

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова» Колледж  
педагогического образования, информатики и права

ПЦК естественнонаучных дисциплин, математики и информатики

**Реферат**

на тему: Разработка индикатора уровня звука

Автор реферата: \_\_\_\_\_ Потылицин А.В.  
(подпись) (фамилия, инициалы)

Специальность: 09.02.01 – Компьютерные системы и комплексы

Курс: III

Группа: Т-31

Зачет/незачет: \_\_\_\_\_

Руководитель: \_\_\_\_\_ Когумбаева О. П.  
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИНДИКАТОР УРОВНЯ ЗВУКА И ПРИНЦИП ЕГО РАБОТЫ.....	4
2. ЗВУК И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	9
3. СХЕМА ИНДИКАТОРА УРОВНЯ ЗВУКА .....	15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	16
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	17

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современная молодежь очень сильно увлечена музыкой. Почти каждый прохожий подросток носит с собой наушники. Звучание во многом зависит от уровня сигнала на ее участках. Контролируя сигнал на переходных участках схемы, мы можем судить о работе различных функциональных блоков: коэффициенте усиления, вносимых искажениях и т.д. Так же бывают случаи, когда результирующий сигнал просто невозможно услышать. В тех случаях, когда невозможно контролировать сигнал на слух, применяются различного рода индикаторы уровня.

**Цель исследования:** Разработка индикатор уровня звука.

**Задачи исследования:**

1. Изучить характеристики индикатора уровня звука.
2. Описать принцип работы индикатора уровня звука.
3. Спроектировать индикатор уровня звука на базе LM3915.
4. Разработать устройство.
5. Провести анализ качества разработанного устройства.

## 1. ИНДИКАТОР УРОВНЯ ЗВУКА И ПРИНЦИП ЕГО РАБОТЫ

В бытовой электронике для индикации уровня сигнала используют всевозможные индикаторы уровня. Около 10 лет назад они чаще были стрелочными и устанавливались на проигрыватели аудиокассет, но сейчас используют светодиодные или газоразрядные индикаторы совместно со специализированными микросхемами.

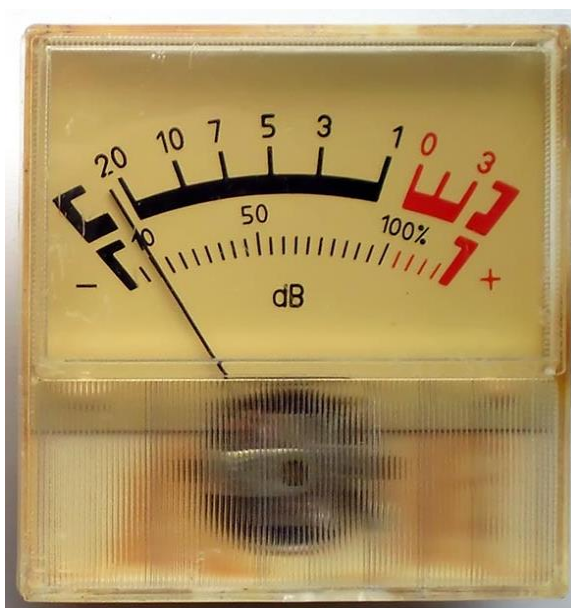


Рисунок 1.1 – Стрелочный индикатор уровня звука.

Индикатор уровня громкости звука – это прибор, который отображает звуковой сигнал, измеряемый в децибелах. Для отображения могут использоваться разнообразные стрелки, диоды, дисплеи и многое другое, в зависимости от идеи изобретателя.

Измерение уровня в децибелах означает сравнение данного измеряемого уровня с неким опорным «нулевым» уровнем, обозначенным как 0 дБ. Таким образом, обозначение «0 дБ» — это так называемый «относительный нулевой» уровень, указывающий лишь на то, что уровень данного сигнала точно равен некоему уровню, условно принятому для данной точки тракта в качестве опорного, номинального. Уровень, превышающий опорный, обозначается в децибелах со знаком «плюс»

(например, +3 дБ), а меньший опорного — в децибелах со знаком «минус» (например, −6 дБ).

В студиях вещания и звукозаписи принято использовать величину дБи. В этом случае измеряемое напряжение сравнивается с так называемым абсолютным нулевым уровнем. Это напряжение принимается равным 0,775 В. Эта немного неудобная для запоминания цифра пришла в студийную практику из тех областей звукотехники, где для оценки уровня сигнала важнее измерять не его напряжение, а электрическую мощность. И тогда можно было бы уровень оценивать в единицах дВт, сравнивая данную мощность с опорной, за которую принимается 1 мВт на сопротивлении 600 Ом. (Такое сопротивление характерно, например, для медной телефонной линии связи).

В области акустических измерений пользуются теми же децибелами, но уже для обозначения уровня звукового давления (SPL). В этом случае за опорную величину 0 дБ SPL принимается звуковое давление, равное  $2 \times 10^{-5}$  Па, то есть звук, соответствующий порогу слухового ощущения. А уровень мощности акустического сигнала, соответствующий этому порогу, измеряют в дБ PWL по отношению к опорной величине, равной 10–12 Вт.

Выделяют три типа измерителей уровня звука:

1. Измеритель средних значений (VU-meter, или «волюметр») — изначально аналоговый стрелочный прибор, динамические характеристики которого определяются инерционными параметрами стрелочного индикатора. Был разработан в 1939 году BellLabs, CBS и NBC для измерения и стандартизации уровней в телефонных линиях. В последнее время такие измерители часто делаются не со стрелочными индикаторами, а со светодиодными или иными световыми указателями. Постоянная времени измерительной схемы для этого типа измерителей уровня составляет 300 миллисекунд, что наиболее приближенно отражает субъективно воспринимаемую человеком громкость[9].

2. Измеритель действующих значений (RMS, среднеквадратичный) показывает величину напряжения, пропорциональную реальной долговременной мощности сигнала, его «тепловой эквивалент». Лучшие RMS-измерители построены с использованием термопреобразователей — исследуемое напряжение нагревает термоэлемент, по температуре которого и судят о величине напряжения. В связи с излишней инерционностью, применяют для измерения уровня шумов.

3. Пиковый измеритель (PPM):

- Точный пиковый измеритель (True PPM) — отражает точные пиковые значения уровня независимо от длительности звукового сигнала.

- Квазипиковый измеритель (QPPM) — показывает пиковые значения уровней сигнала, превышающие заданную длительность времени интеграции. Значения меньшей длительности, чем время интеграции будут отображаться с меньшим уровнем, чем при измерении True PPM. Квазипиковый измеритель должен иметь время интеграции 5 миллисекунд.

- Выборочный пиковый измеритель (SPPM) — измеритель для цифровой звукозаписи, который показывает значения выборки цифрового сигнала. Может иметь одновременно характеристики точного и квазипикового измерителя.

Время интеграции — это величина, характеризующая быстродействие измерителя. Определяется длительностью такой одиночной тональной посылки, при которой указатель индикатора доходит до отметки в  $-2$  дБ. Время возврата — это время, за которое указатель индикатора после отключения от его входа сигнала номинального уровня опускается до отметки в  $-20$  дБ. В отличие от квазипиковых, у VU-измерителей нет двух разных времен интеграции и возврата, а есть только одно, одинаковое для обоих направлений перемещения указателя, оно называется постоянной времени. В механических (стрелочных) приборах это время определяется конструктивными особенностями их подвижной системы [10].

С появлением светодиодных индикаторов появилась возможность совмещать VU или RMS и пиковые измерители на одной шкале. Также применение светодиодов позволило удерживать индикацию максимального значения «точкой», называемой PeakHold. Из-за достаточно большого времени её зависания (1—3 с) нет необходимости постоянно следить за индикатором.

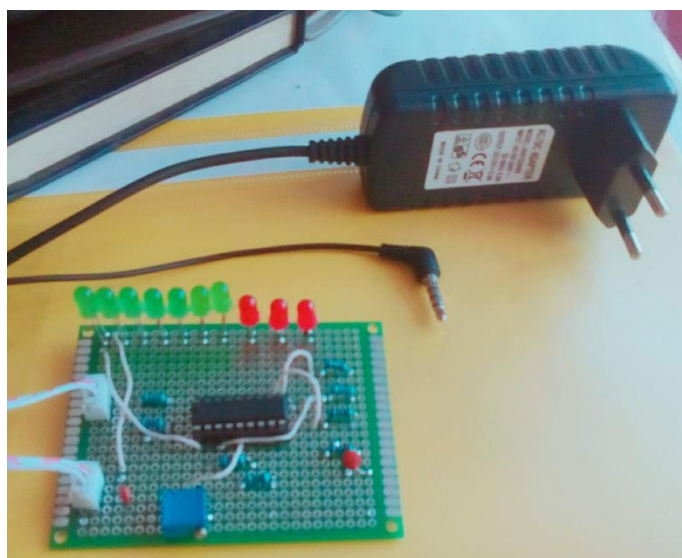


Рисунок 1.2. - Индикатор на плате.

Микросхема позволяет управлять шкалой из  $n$ -ого количества светодиодов, отображая на ней уровень звукового сигнала. Сигнал не обязательно должен быть звуковым.

Отличие от других микросхем (LM3914 и LM3916) у LM3915 заключается в том, что делитель рассчитан так, что включение каждого последующего светодиода происходит при увеличении напряжения входного сигнала в  $\sqrt{2}$  раз (на 3 дБ), что удобно для контроля мощности усилителя[11].

Принципиальная электрическая схема индикатора уровня звука состоит из двух конденсаторов, девяти резисторов и микросхемы, нагрузкой для которой служат десять светодиодов. Для удобства подключения питания и аудиосигнала её можно дополнить двумя разъёмами под пайку. Собрать такое простое устройство под силу любому, даже начинающему, радиолюбителю.

Типовое включение предусматривает питание от источника 12В, которое поступает на третий вывод LM3915. Оно же, через токоограничивающий резистор R2 и два фильтрующих конденсатора C1 и C2, идёт на светодиоды. Резисторы R1 и R8 служат для снижения яркости последних двух красных светодиодов и являются необязательными. 12В также приходит на переключатель, который управляет режимом работы ИМС через вывод 9. В разомкнутом состоянии схема работает в режиме «точка», т.е. происходит свечение одного светодиода, соответствующего входному сигналу. Замыкание переключателя переводит схему в режим «столбик», когда уровень входного сигнала пропорционален высоте светящегося столбца[12].

Резистивный делитель, собранный на R3, R4 и R7 ограничивает уровень входного сигнала. Более точная настройка осуществляется многооборотным подстроечным резистором R4. Резистор R9 задаёт смещение для верхнего уровня (вывод 6), точное значение которого определяется сопротивлением R6. Нижний уровень (вывод 4) присоединяется к общему проводу. Резистор R5 (вывод 7,8) увеличивает величину опорного напряжения и влияет на яркость светодиодов. Именно R5 задаёт ток через светодиоды и рассчитывается по формуле:  $R5 = 12,5 / I_{LED}$ , где  $I_{LED}$  – ток одного светодиода, А.

Индикатор уровня звука работает следующим образом. В момент, когда входной сигнал преодолит порог нижнего уровня плюс сопротивление на прямом входе первого компаратора, засветится первый светодиод (вывод 1). Дальнейшее нарастание звукового сигнала приведёт к поочерёднему срабатыванию компараторов, о чём даст знать соответствующий светодиод. Во избежание перегрева корпуса ИМС, не следует превышать ток LED более 20 мА[13].



## 2. ЗВУК И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Звук - это распространяющиеся в упругих средах - газах, жидкостях и твердых телах - механические колебания, воспринимаемые органами слуха.

Как и любая волна, звук характеризуется амплитудой и спектром частот. Обычный человек способен слышать звуковые колебания в диапазоне частот от 16-20 Гц до 15-20 кГц. Громкость звука сложным образом зависит от эффективного звукового давления, частоты и формы колебаний, а высота звука - не только от частоты, но и от величины звукового давления[1].

Среди слышимых звуков следует особо выделить фонетические, речевые звуки и фонемы (из которых состоит устная речь) и музыкальные звуки (из которых состоит музыка). Музыкальные звуки содержат не один, а несколько тонов, а иногда и шумовые компоненты в широком диапазоне частот.

- Высота звука - определяется частотой звуковой волны (или, периодом волны). Чем выше частота, тем выше звучание.

Высота звука измеряется в герцах (Гц, Hz) или килогерцах (КГц, KHz).  $1 \text{ Гц} = 1/\text{C}$ , то есть колебание в 1 Гц соответствует волне с периодом в 1 секунду.

Громкость - это уровень мощности, которая пропорциональна амплитуде звукового сигнала. Громкость определяют в дБ - относительно стандартного значения 1 мВт. Тогда шкала приобретает абсолютное значение.

- Громкость звука определяется амплитудой сигнала. Чем выше амплитуда звуковой волны, тем громче сигнал. Она измеряется в децибелах и обозначается дБ.

Уровни звукового давления, характерные для различных источников:

- Болевой порог - 130 дБ.
- Реактивный двигатель (в салоне самолета) - 80 дБ.
- Негромкий разговор - 70 дБ.
- Шорох в тихой комнате - 40 дБ.

- Шумы в студии звукозаписи - 30 дБ.
- Порог слышимости - 0 дБ.

### **Свойства звука и его характеристики**

**Основные физические характеристики звука** - частота и интенсивность колебаний. Они и влияют на слуховое восприятие людей[2].

Периодом колебания называется время, в течение которого совершается одно полное колебание. Можно привести в пример качающийся маятник, когда он из крайнего левого положения перемещается в крайнее правое и возвращается обратно в исходное положение.

**Частота колебаний** - это число полных колебаний (периодов) за одну секунду. Эту единицу называют герцем (Гц). Чем больше частота колебаний, тем более высокий звук мы слышим, то есть звук имеет более высокий тон. В соответствии с принятой системой единиц, 1000 Гц называется килogerцем (кГц), а 1.000.000 - мегагерцем (МГц).

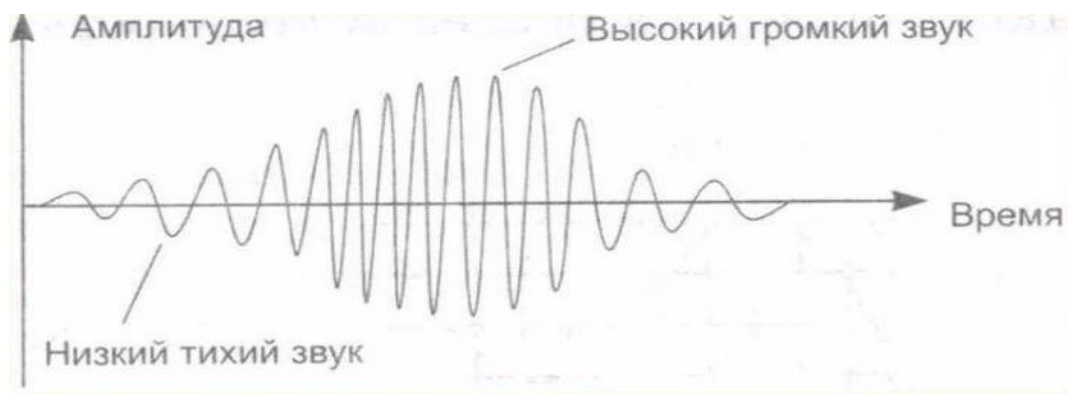


Рисунок 1.1. - Звуковая волна

**Распределение по частотам:** слышимые звуки - в пределах 15 Гц - 20 кГц, инфразвуки - ниже 15 Гц; ультразвуки - в пределах 1,510<sup>4</sup> - 10<sup>9</sup> Гц; гиперзвуки - в пределах 10<sup>9</sup> - 10<sup>13</sup> Гц.

Ухо человека наиболее чувствительно к звукам с частотой от 2000 до 5000 Гц. Наиболее острота слуха наблюдается в возрасте 15-20 лет. С возрастом слух ухудшается[3].

С периодом и частотой колебаний связано понятие о длине волны. Длиной звуковой волны называется расстояние между двумя последовательными сгущениями или разрежениями среды. На примере волн,

распространяющихся на поверхности воды, - это расстояние между двумя гребнями.

Звуки различаются также по тембру. Основной тон звука сопровождается второстепенными тонами, которые всегда выше по частоте (обертон). Тембр - это качественная характеристика звука. Чем больше обертонов накладывается на основной тон, тем "сочнее" звук в музыкальном отношении.

**Вторая основная характеристика** – амплитуда колебаний. Это наибольшее отклонение от положения равновесия при гармонических колебаниях. На примере с маятником – максимальное отклонение его в крайнее левое положение, либо в крайнее правое положение. Амплитуда колебаний определяет интенсивность(силу) звука[4].

Сила звука, или его интенсивность, определяется количеством акустической энергии, протекающей за одну секунду через площадь в один квадратный сантиметр. Следовательно, интенсивность акустических волн зависит от величины акустического давления, создаваемого источником в среде.

С интенсивностью звука в свою очередь связана громкость. Чем больше интенсивность звука, тем он громче. Однако эти понятия не равнозначны. Громкость – это мера силы слухового ощущения, вызываемого звуком. Звук одинаковой интенсивности может создавать у различных людей неодинаковое по своей громкости слуховое восприятие. Каждый человек обладает своим порогом слышимости.

Звуки очень большой интенсивности человек перестаёт слышать и воспринимает их как ощущение давления и даже боли. Такую силу звука называют порогом болевого ощущения[5].

### **Шум. Музыка. Речь.**

С точки зрения восприятия органами слуха звуков, их можно разделить в основном на три категории: шум, музыка и речь. Это разные области звуковых явлений, обладающие специфической для человека информацией.

**Шум** – это бессистемное сочетание большого количества звуков, то есть слияние всех этих звуков в один нестройный голос. Считается, что шум – это категория звуков, которая мешает человеку или раздражает.

Люди выдерживают лишь определённую дозу шума. Но если проходит час – другой, и шум не прекращается, то появляется напряжение, нервозность и даже боль.

Звуком можно убить человека. В средние века существовала даже такая казнь, когда человека сажали под колокол и начинали в него бить. Постепенно колокольный звон убивал человека. Но это было в средние века. В наше время появились сверхзвуковые самолёты. Если такой самолёт пролетит над городом на высоте 1000-1500 метров, то в домах лопнут стёкла.

**Музыка** – это особое явление в мире звуков, но, в отличие от речи, она не передаёт точных смысловых или лингвистических значений. Эмоциональное насыщение и приятные музыкальные ассоциации начинаются в раннем детстве, когда у ребёнка ещё словесного общения. Ритмы и напевы связывают его с матерью, а пение и танцы являются элементом общения в играх. Роль музыки в жизни человека настолько велика, что в последние годы медицина приписывает ей целебные свойства[6].

С помощью музыки можно нормализовать биоритмы, обеспечить оптимальный уровень деятельности сердечнососудистой системы.

А ведь стоит лишь вспомнить, как солдаты идут в бой. Испокон веков песня была неизменным атрибутом солдатского марша.

**Речь** – важнейшее средство мышления и общения людей. Речь состоит из более или менее длительных шумов и тонов, составляющих группы. Овладение речью происходит ещё в младенческом возрасте, когда ребёнок ещё только слушает и пытается воспроизвести самые несложные и легко произносимые слова: «мама» и «папа»[7].

## **Законы распространения звука.**

К основным законам распространения звука относятся законы его отражения и преломления на границах различных сред, а также дифракция звука и его рассеяние при наличии препятствий и неоднородностей в среде и на границах раздела сред.

На дальность распространения звука оказывает влияние фактор поглощения звука, то есть необратимый переход энергии звуковой волны в другие виды энергии, в частности, в тепло. Важным фактором является также направленность излучения и скорость распространения звука, которая зависит от среды и её специфического состояния[8].

От источника звука акустические волны распространяются во все стороны. Если звуковая волна проходит через сравнительно небольшое отверстие, то она распространяется во все стороны, а не идёт направленным пучком. Например, уличные звуки, проникающие через открытую форточку в комнату, слышны во всех её точках, а не только против окна.

Характер распространения звуковых волн у препятствия зависит от соотношения между размерами препятствия и длиной волны. Если размеры препятствия малы по сравнению с длиной волны, то волна обтекает это препятствие, распространяясь во все стороны.

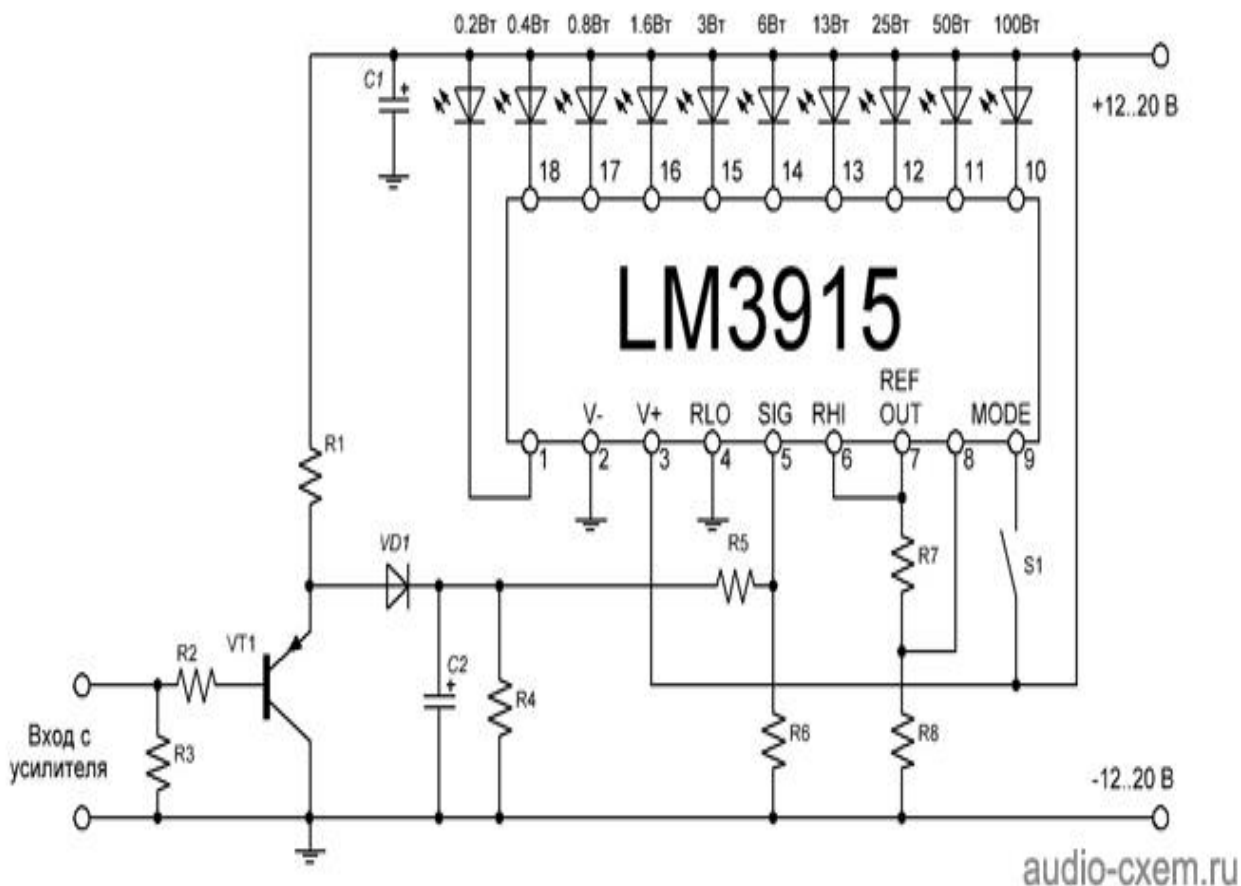
Звуковые волны, проникая из одной среды в другую, отклоняются от своего первоначального направления, то есть преломляются. Угол преломления может быть больше или меньше угла падения. Это зависит от того, из какой среды в какую проникает звук. Если скорость звука во второй среде больше, то угол преломления будет больше угла падения, и наоборот.

Встречая на своём пути препятствие, звуковые волны отражаются от него по строго определённом правилу – угол отражения равен углу падения – с этим связано понятие эха. Если звук отражается от нескольких поверхностей, находящихся на разных расстояниях, возникает многократное эхо.

Звук распространяется в виде расходящейся сферической волны, которая заполняет всё больший объём. С увеличением расстояния, колебания частиц среды ослабевают, и звук рассеивается. Известно, что для увеличения дальности передачи звук необходимо концентрировать в заданном направлении. Когда мы хотим, например, чтобы нас услышали, мы прикладываем ладони ко рту или пользуемся рупором.

Большое влияние на дальность распространения звука оказывает дифракция, то есть искривление звуковых лучей. Чем разнороднее среда, тем больше искривляется звуковой луч и, соответственно, тем меньше дальность распространения звука.

### 3. СХЕМА ИНДИКАТОРА УРОВНЯ ЗВУКА



Плюсы этой схемы: не большие размеры, лёгкая сборка, большое количество выходов для светодиодов, но можно попробовать упростить ее, не используя ключа и просто замкнув схему.

Резистор — пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым или переменным значением электрического сопротивления, предназначенный для линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока, ограничения тока, поглощения электрической энергии и др. Весьма широко используемый компонент практически всех электрических и электронных устройств.

Светодиод — полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Изучена предметная область, дано определение индикатора уровня звука.
2. Рассмотрены возможные технологии используемые при разработке индикатора уровня звука.
3. Рассмотрена основная схема устройства.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хорбенко Иван Григорьевич "За пределами слышимого" 2-е издание 1986г.
2. Клюкин Игорь Иванович "Удивительный мир звука" 2-е издание, 1986 г.
3. Кошкин Н. И., Ширкевич М.Г. "Справочник по элементарной физике" 10-е изд, 1988 г.
4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Измеритель\\_уровня\\_звука](https://ru.wikipedia.org/wiki/Измеритель_уровня_звука) (дата обращения: 26.09.17)
5. Г.В Мылов. Печатные платы. Выбор базовых материалов. 2015 г.
6. Брусницына Л.А., Степановских Е.И. Технология изготовления печатных плат. Учебное пособие. 2015 г.
7. Арестов К. А. Основы электроники/К. А. Арестов, Б. С. Яковенко. 1988.
8. Журнал «Радиомастер»: №6/2001., №1/2002г., №11/2000г.
9. А. И. Левак. Самодельные наглядные пособия по радиотехнике: материал технической информации. - М. : Просвещение, 1966.
10. Малов. Н.Н. Курс электротехники и радиотехник: учебное пособие: для пед. ин-тов / - М.: Госфизмат, 1959. - 424 с.