**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | |  | | ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ: | | | | | | | | | |
| **Факультет** | | И | | Заведующий кафедрой | | | | |  | | И4 | | |
|  | |  | |  | | | | |  | | шифр кафедры | | |
| **Выпускающая кафедра** | | И4 | | Страхов С.Ю. | | |  |  | | | | | |
|  | |  | | Фамилия И.О. | | |  | подпись | | | | | | |
| **Группа** | | И443 | | «\_\_\_\_\_» | |  | | | | | | 2018 г. | |
|  |  | |  | |  | |  | | | | |  | | |

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

|  |  |
| --- | --- |
| Замятиной Екатерины Владимировны | |
| Фамилия, имя, отчество обучающегося | |
| **На тему** | Передающий модуль импульсного ультразвукового измерителя |
| дальности | |
|  | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Направление подготовки** | 11.03.01 |  | Радиотехника |
|  | индекс направления |  | полное наименование направления |
|  | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Консультант:** | | | | |  | | | |  | **Руководитель:** | | |  | | | | | | |
| при необходимости | | | | | подпись | | | |  |  | | | подпись | | | | | | |
|  | | |  | |  | | | |  | к.т.н. | | | | |  | | Аникин С.Н. | | |
| ученая степень, ученое звание | | | | | Фамилия ИО | | | |  | ученая степень, ученое звание | | | | | | Фамилия ИО | | | |
| « » |  |  | | | | |  | 201\_\_г. |  | « » |  |  | | | | | |  | 2018 г. |
|  | | | | | |  | | |  | **Обучающийся:** | | | |  | | | | | |
|  | | | |  | |  | | |  |  | | | | |  | | Замятина Е.В. | | |
|  | | | | | |  | | |  | подпись | | | | |  | | Фамилия ИО | | |
|  |  |  | | | | |  |  |  | « » |  |  | | | | | |  | 2018 г. |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018 г.

**РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа содержит 55 страниц, 25 иллюстраций, 6 таблиц, 25 формул и 1 приложение.

В первом разделе рассмотрены методы измерения дальности до цели, принцип работы дальномера и особенности распространения ультразвука, а также был выполнен обзор рынка дальномеров.

Во втором разделе приведены примеры построения ультразвуковых систем измерения дальности, разработаны структура передающей части дальномера и ее принципиальная схема и произведён расчёт надёжности и потребляемой мощности.

ОГЛАВЛЕНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc517050562)

[**1.ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ** 5](#_Toc517050563)

[1.1. Методы измерения дальности 5](#_Toc517050564)

[1.1.1 Импульсный метод 5](#_Toc517050565)

[1.1.2 Частотный метод 8](#_Toc517050566)

[1.1.3 Фазовый метод 9](#_Toc517050567)

[1.2 Особенности распространения ультразвука 14](#_Toc517050568)

[1.3 Описание схемы и принцип работы дальномера 17](#_Toc517050569)

[1.4 Дальномеры, представленные на рынке 19](#_Toc517050570)

[**2.ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ ИМПУЛЬСНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ДАЛЬНОСТИ** 25](#_Toc517050571)

[2.1 Разработка структуры передающего модуля дальномера 26](#_Toc517050572)

[2.2. Выбор элементной базы и разработка электрической принципиальной схемы передающего модуля 35](#_Toc517050573)

[2.3. Расчетная часть 44](#_Toc517050574)

[2.3.1 Расчёт надёжности 44](#_Toc517050575)

[2.3.2 Расчёт потребляемой мощности 46](#_Toc517050576)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 49](#_Toc517050577)

[БИБЛИОГРАФИЯ 50](#_Toc517050578)

[ПРИЛОЖЕНИЕ 1. КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ 53](#_Toc517050579)

# ВВЕДЕНИЕ

Задача измерения расстояний до предметов часто возникает в большом количестве областей как в повседневной жизни, так и в специализированных отраслях и профессиях. Цель создания проектируемого модуля в разработке бюджетного измерительного устройства, которое не будет уступать своим аналогам в сегменте данных приборов. Причина, по которой был выбран ультразвук как способ измерения расстояния – его широкий спектр практического применения, низкая стоимость конечного устройства и высокая точность.

Целью моей выпускной квалификационной работы является проектирование передающего модуля ультразвукового устройства измерения расстояния [1].

**1.ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

* 1. Методы измерения дальности

Рассмотрим методы измерения дальности до объектов на примере распространения радиоволн в окружающем пространстве. В радиолокации существуют несколько принятых систем координат. В зависимости от выбора системы координат, ставят задачи об определении тех или иных параметров цели. Например, в земной сферической системе координат параметрами движения являются азимут, угол места, и дальность цели. Под дальностью цели понимают расстояние от дальномера до самой цели. На сегодняшний день используют три метода измерения дальности: импульсный, частотный и фазовый. В основе всех трех методов лежат явления, обусловленные конечной скоростью распространения радиоволн в пространстве.

* + 1. Импульсный метод

Этот метод измерения дальности основан на непосредственном измерении интервала времени между излучением и приемом радиоимпульса с помощью специального измерителя. Антенна посылает радиоимпульсов сторону цели, а также принимает отраженный от нее сигнал. Так как скорость распространения сверхвысокочастотного (СВЧ) сигнала, в виде которого распространяется радиоимпульс, намного больше скорости цели, то при таком допущении цель можно считать неподвижной. Сигнал, испущенный антенной радиолокационной станции (РЛС) вернется на нее в отраженном виде через время 2t, считая, что t– это время, потраченное сигналом на проход в одну сторону. СВЧ сигналы распространяются с постоянной скоростью – скоростью света , поэтому дальность  в зависимости от времени запаздывания :

(1)

Для постоянного определения дальности цели РЛС должна испускать периодическую последовательность импульсов. Импульсную работу РЛС определяет система синхронизации (рисунок 1).

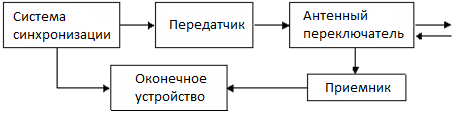


Рисунок 1– Структура импульсного дальномера

Она формирует видеоимпульсы через постоянные промежутки времени. Эти промежутки времени называют периодом повторения импульса. Передатчик включается, получив очередной импульс от системы синхронизации и формирует сигнал требуемой мощности, амплитуды и частоты во время длительности импульса. На протяжении времени длительности импульса антенный переключатель направляет излучаемый сигнал на антенну. Отраженные от цели сигналы через антенну посту­пают в приемник, где усиливаются до необходимой величины и преобразуются в видеоимпульсы. Приемник выделяет огибающую принятого сигнала и передает на оконечное устройство.

Достоинства импульсного метода измерения дальности:

* возможность применения РЛС с одной антенной;
* простое индикаторное устройство;
* удобное измерение дальности нескольких целей;
* простота излучаемых импульсов

Недостатки:

* необходимость применения передатчика с большой импульсной мощностью;
* отсутствие возможности измерения малых дальностей;
* большая мертвая зона

Причины недостатков лежат в основных показателях импульсного метода измерения дальности:

1. Минимальная дальность действия:

, (2)

где - время, затрачиваемое на переключение антенны.

Действительно, пока антенна излучает, система не может принимать сигнал.

1. Предел однозначного отсчета дальности:

(3)

где – период излучения.

Действительно, система “ждет” отраженного сигнала только до наступления момента излучения нового сигнала.

1. Потенциальная разрешающая способность по дальности:

(4)

Действительно, чтобы был скачок напряжения, соответствующий сигналу, отраженному от цели, сначала должен быть спад напряжения [5].

* + 1. Частотный метод

Определение дальности до цели при исполь­зовании частотной модуляции (ЧМ) основано на измерении приращения частоты передатчика за время распространения сигнала до цели и обратно. Если предположить, что частота передатчика может изменяться по линейному закону, то изменение частоты отраженного сигнала будет запаздывать на время 2D/c. В ре­зультате смешения этих колебаний образуются биения, огибающая которых является, чисто гармоническим коле­банием. Часто используемые виды периодичес­кой модуляции частоты: симметричный и несимметричный пилообразные законы синусои­дальный закон.

Модулятор формирует модуляцию частоты, вырабатываемой генератором СВЧ (рисунок 2). После чего сигнал поступает на передающую антенну. Так как сигнал непрерывный, то требуется еще и отдельная принимающая антенна. На приемник поступают прямой и отраженный сигналы, из которых на смесителе выделяется их разностная частота, значение которой после фильтровки передается на систему индикации.

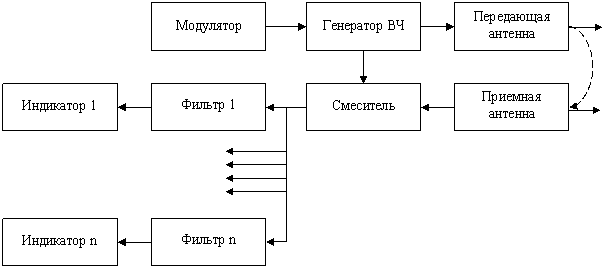


Рисунок 2 – Структура частотного дальномера

Достоинства:

* позволяет измерять очень малые дальности;
* используется маломощный передатчик;

Недостатки:

* необходимо использование двух антенн;
* ухудшение чувствительности приемника;
* высокие требования к линейности изменения частоты [6].
  + 1. Фазовый метод

Данный метод измерения дальности основан на измерении разности фаз излученных и принятых радиосигналов.

Генератор высокой частоты (ВЧ) создает колебания, которые через передающую антенну излучаются во внешнее пространство (рисунок 3). На приемную антенну поступает отраженный сигнал. Принятый сигнал усиливается и его фаза вместе с фазой первоначального сигнала, детектируемой на фазовом детекторе, поступает на измеритель выходного напряжения, т.е. на измеритель выходного напряжения придет сигнал с разностной фазой. Большой недостаток в том, что здесь неизвестен фазовый сдвиг отраженного сигнала, который может меняться как угодно, причем существенным способом. Диапазон однозначного измерения дальности:

  (5)

где – длина волны излучения.

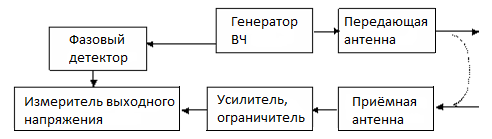


Рисунок 3– Структура фазового измерителя дальности

Указанные недостатки простейшего фазового дальномера устраняются при использовании более сложных схем, в которых применяется не менее двух частот. Ниже представлена структура такого дальномера (рисунок 4).

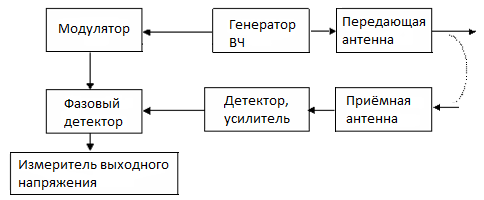


Рисунок 4– Структура фазового дальномера c модулятором

Модулятор создает синусоидальное напряжение модулирующее по амплитуде колебания генератора ВЧ. Модулированные колебания излучаются в пространство. Принятые сигналы после усиления детектируются, и выделяется их огибающая, фаза которой сравнивается с фазой колебаний модулятора. Разность фаз низкочастотных колебаний позволяет определить дальность цели.

Достоинства фазового метода измерения дальности:

* маломощное излучение, так как генерируются незатухающие колебания;
* точность не зависит от доплеровского сдвига частоты отражения;
* достаточно простое устройство.

Недостатки:

* отсутствие разрешения по дальности;
* ухудшение чувствительности приемника.

Другой вариант двухчастотного фазового дальномера приведен на рисунке 5. Включается два генератора высокочастотных колебаний и два приемника. Колебания обоих генераторов подводятся к передающей антенне, а также к первому смесителю, с выхода приемников два сигнала воздействуют на второй смеситель.

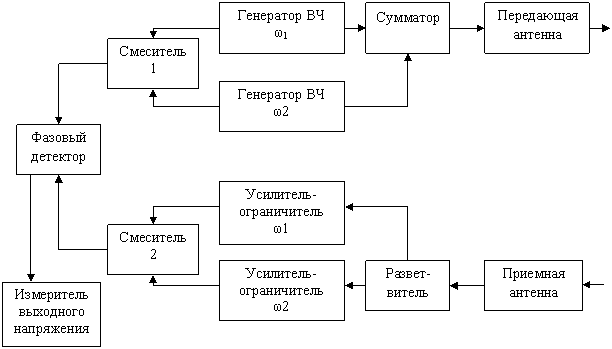


Рисунок 5– Структура двухчастотного фазового измерителя дальности

Пусть напряжение генераторов:

(6)

и

(7)

На выходе первого смесителя получим колебания первой разностной частоты

(8)

Если не учитывать фазовых сдвигов в цепях РЛС, то оба принятых сигнала могут быть записаны как

(9)

и напряжение второй разностной частоты на выходе второго смесителя

(10)

При условии, что излучаемые частоты мало отличаются друг от друга , фазовые сдвиги при отражении от цели на обеих частотах можно считать одинаковыми, т. е. .

Измерение фазового сдвига  позволяет определить дальность целипо формуле

(11)

Из формулы (11) можно сделать вывод, что в рассмотренном дальномере может быть обеспечен большой диапазон однозначного измерения дальности (разность является малой величиной), а также исключается влияние на результат измерений фазового сдвига  Такому дальномеру присущи перечисленные выше достоинства и недостатки, свойственные всем РЛС с непрерывным излучением [7].

* 1. Особенности распространения ультразвука

Ультразвук –упругие колебания и волны с частотами приблизительно от 15–20 кГц и до 1 ГГц. Область частот от  до  Гц принято называть [гиперзвуком](http://bse.sci-lib.com/article010541.html). Область частот ультразвук можно подразделить на три подобласти: ультразвук низких частот (1,5× – Гц), ультразвук средних частот (  –   Гц) и область высоких частот ультразвука ( –  Гц). Каждая из этих подобластей характеризуется своими специфическими особенностями генерации, приёма, распространения и применения.

*Физические свойства и особенности распространения ультразвука*

По своей физической природе ультразвук представляет собой [упругие волны](http://bse.sci-lib.com/article114322.html) и в этом он не отличается от звука. Частотная граница между звуковыми и ультразвуковыми волнами поэтому условна. Ультразвук в газах и, в частности, в воздухе распространяется с большим затуханием. Жидкости и твёрдые тела представляют собой, как правило, хорошие проводники ультразвука, затухание в которых значительно меньше. Так, например, в воде затухание ультразвука при прочих равных условиях приблизительно в 1000 раз меньше, чем в воздухе.

Следующая важная особенность ультразвука, — возможность получения большой интенсивности даже при сравнительно небольших амплитудах колебаний. Ультразвуковые волны большой интенсивности сопровождаются рядом эффектов, которые могут быть описаны лишь законами [нелинейной акустики](http://bse.sci-lib.com/article080977.html). Так, распространению ультразвуковых волн в газах и в жидкостях сопутствует движение среды, которое называют акустическим течением. Скорость акустического течения зависит от вязкости среды, интенсивности ультразвука и его частоты; вообще говоря, она мала и составляет доли процентов от скорости ультразвука.

К числу важных нелинейных явлений, возникающих при распространении интенсивного ультразвука в жидкостях, относится акустическая [кавитация](http://bse.sci-lib.com/article057373.html)– рост в ультразвуковом поле пузырьков из имеющихся зародышей газа или пара в жидкостях до размеров в доли миллиметров, которые начинают пульсировать с частотой ультразвука и захлопываются в положительной фазе давления. Явления в кавитационном поле приводят к ряду как полезных, так и вредных явлений. Частоты, при которых используется ультразвуковая кавитация в технологических целях, лежат в области ультразвука низких частот. Интенсивность, соответствующая порогу кавитации, зависит от рода жидкости, частоты звука, температуры и другого.

*Генерация ультразвука*

Для генерирования ультразвуковых колебаний применяют разнообразные устройства, которые могут быть разбиты на две основные группы – механические, в которых источником ультразвука является механическая энергия потока газа или жидкости, и электромеханические, в которых ультразвуковая энергия получается преобразованием электрической. Механические излучатели ультразвука – воздушные и жидкостные [свистки](http://bse.sci-lib.com/article100325.html) и [сирены](http://bse.sci-lib.com/article102571.html) – отличаются сравнительной простотой устройства и эксплуатации, не требуют дорогостоящей электрической энергии высокой частоты, КПД их составляет 10—20%. Основной недостаток всех механических ультразвуковых излучателей – сравнительно широкий спектр излучаемых частот и нестабильность частоты и амплитуды, что не позволяет их использовать для контрольно-измерительных целей; они применяются главным образом в промышленной ультразвуковой технологии и частично – как средства сигнализации.

Основной метод излучения ультразвука — преобразование тем или иным способом электрических колебаний в колебания механические. Магнитострикционные излучатели представляют собой сердечник стержневой или кольцевой формы с обмоткой, по которой протекает переменный ток, а пьезоэлектрические — пластинку или стержень из пьезоэлектрического материала с металлическими электродами, к которым прикладывается переменное электрическое напряжение. В диапазоне ультразвука низких частот широкое распространение получили составные пьезоизлучатели, в которых пьезокерамическая пластинка зажимается между металлическими блоками. Как правило, для увеличения амплитуды колебаний и излучаемой в среду мощности применяются колебания магнитострикционных и пьезоэлектрических элементов на их собственной резонансной частоте.

*Приём и обнаружение ультразвука*

Вследствие обратимости пьезоэффекта он широко применяется и для приёма ультразвука. Изучение ультразвукового поля может производиться и оптическими методами: ультразвук, распространяясь в какой-либо среде, вызывает изменение её оптического показателя преломления, благодаря чему его можно визуализировать, если среда прозрачна для света. Смежная область акустики и оптики (акустооптика) получила большое развитие, в особенности после появления газовых лазеров непрерывного действия.

*Применение ультразвука в технике*

Во многих технических задачах осуществляется контроль за протеканием того или иного процесса. Используя явление отражения ультразвука на границе различных сред, конструируют ультразвуковые приборы для измерения размеров изделий для определения уровня жидкости в больших, недоступных для прямого измерения ёмкостях. Ультразвук сравнительно малой интенсивности широко используется для целей неразрушающего контроля изделий из твёрдых материалов [4].

* 1. Описание схемы и принцип работы дальномера

Под локацией понимают совокупность методов обнаружения, измерения координат, а также распознавания формы удалённых объектов с помощью использования акустических волн и электромагнитных волн. Сегодня очень часто используются измерители дальности с использованием ультразвуковых волн. Они являются одним из-под видов ультразвуковых воздушных преобразователей, которые давно и широко применяются для бесконтактного определения присутствия, в системах определения сближения, системах предупреждения столкновений на транспорте.

Эхо-локация – способ, при помощи которого положение объекта определяется по времени задержки возвращений отражённой волны. Если волны являются звуковыми, то это звуколокация, если радио – радиолокация.

Животные используют эхо-локацию для ориентации в пространстве и для определения местоположения объектов вокруг, в основном при помощи высокочастотных звуковых сигналов. Наиболее развита у летучих мышей и дельфинов. Происхождение эхо-локации у животных остаётся неясным. Скорее всего, она возникла как замена зрению у тех, кто обитает в темноте пещер или глубин океана. Данный способ ориентации в пространстве позволяет животным обнаруживать объекты, распознавать их и даже охотиться в условиях полного отсутствия света.

Первые эхолокационные системы направляли сигнал в определённую точку пространства и по задержке ответа определяли её удалённость по известной скорости перемещения данного сигнала в данной среде, а также способности препятствия, до которого измеряется расстояние, отражать данныйвид сигнала. Обследование участка дна, таким образом при помощи звука, занимало значительное время. Сейчас используются различные технические решения с одновременным использованием сигналов различной частоты, которые позволяют существенно ускорить процесс эхо-локации.

На принципе эхо-локации строится работа ультразвуковых дальномеров (рисунок 6): генератор (1) вырабатывает колебание определенной частоты, возбуждающее излучающий элемент (2), который посылает в свободное пространство зондирующий сигнал (3). Одновременно с этим начинается отсчет времени. Зондирующий сигнал отражается от объекта (4). Отраженный сигнал (5) принимается чувствительным элементом (6) и поступает в блок обработки сигнала (7). После приема отраженного импульса электронная система измеряет время, за которое он возвратился, и вычисляет дистанцию до цели на основе известной скорости распространения звука в среде.



Рисунок 6 – Принцип эхо-локации

* Достоинства:
* сравнительная простота излучения и приема колебаний;
* компактность приемоизлучающих элементов аппаратуры;
* высокая устойчивость к шумовому, химическому и оптическому загрязнению окружающей среды;
* простота в использовании
* Применение:
* автомобильные парктроники,
* переключатели,
* охранные и противопожарные системы [8]
  1. Дальномеры, представленные на рынке

Имеющиеся на современном рынке микроэлектроники ультразвуковые преобразователи отличаются друг от друга конструктивно-технологическими вариантами, ценой и дальностью действия. Дальность действия у большинства ультразвуковых дальномеров до 30 м, но у каких-то моделей может достигать и 60м. Ниже я рассмотрю некоторые модели, имеющие спрос на рынке.

* От 0,3 до 15 метров:

1. Ультразвуковой дальномер KC-100B-1 (рисунок 7)

Производитель: [Kecheng](https://www.ecoguru.ru/products/kecheng/)

Цена: 760.00р

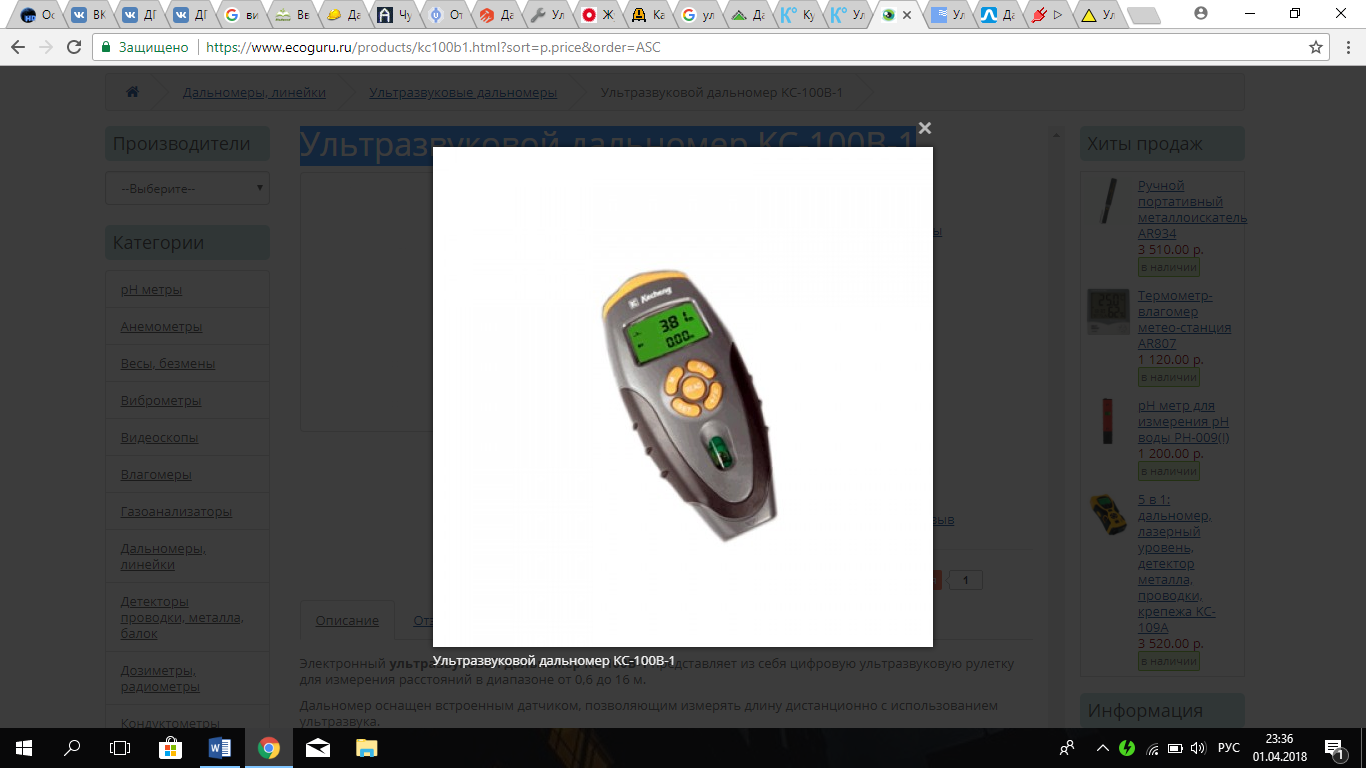


Рисунок 7– Дальномер ультразвуковой KC-100B-1

Электронный ультразвуковой дальномер KC-100B-1 представляет из себя цифровую ультразвуковую рулетку для измерения расстояний в диапазоне от 0,6 до 15 м. Дальномер оснащен встроенным датчиком, позволяющим измерять длину дистанционно с использованием ультразвука. Помимо измерения расстояния, ультразвуковая рулетка может измерять площадь и объем. Также прибор оснащен вычислительными функциями. Для обеспечения точности прицеливания на точку измерения в устройство встроен лазерный целеуказатель. Результаты измерений отображаются на дисплее, который имеет подсветку.

1. Дальномер ультразвуковой AR821 (рисунок 8)

Производитель: [SmartSensor](https://www.ecoguru.ru/products/smartsensor/)

Цена: 5040.00р.

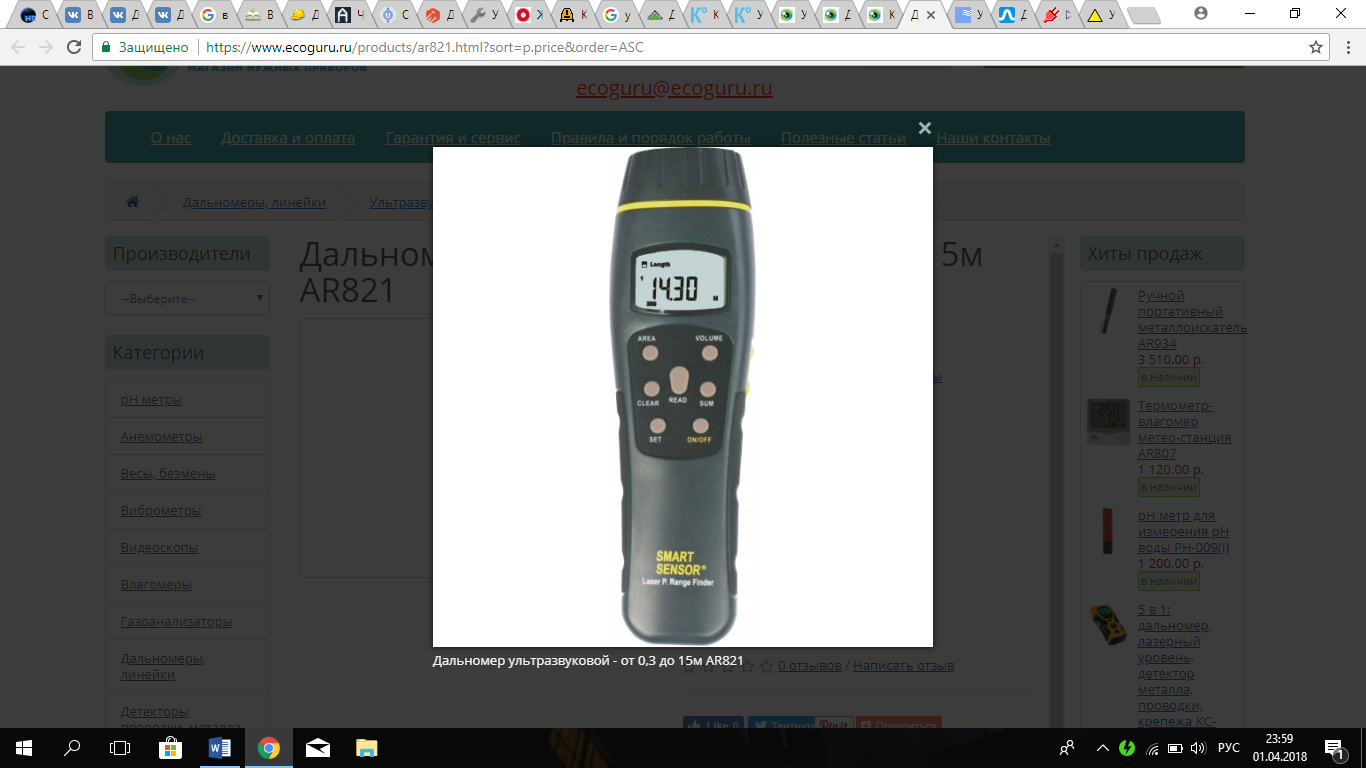


Рисунок 8– Ультразвуковой дальномер AR821

AR821предназначен для получения информации о расстоянии бесконтактным способом. Дальномер идеально подойдет для сбора данных в помещении и на открытых пространствах. Результаты операций выводятся на дисплей ультразвуковой линейки. Данный дальномер имеет погрешность – до ±25 см и дальность действия 0,3-16 м. Прибор оснащен функцией автоматической калибровки, а также выполнения авторасчетов площади и объема измеряемых объектов. Имеется лазерный указатель. Прибор оснащен звуковой сигнализацией и специальной функцией экономии энергии – автоотключением. Имеется подсветка экрана, размер которого составляет 35х23,5 мм. Габаритные размеры дальномера AR821 – 180x53x39мм, а вес 150г.

* От 0.3 до 30 метров

1. Дальномер ультразвуковой AR841 (рисунок 9)

Производитель: [SmartSensor](https://www.ecoguru.ru/products/smartsensor/)

Цена: 3030.00р.

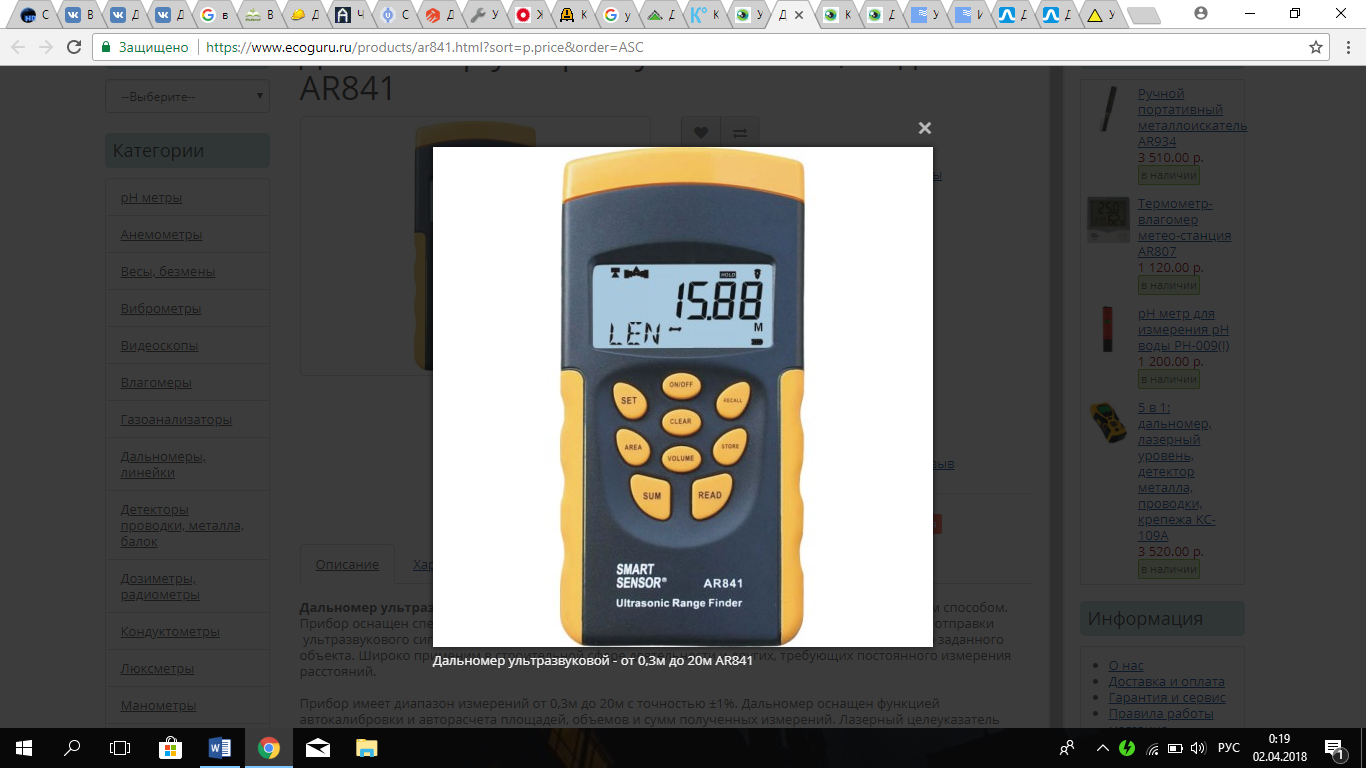


Рисунок 9– Дальномер ультразвуковой AR841

Дальномер ультразвуковой AR841 оснащен специальным электронным модулем, который за период в 2 секунды со времени отправки ультразвукового сигнала до возврата его к прибору, с высокой точностью измеряет расстояние до заданного объекта. Широко применим в строительной сфере деятельности. Прибор имеет диапазон измерений от 0,3м до 20м с точностью ±1%. Дальномер оснащен функцией автокалибровки и авторасчета площадей, объемов и сумм полученных измерений. Имеется звуковая система оповещения, экономичная функция автоматического отключения, подсветка дисплея и лазерный указатель. Размер дисплея прибора составляет 56х28,3 мм, габариты дальномера ультразвукового AR84 – 150x75x46мм. Масса прибора – 205г.

1. Ультразвуковой дальномер AR600E (рисунок 10)

Производитель: [SmartSensor](https://www.ecoguru.ru/products/smartsensor/)

Цена: 15090.00р.

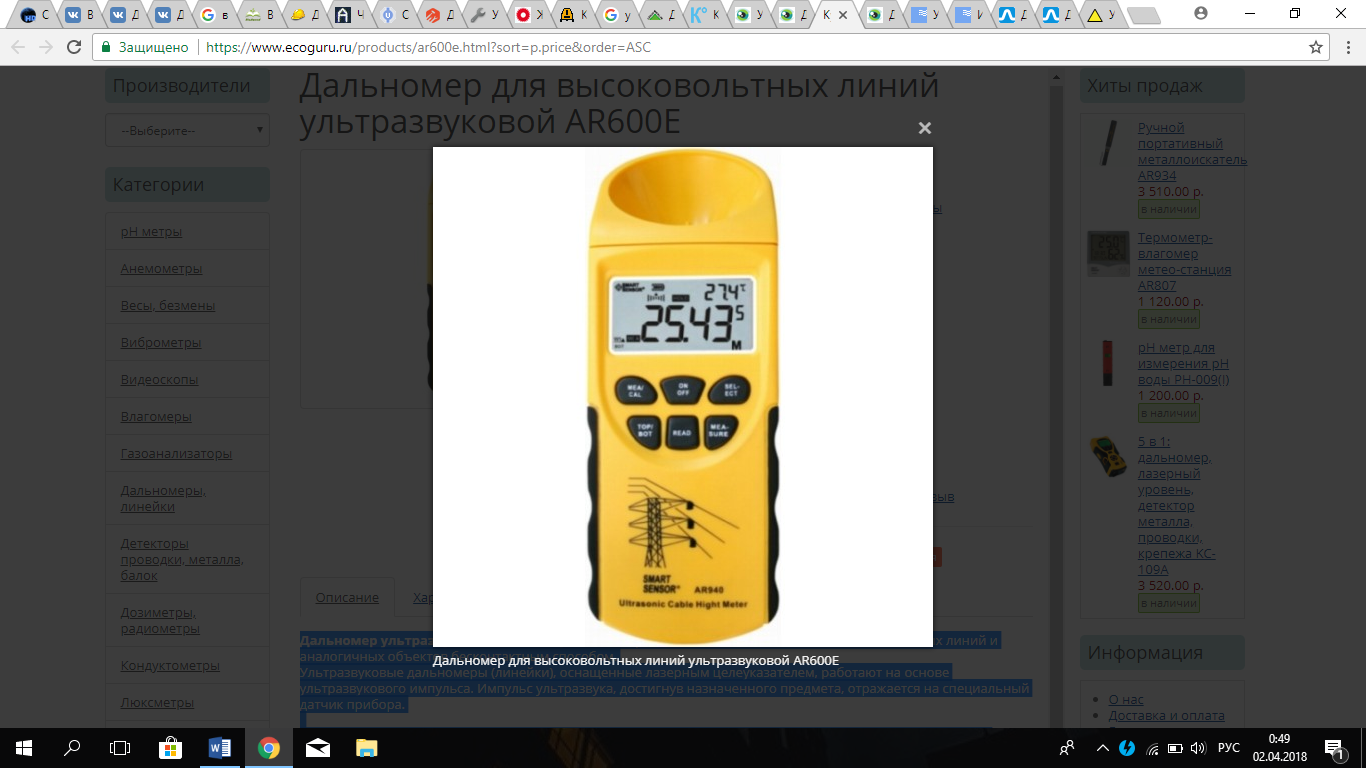


Рисунок 10– Дальномер ультразвуковой AR600E

Дальномер ультразвуковой AR600E служит для определения высоты до кабелей, высоковольтных линий и аналогичных объектов бесконтактным способом.Ультразвуковые дальномеры, оснащенные лазерным целеуказателем, работают на основе ультразвукового импульса. Импульс ультразвука, достигнув назначенного предмета, отражается на специальный датчик прибора.Результаты измерений дальномера выводятся на специальный монитор, имеющий органичную подсветку. Производители ультразвуковых дальномеров снабжают свои инновационные приборы дополнительными функциями. Дальномер AR600E имеет следующие эксплуатационные характеристики: диапазон выполняемых измерений находится в промежутке 0,5-25 м, время первой операции измерения – 2 секунды. Прибор имеет удобную функцию самостоятельной калибровки и функцию автоматического отключения. Размеры AR600E – 75x72x200 мм, вес составляет 205г.

* От 0,5 до 60 метров

1. Дальномер ультразвуковой - AR851 (рисунок 11)

Производитель: [SmartSensor](https://www.ecoguru.ru/products/smartsensor/)

Цена: 5110.00р.

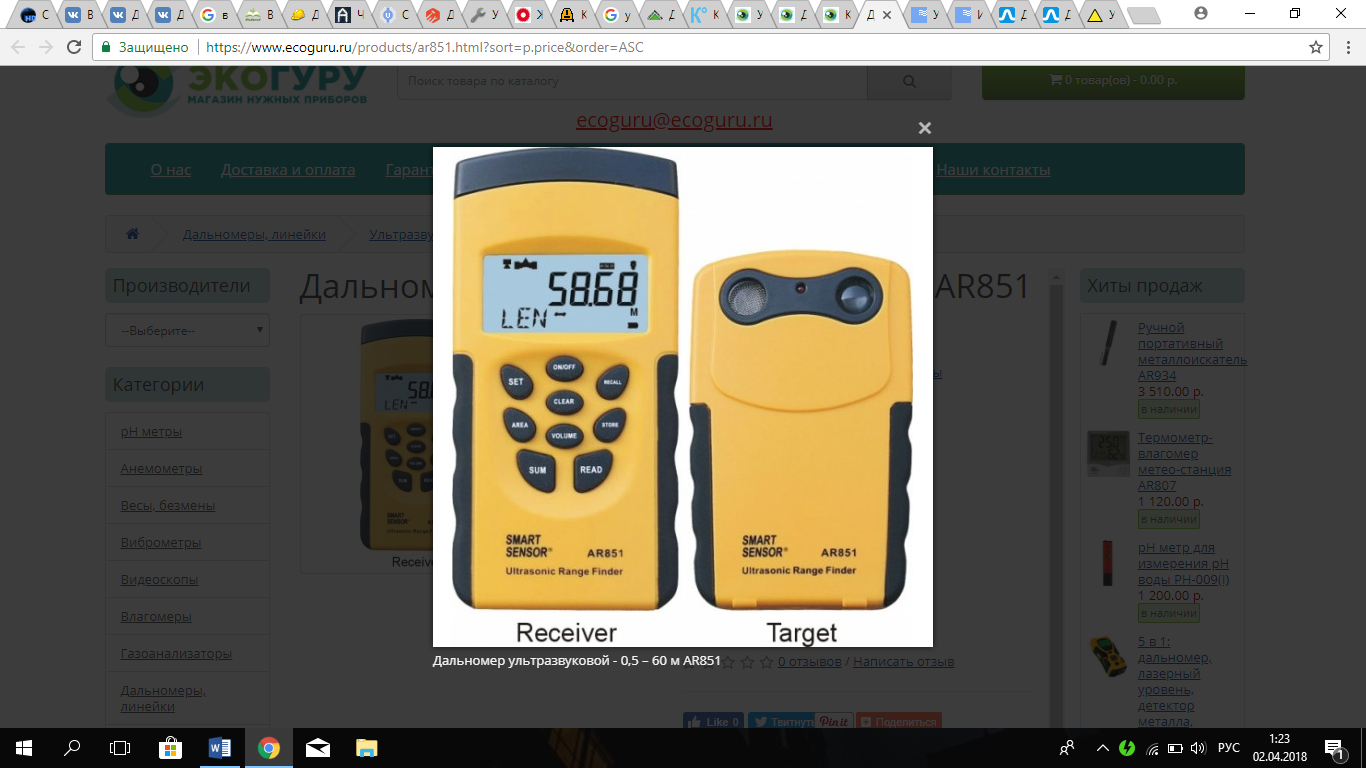


Рисунок 11– Дальномер ультразвуковой AR851

Дальномер ультразвуковой AR851 предназначен для проведения измерений значительных расстояний бесконтактным методом. Производитель оснащает ультразвуковые дальномеры специальными функциями, которые позволяют вычислять площади и объемы, основанные на проведенных измерениях. Основная масса приборов такого типа предназначена для проведения замеров до предметов, которые находятся на расстоянии до 16 метров. Однако есть модели дальномеров, имеющие максимальную дальность до  100 метров. Дальномер AR851 проводит измерения в диапазоне  0,5 – 60 м, точность – ±1%. Время проведения измерения – 2 секунды. Прибор оснащен функцией измерения в двух режимах – метрическом и имперском. Имеется функция автокалибровки, вычисления площади и  объема, а также сумм полученных  длин. Дисплей размером 56х28,3 мм, габариты – 150x75x46 мм, вес дальномера – 315 г. [9]

При этом нужно отметить существенные недостатки, которые присущи приборам, работающим с использованием ультразвуковой локации. В первую очередь это касается точности измерения, которая определяется средой, в которой распространяется ультразвук. Ее характеристики и их значения не являются постоянными и могут меняться в процессе проведения измерительных работ.

**2.ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ ИМПУЛЬСНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ДАЛЬНОСТИ**

В основе разработки предполагается использовать стандартный импульсный дальномерный метод определения расстояния до объекта. Поскольку в качестве ЗС выступает ультразвуковое колебание, излучающий элемент и чувствительный элемент (датчик) будут представлять собой пьезоэлектрические преобразователи на основе керамики. Они наиболее распространены и обладают малой стоимостью, хорошими техническими характеристиками и большой надежностью. Погрешности, связанные с влажностью, неоднородностью среды и другими переменными параметрами, незначительны и могут быть опущены. Погрешности, связанные с изменением температуры, могут быть решены на этапе настройки дальномера, путем регулировки параметров подстроечных элементов.

Структура дальномера будет состоять из двух частей: передающей и приемной. В передающем модуле для возбуждения ультразвукового излучателя перед пьезоэлементом устанавливается генератор колебаний требуемой ультразвуковой частоты, длительность и период работы которого задается модулятором с помощью вырабатываемых им видеоимпульсов. Далее идет выходной каскад, обеспечивающий согласование генератора и пьезоизлучателя.

Приемная часть помимо пьезодатчика содержит блок обработки сигнала, включающий схему усиления, пороговое устройство, цепь измерения времени. Схема усиления необходима для усиления принятого сигнала, поскольку отраженный от цели сигнал имеет малую мощность. Пороговое устройство с цепью измерения времени будет выделять моменты прихода отраженного сигнала и на их основе, зная момент излучения, формировать временной интервал, подлежащий оценке, между излучением и приемом сигнала.

Для измерения времени распространения ультразвука потребуется счётчик импульсов, а для считывания его показаний и наглядного отображения – блок индикации.

Таким образом, можно составить обобщенную структуру ультразвукового дальномера, представленную на рисунке 12.

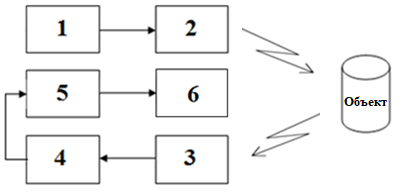


Рисунок 12 – Обобщенная структура ультразвукового дальномера

Ниже приведена расшифровка нумерации блоков:

1. Блок генерации

* Модулятор
* Генератор импульсов
* Выходной каскад

2. Пьезоизлучатель

3. Пьезодатчик

4. Блок обработки сигнала

5. Счётчик

6. Модуль индикации

## 2.1 Разработка структуры передающего модуля дальномера

Исходя из темы моей ВКР, я буду рассматривать блоки обобщенной структуры (рисунок 12), относящиеся только к передающей части дальномера. Соответственно структуру передающего модуля импульсного ультразвукового измерителя дальности можно изобразить в следующем виде (рисунок 13). На рисунке 14 представлены временные диаграммы работы модуля, цифры соответствуют определенным точкам на рисунке 13.

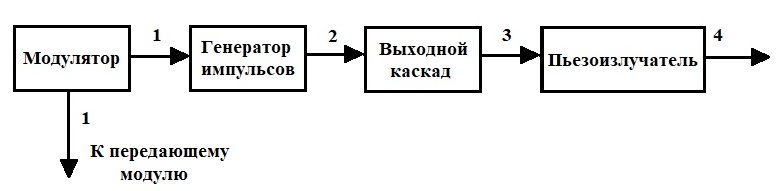


Рисунок 13 – Структура передающего модуля дальномера

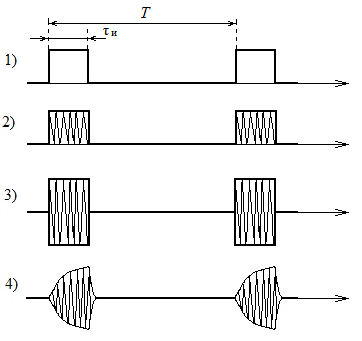


Рисунок 14 – Диаграммы работы передающего модуля дальномера

Длительность импульса и период генерируемых модулятором колебаний задают, согласно импульсному методу измерения расстояния до объекта, минимальную и однозначно определяемую максимальную дальности. Как правило, отношение Dmax/Dminможно условно приравнять к скважности генерируемых импульсов (отношение периода к длительности), если пренебречь длительностью всех переходных процессов. Однако на практике отношение Dmax/Dmin, где Dmin иDmax – нижняя и верхняя границы диапазона измеряемых расстояний в паспорте дальномера, не менее чем в 10 раз меньше, чем скважность. Таким образом, в качестве модулятора необходимо иметь генератор, позволяющий генерировать импульсы со скважностью, равной 100 и более [3].

Проведя обзор литературы и интернета, мной было отобрано несколько вариантов схем таких генераторов, позволяющих получать такую скважность и работающих при напряжении питания +9В. В основном, большинство предлагаемых схем генераторов «заточены» на выработку сигналов типа меандра, либо по форме близких к нему. Рассмотрим данные варианты схем более подробно.

1. Генераторы на основе несимметричного одноемкостного мультивибратора

Обычно для получения импульсов прямоугольной формы применяются так называемые релаксационные генераторы – устройства, в которых длительность импульса или паузы определяется процессом изменения энергии реактивного элемента (чаще всего это перезаряд конденсатора).

Для импульсных генераторов при формировании фронта и среза импульса характерны скачкообразные изменения напряжений и токов. Наиболее близкой к прямоугольной форме импульсы получаются в том случае, если скачок происходит лавинообразно под действием положительной обратной связи. Такой процесс называется регенеративным и развивается он при выполнении условий баланса амплитуд и фаз.

Мультивибраторы являются одной из основных разновидностей релаксационных регенеративных генераторов импульсов. Для выработки непрерывной последовательности импульсов релаксационный генератор работает в автоколебательном режиме.

Для выработки импульсов со скважностью больше 2 применяют несимметричные одноемкостные автоколебательные мультивибраторы на основе транзисторов.

Схема на рисунке 15,а построена на транзисторах разного типа проводимости. Для таких схем типично, что на интервале формирования импульса оба транзистора открыты, во время паузы – закрыты. Длительность паузы определяется процессом заряда конденсатора по цепи R3-C1-R1. На интервале формирования импульса ток разряда конденсатора ограничен только сопротивлениями транзисторов, поэтому длительность импульса минимальна. Окончание импульса соответствует моменту выхода транзистора VT1 из насыщения. Поэтому для него необходимо обеспечить выполнение условия h21э<R1/R2. За счет двухкаскадного усиления тока сопротивление резистора R1 может быть выбрано достаточно большим (сотки кОм – единицы МОм). При этом достигаются скважности порядка нескольких сотен. Схема обладает микромощным потреблением, так как время длительность открытия транзисторов мало по сравнению с продолжительностью времени их закрытого состояния.

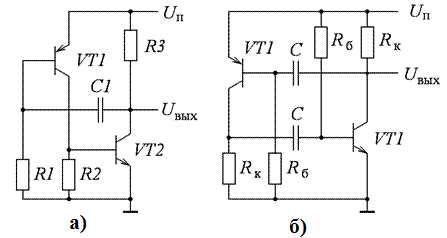


Рисунок 15 – Транзисторные генераторы прямоугольных импульсов

Еще один генератор коротких импульсов с большой скважностью показан на рисунке 15,б. Его схема обладает своеобразной симметрией. При формировании импульса оба транзистора открыты одновременно, и конденсаторы быстро заряжаются через очень малые сопротивления насыщенных транзисторов практически до напряжения питания. Импульс заканчивается, когда любой из транзисторов первым выходит из насыщения, для чего необходимо поддерживать соответствующее соотношение между базовым и коллекторным резисторами. Далее начинается формирование паузы за счет разряда конденсаторов через базовые резисторы. Достижимая скважность составляет более 5000. Длительность периода колебания, практически равная длительности паузы, может быть найдена из формулы:

. (12)

Генератор работоспособен в широком диапазоне питающих напряжений (от 1 до 15 В). Он отличается хорошей для транзисторных *RC*-схем стабильностью. Наилучшие показатели обеспечиваются подбором оптимального соотношения *R*б и *R*к. Может быть достигнуто относительное отклонение частоты при изменении напряжения питания в диапазоне 5 ± 0,5 В не более 5∙10-3, в диапазоне 15 ± 1,5 В – не более 5∙10-5. Температурная стабильность может достигать порядка 5∙10-5/°С.

Главными недостатками данных схем можно считать невозможность регулирования в широком диапазоне именно длительности формируемого импульса, так как необходимый период подобрать параметрами резисторов и конденсаторов еще можно, а вот длительность импульса зависит от сопротивлений используемых транзисторов, а здесь степень свободы ограничена [10].

1. Генератор на микросхеме TL494

Схема данного генератора прямоугольных импульсов показана на рисунке 15. Отечественным ее аналогом является микросхема КР1114ЕУ4. Texas Instruments, International Rectifier, ON Semiconductor, Fairchild Semiconductor – многие производители выпускают данную микросхему. У Fairchild Semiconductor она называется, например, KA7500B [11].

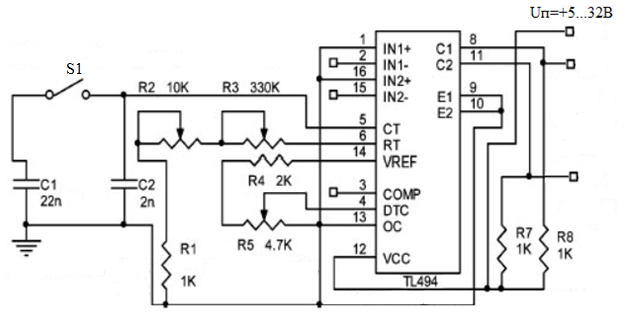


Рисунок 15 – Генератор на микросхеме TL494

Используя регулятор напряжения с широтно-импульсной модуляцией [TL494](https://www.datasheet.ru/search.html?cx=005338834574777012439%3Aqye0jsmt8tw&cof=FORID%3A11&q=TL494&ie=windows-1251&sa=+%CF%EE%E8%F1%EA+), можно изготовить генератор прямоугольных импульсов (20 Гц...200 кГц) с регулировкой скважности 0...100%. При этом можно использовать две независимых схемы коммутации с применением схемы с общим эмиттером или общим коллектором (до 250 мА и 32 В), или параллельное включение (до 500 мА). Если вывод 13 переключить с земли на 14-й (стабилизированное 5 В), то выходы будут включаться попеременно. Скважность регулируется резистором R2. Переключатель S1 изменяет режимы работы генератора с синфазного на противофазный. Диапазон регулировки скважности можно подобрать резисторами R1, R3. Конденсаторы С1-С2 времязадающей цепи выбираются под необходимый частотный диапазон и емкость их может быть задана от 10 мкФ для инфранизкого поддиапазона до 1000 пФ – для наиболее высокочастотного.

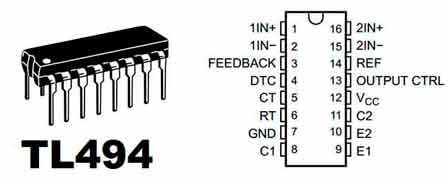


Рисунок 16 – Внешний вид и цоколевка микросхемы TL494

Рассмотрим обозначения всех выводов:

1. неинвертирующий вход 1-го компаратора ошибки;
2. инвертирующий вход 1-го компаратора ошибки;
3. вход обратной связи;
4. вход регулировки мертвого времени;
5. вывод для подключения внешнего времязадающего конденсатора;
6. вывод для подключения времязадающего резистора;
7. общий вывод микросхемы, минус питания;
8. вывод коллектора 1-го выходного транзистора;
9. вывод эмиттера 1-го выходного транзистора;
10. вывод эмиттера 2-го выходного транзистора;
11. вывод коллектора 2-го выходного транзистора;
12. вход подачи питающего напряжения;
13. вход выбора однотактного или же двухтактного режима работы микросхемы;
14. вывод встроенного источника опорного напряжения 5В;
15. инвертирующий вход 2-го компаратора ошибки;
16. неинвертирующий вход 2-го компаратора ошибки.
17. Генератор на микросхеме NE555 (мультивибратор)

На рисунке 17 представлена схема генератора на микросхеме NE555. Настройка параметров генерируемого импульсного сигнала осуществляется с помощью резисторов R1 и R2, а также конденсатора C. Заряд конденсатора C происходит по цепи R1, R2. Когда напряжение на конденсаторе достигнет верхнего порога 2/3\*Uп, таймер переключается в состояние низкого уровня и конденсатор C разряжается по цепи R2, R1 до тех пор, пока напряжение на конденсаторе не упадет до нижнего порога 1/3\*Uп, после чего цикл повторяется.

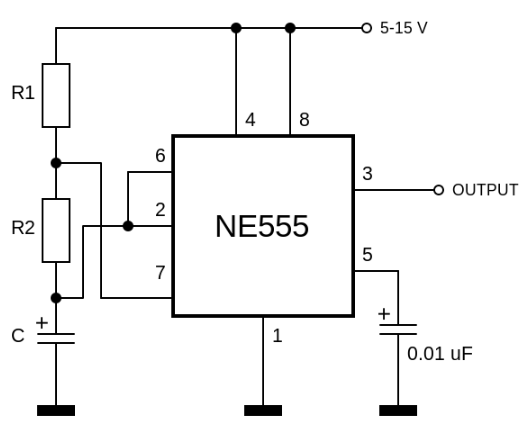


Рисунок 17 – Генератор на микросхеме NE555

Изменение положения движка R2 дает возможность регулировать длительность заряда и разряда: если длительность заряда возрастает, то уменьшается время разряда. При этом период следования импульса остается неизменным, меняется только скважность, или коэффициент заполнения, который обратно пропорционален скважности. Для того, чтобы увеличить коэффициент заполнения надо инвертировать выход таймера [12].

Если сравнивать схемы генераторов прямоугольных импульсов на микросхемах TL494 и NE555, то большими возможностями для регулировки обладает схема на TL494, однако, если сравнивать максимальный ток потребления TL494 (5,5 мА) [13] и более современный вариант микросхемы NE555 в КМОП исполнении TLC555ID [14], у которого 360 мкА, то из соображений минимизации потребляемой мощности выберем для реализации модулятора – схему на микросхеме 555.

Выходной каскад блока генерации, представленный на рисунке 18 [2], построен при помощи мостовой схемы на 4-х инверторах. Один из инверторов до схемы вращает фазу сигнала на 180 градусов для одного из плеч, а на второе плечо поступает неинвертированный сигнал. Благодаря такому построению на излучатель поступает двойной размах напряжения, чтобы проще возбуждать на нем колебания.

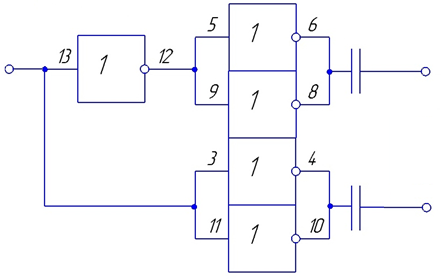


Рисунок 18 – Выходной каскад

Параллельное включение двух инверторов гарантировано увеличивает нагрузочную способность за счет того, что несколько цепочек транзисторов включаются параллельно (рисунок 19), таким образом, увеличивая выходной ток [15]. Конденсаторы обеспечивают развязку пьезоизлучателя по постоянному току.

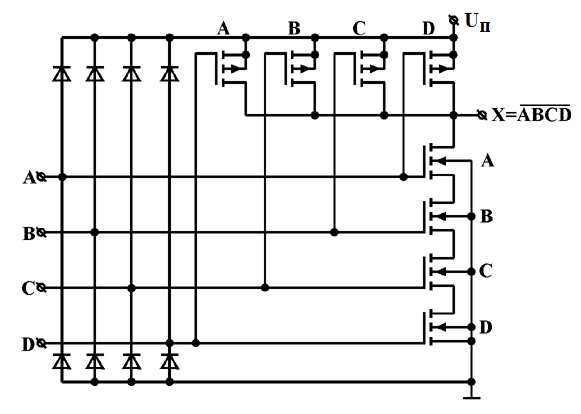


Рисунок 19 – 4-х входовый логический элемент 4И-НЕ

* 1. Выбор элементной базы и разработка электрической принципиальной схемы передающего модуля

Перед тем, как нарисовать электрическую принципиальную схему передающего модуля импульсного ультразвукового дальномера надо выбрать в соответствии с требованиями ТЗ подходящую элементную базу. В этом разделе описываются базовые компоненты передающего модуля, присутствующие в структуре разрабатываемого передающего модуля импульсного ультразвукового дальномера.

В результате поиска подходящих пьезокерамических излучателей был выбран пьезопреобразователь фирмы Murataмодели MA40E7S-1, который представлен на рисунке 20.Он имеет герметичную конструкцию и может служить одновременно и излучателем, и датчиком-приемником. В таблице 1 представлены его основные технические параметры. [16]

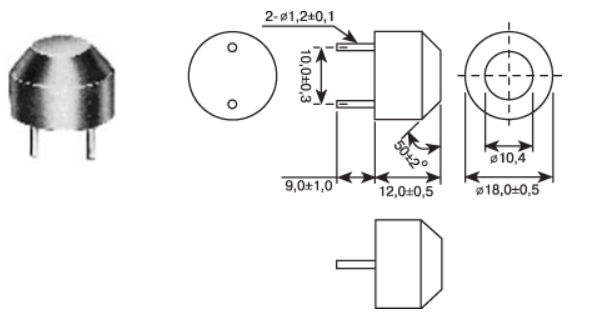


Рисунок 20 – Внешний вид датчика MA40E7S-1

Таблица 1 – Основные параметры датчика MA40E7S-1

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование изделия | MA40E7S-1 |
| Номинальная рабочая частота | 40 кГц |
| Максимальное входное напряжение | 100В  (при длительности импульса 0,4 мс с периодом 100 мс) |
| Минимальная чувствительность | -72дБ |
| Минимальный уровень звукового давления | 106 дБ |
| Диапазон рабочих температур | -30°C...+85°C |
| Диапазон измеряемых расстояний | 0,2 – 3 м |
| Ширина диаграммы направленности  (по уровню -10дБ) | 75° |
| Собственная ёмкость | 2200 пФ |

В качестве модулятора и генератора импульсов будем использовать, как уже было указано ранее, схемы на основе широко распространенной микросхемеNE555, разработанной еще в 70-х прошлого столетия американской компанией Signetics. Отечественным аналогом данной микросхемы является КР1006ВИ1. С целью снижения мощности потребления был налажен выпуск таймера КМОП-серии. В России микросхема на полевых транзисторах получила название КР1441ВИ1.

Микросхема представляет собой таймер для формирования импульсов напряжения от нескольких микросекунд до десятков минут. Она предназначена для применения в стабильных датчиках времени, генераторах импульсов, широтно-импульсных, частотных и фазовых модуляторах, преобразователях напряжения и сигналов, исполнительных устройствах в системах управления, контроля и автоматики, может выполнять функции по исключению дребезга контактов. Ниже на рисунках 21 и 22 представлены корпус и структура микросхемы.

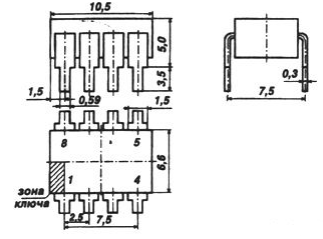


Рисунок 21 – Корпус 2101.8-1 микросхемы NE555

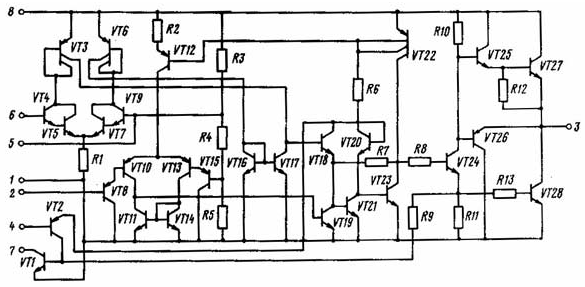


Рисунок 22– Структура микросхемы NE555

Назначение выводов NE555:

1 – общий; 2 – запуск; 3 – выход; 4 – сброс; 5 – контроль делителя;

6 – срабатывание; 7 – цепь разряда; 8 – напряжение питания.

Основные параметры микросхемы TLC555ID можно увидеть в таблице 2 [17].

Таблица 2 – Основные параметры микросхемы TLC555ID

|  |  |
| --- | --- |
| Предельные значения параметров | |
| Рекомендуемое напряжение питания Uп | +2В…+15В |
| Входное напряжение | -0,3В…+Uп |
| Выходной ток нагрузки | не более 250 мА |
| Диапазон рабочих температур | -40°С...+85°С |
| Электрические параметры | |
| Максимальный ток потребления во всем диапазоне температур при Uп=+5В/+15В | 600/900 мкА |
| Ток срабатывания при Uп=+5В | 0,1 нА |

Выходной каскад будет строиться на основе микросхемы CD4069 (рисунок 23). Она представляет собой шесть логических элементов НЕ, выполняющие над входными данными операцию логического отрицания. Отечественным аналогом данной микросхемы является микросхемы К1561ЛН4 [18].

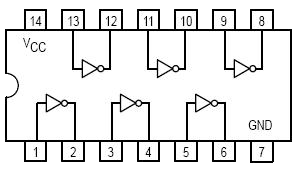


Рисунок 23– Структура и цоколевка микросхемы CD4069

Основные технические параметры микросхемы CD4069 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные параметры микросхемы CD4069

|  |  |
| --- | --- |
| Предельные значения параметров | |
| Напряжение питания Uп | +3В...+20,5В |
| Входное напряжение | +2,5В...+20,5В |
| Максимальный входной ток | 10 мА |
| Мощность рассеяния на один корпус | 500 мВт |
| Диапазон рабочих температур | -40°С...+85°С |
| Электрические параметры | |
| Выходное напряжение лог. "0" | < 0,05В |
| Выходное напряжение лог. "1" | >Uп-0,05В |
| Входной ток при Uп=+20В | -0,1 мкА |
| Максимальный ток потребления в состоянии покоя при Uп=+20В | 0,5 мкА |
| Выходной ток при Uп=+5В/+10В/+15В | 0,53/1,4/3,5 мА |
| Временные и частотные параметры | |
| Время задержки фронта импульса от входа до выходапри Uп=+5В | макс. – 110 нс |

Произведем расчет необходимых параметров схемы модулятора, и генератора импульсов ультразвуковой частоты на основе микросхемы TLC555ID (рисунок 24).

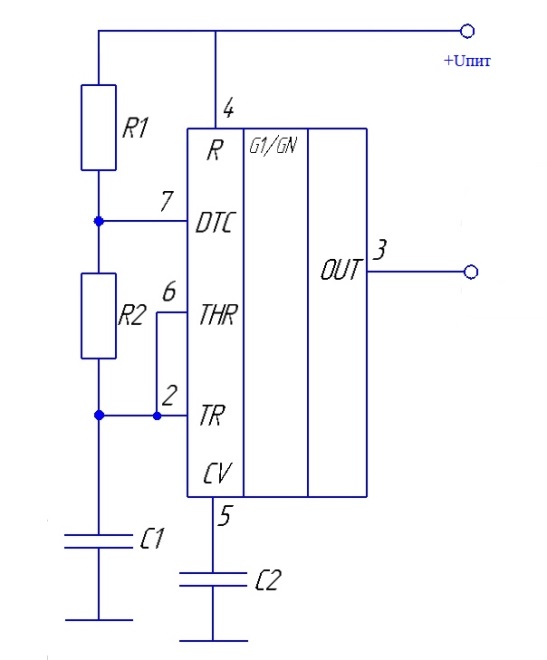


Рисунок 24– Модулятор на микросхеме TLC555ID

Данная схема вырабатывает импульсы с длительностью и периодом следования, определяемыми номиналами конденсатора С1 и резисторов R1 и R2.

Длительность отрицательных импульсов (рисунок 25) вычисляется по формуле:

(13)

а положительных:

(14)

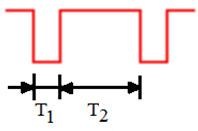


Рисунок 25– Импульс генератора

Таким образом, длительность импульса модулятора будет равна , а период колебаний:

(15)

На выходе модулятора будем формировать импульсы длительностью 0,4 мс и периодом следования 100 мс, соответственно измерения дальности будут производиться 10 раз в секунду.

Подберем соответствующие номиналы резисторов и конденсатора, обеспечивающие наименьшую относительную временную ошибку точности генерации требуемой длительности импульса и периода следования.

Для этого произведем расчет трех различных вариантов номиналов конденсаторов и резисторов(, которые обеспечивают задание необходимых и . Потом выберем наиболее близкие им номиналы из стандартных рядови рассчитаем по ним и . Далее вычислим для всех вариантов относительную временную ошибку точности генерации как для длительности , так и для периода по формулам:

(16)

(17)

Следующим шагом будет выбор варианта из номиналов резисторов и конденсаторов, который обеспечивает наименьшие ошибки.

Для начала зададимся 3-мя номиналами конденсаторов из стандартного ряда: 0,015; 0,022 и 0,033 мкФ.

Номиналы резисторови будем вычислять по формулам:

, (18)

а временные интервалы:

(19)

и

(20)

Результаты проведенных расчетов сведены в таблицу 3.

Таблица 3 –Результаты расчетов номиналов для схемы модулятора

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C1,  мкФ | , МОм | , кОм | , МОм | , кОм | , мс | , мс | , % | , % |
| 0,015 | 9,6 | 38,7 | 10 | 39 | 0,405 | 104,8 | 1,25 | 4,8 |
| 0,022 | 6,5 | 26,4 | 6,8 | 27 | 0,412 | 104,5 | 3,0 | 4,5 |
| 0,033 | 4,4 | 17,6 | 4,3 | 18 | 0,412 | 99,2 | 3,0 | 0,8 |

Из таблицы видно, что подходящими номиналами конденсатора C1 и резисторов R1 и R2 для схемы модулятора будут те, где величины длительности импульса и периода следования дают наименьшую суммарную ошибку, т.е. при С1=0,033 мкФ, R1=4,3 МОм и R2=18 кОм.

Теперь рассчитаем таким же образом необходимые номиналы резисторов и конденсаторов для генератора импульсов частоты ультразвука.

Из технического задания, . Следовательно, период импульсов будет равен . Пусть длительность импульсов будет равна 12 мкс.

Также зададимся 3-мя номиналами конденсаторов из стандартного ряда: 1,0; 1,2 и1,5нФ.

Аналогично, по формулам 16-20 производим расчет значений резисторов и конденсатора и заносим все результаты в таблицу 4.

Таблица 4 –Результаты расчетов номиналов для схемы генератора импульсов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C1,  нФ | , кОм | , кОм | , кОм | , кОм | , мкс | , мкс | , % | , % |
| 1,0 | 1,443 | 17,312 | 1,5 | 18 | 12,48 | 25,99 | 4 | 4,0 |
| 1,2 | 1,202 | 14,427 | 1,2 | 15 | 12,48 | 25,95 | 4 | 3,8 |
| 1,5 | 0,962 | 11,542 | 1,0 | 12 | 12,48 | 25,99 | 4 | 4,0 |

Из таблицы 4 видно, что все варианты дают практически одинаковую временную ошибку при задании периода колебаний, что очень важно резонанса. Поэтому выберем С1=1,0 нФ, R1=1,5 кОм, а номинал R2 рассчитаем по формуле:

(21)

Следовательно, вместо резистора R2 будем использовать последовательное соединение постоянного сопротивления в 8,2 кОм и переменного резистора номиналом 10 кОм для подстройки частоты колебаний генератора на резонансную частоту пьезоизлучателя.

* 1. Расчетная часть

### 2.3.1 Расчёт надёжности

Расчёт надёжности – это процедура определения значений показателей надежности объекта с использованием методов, основанных на их вычислении по справочным данным о надежности элементов объекта, данным о свойствах материалов и другой информации. Основными качественными показателями надёжности является интенсивность отказов и средняя наработка до отказа. Интенсивность отказа каждого элемента и суммируются по формуле:

(22)

где – число элементов в i-й группе, – интенсивность отказов элемента в i -й группе, l- число групп. Ниже приведена таблица 4 с результатами расчета надёжности. Средняя наработка до отказа обратно пропорциональна суммарной интенсивности отказов [19],[20].

Таблица 5 – Результаты расчетов надёжности

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Группа элементов | Количество элементов | Интенсивность отказа элементов  *i*[ч-1] | *i**ni* |
| 1 | Конденсатор керамический | 5 | 0,034 | 0,17 |
| 2 | Конденсатор плёночный | 1 | 0,042 | 0,042 |
| 3 | Резистор переменный | 1 | 0,36 | 0,36 |
| 4 | Резистор плёночный | 4 | 0,013 | 0,052 |
| 5 | Интегральная микросхема | 3 | 0,027 | 0,081 |
| 6 | Ручная пайка | 50 | 0,00014 | 0,007 |

Суммарная интенсивность отказов блока:

1/час

Среднее время работы схемы до отказа определяется соотношением:

часов

После проведения расчета надежности для полученной схемы выяснили, что вероятность безотказной работы удовлетворяет требуемой надёжности, и поэтому резервирование элементов производить не требуется.

### 2.3.2 Расчёт потребляемой мощности

При проектировании любых электрических цепей выполняется расчет потребляемой мощности. На его основе производится выбор основных элементов и вычисляется допустимая нагрузка. Она зависит от того, сколько микросхем присутствует в схеме, какой они потребляют ток и какое используется напряжение питания для их работы. Кроме того, разделяют статическую и динамическую мощности потребления, т.е. мощность, потребляемую в пассивном состоянии и при переключениях соответственно.

Соответственно, общая мощность потребления равна сумме:

(23)

Для расчёта статической потребляемой мощности всей схемы используется формула:

(24)

где – суммарный ток потребления всех микросхем в статическом режиме, Uп – напряжение питания.

Для расчёта динамической потребляемой мощности можно воспользоваться формулой [15]:

Видно, что она зависит от емкости нагрузки системы ,частоты переключений и квадрата напряжения источника питания .

Учитывая, что генерируемые частоты в передающем модуле дальномера не превышают 100 кГц, то динамическая мощность потребления отдельных микросхем будет сопоставима с максимальной статической.

В таблице 6 приведены все микросхемы из структуры устройства и потребляемый ими ток.

Таблица 6 – Потребляемый ток микросхем передающего модуля

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Название микросхемы | Количество | Максимальный потребляемый ток |
| 1 | TLC555ID | 2 | не более 1 мА |
| 2 | CD4069 | 1 | 0,5 мкА (в статике) |

Из анализа данных таблицы видно, что суммарный потребляемый ток всех микросхем не превысит 2мА.

Отсюда видно, что потребляемый ток удовлетворяет значению, указанному в ТЗ. Тогда, потребляемая мощность при =9В:

Зная ёмкость аккумулятора, которая равна 2000 мАч, можно найти общее время исправной работы устройства, для этого нужно поделить ёмкость батареи на потребляемый ток:

Получается, без замены аккумулятора это устройство проработает примерно 1000 часов. Этому поспособствовало использование простых элементов с низким потреблением тока.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы, был разработан передающий модуль ультразвукового измерения дальности. В приложении представлена принципиальная схема разработанного устройства и перечень элементов.

В ходеработы были выполнены следующие пункты:

* Выполнен анализ методов измерения расстояния, рассмотрены преимущества и недостатки каждого из методов;
* Проведен обзор генераторов прямоугольных импульсов с большой скважностью и сделан выбор наиболее подходящего варианта
* Разработаныструктура и электрическая принципиальная схемапередающего модуля дальномера

Все характеристики разработанного модуля соответствуют техническим требованиям задания.

# БИБЛИОГРАФИЯ

1. ГОСТ 2.721-74 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). – Введ. 1975-07-01. – СССР. Ред. - Единая система конструкторской документации: Сб. ГОСТов. - М.: Стандартинформ, 2008 год – 33 с.
2. ГОСТ 2.316-68 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц. Введ. 01.01.71.-76 с.
3. С.В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник; Под ред.С.В. Якубовского.-М.:Радио и связь,1990.- 496 с.
4. Колесников.А.Е. Ультразвуковые измерения[Текст]/А.Е.Колесников. –М: Издательство стандартов, 1970. – 236с.
5. Белоцерковский Г.Б. Основы радиолокации и радиолокационные устройства.- М.: Сов. Радио, 1975.- 336 с.
6. П.А.Бакулев. Радиолокационные системы. Учебник для вузов / П.А.Бакулев.- М: Радиотехника, 2007.-375с.
7. Григорин-Рябов В.В. (ред.) Радиолокационные устройства (теория и принципы построения).- М.: Сов. радио, 1970. - 680 с.
8. Роботоша / Работа ультразвукового дальномера [Электронный ресурс].URL: <http://robotosha.ru/electronics/how-works-ultrasound-meter.html>. Дата обращения 09.05.18. Формат доступа: свободный.
9. Экоюнит / Ультразвуковые дальномеры [Электронный ресурс].URL: <https://www.ecounit.ru/sect_570.html>. Дата обращения 09.05.18. Формат доступа: свободный.
10. Студопедия / Импульсные генераторы [Электронный ресурс].URL: <https://studopedia.ru/19_249995_impulsnie-generatori.html>. Дата обращения 09.05.18. Формат доступа: свободный.
11. ALLDATASHEET.COM / Electronic Components Datasheet Search [Электронныйресурс]. URL: <http://html.alldatasheet.com/html-pdf/53226/fairchild/ka7500b/1228/3/ka7500b.html>. Дата обращения 09.05.18. Формат доступа: свободный.
12. Robotclass / Генератор электрических импульсов на таймере 555 [Электронный ресурс].URL: <http://robotclass.ru/tutorials/timer-555/> Дата обращения 09.05.18. Формат доступа: свободный.
13. ALLDATASHEET.COM / Electronic Components Datasheet Search [Электронныйресурс]. URL: <http://html.alldatasheet.com/html-pdf/12679/ONSEMI/TL494/547/3/TL494.html>. Дата обращения 11.05.18. Формат доступа: свободный.
14. Texas Inctruments / TLC555 LinCMOS™ Timer[Электронныйресурс].URL: <https://static.chipdip.ru/lib/729/DOC002729285.pdf>. Дата обращения 11.05.18. Формат доступа: свободный.
15. Радио Лоцман / Микросхемы КМОП — идеальное семейство логических схем [Электронный ресурс].URL: <https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=48945>. Дата обращения 11.05.18. Формат доступа: свободный.
16. Symmetron / Ультразвуковые датчики Murata, Пьезокерамические серии МА40 [Электронный ресурс].URL:
17. Texas Inctruments / TLC555 LinCMOS™ Timer [Электронныйресурс].URL: <https://static.chipdip.ru/lib/729/DOC002729285.pdf>. Дата обращения 11.05.18. Формат доступа: свободный.
18. Microshemca / Микросхема 4069 [Электронный ресурс].URL: <http://www.microshemca.ru/4069/> Дата обращения 16.05.18. Формат доступа: свободный.
19. Сорокин, А.А. Оценка показателей надежности электронных устройств и систем: учебное пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / А.А. Сорокин, Н.В. Сотникова, Д.А. Хромихин; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2016. – 108 с.
20. ГОСТ 27.202-83 Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготовляемой продукции. Введ. 01.07.84.-36.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1. КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ