*With this we can change the mode if we want to implement a general
lamp feature, with for instance general pulsing. Maybe if the
sound is low for a while? */
void loop() {
  switch(mode) {
    case 0:
      visualize_music();
      break;
    default:
      break;
  }
  delay(DELAY);    // delay in between reads for stability
}

/**Funtion to check if the lamp should either enter a HIGH mode,
or revert to NORMAL if already in HIGH. If the sensors report values
that are higher than 1.1 times the average values, and this has happened
more than 30 times the last few milliseconds, it will enter HIGH mode.
TODO: Not very well written, remove hardcoded values, and make it more
reusable and configurable. */
void check_high(int avg) {
  if (avg > (song_avg/iter * 1.1)) {
    if (high.times != 0) {
      if (millis() - high.times_start > 200.0) {
        high.times = 0;
        songmode = NORMAL;
      } else {
        high.times_start = millis();
        high.times++;
      }
    } else {
      high.times++;
      high.times_start = millis();
    }
  }
}

if (high.times > 30 && millis() - high.times_start < 50.0)
  songmode = HIGH;
else if (millis() - high.times_start > 200) {
  high.times = 0;
  songmode = NORMAL;
}
}

//Main function for visualizing the sounds in the lamp

```

```

void visualize_music() {
    int sensor_value, mapped, avg, longavg;

    //Actual sensor value
    sensor_value = analogRead(ANALOG_READ);

    //If 0, discard immediately. Probably not right and save CPU.
    if (sensor_value == 0)
        return;

    //Discard readings that deviates too much from the past avg.
    mapped = (float)fscale(MIC_LOW, MIC_HIGH, MIC_LOW, (float)MIC_HIGH,
(float)sensor_value, 2.0);
    avg = compute_average(avgs, AVGLEN);

    if (((avg - mapped) > avg*DEV_THRESH) || ((avg - mapped) < -
avg*DEV_THRESH))
        return;

    //Insert new avg. values
    insert(mapped, avgs, AVGLEN);
    insert(avg, long_avg, LONG_SECTOR);

    //Compute the "song average" sensor value
    song_avg += avg;
    iter++;
    if (iter > CYCLES) {
        song_avg = song_avg / iter;
        iter = 1;
    }

    longavg = compute_average(long_avg, LONG_SECTOR);

    //Check if we enter HIGH mode
    check_high(longavg);

    if (songmode == HIGH) {
        fade_scale = 3;
        Color.r = 5;
        Color.g = 3;
        Color.b = -1;
    }
    else if (songmode == NORMAL) {
        fade_scale = 2;
        Color.r = -1;
        Color.b = 2;
        Color.g = 1;
    }
}

//Decides how many of the LEDs will be lit
curshow = fscale(MIC_LOW, MIC_HIGH, 0.0, (float)NUM_LEDS, (float)avg, -1);

```

```

/*Set the different leds. Control for too high and too low values.
   Fun thing to try: Dont account for overflow in one direction,
   some interesting light effects appear! */
for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++)
//The leds we want to show
if (i < curshow) {
  if (leds[i].r + Color.r > 255)
    leds[i].r = 255;
  else if (leds[i].r + Color.r < 0)
    leds[i].r = 0;
  else
    leds[i].r = leds[i].r + Color.r;

  if (leds[i].g + Color.g > 255)
    leds[i].g = 255;
  else if (leds[i].g + Color.g < 0)
    leds[i].g = 0;
  else
    leds[i].g = leds[i].g + Color.g;

  if (leds[i].b + Color.b > 255)
    leds[i].b = 255;
  else if (leds[i].b + Color.b < 0)
    leds[i].b = 0;
  else
    leds[i].b = leds[i].b + Color.b;

  //All the other LEDs begin their fading journey to eventual total darkness
  } else {
    leds[i] = CRGB(leds[i].r/fade_scale, leds[i].g/fade_scale, leds[i].b/fade_scale);
  }
FastLED.show();
}
//Compute average of a int array, given the starting pointer and the length
int compute_average(int *avgs, int len) {
  int sum = 0;
  for (int i = 0; i < len; i++)
    sum += avgs[i];

  return (int)(sum / len);
}

//Insert a value into an array, and shift it down removing
//the first value if array already full
void insert(int val, int *avgs, int len) {
  for (int i = 0; i < len; i++) {
    if (avgs[i] == -1) {
      avgs[i] = val;
      return;
    }
  }
}

```

```

for (int i = 1; i < len; i++) {
    avgs[i - 1] = avgs[i];
}
avgs[len - 1] = val;
}

//Function imported from the arduino website.
//Basically map, but with a curve on the scale (can be non-uniform).
float fscale( float originalMin, float originalMax, float newBegin, float
    newEnd, float inputValue, float curve){

    float OriginalRange = 0;
    float NewRange = 0;
    float zeroRefCurVal = 0;
    float normalizedCurVal = 0;
    float rangedValue = 0;
    boolean invFlag = 0;

    // condition curve parameter
    // limit range

    if (curve > 10) curve = 10;
    if (curve < -10) curve = -10;

    curve = (curve * -.1) ; // - invert and scale - this seems more intuitive - postive numbers
give more weight to high end on output
    curve = pow(10, curve); // convert linear scale into lograthimic exponent for other pow
function

    // Check for out of range inputValues
    if (inputValue < originalMin) {
        inputValue = originalMin;
    }
    if (inputValue > originalMax) {
        inputValue = originalMax;
    }

    // Zero Refference the values
    OriginalRange = originalMax - originalMin;

    if (newEnd > newBegin){
        NewRange = newEnd - newBegin;
    }
    else
    {
        NewRange = newBegin - newEnd;
        invFlag = 1;
    }

    zeroRefCurVal = inputValue - originalMin;

```

```

normalizedCurVal = zeroRefCurVal / OriginalRange; // normalize to 0 - 1 float

// Check for originalMin > originalMax - the math for all other cases i.e. negative
numbers seems to work out fine
if (originalMin > originalMax ) {
    return 0;
}

if (invFlag == 0){
    rangedValue = (pow(normalizedCurVal, curve) * NewRange) + newBegin;
}
else // invert the ranges
{
    rangedValue = newBegin - (pow(normalizedCurVal, curve) * NewRange);
}

return rangedValue;
}

```

Приложение В – принципиальная схема

