

## Содержание

I.	Введение.....	3
II.	Основная часть.....	6
III.	Заключение.....	14
IV.	Список источников информации по проекту.....	15
V.	Приложение.....	16

## I. Введение

Не секрет, что одним из самых распространенных страхов в квартире является протечка, будь то трубы, стиральная машинка или раковина. Борьба с этой проблемой приходится абсолютно всем, независимо от их социального положения и статуса, а постоянный контроль за каждым уголком в доме не каждому под силу, к тому же это отнимает много сил и драгоценного времени. Данная работа посвящена поиску альтернативного решения, которое поможет сэкономить силы и время. Конечным продуктом проекта является универсальное устройство, сигнализирующее о протечке воды, кроме того в работе предлагаются дополнительные варианты предупреждения подобного кризиса. В процессе выполнения работы проанализированы не только школьные учебники по физике, но и узконаправленные радиотехнические справочники, задействованы ресурсы глобальной сети Интернет, проводится исследование транзисторов КТ315.

Основная проблема проекта – вода является диэлектриком, и только при наличии примесей становится проводником, однако, ее сопротивление остается довольно большим. Вторая проблема самостоятельного изготовления подобного датчика - отсутствие простой схемы, которую может сделать любитель, все предлагаемые варианты (Приложение 2) являются также и довольно дорогостоящими.

**Гипотеза** – наличие примесей в водопроводной воде делает ее достаточным проводником электрического тока, что позволит использовать ее как элемент электрической цепи (устройства сигнализации о протечке воды) с использованием транзисторов для усиления тока.

**Причина**, по которой был выбран данный проект – интерес к радиотехнике и физике в целом. Работа является актуальной в реалиях современного быта (несовершенство водопроводной системы и проводимых монтажных работ, а также отсутствие доступных датчиков).

**Новизна** заключается в отсутствии подобных бюджетных устройств на рынке устройств по предотвращению и предупреждению протечки воды.

**Цель проекта** – разработать на основе биполярных транзисторов универсальное устройство, сигнализирующее о протечке воды и углубить знания в радиоэлектронике. В рамках данной цели выделены следующие **задачи**:

1. Анализ теоретических основ в области радиотехники и разработка схемы устройства с проведением исследования входящих элементов.
2. Подготовка необходимых материалов.

3. Изготовление прототипа устройства, его опробирование и исправление недочетов.
4. Создание готового устройства и рефлексия работы.

**Объект исследования** – электрическая проводимость воды.

**Предмет исследования** – усиление электрических сигналов и тока.

**Целевая аудитория:**

1. Собственники и ответственные за эксплуатацию жилищных объектов.
2. Рабочие на промышленных объектах, ответственные за безопасность и сохранность оборудования.
3. Преподаватели и обучающиеся, занятые изучением радиотехники.

### Этапы и методы работы над проектом

Этап	Основные задачи, решаемые на этапе	Метод	Содержание работы и деятельности	Предполагаемый результат
Подготовительный (сентябрь)	Проблема Цель Задачи План Сбор информации	Сравнение, анализ, обобщение, аналогия, дедукция, моделирование, классификация, системный, вероятностатистический.	1. Определение вида и темы проекта 2. Формулирование цели и задач	Тема Цель Задачи
Практический (октябрь-ноябрь)	Изготовление модели и проведение опытов	Наблюдение, сравнение, счёт, измерение, эксперимент.	1. Разработка требований к проекту 2. Проработка идей. 3. Анализ необходимых ресурсов. 4. Выполнение проекта. 5. Оформление	Идеи Требования к модели Необходимое оборудование Действующая модель Результаты опытов
Рефлексия (декабрь)	Самооценка	Сравнение, анализ, обобщение, классификация.	Определение объёма выполненных работ, достижений, трудностей в работе и что осталось невыполненным.	Отчёт о проделанной работе

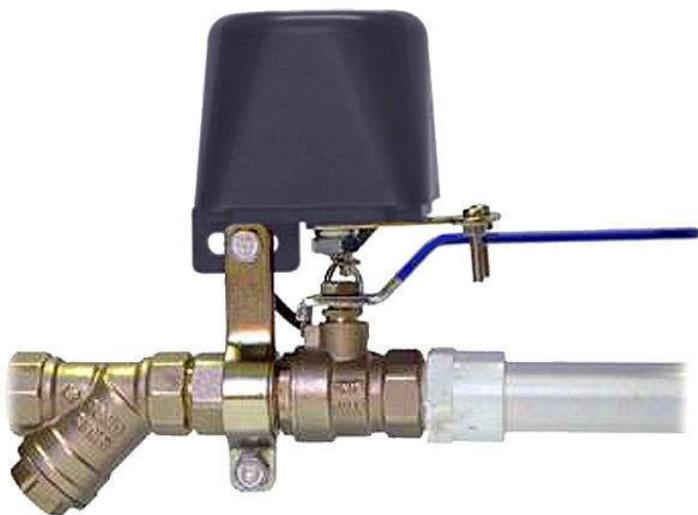
## Смета

1. Пьезоэлемент х1 – 11 руб.
2. Транзистор КТ315 х2 – 2 руб. (опт)
3. Монтажная плата х1 - б/у.
4. Гальванический элемент 3V х1 – 5 руб.

Итого: 18 руб.

## II. Основная часть

В мегаполисах ежедневно происходит до 1000 крупных аварий систем водоснабжения, водоотведения и отопления, а в квартирах и офисах 9 из 10 происшествий приходится именно на протечки воды. Поэтому среди инструментальных систем контроля окружающей среды центральное место занимают датчики протечки воды. Однако не все из них эффективны, поскольку одни – не слишком чувствительны, другие – плохо защищены от помех. По этой причине к установке систем контроля окружающей среды следует подходить основательно, тщательно анализируя и сравнивая



параметры различных датчиков протечки воды. Некоторые люди считают заботу о предотвращении потопа излишней, другие – вовсе не задумываются над этим, третьи – не уделяют внимания техническим характеристикам устанавливаемых систем контроля. Чем все это заканчивается? Как правило, это убытки, превышающие сумму в 300 000 рублей, если речь идет о квартирах. В других ситуациях сумма может быть гораздо выше.

А все из-за того, что водоснабжение не было своевременно заблокировано.

Действительно, современные системы контроля позволяют не только оповещать о протечках воды (включая СМС, интернет, речевые сообщения по сотовому телефону), но и самостоятельно их ликвидировать посредством перекрытия установленных электромагнитных клапанов. Однако, и цены за подобные системы достигают невиданных высот.

Создать подобный датчик было бы возможно лишь при условии наличия проводимости электрического тока водой. Однако, сама по себе вода ток не проводит. Соотношение нейтронов и электронов определяют заряд атома. Если число протонов больше, чем электронов, заряд положительный, если наоборот — отрицательный. Поскольку атомы стремятся к нейтральному заряду, они отдают или забирают электроны. При переходе электрона от отрицательно заряженного атома к атому с положительным зарядом образуется электрический ток. Другими словами, для существования электрического тока необходимо наличие свободных заряженных частиц.

Так как молекулы воды не имеют заряда, то и электричество они не проводят. Поэтому дистиллированная вода считается диэлектриком, то есть ток она не проводит. Однако такая вода встречается нечасто. Вся вода, которая течёт из-под крана, содержится в реках, озёрах и морях, — это минеральный

раствор той или иной концентрации. В ней содержатся как положительно (кальций, магний, натрий, железо), так и отрицательно (хлор, сульфат, карбонат) заряженные частицы, поэтому такая вода хорошо проводит ток, и тем лучше, чем больше концентрация минеральных солей.

**Гипотеза** – наличие примесей в водопроводной воде делает ее достаточным проводником электрического тока, что позволит использовать ее как элемент электрической цепи (устройства сигнализации о протечке воды) с использованием транзисторов для усиления тока.

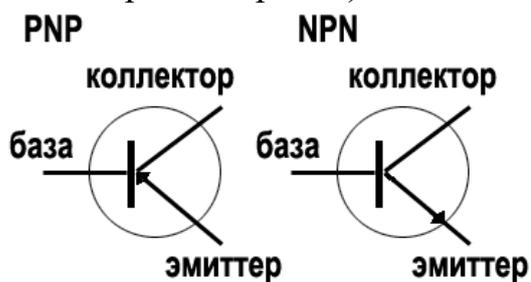
Для того чтобы подтвердить выдвинутую гипотезу было решено создать устройство, элементом которого станет вода, т.е. оно будет способно регистрировать протекание электрического тока через воду, одновременно являющееся сигнализацией о протечке воды.

Безусловно, схема собранного устройства на первый взгляд должна быть проста – достаточно соединить динамик с источником питания, а в качестве ключа использовать два контакта замыкающихся при попадании в воду. При этом, стоит учитывать, что несмотря на наличие в водопроводной воде примесей, она не является достаточным проводником, потому необходимо, чтобы был использован значительный источник питания, а это безусловно не безопасно и не подлежит даже лабораторной проверке. Но выход есть – транзистор. Он способен управлять током в выходной цепи, что позволяет использовать его для усиления, генерации, коммутации и преобразования электрических сигналов. Другими словами, транзисторы позволят применять небольшой гальванический элемент, вместо опасных и неудобных элементов.

**Транзисторы** — полупроводниковые приборы, предназначенные для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний. Наиболее распространены так называемые биполярные транзисторы.

Их основа — пластинка монокристаллического полупроводника (чаще всего кремния или германия), в которой с помощью особых технологических приемов созданы, как минимум, три области с разной электропроводностью: эмиттер, база и коллектор.

Электропроводность эмиттера и коллектора всегда одинаковая (р или n), базы — противоположная (n или p). Иными словами, биполярный транзистор (далее просто транзистор) содержит два р-n перехода: один из них соединяет базу с эмиттером (эмиттерный переход), другой — с коллектором (коллекторный переход).



Короткая черточка с линией-выводом от середины символизирует базу, две наклонные линии, проведенные к ней под углом  $60^\circ$ , — эмиттер и коллектор. Об электропроводности базы судят по символу эмиттера: если его стрелка направлена к базе, то это

означает, эмиттер имеет электропроводность типа р, а база — типа n; если же стрелка направлена в противоположную сторону, электропроводность эмиттера и базы — обратная (соответственно pnp).

Поскольку, как уже отмечалось, электропроводность коллектора та же, что и эмиттера, стрелку на символе коллектора не изображают. Знать электропроводность эмиттера, базы и коллектора необходимо для того, чтобы правильно подключить транзистор к источнику питания. В справочниках эту информацию приводят в виде структурной формулы.

Транзистор, база которого имеет проводимость типа  $n$ , обозначают формулой  $p-n-p$ , а транзистор с базой, имеющей электропроводность типа  $P$ , — формулой  $n-p-n$ . В первом случае на базу и коллектор следует подавать отрицательное (по отношению к эмиттеру) напряжение, во втором — положительное.

У выводов таких транзисторов, как правило, приводят условные номера, присвоенные выводам корпуса, в котором выполнена сборка. Без символа корпуса изображают на схемах и транзисторы аналоговых и цифровых микросхем.

Для работы транзистора на базу подают маленький ток, в последствии которого транзистор открывается и может пропустить более большой ток через эмиттер - коллектор, то есть подавая сравнительно маленький ток на базу мы можем управлять более большим током. Иными словами, прилагая лёгкое усилие поворачивая водопроводный кран, мы управляем мощным потоком воды. Транзистор может находиться в двух состояниях, он открыт - когда на базу подано напряжение (рабочее состояние транзистора) и закрыт, когда ток не течет на базу (состояние покоя транзистора).

По рабочей частоте часто всего используют низкочастотные и высокочастотные транзисторы. Низкочастотные транзисторы применяют для силовых цепей преобразователей напряжения, усилителей мощности в блоках питания и так далее. Низкочастотные транзисторы как правило бывают большей мощности. Высокочастотные транзисторы работающие на частотах в несколько гигагерц тоже применяются очень часто. В основном они нашли широкое применения в радиоприёмной и передающей аппаратуре, в усилителях высокой частоты и во многих других приборах. Такие транзисторы имеют сравнительно маленькую мощность, они незаменимы в области радиоприема и передачи.

**Коэффициентом усиления транзистора** по току, напряжению или мощности называют физическую величину, равную отношению изменения соответствующего параметра (тока, напряжения или мощности) в цепи коллектора и в цепи базы.

Если транзистор работает в ключевом режиме, то используют коэффициент усиления по току в режиме большого сигнала (чаще всего этот коэффициент обозначают буквой  $\alpha$ ). Это величина, равная отношению тока на коллекторе ( $I_k$ ) (он определяется нагрузкой) к минимальному току базы ( $I_B$ ):

**$\beta = I_k / I_B$ , при  $U_{к-э} = \text{const}$** , т.е. ток проходящий через коллектор многократно усиливается. Этим ключевым свойством и необходимо воспользоваться при изготовлении устройства.

Кроме того существуют разновидности, так коэффициентом усиления транзистора по току при рассмотрении схем с общей базой называют отношение силы тока коллектора ( $I_k$ ) к силе тока эмиттера ( $I_э$ ) при постоянном напряжении в переходе между эмиттером и коллектором. Чаще всего такой коэффициент усиления обозначают  $h_{21Б}$ . Тогда формула определяющая коэффициент усиления транзистора по току  $\alpha$ , имеет вид:

$$\alpha = I_k / I_э, \text{ при } U_{к-Б} = \text{const}$$

Этот коэффициент не может быть больше единицы.

Коэффициент усиления транзистора по току для схем с общим эмиттером можно определить при помощи выражения:

$$\beta = I_k / I_Б$$

где  $I_k$  — сила тока в коллекторе,  $I_Б$  — сила тока в базе. При этом напряжение на переходе коллектор эмиттер постоянно

Коэффициент усиления зависит не только от тока на входе, но и от температуры.

Коэффициентом усиления транзистора по напряжению ( $K_U$ ) называют величину, равную отношению напряжения на нагрузке ( $R$ ) в цепи коллектора ( $U_2$ ) к напряжения на входе ( $U_1$ ):

$$K_U = U_2 / U_1$$

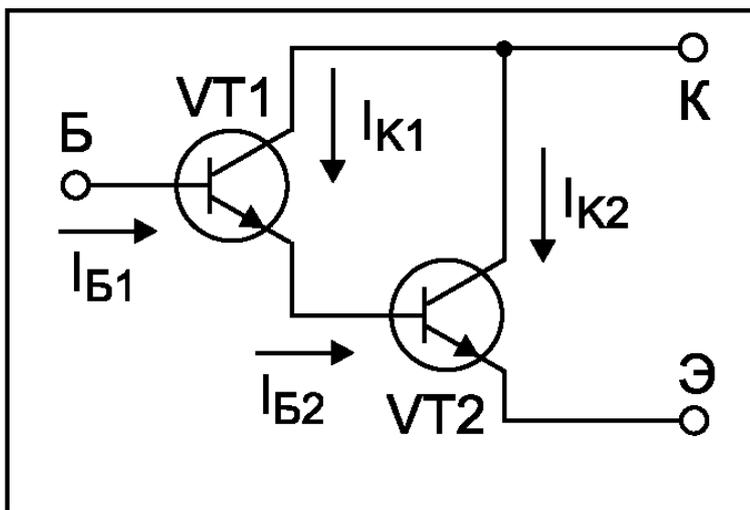
Коэффициент усиления для однотипных транзисторов может лежать в довольно большом диапазоне.  $K_U$  — зависит от свойств транзистора и от отношения сопротивлений нагрузки в цепях коллектора и эмиттера:

$$K_u = (I_k / I_e) * (R / R_e) = \alpha * (R / R_e)$$

Коэффициент усиления может быть величиной безразмерной. При решении задач следует обратить внимание на то, чтобы величины входных и выходных сигналов были выражены в одних единицах. Или коэффициент усиления может выражаться в логарифмических единицах — децибелах.

Получаем, что перед сборкой устройства необходимо произвести исследование выбранных транзисторов по коэффициенту усиления и току на входе и выходе. Было решено использовать одни из самых дешевых и распространенных

транзисторов, а именно КТ315. С помощью цифрового мультиметра с функцией измерения данного коэффициента, получаем  $\beta_1 = 19, \beta_2 = 12$ . Такие значения коэффициента очень малы, и действительно при использовании только одно из транзисторов прототип первоначального устройства не работал.



Было решено включить транзисторы по схеме Дарлингтона. Из прочитанной литературы стало известно, что  $\beta_{1+2} = \beta_1 * \beta_2$ . Таким образом, при включении тех же транзисторов коэффициент усиления будет равен  $\beta_{1+2} = 228$ . Однако, проверяя это утверждение прибор показал значение  $\beta_{1+2} = 870$ , а при замене транзисторов местами  $\beta_{1+2} = 734$ . Как выяснилось,  $\beta$  измеряется с постоянным базовым током равным 10мкА. Следовательно на приборе высвечивается численное значение пропорциональное току коллектора. В случае с проверяемыми транзисторами это 190мкА и 120мкА. Данные по эксперименту представлены ниже в таблице.

№ образца	Тип транзистора	$h_{21э}$ (измер.)	Ток коллектора, мА	Данные из справочника	
				$h_{21э}$	Режим измерений
I	КТ315Д	19	0,19	20—90	$I_K = 1 \text{ мА}$
II		12	0,12		$U_{КБ} = 10 \text{ В}$

Несоответствие результатов измерений объясняется разными значениями коллекторных токов в схеме. При измерении  $I_{Б1} = 10\text{мкА}$ , а ток  $I_{Б2} = 0,19\text{мА}$ . Для второго транзистора  $I_{К2} = 8,7\text{мА}$ , а реальный коэффициент усиления  $\frac{8,7}{0,19} = 46$ . Кроме того, в ходе исследования было выяснено, что при рабочих токах меньше 1..5мА значение коэффициента усиления резко падает и эффективность работы транзистора снижается, это продемонстрировано на графике 1.

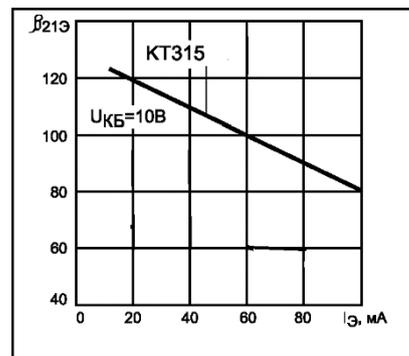
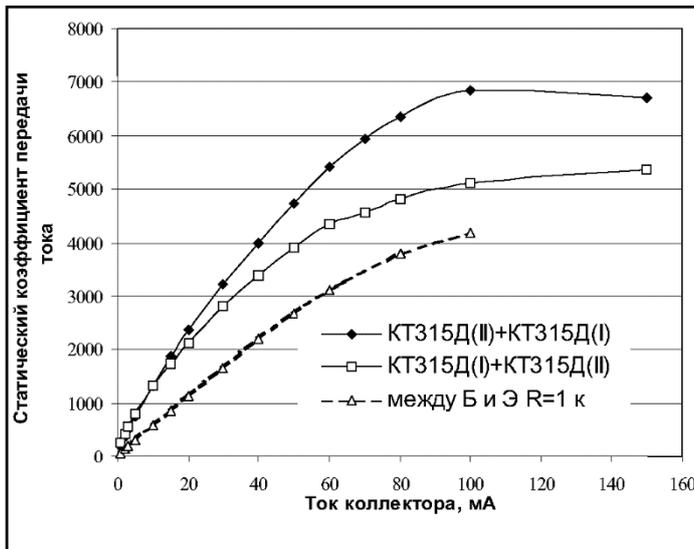


График 1



На графике 2 приведены изменения коэффициента усиления для различных типов подключения транзисторов. На основе полученных выводов было решено проводить первый тип соединения (II+I).

График 2

При подключении двух транзисторов КТ315 по схеме Дарлингтона для расчёта коэффициента усиления, также можно воспользоваться следующими формулами:

$$I_{\beta 1} = I_{\kappa 1} + I_{\beta 1} = (1 + \beta_1)I_{\beta 1}, \text{ т.к. } I_{\kappa 1} = \beta_1 I_{\beta 1}$$

$$I_{\beta 1} = I_{\beta 2}$$

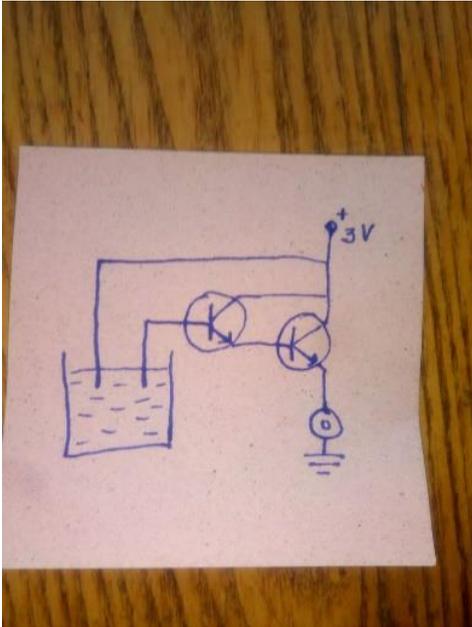
$$I_{\beta 2} = I_{\kappa 2} + I_{\beta 2} = (1 + \beta_2)I_{\beta 2} = (1 + \beta_1)(1 + \beta_2)I_{\beta 1}$$

В итоге мы получили  $I_{\beta 2} = I_{\kappa 2} + I_{\beta 2} = (1 + \beta_2)I_{\beta 2} = (1 + \beta_1)(1 + \beta_2)I_{\beta 1}$

Итак, нами было выбрано оптимальное подключение транзисторов (для получения максимального коэффициента усиления) по схема Дарлингтона.

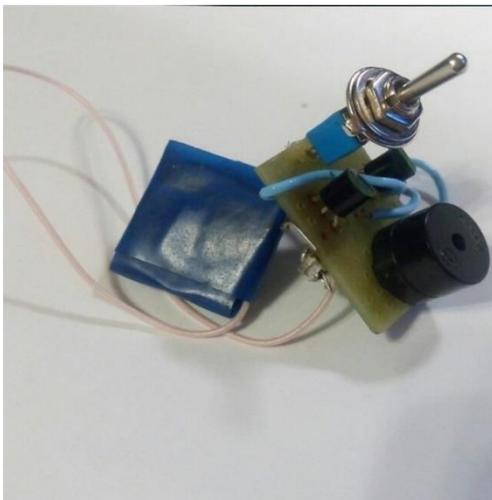
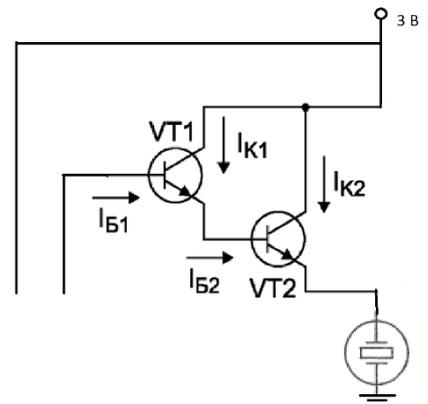
Еще одна проблема возникла и при выборе динамиков – они были слишком большие, потому и их пришлось заменить на пьезоэлементы.

**Пьезоизлучатели** - это электроакустические устройства, способные воспроизводить звук благодаря обратному пьезоэлектрическому эффекту. Обратный пьезоэлектрический эффект — возникновение механических деформаций под действием электрического поля. Приложенное к телу напряжение и вызывает его деформацию.



Разработав необходимую схему (слева ее первые наброски) и закупив радиодетали, необходимо на печатной плате по схеме начинаем паять все детали. При пайке обязательно придерживаемся техники безопасности (приложение №1), приходится учитывать, что излишнее нагревание транзисторов может вывести их из строя. Умение пользоваться паяльником, припоем и канифолью было получено ранее, при изготовлении предыдущего проекта «Электронный звонок». Схема устройства состоит из транзисторов, пьезоизлучателя и гальванического элемента.

При попадании воды на контакты - схема замыкается и ток, проходя через транзисторы-усилители, приобретает частоту, с которой пьезоизлучатель транслирует звук. Было решено добавить ключ - переключатель рабочего состояния с целью возможного хранения устройства без затраты заряда гальванического элемента.



Важным элементом конструкции является корпус, который должен быть водонепроницаемым. Было решено выполнить его в следующем исполнении.



***Рекомендации по использованию.*** Данная модель применяется в труднодоступных местах в жилых и промышленных помещениях с большим риском затопления. Подобная конструкция позволит поместить прибор в самые труднодоступные места, в том числе под стиральной машинкой, смесителем, батареями, холодильником, посудомоечной машиной и раковиной. Предусмотрен переключатель рабочего состояния с целью возможного хранения устройства без затраты заряда гальванического элемента. Расход электроэнергии минимален, поэтому проверку работоспособности устройства достаточно проводить раз в полгода.

### **III. Заключение**

Выполнение любой проектной работы ставит перед учениками не только изготовление продукта исследования, но и получение новых знаний в данной учебной области. Учебный материал, касающийся радиэлементов, в учебниках физики изложен скудно, по этой причине мне пришлось обратиться к авторам ВУЗовских учебников. Материал приходилось сравнивать и обобщать, выделяя главное и нужное.

Все поставленные в начале работы задачи выполнены, гипотеза подтверждена, в подтверждение тому изготовлено устройство.

В процессе написания данной работы мной была проделана большая работа по изучению принципа работы транзисторов и пьезоэлементов, научился составлять электрические схемы, правильно работать с паяльником. Я открыл для себя много нового и интересного из мира радиоэлектроники, выяснил огромную область применения пьезоэлементов и транзисторов. Исследовательская работа помогла мне по-новому взглянуть на электронные приборы и радиоэлектронику в целом.

Эта работа помогла мне понять, что не обязательно покупать электронные приборы, которые можно попробовать сделать самому и получить удовольствие от данного процесса. Я приобрел опыт в создании электронных устройств. Думаю, что полученные мной знания позволят мне избежать ошибок в следующей моей проектной деятельности.

Однако, эта исследовательская работа вызвала у меня и немало сложностей. До начала работы я затруднялся в создании принципиальных схем, отсутствовали навыки в работе с различными радиоэлементами. Большие трудности вызвало у меня правильное оформление исследовательской работы. Но по ходу выполнения данного проекта мне удалось исправить эти недоработки.

Исследование в корне изменило мое мнение о мире радиоэлектроники, представление о работе электронных предметов. Существует идея развития данной темы на предмет изучения проводимости других веществ и применение этих знаний в быту.

#### **IV. Список источников информации по проекту**

1. Ю. В. Буртаев, П. Н. Овсянников. Теоретические основы электротехники. М., ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1994.
2. В. А. Извозчиков, А. Д. Ревунов. Электронно-вычислительная техника на уроках физике в средней школе. М., Просвещение, 1988.
3. Дж., Э. Фишер., Х. Б. Гетланд. Электроника от теории к практике. М., ЭНЕРГИЯ, 1990.
4. Р. М. Терещук, К. М. Терещук, С. А. Седов. Полупроводниковые приёмно-усилительные устройства. К., НАУКОВА ДУМКА, 1987.
5. А. И. Кизлюк. Справочник по устройству и ремонту телефонных аппаратов зарубежного и отечественного производства. М., БИБЛИОН, 1997.
6. Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин «Электроника: учебник для вузов»
7. Айсберга Е. «Транзистор? Это очень просто!»
8. Чарльз Платт "Электроника для начинающих". М., Просвещение, 2015

## **V. Приложения**

### **Приложение №1**

#### **Техника безопасности**

1. При эксплуатации оборудования для пайки должны быть рассмотрены мероприятия против поражения током, выбросов расплавленных солей и металлов, против ожогов, действия излучения глаза и кожу человека.
2. Паяльник желательно использовать на напряжение питания 24 В, если нет такой возможности, то паяльник с питанием от сети 220 вольт нужно заземлить.
3. Перед использованием проверить целостность токоведущих элементов цепи (проводов, вилки).
4. Корпуса источников питания должны быть заземлены.
5. Номинальная сила тока плавких предохранителей не должна превышать указанного в электрической схеме.
6. Включив паяльник в сеть коснитесь его чувствительным индикатором - отверткой. Его свечение говорит о том, что на корпусе есть наводка электрической сети, для вас это может быть не опасно, а для чувствительных радиодеталей на полевых транзисторах может быть смертельно.
7. Желательно все работы по ремонту производить в нежилом помещении, и в отсутствии маленьких детей. Продукты паяния - пары свинца, флюса вредны для здоровья.
6. Будьте осторожны, внимательны при работе с паяльником, нагретым до 300 градусов - можно нанести ожоги не только себе окружающим!

### **Приложение №2**

