**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ: | | | | | | | | | | | | | | |
| Факультет | И | |  | Заведующий кафедрой | | | | | |  | | | |  | | | | | | |
|  | индекс факультета | |  |  | | | | |  | | | | | | индекс кафедры | | |
| Выпускающая кафедра | И4 | |  | |  | | |  | | | |  | | | | | | | |
|  | индекс кафедры | |  | | Фамилия ИО | |  | | | | подпись | | | | | | | | | | |
| Группа | И443 | |  | «\_\_\_\_\_» | |  | | | | | | | | | | 20\_\_\_ г. | | |
|  | индекс группы | |  |  | |  | | | | | | |  | | | |

**отчет**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **о прохождении** | | | преддипломной | | | | | | | | | | | | | | **практики** | | | | | | | |
| наименование практики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сивовой Валентины Михайловны | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Фамилия, имя, отчество обучающегося | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **обучающегося по**  **направлению/специальности** | | | | | | 11.03.01 | | |  | | Радиотехника | | | | | | | | | |
| нужное подчеркнуть | | | | | | код | | | |  | | полное наименование направления/специальности | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики:** | | | | | к.т.н Аникин С.Н. | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Срок прохождения практики:** | | | | с | | 21 мая 2018 | | | | | | г. |  | по | 03 июня 2018 | | | г. | | | |
| **Должность обучающегося на практике:** | | | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Руководитель практики:** | | | |  | | |  |  | | | | |  | | | | | |
|  | | |  |  | | |  | |  | | |  | |  | | | | |
| Подпись | | |  | Фамилия ИО | | |  | |  | | | |  | |  | | |
| «\_\_\_» |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | |  | 20\_\_г. |  |  | |  |  | | | | |  |  | | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc516706014)

[1. Сведения об организации 4](#_Toc516706015)

[1.1 Общие сведения о кафедре 4](#_Toc516706016)

[2. Практическая часть 5](#_Toc516706017)

[2.1 Методы измерения дальности 5](#_Toc516706018)

[2.2 Принцип работы дальномера 9](#_Toc516706019)

[2.3 Обзор рынка 10](#_Toc516706020)

[2.4 Разработка структуры дальномера и приёмного модуля 12](#_Toc516706021)

[2.4 Разработка принципиальной схемы 16](#_Toc516706022)

[2.5 Расчётная часть 16](#_Toc516706023)

[2.5.1 Расчёт надёжности 16](#_Toc516706024)

[2.5.2 Расчёт потребляемой мощности 18](#_Toc516706025)

[3. Выводы 20](#_Toc516706026)

# ВВЕДЕНИЕ

Измерение расстояния необходимо во многих случаях: как в повседневной жизни, так и в производственной отрасли. Данные разработки позволяют создавать бюджетное измерительное устройство, которое не будет уступать своим аналогам в данном сегменте приборов. Разработки такого рода имеют смысл, поскольку созданное устройство не только можно применять в широком диапазоне задач, но и в процессе его создания и модификаций необходимо использовать полученные междисциплинарные навыки. Созданный прибор способен проводить измерения с радиусом в 180 градусов, и выводить результат измерения на дисплей, а также простота замены элементов устройства при выходе их из строя.

Основой создания измерительного устройства является правильный подбор элементной базы, после чего будет создана схема устройства.

Причина, по которой был выбран ультразвук как способ измерения расстояния – его широкий спектр практического применения. Ультразвук применяется во многих сферах жизни: в медицине, на производстве, в науке, а также в повседневной жизни. В наше время ультразвук применяется в различных методах и технологиях, например, по скорости распространения звука в среде можно определить ее физические характеристики.

Таким образом, целью выпускной квалификационной работы является моделирование и создание устройства измерения расстояния.

**Цель преддипломной практики:** создание приемного модуля импульсного ультразвукового измерителя дальности с индикацией результатов измерений**.**

**Задачи преддипломной практики:**

* Рассмотрение методов измерения дальности
* Изучение принципа работы дальномера
* Обзор рынка современных дальномеров
* Разбор примеров реализаций измерителей дальности
* Разработка структурной и функциональной схем
* Разработка принципиальной схемы
* Выполнение расчётов надежности и потребляемой мощности

# 1. Сведения об организации

Преддипломную практику я проходил в Балтийском государственном университете им. Д.Ф.Устинова «Военмех» на кафедре И4 с 21.05.2018 по 03.06.2018 в должности стажер, по адресу 190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1.

## 1.1 Общие сведения о кафедре

Ка­фед­ра И4 «Ра­диоэ­ле­ктрон­ных си­стем управ­ле­ния» об­ра­зо­ва­на в 1959 г. и яв­ляе­тся од­ной из ве­ду­щих спе­циаль­ных ка­федр уни­вер­си­те­та. На ка­фед­ре ра­бо­тают бо­лее 20 пре­по­да­ва­те­лей, в том чи­сле 3 про­фе­ссо­ра – до­кто­ра наук и 12 до­цен­тов – кан­ди­да­тов наук.

**По спе­циаль­но­стям ка­фед­ры И4 осу­ще­ствляе­тся на­бор трех групп днев­но­го отде­ле­ния.** Сту­ден­там, же­лаю­щим по­лу­чить зва­ние офи­це­ра за­па­са, пре­до­став­ле­на воз­мож­ность под­го­тов­ки в Учеб­но-воен­ном цен­тре. Воен­но-у­че­тная спе­циаль­ность близ­ка и хо­ро­шо до­пол­няет граж­дан­ские спе­циаль­но­сти, по­лу­чае­мые на ка­фед­ре. Ка­фед­ра И4 под­дер­жи­вает те­сные кон­та­кты с Науч­но-и­ссле­до­ва­тель­ским ин­сти­ту­том ра­диоэ­ле­ктрон­ных ком­пле­ксов ХК «Ле­ни­нец», ОАО «Ра­диоа­вио­ни­ка», Фи­зи­ко-тех­ни­че­ским ин­сти­ту­том им. А.Ф.Иоффе, ВНИИ Те­ле­ви­де­ния. При ка­фед­ре соз­да­ны ба­зо­вые ка­фед­ры ЗАО «НПЦ Аквамарин» – «Орга­ни­за­ция произ­вод­ства РЭС» и «НПП Пирамида». С эти­ми ор­га­ни­за­ция­ми про­во­дя­тся сов­ме­стные науч­ные иссле­до­ва­ния, сту­ден­ты про­хо­дят пра­кти­ки в этих ор­га­ни­за­циях и при же­ла­нии мо­гут быть в них тру­доу­строе­ны. Ка­фед­ра И4 ока­зы­вает со­дей­ствие тру­доу­строй­ству вы­пу­скни­ков, имеет заяв­ки на вы­пу­скни­ков от пред­прия­тий раз­лич­но­го про­фи­ля и раз­лич­ных форм соб­ствен­но­сти. Чи­сло приг­ла­ше­ний на ра­бо­ту по спе­циаль­но­сти пре­вы­шает чи­сло вы­пу­скни­ков ка­фед­ры.

# 2. Практическая часть

## 2.1 Методы измерения дальности

Определение дальности целей основано на измерении времени запаздывания радиолокационных сигналов. Классификация методов измерения дальности связана с параметрами сигнала, которые играют основную роль при измерении времени запаздывания. В соответствии с этим метод измерения может быть:

- импульсным (амплитудным);

- частотным;

-фазовым.

При амплитудном методе измерения определяется время запаздывания характерного изменения амплитуды принимаемого радиолокационного сигнала. Наиболее простым и распространенным видом модуляции излучаемых колебаний является импульсная.

Рассмотрим устройство импульсной дальномерной РЛС (рисунок 1 и 2). На рисунке 1,а показана трубка с электростатическим управлением.

Передатчик станции генерирует радиоимпульсы (2) длительностьюс периодом повторения(напряжениеu2на рисунке 2). Антенный переключатель (АП) подключает антенну к передатчику на время генерации () и к приёмнику на всё остальное время. Отражённые импульсные сигналы запаздывают на время; на вход приёмника (3) поступают и колебания передатчика и отражённые сигналы (u3 на рисунке 2).

Время запаздывания отражённых сигналов мало (оно составляет тысячные или даже миллионные доли секунды), и обычные часовые механизмы для его измерения непригодны. Одним из наиболее подходящих приборов для измерения времени запаздывания является электроннолучевая трубка.

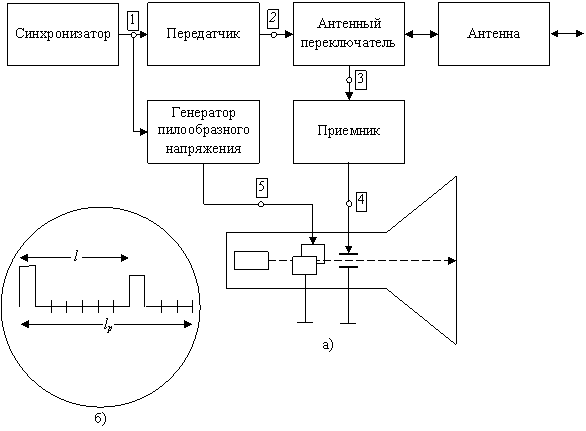


Рисунок 1-Функциональная схема импульсного измерителя дальности (*а*) и изображение сигналов на экране электроннолучевого индикатора (*б*)

К вертикально отклоняющим пластинам трубки подводятся импульсы напряжения с выхода приёмника (4) (u4 на рисунке 2); к горизонтально отклоняющим пластинам от специальной схемы подводится пилообразное напряжение (5)  (u5 на рисунке 2). Передатчик и схема создания пилообразного напряжения запускаются одновременно импульсами синхронизирующего устройства (1) , поэтому одновременно с излучением импульса передатчика начинается горизонтальное перемещение пятна по экрану трубки.

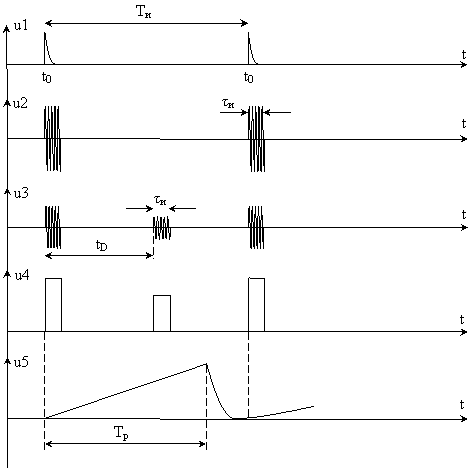


Рисунок 2 - Эпюры напряжений в точках 1-5 схемы импульсного дальномера (рисунок 1)

Картина, наблюдаемая на индикаторе, показана на рисунке1,б. Пятно воспроизводит огибающие излучённого и отражённого импульсов, расстояние между которымипропорционально дальности обнаруженной цели.

Частотный метод определения дальности основан на использовании частотной модуляции излучаемых непрерывных колебаний. Время запаздывания определяется путём измерения разности частот излучённых колебаний и отражённого сигнала. Функциональная схема РЛС с частотной модуляцией изображена на рисунке 3.

Генератор высокой частоты, управляемый модулятором, вырабатывает колебания с частотой, изменяющейся по периодическому закону, показанному на рисунке4 сплошной линией. Частота сигнала, отражённого от неподвижной цели, будет изменяться по такому закону, но только со сдвигом по временной оси на время запаздывания .

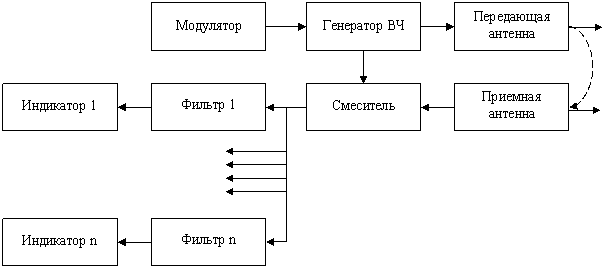


Рисунок 3 - Функциональная схема измерителя дальности с частотной модуляцией

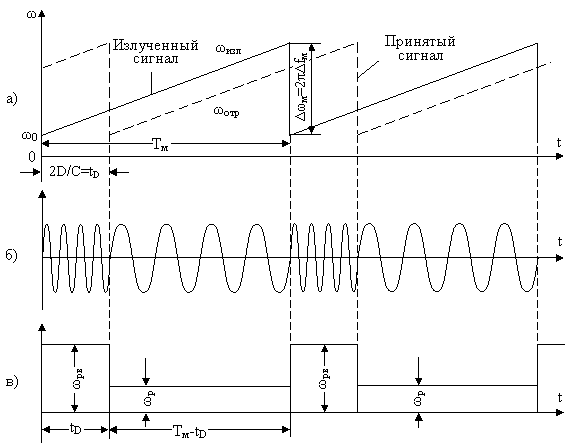


Рисунок 4*-* Изменение частоты излучаемых и принимаемых колебаний:

а) - частоты излучённого и принятого сигнала;

б) - преобразованный сигнал (биения);

в) - изменение частоты преобразованного сигнала

На рисунке 4,а частота отражённых колебаний показана штриховой линией. Отражённые сигналы и колебания генератора подводятся к смесителю. Образующаяся на выходе смесителя разностная частота (рисунок 4, б) или частота биений пропорциональна дальности цели.

Фазовый метод основан на измерении разности фаз излучённых синусоидальных колебаний и принятых радиосигналов. Функциональная схема простейшего фазового дальномера изображена на рисунке 5.

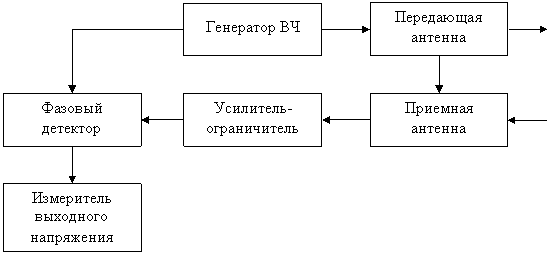


Рисунок 5 - Функциональная схема простейшего фазового

измерителя дальности

Генератор создаёт незатухающие колебания частоты , излучаемые в пространство. Принятые колебания сравниваются с колебаниями высокочастотного генератора; разность фаз пропорциональна дальности цели

## 2.2 Принцип работы дальномера

Принцип действия ультразвукового дальномера (рисунок 6): генератор (1) вырабатывает колебание определенной частоты, возбуждающее излучающий элемент (2), который посылает в свободное пространство зондирующий сигнал (ЗС) (3). Одновременно с этим начинается отсчет времени. ЗС в свою очередь отражается от препятствия (4), меняя свое направление. Отраженный сигнал (ОС) (5) принимается чувствительным элементом (6) и поступает в блок обработки сигнала (БОС) (7).

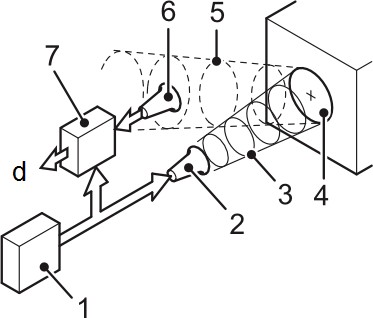


Рисунок 6 - Общий вид ультразвукового дальномера

## 2.3 Обзор рынка

Рассмотрим несколько ультразвуковых дальномеров, которые представлены на рынке. Их внешний вид и основные технические характеристики приведены на рисунке 7 и в таблице 1.



Рисунок 7 - Внешний вид ультразвуковых дальномеров:Skil 0520 AD, Stanley intel limeasure 0-77-018 и СР 3009

Таблица 1 - Технические характеристики ультразвуковых дальномеров

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Значение | | |
| Модель | Skil 0520 AD (F0150520AD) | Stanley intel limeasure 0-77-018 | СР 3009 |
| Страна производства | Китай | США | Германия |
| Диапазон измерений, м | 0,5 … 15 | 0,6 … 12 | 0,55 … 18 |
| Условия хранения, °С | от 0 до +40 | от 10 до +49 | от 0 до +43 |
| Вес, г | 200 | 180 | 112 |
| Размеры, мм | 112 x 43 x 25 | 252 x 145 x 55 | 115x75x45 |
| Точность, % | ± 0,5 | ± 0,5 | ± 0,5 |
| Цена, руб. | ≈ 2000 | ≈ 3000 | ≈ 1000 |

Как видно из технических характеристик этих измерителей дальности, точность у всех одинакова, но зависит от другой важной характеристики – диапазона измерений. Также есть различия по габаритам приборов и возможной температуре, при которой они могут быть использованы. Исходя из этого можно сделать вывод, что прибор, который будет наиболее практичен и удобен в использовании это ультразвуковой дальномер СР 3009.

## 2.4 Разработка структуры дальномера и приёмного модуля

В основе работы 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. Номинальная скорость распространения в среде – в воздухе – однозначно определена: U = 340м/с. Погрешность, связанная с температурой, влажностью, неоднородностью среды и другими переменными параметрами, незначительна и может быть опущена. Для измерения времени распространения ультразвука требуется счётчик.

Измерение временного интервала между излучением и приемом сигнала будет осуществляться при помощи цепи измерения времени, которая включена в БОС.

Необходим генератор колебаний для возбуждения ультразвукового излучателя. Также требуется входной усилительный каскад, поскольку отраженный от цели сигнал имеет малую мощность, и цепь обнаружения ультразвука, которая выделяет огибающую сигнала.

Так как устройство не предусматривает подключения периферийной аппаратуры для считывания результатов измерений, необходимо дополнить его наглядной системой индикации. Для этого подойдут простейшие индикаторы на базе одноцветных светодиодов.

Исходя из вышесказанного, можно составить простейшую структурную схему устройства, представленную на рисунке 8.

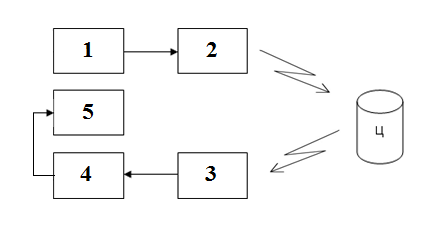


Рисунок 8– Структурная схема ультразвукового дальномера

Ниже приведена расшифровка нумерации блоков.

1. Генератор колебаний

2. Пьезоизлучатель

3. Пьезодатчик

4. БОС (включающий схему усиления, пороговое устройство, цепь измерения времени)

5. Счётчик

6. Модуль индикации

Ц – цель

Отталкиваясь от структурной схемы, нарисуем и распишем функции блоков, входящих в него, более подробно развернём блок обработки сигнала и тем самым получим функциональную схему приёмного модуля ультразвукового измерителя дальности (рисунок 9), которая во многом повторяет функциональную схему любой импульсной РЛС.

Одним из важных элементов приемного модуля любого ультразвукового измерителя является пьезопреобразователь, служащий датчиком для принятия отраженного сигнала от объекта.

После пьезодатчика необходимо обязательное применение входного усилителя, так как ультразвук теряет свою мощность как при распространении по воздуху, так и при отражении от любого объекта в результате поглощении части энергии волны материалом объекта.

Далее для удобства обработки принятого сигнала и выделения из него полезной информации о времени распространения необходимо осуществить преобразование частоты из области ультразвуковых частот в область более низких частот, т.е. использовать схему выделения огибающей сигнала.

Следующим шагом работы уже с огибающей принятого сигнала является применение порогового устройства для исключения возможных ложных срабатываний и приема переотраженных сигналов путем фиксирования момента прихода отраженного импульса от объекта по превышению уровнем напряжения огибающей заданного порога.

Зная моменты излучения (по переднему фронту импульса синхронизации передатчика) и прихода ультразвукового сигнала от объекта, используем схему формирователя для получения импульса, длительность которого будет равна времени распространения, а значит, будет пропорциональна дальности до объекта.

Для измерения длительности сформированного импульса добавим в приемную часть дальномера генератор счетных импульсов и селектор, выполняющий функцию временных «ворот» для импульсов подлежащих счету. Период счетных импульсов будет измерять точность измерения времени распространения.

Подсчет количества импульсов будет производиться счетчиком, для сброса и защелкивания показаний которого схему дополним дифференцирующей цепочкой, формирующей два импульса управления счетчиком: импульс сброса и импульс защелкивания.

Для наглядного представления результатов измерения длительности импульса в схему добавим блок индикации на базе одноцветных светодиодов.

Для преобразования выходного двоичного кода счетчика в форму удобную для отображения на индикаторах перед блоком индикации добавим дешифратор.

Последним важным блоком в схеме является блок питания, обеспечивающий питание всех узлов приемной части дальномера.

**10**

**9**

**8**

**7**

**6**

**5**

**1**

**2**

**3**

**4**

Рисунок 9- структура приёмного модуля импульсного ультразвукового дальномера

Ниже расписаны блоки, представленные на рисунке 9.

1. Пьезопреобразователь

2. Входной усилитель

3. Схема выделения огибающей

4. Пороговое устройство

5. Формирователь

6. Генератор счетных импульсов

7. Селектор

8. Дифференцирующая цепочка

9. Счетчик

10. Дешифратор

11. Блок индикации

12. Блок питания

## 2.4 Разработка принципиальной схемы

Разработка принципиальной схемы более подробно расписана в ВКР. За основу взята структурная схема и ,отталкиваясь от неё, производился выбор элементной базы и проектирование устройства.

## 2.5 Расчётная часть

2.5.1 Расчёт надёжности

Согласно ГОСТ 27002-83, под надежностью радиоэлектронной аппаратуры принято понимать ее способность выполнять свои функции в установленных режимах и при нормальных условиях применения.

При расчёте показателей надёжности будем считать, что отказ любого элемента схемы ведёт к отказу схемы в целом. Воспользуемся следующим алгоритмом расчёта надёжности:

1. выписываются все элементы, входящие в состав схемы;
2. для всех элементов по справочнику определяется интенсивность отказов *i*;
3. считается суммарная интенсивность отказов:

(1)

где ni – число элементов в i-й группе, – интенсивность отказов элемента в i -й группе, l- число групп.

Результаты расчётов по вышеуказанному алгоритму сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Расчёт интенсивности отказа

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Группа элементов | Количество элементов *ni* | Интенсивность отказа элементов  *i*[ч-1] | *i**ni* |
| Транзисторы | 3 | 0,1710-8 | 0.5110-8 |
| Диоды Шоттки | 2 | 3,910-8 | 7.810-8 |
| Конденсатор плёночный | 2 | 4,210-8 | 8.410-8 |
| Конденсатор керамический | 9 | 3,410-8 | 30.610-8 |
| Полупроводниковые диоды | 3 | 4,910-8 | 14.710-8 |
| Резистор переменный | 1 | 3610-8 | 3610-8 |
| Резистор плёночный | 21 | 1,310-8 | 27.310-8 |
| Контакты разъемов | 4 | 5,510-8 | 2210-8 |
| ИМС | 6 | 2,710-8 | 16.210-8 |
| Индикаторы | 3 | 4,510-8 | 13.510-8 |
| Ручная пайка | 179 | 0,01410-8 | 2.50610-8 |

Суммарная интенсивность отказов блока:

1/час

Среднее время работы схемы до отказа определяется соотношением:

часов

Вероятность безотказной работы за 10000 часов:

Как видно из расчётов, проектируемое устройство имеет высокие характеристики надёжности и длительный срок службы. Это связано с тем, что использованы простые элементы, имеющие высокую надежность и длительный срок эксплуатации. В случае поломки, нетрудно найти неработающий элемент и заменить его, что в свою очередь снова повысит срок службы устройства.

2.5.2 Расчёт потребляемой мощности

Наиболее важный технический показатель любого электрического оборудования является, безусловно, его потребляемая мощность, которая измеряется в ваттах. Она зависит от того, сколько микросхем присутствует в схеме, какой они потребляют ток и какое используется напряжение питания для их работы.

Для расчёта потребляемой мощности всей схемы используется формула:

(2)

где – суммарный ток потребления всех микросхем, Uпит – напряжение питания.

В таблице 3 приведены все микросхемы из структуры устройства и потребляемый ими ток.

Таблица 3 Потребляемые токи микросхем

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Название микросхемы | Макс. потребляемый ток |
| 1 | NJM4580D | 9 мА |
| 2 | LM358N | 3 мА |
| 3 | CD4011 | 0,5 мкА(в статике) |
| 4 | CD4069 | 0,5 мкА (в статике) |
| 5 | CD4553 | 10 мкА (в статике) |
| 6 | CD4511 | 40 мкА (в статике) |

Анализируя значения токов, видно, что наибольший вклад в суммарный потребляемый ток всей схемой будут вносить только две микросхемы ОУ, поэтому всеми оставшимися токами можно пренебречь.

Суммарный потребляемый ток всех микросхем составит не более:

Соответственно полная потребляемая мощность не превысит:

Исходя из полученных данных, можем рассчитать время Тисп, которое сможет работать схема от перезаряжаемого аккумулятора ёмкостью 2000мАч.

Для этого нужно поделить ёмкость батареи на потребляемый модулем ток в мА:

Таким образом, схема без перерыва может работать 167 часов (7 дней) без замены аккумулятора, который можно будет зарядить за пару часов с помощью специального зарядного устройства, обычно продающегося вместе с ним в комплекте. Перезаряжать аккумулятор в среднем можно 1000 раз, что обеспечивает 167000 часов работы от одного источника питания.

# 3. Выводы

При прохождении практики я приобрела практические навыки по исследованию, разработке, проектированию ультразвуковых дальномеров в соответствии с темой дипломного проекта, изучила методики проектирования, изучила принципы эффективного использования информационных систем для проектирования, анализа решений, изучила методы автоматизации основных этапов исследования, проектирования.

В ходе прохождения преддипломной практики мной были освоены следующие навыки: Поиск, анализ информации, представление информации в требуемом формате, способность к использованию и анализу нормативных документов, способность анализа поставленной задачи, проектирование в соответствии с техническим заданием.