

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей
Кафедра электронных вычислительных средств

К защите допустить:
Заведующий кафедрой ЭВС
_____ И. С. Азаров

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту
на тему

СИСТЕМА ЭХОЛОКАЦИИ С ЗВУКОВЫМ МОДУЛЕМ

БГУИР ДП 1-40 02 02 01 041 ПЗ

Студент	И.А. Чубаров
Руководитель	Н. А. Смирнова
Консультанты: <i>от кафедры ЭВС</i>	Н. А. Смирнова
<i>по экономической части</i>	И. В. Смирнов
Нормоконтролер	Д. С. Лихачёв
Рецензент	

Минск 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений	7
Введение	8
1 Литературный обзор	11
2 Патентные исследования	15
3 Анализ исходных данных и основных технических требований к разрабатываемой электрической схеме	17
3.1 Анализ схемы электрической принципиальной	19
3.2 Анализ условий эксплуатации и дестабилизирующих факторов	26
3.3 Выбор программного решения управления электронным вычислительным средством	27
4 Выбор и обоснование элементной базы, унифицированных узлов, установочных изделий и материалов конструкции	30
4.1 Обоснование выбора микроконтроллера	30
4.2 Обоснование выбора конденсаторов	32
4.3 Обоснование выбора резисторов	33
4.4 Обоснование выбора диодов	35
4.5 Обоснование выбора транзисторов	36
4.6 Обоснование выбора микросхем	37
4.7 Обоснование выбора катушки индуктивности	38
4.8 Обоснование выбора кварцевого резонатора	39
4.9 Обоснование выбора кнопки	40
4.10 Обоснование выбора динамика	40
4.11 Обоснование выбора пьезокерамического излучателя	40
5 Выбор и обоснование компоновочной схемы платы	42
6 Выбор и обоснование способов и средств обеспечения теплового режима, герметизации, виброзащиты и электромагнитной совместимости	44
7 Расчёт параметров разрабатываемого модуля	46
7.1 Компоновочный расчёт печатной платы	46
7.2 Расчёт конструктивно-технологических параметров печатной платы ..	49
7.3 Оценка теплового режима и выбор способа охлаждения	52
7.4 Расчёт механической прочности и системы виброударной защиты	58
7.5 Обеспечение электромагнитной совместимости	60
7.6 Оценка надёжности модуля	63
7.7 Оценка технологичности проектируемого изделия	67
8 Техничко-экономическое обоснование	73
8.1 Характеристика программно-аппаратного комплекса	73
8.2 Расчет экономического эффекта от производства	73
8.3 Расчет инвестиций в производство программно-аппаратного комплекса	76
8.4 Расчет показателей экономической эффективности инвестиций	77
9 Требования к хранению, маркировке, упаковке и транспортировке устройств	78
Заключение	80
Список использованных источников	81

Приложение А (обязательное) Техническое задание	83
Приложение Б (обязательное) Справка патентного исследования.....	87
Приложение В (обязательное) Отчёт о проверке на заимствования	92
Приложение Г (обязательное) Код на языке программирования С.....	93
Ведомость к дипломному проекту	104

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

УХЛ – климатическое исполнение;
SDK – комплект для разработки программного обеспечения;
SMT – поверхностный монтаж;
SPI – последовательный периферийный интерфейс;
ТНТ – монтаж в отверстие;
ЭС – электронное средство;
ИЭТ – изделие электронной техники;
ЭМС – электромагнитная совместимость;
ТУ – технические условия;
ТЗ – техническое задание;
ЭК – электронный компонент;
ТП – типовый процесс;
МК – микроконтроллер;
ГОСТ – государственный стандарт;
ЭРЭ – электрорадио элемент;
ЭВС – электронное вычислительное средство;
ВАРУ – временная автоматическая регулировка усиления;
ЕСКД – единая система конструкторской документации.

ВВЕДЕНИЕ

С давних времён люди мечтали об возможности изучить морское дно. Одни решались на геройские поступки ради науки, придумывая способы длительного нахождения под водой в целях изучения дна, даже на глубине 100-200 метров. Другие же не стремились к научным прорывам в поисках чего-либо нового на дне озёр, морей и океанов. Люди боялись неизвестного, а это самый сильный страх из всех и преодолеть его невозможно.

Благодаря техническому прогрессу в наше время постоянно появляется много новой техники в различных сферах жизни. Технический прогресс добрался и до рыбалки. Вот и для упрощения любимым делом рыбаков появилось полезное устройство — эхолот.

Рыбалка с эхолотом — это не только возможность определить точное нахождение как одиночной рыбки, так и рыбного косяка любых размеров. С помощью эхолота можно измерить глубину и увидеть рельеф любого дна.

Наряду с навигационными эхолотами, предназначенными для обеспечения безопасности плавания, выпускаются специальные приборы для поиска рыбы, промерных, геологоразведочных работ и др. Такие эхолоты имеют многоцветные телевизионные экраны, которые позволяют получить информацию не только о профиле дна, но и о качестве грунта, глубине ила, его плотности и т. п. (по цветности изображения). В исследовательских эхолотах предусмотрена возможность менять масштаб изображения и выделять на экране наиболее интересующие исследователей зондируемые участки дна. Такие эхолоты рассчитаны, как правило, на несколько рабочих частот, что позволяет измерять глубины в самых разных диапазонах.

Создаются и многолучевые эхолоты, которые одновременно записывают рельеф морского дна в различных направлениях. В некоторых эхолотах предусмотрены устройства для непосредственного нанесения измеренных глубин на морские карты.

Устройство имеет положительные и отрицательные стороны. К достоинствам эхолотов можно отнести получение некоторых возможностей:

- удобен, простой, понятный интерфейс, небольшие размеры и вес;
- экономичен, аккуратно расходует батарейки, сигнализирует о санировании рыбы;
- отсутствуют провода, мобильность.

Эхолоты имеют и некоторые недоработки производителей, которые можно отнести к недостаткам. Среди часто встречающихся минусов можно выделить:

- недостаточную точность датчиков: рыба может отображаться даже в

случае её отсутствия — частота в двести килогерц не во всех случаях считается достаточной;

- характеристики: глубина сканирования — до 100 м;
- питание — от батареек или аккумуляторов;
- температура работы от — -20 до 70 °С.

Смысл всех видов рыболовных эхолотов заключается радиусе их обзора и мощности. Ведь любой эхолот работает по принципу обычного медицинского УЗИ. Также на стабильность работы эхолота влияет скорость передвижения по водоему.

Эхолоту проще сканировать рельеф дна и наличие рыбы, когда лодка движется медленно, в таком случае картинка будет максимально приближена к действительной местности на дне.

Можно выделить следующие разновидности и их ключевые параметры:

1 Береговые эхолоты. Эхолоты для ловли с берега являются самыми простыми и дешевыми, они предназначены для поиска перспективных мест обитания рыбы. С помощью таких эхолотов обнаруживают ямы, русла, перекаты, каменистое или илистое дно. Подойдут они для опытных рыбаков, которые выходят на незнакомые водоемы без лодки. Такой вид эхолотов является лучшим выбором для рыбалки на новых местах. Они имеют большой угол обзора, маленьким дисплей и слабую детализацию.

2 Лодочные эхолоты. Лучшим эхолотом по соотношению цена/качество, для основной массы рыбаков, является лодочный эхолот. Из известных фирм, занимающихся производством эхолотов, можно выделить Humminbird, Lowrance PiranhaMAX, JJ-Connect Fisherman, Garmin, Fishfinder. Лодочные эхолоты обладают 2-3 лучами, что позволяет им сканировать довольно большой участок дна. Такой вид эхолотов зачастую имеют встроенные индикаторы температуры, сигнализируют при обнаружении рыбы, и тому подобные, полезные функции. С ними можно изучать дно на быстро движущейся лодке. Угол обзора у эхолотов такого вида такой же как у предыдущего, но сигнал значительно сильнее, что дает возможность видеть глубже и точнее. В эхолотах такого вида рыба и предметы дна не сливаются.

3 Универсальные эхолоты. Самыми востребованными эхолотами для рыбалки, и как следствие самыми дорогими, являются многофункциональные универсальные эхолоты. К такому виду можно отнести следующие модели эхолотов:

- Garmin GPSMAP.
- Humminbird Combo.
- Humminbird Onix.

– Humminbird Matrix 3D.

Про данный вид эхолотов можно писать долго, так как напичкали их по полному всякими полезными функциями.

К таким функциям можно отнести:

- трехмерную визуализацию дна водоема на расстоянии более чем в пятьдесят метров;
- более 4 лучей что создает огромный угол обзора и качественную детализацию;
- совместимость с компьютерами, GPS, и другой цифровой техникой;
- крепкий, можно даже сказать ударопрочный корпус; дополнительные возможности для рыбалки в ночное время;
- множество других полезных дополнений.

4 Эхолоты для зимней рыбалки. Зимние эхолоты используются конкретно в лунке и потому они очень ограничены в обзоре. Такие эхолоты показывают только то, что происходит в самой лунке и под ней. В отличии от летних моделей, зимние модели созданы специально для низких температур. Летние эхолоты при низкой температуре могут показывать неправильную картинку и большое количество помех. Существует особый вид зимних эхолотов – эхолоты флэшеры.

Цель дипломной работы – разработка микропроцессорной системы эхолокации с звуковым модулем на основе микроконтроллера AT89C2051. Предлагаемая система эхолокации с звуковым модулем разрабатывается преимущественно для рыбаков–любителей, чтобы облегчить любимое занятие в свободное время или в целях работы. Система эхолокации с звуковым модулем может быть использована на любительских судах для измерения глубины водоемов, для поиска затонувших предметов, а также при других работах на воде, связанных с необходимостью знать рельеф дна и глубину. Система представляет собой измерительный прибор, использующий звуковые импульсы для исследования структуры и рельефа дна, обнаружения подводных объектов и рыбы.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Благодаря техническому прогрессу в наше время постоянно появляется много новой техники, и это приводит к возникновению очередных новшеств в различных сферах жизни. Технический прогресс добрался и до рыбалки — на арене популярных и полезных устройств появился эхолот. Широкое применение микропроцессорной техники в схемах позволяет успешно уменьшать габариты приборов и увеличивать уровень автоматизации процессов измерений.

История эхолотов является интересной темой для исследования. Эхолоты были впервые использованы в морской навигации в начале 20-го века, чтобы измерять глубину океана и обнаруживать подводные скалы и рифы. В 1950-х годах эхолоты стали использоваться в коммерческой рыбной промышленности для поиска рыбы и установления оптимальных мест для ее ловли. В 1960-х годах эхолоты стали доступны для спортивной рыбалки, что сделало ее более успешной.

Одним из основных достоинств эхолотов является их способность обеспечивать точную информацию о глубине водоема и о расположении объектов на дне. Это делает их незаменимыми для рыбаков, капитанов судов и других людей, которые работают на воде.

"Эхолот — это устройство, используемое для измерения расстояния между два объекта с помощью звуковых волн. Это может быть полезно для изучения морских животных, спасения людей в сложных ситуациях, помощь в исследовании научных морских животных." - Для человека, это может быть полезной технологией для оказания помощи в спасении людей в сложных ситуациях. Кроме того, эхолоты могут использоваться для изучения морской фауны и флоры, а также для обнаружения обломков кораблей и других подводных объектов.

При написании данной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, статьи в изданиях журналов и интернет ресурсах и т. д.

1 В электронной статье выпущенной в сентябре 2019 года на интернет-ресурсе «spinningline.ru» автор Семен Беленов подробно рассказывает, как выбрать эхолот и камеру для зимней рыбалки, преимущества и недостатки эхолота и подводной камеры. Совместное использование эхолота и камеры будет отнимать просто огромное количество времени при одиночном активном поиске рыбы. И может так случится, что рыбак просто не дойдёт до перспективного места. Зимний эхолот прилично отличается от летних аналогов, особенно от продвинутых устройств. Но и требования к нему

предъявляются иные. Также одним из плюсов эхолота относительно камеры является скорость использования. На проверку 1 лунки тратится времени в разы меньше, чем на те же действия, что и совершаемые с камерой. Самый главный недостаток зимнего эхолота – это наличие одного луча. Следствием чего иногда является присутствие “слепых зон”, которые не попадают в луч и соответственно не отображаются на экране. Самое главное достоинство камеры относительно эхолота – это точное отображение донной поверхности, коряг. Видно, какая рыба стоит, в каком количестве и какого размера. трата большего количества времени при активном поиске рыбы. Этот недостаток немного можно смягчить при рыбалке вдвоём, когда один бурит лунки, второй следом идёт с камерой. Невозможно наблюдать реакцию рыбы на ту или иную приманку или проводку.

2 В статье, написанной 29 августа 2016 года “Как выбрать эхолот для рыбалки с берега - советы профессиональных рыболовов” автор Волощик Олеся рассказывает про принцип работы эхолота, виды эхолота, на что стоит обратить внимание при покупке эхолота для ловли рыбы. Даже опытные рыбаки, найдя новое место для ловли, не могут определить, какой будет клев. Можно просидеть на берегу несколько часов и ничего не поймать. Поэтому, чтобы не тратить зря время и похвастаться хорошим уловом, рекомендуют приобрести вспомогательный прибор – эхолот для рыбалки с берега. Вдобавок, в период нереста существует запрет на ловлю с лодок и катеров, и рыбакам приходится подбирать рыбные места. Береговой эхолот — это несложное в эксплуатации устройство, которое позволяет увидеть рельеф дна, места скопления рыбы, коряги и ямки. внимание при покупке эхолота для ловли рыбы стоит обратить на: Крепление монитора, мощность датчика, угол сканирования, емкость аккумулятора, ценообразование.

3 В электронной статье “Ремонт и обслуживание эхолота” рассказывается про повреждения и починку прибора от разных производителей. Повреждения эхолота бывают различного рода: прибор может упасть, что приводит к трещинам на корпусе или дисплее, он может утонуть или попасть под сильный дождь, что приводит к порче платы и контактов, также часто портится кабель и датчик устройства винтом мотора, иногда происходят сбои в программном обеспечении. Починка производится по следующим направлениям: 1) установка нового ПО; 2) замена корпуса, экрана, крышки, датчика, кнопок, платы, разъемов и тд; 3) очистка платы; 4) антикоррозийная обработка и другие работы.

4 В электронной статье “Сигнализатор поклевки: виды, типы, преимущества и принцип работы” написанной автором Глеб Лисицын 9 декабря 2016 рассказывается про сам сигнализатор, для каких целей

предназначен, виды и типы, основные преимущества сигнализаторов. Сигнализатор поклевки – это приспособление, с помощью которого рыбак может увидеть поклевку и понять, что рыба контактирует с приманкой. Самые современные сигнализаторы – электронные – называются фидерами. Кроме них, существуют звуковые и визуальные аналоги. Их точность менее высока, но свою задачу они выполняют. Ведь главное, что должен сделать такой прибор – вовремя оповестить рыбака о необходимости выудить рыбу. Прибор замечает любые движения удилища и лески, чаще всего означающие контакт рыбы с приманкой. Особо полезен такой сигнализатор в условиях ограниченной видимости, но многие рыбаки для удобства используют его всегда. Существует 3 вида сигнализаторов: визуальный, звуковой, электронный. Визуальный – он прикрепляется к леске и балансирует на поверхности воды, оповещая рыбака о каждом контакте с приманкой. К визуальным приборам также относится «кивок», который обычно устанавливают на леску или удилище, и ночной поплавок, оснащенный подсветкой. Звуковой – у такого сигнализатора может быть много вариаций, но самый простой и распространенный – колокольчик. Он прикрепляется к леске или концу удилища, а используется чаще всего при донном виде рыбалки. Электронный – этот сигнализатор поклевки – самый современный. Он определяет момент поклевки намного точнее, чем визуальный и звуковой аналоги. Есть модели, которые работают сами по себе, а есть – скомбинированные с пейджером. Даже дешевый электронный прибор позволяет упростить рыбалку до неузнаваемости. И также 2 типа сигнализаторов: сигнализатор на удочку и сигнализатор для фидера. К основным достоинствам можно отнести следующие: высочайшая чувствительность поклевки, Имея электронный сигнализатор поклевки; рыбак может расслабиться и не пребывать в постоянном напряжении; упрощение процесса рыбалки в целом.

5 Существует множество источников, посвященных эхолотам. Например, сайт "Рыболовные эхолоты" (echolot-spb.ru) предлагает обзоры и сравнения различных моделей эхолотов, а также полезные советы по их использованию. Начнем сначала, с классического эхолота. То, что теперь называется BroadBand, 2D, эхолот, широкополосный эхолот, сонар, классический сонар. Преимущества классического эхолота: большой объем просвечиваемой датчиком воды, легче найти рыбу, светит глубоко (несколько сотен метров). Недостатки классического эхолота: Низкая детализация дна. Все выделяющиеся объекты, размеры которых меньше размера пятна, “подсвечиваемого” на дне, будут видны на экране как плавный холм с размерами около размера пятна. Вся детализация потеряется. Невозможно

понять, в каком направлении находится рыба или любой объект, от которого отразился сигнал, известно только расстояние до нее. Мысль конструкторов не стояла на месте, и несколько лет назад появились принципиально другие эхолоты, форма луча которых напоминает не конус, а дольку лимона. Пример эхолота, совмещающего в себе один классический луч, и один луч нижнего сканирования. Здесь необходимо сказать, что разные производители по-разному называют эту технологию. У Garmin это ClearVü (Vü – видимо, от View), у Lowrance это DownScan, у Humminbird – DownImage. Но суть везде одна: датчик излучает луч не в форме конуса, а в очень узком в продольном и широком в поперечном направлении.

6 Другой полезный источник - сайт " Выбор эхолота. Какой же выбрать?" (boatshop.by), который предоставляет информацию о технических характеристиках различных моделей эхолотов, а также о том, как выбрать подходящий эхолот в зависимости от потребностей пользователя. Принцип действия эхолота основан на многократной передаче сигнала в толщу воды. Сигнал, сталкиваясь с каким-либо объектом, будь то рыба или дно, отражается, после чего попадает обратно на устройство. Эхолот обрабатывает его согласно алгоритму и преобразует в информацию на дисплее. Данный алгоритм основан на скорости передачи звука в воде. Зная эту скорость и время, в которое был отправлен сигнал, а также когда он был получен обратно, можно измерить расстояние до объекта, который отразил этот сигнал. Эхолот основан на действии ультразвукового излучения, поэтому основным отличием той или иной модели станет мощность и радиус обзора. Следует обратить внимание на качество выводимых данных. Картинка будет более четкой, когда лодка находится в покое, нежели в движении. Классификацию эхолотов проводят также по количеству излучаемых лучей. Бывают однолучевые, двухлучевые и многолучевые. Эхолоты и картплоттеры Garmin по праву являются одними из лучших, а GPS и картография электроники Garmin и вовсе не имеют конкурентов. И так, рыбопоисковые приборы Garmin представлены в двух сериях: Striker Plus и EchoMAP. Таким образом, наиболее популярной и востребованной в линейке эхолотов Garmin, является серия Striker Plus, которая отлично подойдет как для начинающих рыболовов, так и для более опытных.

В заключении можно сказать, что эхолоты представляют собой незаменимый инструмент для тех, кто работает на воде или увлекается рыбалкой. Благодаря своей точности и универсальности, эхолоты позволяют получать важную информацию о водоеме и его содержимом.

2 ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целесообразность данного устройства подтверждено и обосновано патентными исследованиями, выполненными глубиной в 10 лет. Анализ отечественных и зарубежных аналогов выполнялся по международным регламентам классификатора, для анализа были определены значимые критерии аналогов, по критериям производилась средняя оценка существующих аналогов. В результате оценки была подтверждена в соответствии с требованиями технического задания по обеспечению патентной частоты. На разработку устройства, в результате которого был сделан вывод, что проектируемое устройство по значимым критериям существенно отличается от аналогов. Результат патентных исследований и справка приведены в приложении Б.

Проанализируем отличия проектируемой системы эхолокации с звуковым модулем от выявленных аналогов.

1 «Эхолот», «Способ и система для эхо-локализации объектов», «Количественный эхолот и способ количественного зондирования рыбы» (пункты 1, 2, 4 таблицы) являются дополнительными способами оптимизации системы эхолокации с звуковым модулем с помощью дополнительных функций, которые выполняют поиск по заданной поверхности в воде методом сканирования лучом, проецирует искомую заданную поверхность на экран дисплея в качестве монитора и фиксирует косяк рыбы в виде изображения эхолота. Количественный эхолот, способный оценивать длину отдельной рыбы и количество косяка рыб, является важным инструментом для обследования рыбных ресурсов и эффективного ведения промысла. Система для эхо-локализации объектов относится к локализации эхо-сигналов, в частности, в гидроакустической системе, где система содержит по меньшей мере три всенаправленных преобразователя.

2 «Устройство для измерения и калибровки эхолота» (пункт 3 таблицы) является частью электронного средства отвечающее за измерения и калибровку эхолота, а проектируемая система эхолокации с звуковым модулем – отдельное функционирующее средство с имеющимся модулем звука не требует калибровки и имеет погрешность не более 4%.

3 «Способ и устройство для формирования ультразвукового изображения донной поверхности» (пункт 5 таблицы). Устройство содержит два измерительных канала, первый из которых содержит интерферометр, включающий в себя излучающий тракт, и приемный тракт из параллельно соединенных двух приемных антенн, а второй измерительный канал выполнен в виде эхолота, а проектируемая система эхолокации с звуковым модулем

содержит приемник и генератора зондирующих импульсов, на которые подаются на пьезокерамический излучатель - датчик и в виде ультразвуковых посылок излучаются во внешнюю среду.

4 «Корабельная подводная гидроакустическая система» (пункт 6 таблицы). Устройство находится на носовой части корабельного судна и содержит удлиненную матрицу элементов ультразвукового передатчика, а разрабатываемое устройство эхолокации с звуковым модулем используется на любительских судах и предназначен для рыбной ловли с дополнительными функциями.

В результате патентного поиска выявлены электронные средства, схожие по назначению, но существенно отличающиеся по функциям и номенклатуре входящих узлов, что обеспечивает патентную чистоту проектируемого «система эхолокации с звуковым модулем».

"Эхолот - это устройство, используемое для изучения окружающего пространства без зрения. Оно работает на основе принципа эхолокации, которые пользуются животными, такими как мурены и дельфины, для изучения окружающего пространства. Эхолот - это устройство, которое использует подводные звуковые волны для определения расстояния между двумя объектами. Это может быть полезно для самых разных целей, таких как измерение глубин океанов или озер, изучение поведения морских обитателей и даже поиск подводных сокровищ. Процесс включает в себя излучение звуковой волны через воду и наблюдение за количеством времени, которое требуется для того, чтобы звуковая волна вернулась к устройству. Расстояние между источником и целью может быть рассчитано на основе скорости звука в воде и времени.

Проведя патентный поиск, можно сделать вывод, что разработка системы эхолокации с звуковым модулем обоснована и целесообразна.

3 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЕ

Настоящая работа выполняется в рамках дипломного проектирования.

Целью работы является разработка печатной платы системы эхолокации с звуковым модулем.

Назначение устройства больше подходит для рыбаков-любителей: обнаружение биологического мира и изучение водной среды. Предлагаемый эхолот может быть использован на любительских судах для измерения глубины водоемов, а также при других работах на воде, связанных с необходимостью знать рельеф дна и глубину. Рыболовы же с его помощью легко смогут отыскать наиболее перспективные места ужения рыбы.

Питание эхолота осуществляется от 6 элементов общим напряжением 9В. Работоспособность прибора сохраняется при снижении напряжения до 6В.

Звуковой модуль представляет собой звуковую приманку для рыб. Данное устройство издает квакающий звук, который привлекает рыбу. Параметры звука устанавливаются с помощью двух переменных резисторов. Питается устройство от трех батареек, хватает которых на долго. В качестве излучателя применен наушник, доработанный для погружения в воду. Устройство пригодно как для зимней, так и для летней рыбалки.

Также в дипломном проекте будет присутствовать сигнализатор поклевки. Рыбаки хорошо знают, как трудно уследить за поклевками на резинку или донку. А если их несколько, то тем более. Как правило, в таких случаях в качестве сигнализатора поклевки ставят колокольчики. Но на ночной рыбалке трудно определить, какой колокольчик звенит. А ночная рыбалка самая интересная и «прибыльная». Другой вариант, когда берете с собой несколько удочек и резинку. Все внимание направляешь на поплавки удочек, а за резинками трудно уследить. Предлагаю вариант сигнализатора поклевки со звуковой и световой индикацией. Время сигнализации можно установить до 5 секунд.

Эхолот предназначен для эксплуатации на открытом воздухе. Исходя из этих условий устройство будет использоваться по ГОСТу УХЛ 1.1.

Габаритные размеры платы не более 160 x 160 мм. Выбраны такие размеры, чтобы устройство не было сильно громоздким и поэтому масса устройства не превышает 0.8 кг.

Коэффициент заполнения по объёму K_z , не менее 0,5.

Требования к надёжности подобраны по ГОСТ 27.003-90.

Эхолоты с дополнительными функциями пользуются большим спросом

у потребителей таких как рыболовы, поэтому предполагаемая программа выпуска проекта «Эхолокации с звуковым модулем» будет равно 2000 шт. в год.

В результате анализа технического задания и обсуждения различных вариантов возможного решения конструкции обосновывается целесообразность разработки документации избранного варианта изделия с технической точки зрения. Техническое предложение согласовывается с заказчиком, утверждается вышестоящими органами и после этого становится основой для разработки эскизного проекта.

В соответствии с техническим заданием будут рассмотрены вопросы общей компоновки, компоновочной совместимости принятой элементной базы, проектирование всех конструктивных элементов изделий с учетом автоматизации процессов проектирования; обеспечение защиты изделия от дестабилизирующих факторов окружающей среды; обеспечение технологичности.

Форма, компоновка и внешний вид устройства должны соответствовать его функциональному назначению и обеспечивать удобство обслуживания при настройке, ремонте и эксплуатации. [1]

По схемным и конструкторским решениям системы эхолокации с звуковым модулем должен обладать патентной чистотой. Патентный поиск необходимо выполнить глубиной 10 лет, отечественных и зарубежных аналогов. Возможные страны экспорта уточняются на этапе разработки рабочей документации.

Проектируемый эхолот должен быть портативным, удобным для пользователя. Корпус эхолота изготавливается из пластика. Для надежности, пластик не должен пропускать пыль. IP68 означает пыленепроницаемость – пыль не может попасть в устройство. Приемник желательно смонтировать на отдельной плате «в линейку» и разместить в корпусе по возможности дальше от блока управления. Для уменьшения нагрева прямыми солнечными лучами корпус должен быть светлого цвета.

Влажность от 10-90%, диапазон рабочих температур приблизительно от -15 до +55 С, атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа.

Исходя из анализа аналогичных разработок, была выбрана следующая модификация:

- для управления устройством используется микроконтроллер “*AT89C2051*”;

- электрические колебания частотой 300 КГц подаются на пьезокерамический излучатель – датчик;

- предусмотрена временная автоматическая регулировка усиления (ВАРУ);
- минимальная измеряемая глубина - 0,3 м;
- защита от воды не менее IPX7;
- класс защиты от пыли IP68;
- работоспособность прибора сохраняется при снижении напряжения до 6В.
- питание от источника 9 В.

3.1 Анализ схемы электрической принципиальной

Основа устройства – микроконтроллер AT89C2051 низковольтная, быстродействующая CMOS 8-разрядная микроЭВМ с 2 Кб электрически стираемой флеш ПЗУ (PEROM). Устройство изготовлено, с использованием технологии энергонезависимой памяти высокой плотности фирмы Atmel и совместимо с промышленным стандартом MCS-51 по системе команд и назначению контактов. Соединение универсального 8-разрядного процессора с флэш-памятью на одном кристалле, делает Atmel AT89C2051 мощной микроЭВМ, которая обеспечивает гибкое и недорогое решение многих прикладных задач управления. AT89C2051 обеспечивает следующие стандартные возможности: 2 Кб флеш памяти, 128 байтов ОЗУ, 15 линий ввода/вывода, два 16-разрядных таймера/делителя, пяти векторная, двухуровневая система прерываний, полно/дуплексный последовательный порт, прецизионный аналоговый компаратор, встроенный осциллятор и тактовый генератор. Эхолот весьма прост в наладке и удобен в эксплуатации, не требует калибровки. Предусмотрена возможность оперативного переключения предела измерения, количества индицируемых отражений, а также регулировка эффективности ВАРУ. Импульсный фильтр при необходимости может быть отключен. Значения всех параметров могут сохраняться в памяти в режиме пониженного энергопотребления (SLEEP). В этом режиме потребляемый ток составляет около 70 Мка, что практически не сказывается на сроке службы элементов питания. [2]

В конструкции эхолота использованы широко распространенные детали. Катушка L1 генератора намотана на каркасе диаметром 5 мм с подстроечником Ф-600. Она содержит 110 витков провода ПЭВ 0,12 мм.

Трансформатор Т1 намотан на сердечнике К16х8х6мм из феррита М1000НМ. Первичная обмотка наматывается в 2 провода и содержит 2х20 витков, вторичная - 150 витков провода ПЭВ 0,21 мм. Контурные катушки L2, L4, L6 содержат по 90 витков, а катушки связи L3 и L5 по 10 витков провода

ПЭВ 0,12 мм. Можно использовать и готовые контура подобрав конденсаторы для получения резонансной частоты 300 КГц.

Конденсаторы С2, С6 генератора и С7, С12, С23 приемника должны быть с малым ТКЕ. С5 приемника типа GRM21. Светодиоды индикатора HL1...HL31 красного цвета свечения прямоугольной формы, например, типа КИПМ01Б-1К. Полевые транзисторы VT12, VT14 стабилизатора типа КТ315, КП303Б с любым буквенным индексом. Микроконтроллер АТ89С2051 можно заменить на АТ89С51 или 87С51. При этом необходимо учесть различия в нумерации выводов. К остальным деталям особых требований не предъявляется.

Все блоки прибора смонтированы на одной или нескольких печатных платах, размеры и конфигурация которых определяются размерами имеющегося в наличии корпуса, а также типом применяемых деталей, поэтому не приводятся. Для уменьшения нагрева прямыми солнечными лучами корпус должен быть светлого цвета.

Налаживание эхолота начинают с установки на выходе стабилизатора блока управления напряжения +5В с помощью резистора R39. После установки микроконтроллера на место необходимо убедиться в работоспособности блока управления и блока индикации.

После включения питания на индикаторе должен светиться один из светодиодов дополнительной шкалы HL27...HL30, индицирующий предел измерения. Нажимая на кнопки SB2 «UP» и SB3 «DOWN» можно переключать пределы. Однократное нажатие на кнопку SB4 «SELECT» переключает прибор в режим установки количества индицируемых отражений. Аналогично, нажимая SB2 и SB3, можно изменять их количество от 1 до 4. Это индицируется мигающим светодиодом на шкале пределов. При следующем нажатии кнопки «SELECT» включается режим установки степени ВАРУ, которая также устанавливается SB2 или SB3 и индицируется мигающим светодиодом на основной шкале глубины. Нажав «SELECT» ещё раз можно выключить или включить импульсный фильтр помех также с помощью SB2 и SB3 соответственно. Наконец, четвертое нажатие «SELECT» возвращает прибор в основной режим переключения пределов.

Во всех режимах на индикаторе глубины будут индицироваться отраженные импульсы (если они есть), причем, если глубина больше установленного предела, в основном режиме будет мигать последний светодиод индикатора глубины - HL26. Для запоминания выбранных режимов следует нажать и удерживать кнопку SB4 «SELECT» в течение примерно 2 сек. После этого индикатор гаснет и прибор переходит в режим пониженного энергопотребления «SLEEP». Выход из этого режима происходит при нажатии

SB1 «RESET». Однако, если нажать SB1 в рабочем режиме, произойдет сброс всех параметров в исходное, записанное в ПЗУ состояние.

Убедившись в исправной работе микроконтроллера, переходят к наладке генератора зондирующих импульсов. Вначале необходимо с помощью осциллографа убедиться в наличии отрицательного импульса длительностью 50 мкс с периодом 100 мс на выводе P1.0 микроконтроллера. Затем осциллограф подключают параллельно излучателю - датчику и наблюдают формируемые зондирующие импульсы. Опустив излучатель в сосуд с водой глубиной не менее 40 см можно наблюдать и отраженные импульсы. Вращая сердечник L1 следует настроить генератор на резонансную частоту излучателя ориентируясь по максимальной амплитуде отраженных импульсов. Амплитуда первого из них может достигать 5...10 В. Амплитуда же зондирующего импульса практически не зависит от частоты.

Наладку приемника начинают с проверки режимов транзисторов по постоянному току, указанных на принципиальной схеме. При необходимости режимы можно подкорректировать резисторами делителей в базовой цепи транзисторов.

Затем необходимо настроить резонансные контура на частоту генератора. Для этого излучатель в воздухе располагают на расстоянии 15...20 см от какого - либо препятствия и с помощью осциллографа настраивают контура по максимальной амплитуде импульсов на коллекторах VT1, VT4, VT8. При этом необходимо учитывать, что диаграмма направленности излучателя в воздухе очень узкая.

По мере настройки следует увеличивать эффективность ВАРУ или увеличивать расстояние до препятствия, чтобы избежать ограничения сигнала. Окончательно контура подстраивают, наблюдая сигнал после детектора в точке соединения R19, C19, C22. Наконец, переключив осциллограф на коллектор VT11, подстроечным резистором R25 устанавливают порог срабатывания триггера Шмитта, добиваясь максимальной чувствительности и отсутствия ложных срабатываний.

Чувствительность приемника - около 15 мкВ.

Работу ВАРУ контролируют, наблюдая форму напряжения на конденсаторе C5 приемника. При необходимости она может быть изменена подбором номиналов R2 и C5.

Блок управления

В основе блока управления лежит микроконтроллер AT89C2051. В микросхеме AT89C2051 применяется технология с статической логикой

корректно работающая при снижении частоты тактового генератора вплоть до нулевого значения и поддерживает два программно выбираемых режима экономии мощности. Неактивный Режим приостанавливает работу ЦП. При этом выход из режима малого потребления может происходить при запросах то ОЗУ, таймера/делителя, последовательного порта или системы прерывания. При принудительном переходе в режим пониженного потребления мощности сохраняется содержимое ОЗУ, но внутренний генератор микросхемы, останавливается, отключая все другие функции чипа до последующего аппаратного сброса. Корпус представлен на рисунке 3.1.

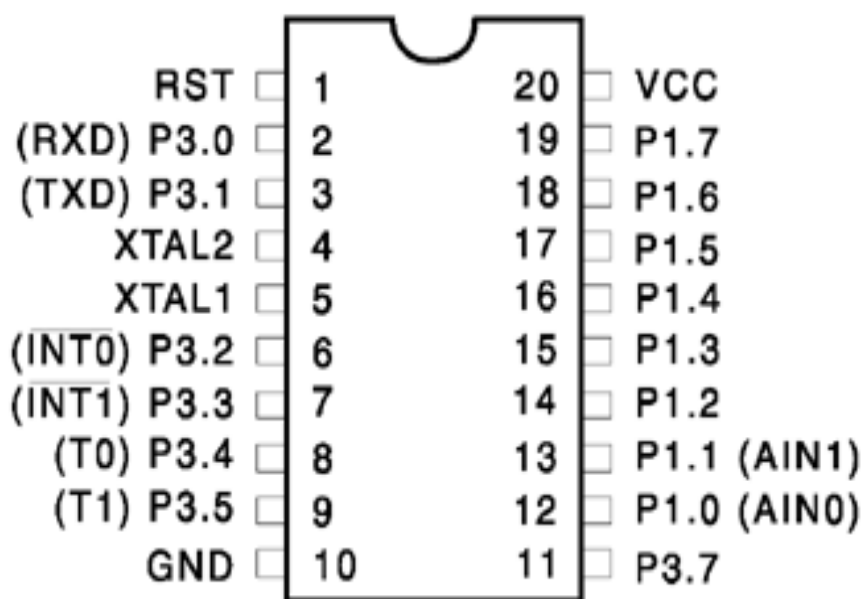


Рисунок 3.1- Изображение корпуса AT89C2051

Блок индикации

Блок индикации представляет собой 32-х разрядный сдвиговый регистр на 4-х микросхемах типа K561ИР2 с эмиттерными повторителями на выходе. Резисторы R46...R76 задают ток через светодиоды 10 мА. При таком токе индикатор хорошо виден в любую погоду. Последние 2 разряда DD9 не используются. Светодиоды HL1...HL27 образуют основную шкалу индикатора, а HL28...HL31 индицируют предел измерения, количество индицируемых отражений и включение импульсного фильтра помех.

Кнопки для режимов работы

Кнопка размером 6х6 мм, предоставленная на рисунке 3.2. Нажимая на кнопки SB2 «UP» и SB3 «DOWN», можно переключать пределы. Однократное нажатие на кнопку SB4 «SELECT» переключает прибор в режим установки количества индицируемых отражений. Аналогично, нажимая SB2 и SB3, можно изменять их количество от 1 до 4. Это индицируется мигающим светодиодом на шкале пределов. При следующем нажатии кнопки «SELECT» включается режим установки степени ВАРУ, которая также устанавливается SB2 или SB3 и индицируется мигающим светодиодом на основной шкале глубины. Нажав «SELECT» ещё раз, можно выключить или включить импульсный фильтр помех также с помощью SB2 и SB3 соответственно. Наконец, четвертое нажатие «SELECT» возвращает прибор в основной режим переключения пределов. Для запоминания выбранных режимов следует нажать и удерживать кнопку SB4 «SELECT» в течение примерно 2 сек. После этого индикатор гаснет и прибор переходит в режим пониженного энергопотребления «SLEEP». Выход из этого режима происходит при нажатии SB1 «RESET». Однако, если нажать SB1 в рабочем режиме, произойдет сброс всех параметров в исходное, записанное в ПЗУ состояние.



Рисунок 3.2 — Кнопка режимов работы

Генератор импульсов

На микросхеме DD1 собран задающий импульсный генератор на частоту 600 КГц, которая затем делится на 2 триггером на элементе DD2. Усилитель мощности излучаемого сигнала выполнен по двухтактной схеме на составных транзисторах VT6, VT7 и трансформаторе Т1, со вторичной обмотки которого электрические колебания частотой 300 КГц подаются на пьезокерамический излучатель - датчик и в виде ультразвуковых посылок излучаются во внешнюю среду. Работа генератора разрешается при наличии уровня логического нуля на выводах 12, 13 DD1 и 4, 6 DD2.

Звуковой модуль

Звуковая приманка для рыб - устройство, которое издает квакающий звук, который привлекает рыбу. Параметры звука устанавливаются с помощью двух переменных резисторов. В качестве излучателя применен динамик который установлен в корпусе эхолота. Звуковая приманка для рыб представлена на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 - Звуковая приманка для рыб

Применяют устройство следующим образом: с помощью кнопки SB5 включается устройство и издает через динамик звук. Устройство пригодно как для зимней, так и для летней рыбалки. Динамик можно увидеть на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 — Динамик

Приемник

Отраженный от дна сигнал принимается в промежутке между посылками излучателем - датчиком и подается на вход приемника. Импульс

усиливается трехкаскадным резонансным усилителем на VT1, VT2, VT4, VT5, VT8, VT9 и детектируется VD4, VD5. Триггер Шмитта на VT10, VT11 формирует стандартные логические уровни. Диоды VD1, VD3 защищают вход приемника от перегрузки. Транзистор VT13 - управляющий элемент ВАРУ, изменяющий в широких пределах коэффициент усиления первого каскада.

Длительность заряда конденсатора определяется постоянной времени $R3 \cdot C5$, а нижний уровень напряжения - номиналом $R2$ и длительностью разрядного импульса с блока управления, которая может изменяться от 0 до 1,25 мс. Соответственно изменяется и эффективность ВАРУ, что позволяет оперативно корректировать чувствительность эхолота для конкретных условий работы. С коллектора VT11 сформированный отраженный импульс подается на вывод P3.2 микроконтроллера DD1 блока управления для дальнейшей обработки.

Сигнализатор

Рыбаки хорошо знают, как трудно уследить за поклевками на резинку или донку. А если их несколько, то тем более. Как правило, в таких случаях в качестве сигнализатора поклевки ставят колокольчики. Но на ночной рыбалке трудно определить, какой колокольчик звенит. А ночная рыбалка самая интересная и «прибыльная». Другой вариант, когда берете с собой несколько удочек и резинку. Все внимание направляешь на поплавки удочек, а за резинками трудно уследить. Предлагаю вариант сигнализатора поклевки со звуковой и световой индикацией. Время сигнализации можно установить до 5 секунд. Сигнализатор поклевки показан на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 - Сигнализатор поклевки

3.2 Анализ условий эксплуатации и дестабилизирующих факторов

По ГОСТ 28725-90 устойчивости и прочности к воздействию температуры и влажности окружающего воздуха прибор относится к группе D1. Изделие относится к группе исполнения P1, которое должно быть устойчивыми и (или) прочными к воздействию атмосферного давления в диапазонах от 84 до 106,7 кПа. [3]

Степень защиты приборов от проникновения пыли, посторонних тел и воды должна устанавливаться в соответствии с ГОСТ 14254.

По защищенности от воздействия окружающей среды приборы подразделяют на исполнения: защищенное от проникновения пыли, посторонних тел и воды по ГОСТ 14254; защищенное от агрессивной среды по ГОСТ 12997; взрывозащищенное по ГОСТ 22782.0. По стойкости к механическим воздействиям приборы подразделяют на исполнения: виброустойчивое и вибропрочное по ГОСТ 12997.

Несколько факторов, таких как температура воды, соленость и глубина, могут повлиять на производительность устройства. Источник питания устройства и стабильность напряжения также являются важными факторами, которые следует учитывать. Тщательный анализ этих факторов может помочь выявить потенциальные проблемы и принять корректирующие меры для обеспечения оптимальной производительности. Другими факторами, которые могут повлиять на работу эхолота, являются физические повреждения, неправильная установка и ненадлежащее обслуживание. Поэтому важно регулярно проверять и обслуживать устройство, чтобы предотвратить потерю производительности. Понимание различных факторов, которые могут повлиять на работу устройства, и принятие упреждающих мер по их устранению помогут обеспечить эффективную и точную работу эхолота.

Также, эксплуатация оборудования в неправильных условиях хранения, таких как высокая температура или влажность, может привести к негативным последствиям. Важно следить за правильной установкой оборудования, чтобы исключить возможность удара о препятствия при движении водного транспорта.

В целом, правильная эксплуатация и обслуживание эхолота являются важными факторами для его стабильной работы и длительного срока службы. Важно следить за условиями эксплуатации и предпринимать соответствующие меры для минимизации дестабилизирующих факторов.

Требования к приборам в транспортной таре — по ГОСТ 12997. Конкретный вид механической нагрузки устанавливается в технических условиях на приборы конкретного типа. Приборы, изготавливаемые для

экспорта, должны соответствовать требованиям ГОСТ 15151 и требованиям договора предприятия с внешнеэкономической организацией.

Порядок проведения контрольных испытаний на надежность — по ГОСТ 27883. Критерии отказов должны устанавливаться в технических условиях на приборы конкретного типа. Приборы, отобранные для проведения контрольных испытаний на безотказность, другим видам испытаний, входящим в объем периодических, не подвергают.

По согласованию изготовителя с потребителем допускается время выдержки в камере при испытании на воздействие повышенной влажности — 6 ч. Испытание прочности и герметичности приборов по техническим условиям на приборы конкретного типа.

Испытательное оборудование, стенды и устройства, применяемые при испытаниях, должны иметь паспорт и быть аттестованы в соответствии с ГОСТ 24555.

3.3 Выбор программного решения управления электронным вычислительным средством

Этот программный комплекс был разработан в интегрированной среде разработки Arduino IDE, предназначенной для создания и загрузки программ на Arduino-совместимые платы, а также на платы других производителей. Исходный код для среды выпущен под общедоступной лицензией GNU версии 2. Поддерживает языки Си и C++ с использованием специальных правил структурирования кода. Arduino IDE предоставляет библиотеку программного обеспечения из проекта Wiring, которая предоставляет множество общих процедур ввода и вывода. Для написанного пользователем кода требуются только две базовые функции для запуска эскиза и основного цикла программы. [4]

Преимущества Arduino IDE:

- доступность;
- удобный для использования и понимания интерфейс;
- программа совместима со всеми версиями операционных систем Windows;
- наличие необходимых для работы инструментов;
- несколько вариантов языков программирования;
- возможность углубить знания языка C++;
- встроенный набор примеров программ;
- функции сохранения, экспорта, проверки, поиска, замены скетчей.

Проект в программе Arduino IDE изображен на рисунке 3.6. Листинг находится в приложении Е.

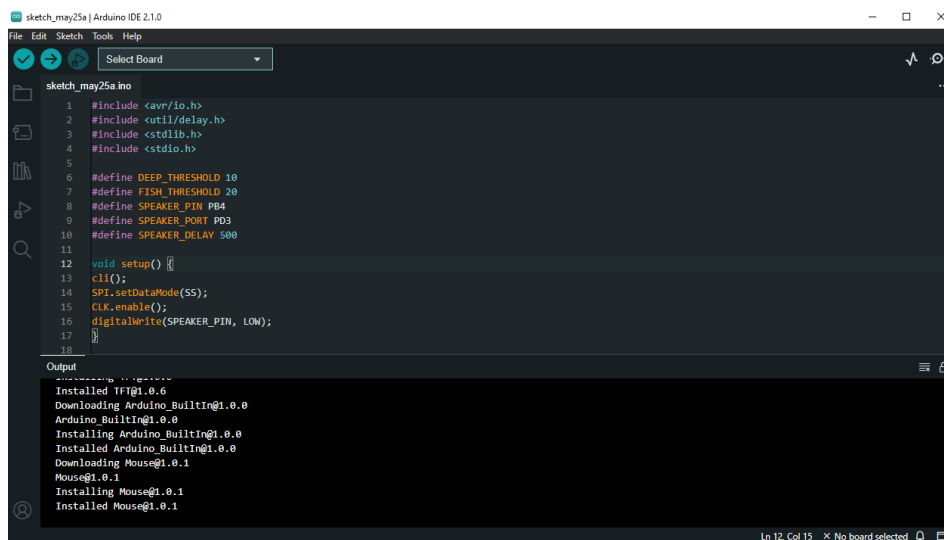


Рисунок 3.6 – Проект в программе Arduino IDE

В Arduino IDE выделяются основные библиотеки для написания кода:

- 1 math.h – библиотека с кучей математических функций. Подключена по умолчанию;
- 2 time.h – библиотека для работы с временем. Счёт, конвертация, временные зоны и прочее;
- 3 avr/eeprom.h – родная библиотека для работы с EEPROM. Подробно разбирали в этом уроке;
- 4 avr/power.h – библиотека управления потреблением МК: делитель системной частоты и включение/выключение периферии;
- 5 avr/sleep.h – библиотека для управления режимом энергопотребления МК;
- 6 avr/wdt.h – управление сторожевым таймером;
- 7 util/delay.h – библиотека с задержками на базе тактов процессора (работает без таймера 0).

Алгоритм работы по данному коду должен быть следующим: В методе «setup()» активируется режим полного отключения «clk_stop()». В этот момент можно выполнять настройку устройства, например, инициализацию портов ввода-вывода, раздачу адресов и т.д. В методе «loop()» выполняется цикл, который непрерывно выполняется и обрабатывает данные от устройств входа. В цикле сначала считываются данные с датчика глубины.

В зависимости от того, есть ли в массиве неопределенных значений, раздается звуковой сигнал с помощью дросселя. Затем проверяют, обнаружен ли рыбный датчик. Если да, то издает непрерывный сигнал с дросселя. Если нет, то издает сигнал с прерывистым дросселем. Затем отправляется audio via SPI (SerDes, Serializer-Deserializer). В самом конце отправляется звуковой сигнал. Выполняются другие операции, такие как обработка данных из других датчиков, отправка запроса на сервер и т.д. После выполнения всех операций выполняется задержка в 500 мс и затем цикл начинается сначала.

Важно обратить внимание, что цикл непрерывно выполняется, поэтому необходимо учитывать время, затрачиваемое на выполнение операций. Это может влиять на время обработки данных от датчиков и отправки запросов на сервер, поэтому необходимо оптимизировать код и учитывать время обработки.

Код предназначен для платы Arduino, и он выполняет следующие задачи:

- 1 Установите контакты и SPI для датчика глубины и детекторов рыбы.
- 2 Считайте значения с датчиков глубины и рыбодетекторов.
- 3 Управляйте динамиком на основе входных сигналов датчиков. Динамик включится (HIGH), если значение глубины ниже порогового значения (DEEP_THRESHOLD), и выключится (LOW) в противном случае. Динамик включится (HIGH), если сработает детектор рыбы (HIGH вход), и выключится (LOW) в противном случае.
- 4 Воспроизведите аудио через внешний динамик, подключенный к SPI.
- 5 Выполняйте другие операции, такие как отправка данных на облачный сервер, управление другими датчиками и исполнительными механизмами и регистрация данных.

Код использует SPI (последовательный периферийный интерфейс) для связи с внешними устройствами SPI, такими как датчики глубины и рыбы. Он также использует задержки для управления временем.

4 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ, УНИФИЦИРОВАННЫХ УЗЛОВ, УСТАНОВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ И МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИИ

4.1 Обоснование выбора микроконтроллера

Микроконтроллеры серии AT89 фирмы Atmel, совместные с MCS-51 с системой команд и архитектурой MCS-51 представлять нет необходимости. Они широко распространены, множество фирм выпускают их модификацию и программное обеспечение для них. Выпускает такие микроконтроллеры и фирма Atmel.

Отличительной особенностью этих микроконтроллеров является применение FLASH-памяти программ. Эта особенность позволяет практически мгновенно изменять программный код микроконтроллера, что существенно сокращает цикл разработки. Микроконтроллеры в корпусе с 40/44 выводами полностью совместимы по выводам с контроллерами 80C51 и обеспечивают возможность использования наработанных программ и прямой замены. FLASH- память программ делает также возможным дистанционное изменение программного кода встроенных микроконтроллеров непосредственно у заказчика.

Микроконтроллеры серии AT89 имеют следующие основные особенности:

- 8-разрядный процессор, оптимизированный для приложения управления.
- обширные возможности побитовой обработки;
- встроенная FLASH- память программ;
- встроенная оперативная память;
- двунаправленные и индивидуально адресуемые линии ввода-вывода;
- один или несколько 16-разрядных таймеров/счетчиков;
- полнодуплексный UART;
- разветвленная структура прерываний;
- встроенный тактовый генератор;
- экономичные режимы: IDLE и POWER DOWN;
- встроенная память EEPROM (AT89S);
- последовательный интерфейс SPI (AT89S);
- сторожевой таймер (AT89S).

Состав семейства микроконтроллеров представлен в таблице 4.1:

Таблица 4.1 — Состав семейства микроконтроллеров

Тип микрокон- троллера	AT89 C51	AT89L V51	AT89 C52	AT89L V52	AT89C 2051	AT89C 1051	AT89S 8252
Память данных, Кбайт	4	4	8	8	2	1	8
Память данных, байт	128	128	256	256	128	64	256
Память EEPROM, Кбайт	—	—	—	—	—	—	2
Выходы ввода/вывода	32	32	32	32	15	15	32
16-битные таймеры/счёт чики	2	2	3	3	2	1	3
UART	+	+	+	+	+	—	+
Источники прерываний	6	6	8	8	6	3	9
Биты защиты	3	3	3	3	2	2	3

Из таблицы 4.1 видно, что наш микроконтроллер AT89C2051 не самый лучший из всех перечисленных, но несмотря на это он в полной мере может обеспечить требуемое управление эхолотом по заданным критериям. Также микроконтроллер AT89C2051 является отечественным аналогом KP1816BE48, но применение микроконтроллера KP1816BE48 с внешней памятью программ нецелесообразно, так как это существенно увеличит потребляемый ток и габариты прибора.

Для обеспечения экономии потребления энергии, микроконтроллеры имеют два программно управляемых режима работы с пониженной мощностью. В режиме IDLE процессор выключен, в то время как оперативная память и встроенные периферийные устройства продолжает функционировать. В этом режиме потребление тока уменьшается приблизительно на 15 процентов от потребления полностью активного устройства. В режиме «POWER DOWN» все устройства микроконтроллера выключены, однако данные в оперативной памяти продолжают сохраняться. Это также способствует снижению потребления по питанию.

Таким образом, для реализации микропроцессорного устройства управления эхолотом был выбран микроконтроллер AT89C2051.

4.2 Обоснование выбора конденсаторов

Для решения задачи – нахождения типа и стандартного напряжения конденсатора по рабочему режиму, необходимо вначале найти минимальное напряжение, а затем выбрать ближайшее к нему стандартное значение. Величина рабочего напряжения конденсатора ограничивается тремя требованиями:

- конденсатор не должен перегреваться;
- перенапряжение на нем не допустимо;
- он должен быть защищен от прохождения обратных токов, если это полярный оксидный конденсатор.

Для того чтобы конденсатор не перегревался следует рассчитать выделяемую на нем реактивную мощность. Она не должна превышать номинальную мощность конденсатора. Чтобы защитить конденсатор от перенапряжения, рабочее напряжение на нем не должно превышать номинальное. Это условие формулируется в стандартах как сумма постоянной составляющей и амплитуды переменной составляющей рабочего напряжения не должна быть больше стандартного напряжения.[5]

Технические характеристики конденсаторов использованных в проекте показаны в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Технические характеристики конденсаторов

Наименование	Монтаж	Рабочая температура, °C	Размеры, мм	Вес, г
X5R-16B-10мкФ+10%	SMT	-55...+85	3.2x1.6x0.6	0.05
K50-35-470мкФ-35B+20%	THT	-40...+105	17x10x10	2.5
K50-35-1500мкФ-10B+20%	THT	-55...+105	10x16x10	2.56
B32922-C3104-K-0.1мкФ-305B+10%	THT	-10...+110	18x10.5x5	2.3
K50-35-470мкФ-16B+20%	THT	-10...+105	12x6.3x6.3	0.67
GRM31-100B-0,022мкФ+10%	SMT	-40...+105	11x6.3x6.3	0.2

Продолжение таблицы 4.2

Наименование	Монтаж	Рабочая температура, °C	Размеры, мм	Вес, г
K73-17-0,033мкФ-250В+5%	THT	-40...+85	8.5x13x6	0.8
K50-35-2200мкФ-16В+20%	THT	-55...+105	20x6x10	3.93
K50-35-100мкФ-16В+20%	THT	-55...+105	11x6x6	0.65
CC0805-200В-330пФ+10%	SMT	-55...+125	2x1.25x0.85	0.005
CC1206-50В-24пФ+5%	SMT	-55...+125	1.6x0.8x0.4	0.03
GRM21-50В-0,01мкФ+10%	SMT	-55...+125	2x1.25x0.4	0.04
GRM188-50В-820пФ+5%	SMT	-55...+125	1.6x0.8x0.4	0.036
GRM21-16В-1мкФ+10%	SMT	-55...+125	2x1.25x0.4	0.017
GRM21-25В-0,033мкФ+10%	SMT	-55...+125	2x1.25x0.4	0.017
K73-17-6,8мкФ-16В+10%	THT	-40...+85	11x15.5x6.5	1
GRM31-50В-0,047мкФ+10%	SMT	-55...+125	2x1.25x0.5	0.04
GRM21-25В-0,47мкФ+10%	SMT	-55...+125	2x1.25x0.5	0.017

Я выбрал керамические конденсаторы K50-35, а также SMD конденсаторы за счет их дешевизны, малых размеров и подходящего для работы устройства напряжения.

4.3 Обоснование выбора резисторов

Все резисторы выбираются по требуемому номинальному значению и мощности. Допустимое отклонение от номинальной величины сопротивления зависит от типа резистора: композиционный, проволочный, угольный. Выбирая резисторы по мощности, определяется мощность рассеяния на каждом резисторе отдельно по формуле $P=U \cdot I$, $P=U^2/R$, $P=I^2 \cdot R$, выводение из закона Ома. Полученная величина увеличивается в двое. [6] Технические характеристики резисторов использованных в проекте показаны в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Технические характеристики резисторов

Наименование	Монтаж	Рабочая температура, °C	Размеры, мм	Вес, г
CF-25-0.25BT-300Ом+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-0.25BT-8,2кОм+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-0.25BT-200Ом+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-0.25BT-10кОм+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-0.25BT-560Ом+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-0.25BT-1кОм+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-0.25BT-56Ом+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-0.25BT-22кОм+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-1BT-3,9кОм+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-1BT-100кОм+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
CF-25-0.25BT-2,7кОм+5%	THT	-55...+125	6.3x2.3x2.3	0.13
SMD0805-0.125BT-27кОм+5%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.5	0.01
SMD0805-0.125BT-82кОм+1%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.5	0.01
SMD0805-0.125BT-3,3МОм+1%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.5	0.01
SMD0805-0.125BT-3,6кОм+1%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.5	0.01

Продолжение таблицы 4.3

Наименование	Монтаж	Рабочая температура, °C	Размеры, мм	Вес, г
SMD0805-0.125BТ-220кОм+5%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.5	0.01
SMD0805-0.125BТ-1,8МОм+5%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.5	0.01
SMD0805-0.125BТ-47кОм+5%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.5	0.01
SMD0805-0.125BТ-15кОм+5%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.4	0.01
CAT16-0.25BТ-390Ом+5%	SMT	-55...+125	3.2x1.5x0.5	0.85
SMD0805-0.125BТ-180кОм+5%	SMT	-55...+125	2x1.25x0.5	0.01
SMD0805-0.125BТ-20кОм+1%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.4	0.01
SMD0805-0.125BТ-180кОм+1%	SMT	-55...+155	2x1.25x0.5	0.01
MF0207FTE-0,6BТ-68кОм+1%	THT	-55...+155	6.3x2.4x0.5	0.21
CF-50-0.5BТ-1,8кОм+1%	SMT	-55...+155	3.1x2.6x0.5	1
RC1206FR-200BТ-33кОм+1%	SMT	-55...+125	3x1.5x0.5	0.02
3006P-1-103LF-10кОм+10%	SMT	-55...+125	12.5x15x6	1.13
3006P-1-103LF-100кОм+10%	SMT	-55...+125	12.5x15x6	1.13

Резисторы CF-25 и SMD имеют наиболее благоприятные характеристики, небольшие размеры, а также малую стоимость. Так же благодаря своим характеристикам были выбраны подстроечные резисторы 3006P-1-103LF.

4.4 Обоснование выбора диодов

Здесь качество диода зависит от прямого и обратного напряжения и чем выше эти параметры, тем лучше элемент, поэтому согласно таблице, данные диоды более всего подходит для данной схемы. [7]

Технические характеристики диодов можно увидеть в таблице 4.4

Таблица 4.4 - Технические характеристики диодов

Наименование	Монтаж	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток, мА	Рабочая температура, °С	Размеры, мм	Вес, г
КД522	SMT	1	0.2	-50...+175	6.3x2.3x2.3	0.2
КИПМ01Б-1К	THT	2-2.8	10,20	-60...+70	6.3x2.3x2.3	0.05
Д311	THT	30	0.5	-60...+70	6.3x2.3x2.3	0.6

Данные диоды удовлетворяют всем поставленным требованиям, а также плюсом является не высокая стоимость. Стабилитроны КД522 и Д311 были выбраны по тем же причинам что и диоды.

4.5 Обоснование выбора транзисторов

Транзистор выбирается по максимальному значению тока коллектора $I_{кmax}$, допустимой мощности рассеяния и максимально допустимым напряжением коллектор-эмиттер, которое должно быть выше напряжения источника питания. При выборе руководствуются также следующим: максимальный ток коллектора, выбирается с запасом $\approx 1,5-2$ раза. Не следует выбирать транзисторы со слишком большим запасом по допустимому току. [8] Технические характеристики транзисторов можно увидеть в таблице 4.5

Таблица 4.5 - Технические характеристики транзисторов

Наименование	Монтаж	Тип	Напряжение С/Е, В	Макс. Ток С,А	Рабочая температура, °С	Размеры, мм	Вес, г
КТ315Б	SMT	nnp	20-60	0.1	-45...+100	3x2.5x1	0.08
КТ315	SMT	pnp	20-60	0.1	-45...+100	3x2.5x1	0.05
КТ3102В	SMT	pnp	30	0.2	-55...+125	6.7x7.3x1.8	0.3
КП303Б	THT	pnp	25	0.02	-45...+100	2.9x2.4x0.9	0.5
КТ361Б	SMT	pnp	20	0.5	-55...+125	2.9x2.3x1	0.3
КТ814А	SMT	pnp	40	1.5	-45...+100	9x6.4x2.1	0.9
КТ972Б	THT	nnp	45	44	-45...+100	9x6.4x2.1	0.9

По техническим характеристикам и цене транзисторы удовлетворяют предъявляемым требованиям к разрабатываемому устройству. Заменять транзистор его аналогом следует с учетом его конкретной схемы применения и режима работы.

4.6 Обоснование выбора микросхем

В таблицах 4.6-4.10 предоставлены характеристики микросхем K561TM2, K561ЛА7, АТ89С2051, K561ИР2, K561ЛН2 соответственно.

Таблица 4.6 – Технические характеристики микросхемы K561TM2

Характеристика	Значение
Тип монтажа	навесной
Количество выводов	14
Потребление тока, мА	20
Рабочее напряжение, В	3...15
Диапазон рабочих температур, °С	-45...+85
Габаритные размеры, мм	15x25x15
Масса, г	1.9

Таблица 4.7 – Технические характеристики микросхемы K561ЛА7

Характеристика	Значение
Тип монтажа	навесной
Количество выводов	14
Потребление тока, мА	2
Рабочее напряжение, В	3...15
Диапазон рабочих температур, °С	-45...+85
Габаритные размеры, мм	15x25x15
Масса, г	1.9

Таблица 4.8 – Технические характеристики микросхемы АТ89С2051

Характеристика	Значение
Тип монтажа	навесной
Количество выводов	20
Потребление тока, мА	25
Рабочее напряжение, В	6.6
Габаритные размеры, мм	33x17x10
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+85
Масса, г	3.5

Таблица 4.9 – Технические характеристики микросхемы K561ИР2

Характеристика	Значение
Тип монтажа	навесной
Количество выводов	16
Потребление тока, мА	4
Рабочее напряжение, В	3...15
Габаритные размеры, мм	17.5x7.5x6
Диапазон рабочих температур, °С	-45...+85
Масса, г	2.1

Таблица 4.10 – Технические характеристики микросхемы K561ЛН2

Характеристика	Значение
Тип монтажа	навесной
Количество выводов	14
Потребление тока, мА	2
Рабочее напряжение, В	3...15
Габаритные размеры, мм	17.5x7.5x6
Диапазон рабочих температур, °С	-45...+85
Масса, г	1.9

4.7 Обоснование выбора катушки индуктивности

В таблицах 4.11-4.12 предоставлены характеристики катушек индуктивностей RLB0914-3R3ML и LQM21NN.

Выбор катушки индуктивности зависит от нескольких факторов, таких как требуемое значение индуктивности, рабочая частота, допустимые потери и размеры катушки. Важно учитывать, что катушка индуктивности является пассивным элементом, который ограничивает пропускание высоких частот в цепи. При выборе катушки индуктивности необходимо учитывать ее сопротивление и добротность, которые влияют на потери в цепи. [9] Технические характеристики катушки индуктивности можно увидеть в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Технические характеристики RLB0914-3R3ML

Характеристика	Значение
Тип монтажа	ТНТ
Добротность, Q	20
Потребление тока, мА	3600
Рабочая температура, °С	-20...+80
Сопротивление, Ом	0.027
Габаритные размеры, мм	12.5x9x3.5
Масса, г	4.3

Таблица 4.12 – Технические характеристики LQM21NN

Характеристика	Значение
Тип монтажа	ТНТ
Добротность, Q	45
Потребление тока, мА	3600
Рабочая температура, °С	-40...+80
Сопротивление, Ом	0.8
Габаритные размеры, мм	2x1.25x0.7
Масса, г	0.04

Данные катушки индуктивности подходит по представленным требованиям.

4.8 Обоснование выбора кварцевого резонатора

Выбор кварцевого резонатора обусловлен несколькими факторами. Кварцевые резонаторы обладают высокой точностью и стабильностью частоты, что делает их идеальным выбором для применения в точных измерительных и контрольных системах, таких как часы, радиосвязь и другие устройства, где высокая точность является критически важной. Кварцевые резонаторы имеют широкий диапазон рабочих частот, что позволяет выбрать подходящий резонатор для конкретной задачи. Кварцевые резонаторы обладают высокой стабильностью частоты в широком диапазоне температур, что позволяет использовать их в различных условиях эксплуатации. Кварцевые резонаторы имеют высокую долговечность и малый уровень шума, что обеспечивает длительный срок службы и высокое качество сигнала. Все эти факторы делают выбор кварцевого резонатора оптимальным, где требуется высокая точность и стабильность частоты. [10] Технические характеристики кварцевого резонатора представлены в таблице 4.13

Таблица 4.13 – Технические характеристики HC-49S-8МГц

Характеристика	Значение
Тип монтажа	ТНТ
Резонансная частота, МГц	8
Рабочая температура, С	-20...70
Нагрузочная емкость, пФ	20
Габаритные размеры, мм	11.5x4.65x9.2
Масса, г	1

Данный выбор кварцевого резонатора подходит по всем характеристикам, цене и размерам

4.9 Обоснование выбора кнопки

Технические характеристики кнопки представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Технические характеристики кнопки

Характеристика	Значение
Тип монтажа	ТНТ
Количество выводов	2
Рабочий ток, А	0,3
Рабочее напряжение, В	30
Рабочая температура, °С	-25...65
Габаритные размеры, мм	6.5x7x1.8
Масса, г	0.65

По всем характеристикам кнопка KS12-A1.5-BRN-5N-S подходит.

4.10 Обоснование выбора динамика

Маломощные динамики широко применяются в наушниках, ноутбуках, телефонах и т.д. В нашем же устройстве от динамика требуется передача звука пользователю для оповещения о работе и ошибках. Технические характеристики динамика представлены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Технические характеристики динамика

Характеристика	Значение
Тип монтажа	ТНТ
Количество выводов	2
Мощность, Вт	0,5
Номинальное электрическое сопротивление, Ом	8
Уровень чувствительности, Дб	85
Габаритные размеры, мм	15x4x1.5
Масса, г	1.5

По техническим характеристикам и цене динамик удовлетворяют предъявляемым требованиям к разрабатываемому устройству.

4.11 Обоснование выбора пьезокерамического излучателя

Выбор пьезокерамического излучателя в системотехнике обусловлен его высокой точностью и быстрым откликом на изменение электрических сигналов. Пьезокерамические излучатели могут использоваться в качестве

датчиков, преобразователей и актуаторов, что делает их универсальным инструментом для многих приложений в системотехнике, таких как измерение давления, температуры, ускорения, уровня жидкости и т.д. Кроме того, пьезокерамические излучатели имеют высокую надежность и долгий срок службы, что является важным фактором для системотехники, где требуется непрерывная и стабильная работа оборудования. Технические характеристики пьезокерамического излучателя ЗП-1 представлены в таблице 4.16

Таблица 4.16 – Технические характеристики ЗП-1

Характеристика	Значение
Тип монтажа	ТНТ
Частота, Гц	1000...3000
Интенсивность звука, дБ	75
Рабочая температура, С	-30...+65
Габаритные размеры, мм	39x4x15
Масса, г	5

Таким образом, выбор этого пьезокерамического излучателя ЗП-1 обусловлен его многофункциональностью, высокой производительностью и надежностью.

5 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ ПЛАТЫ

Компоновочная схема блоков определяется количеством и видом составляющих элементов и их расположением.

Все компоновочные схемы делятся на два вида:

- централизованная;
- децентрализованная.

Децентрализованная компоновочная схема устройства принимается для аппаратуры, обладающей мощными выходными блоками, источниками помех и т.д., тогда устройство разносится по нескольким корпусам.

В данном случае будем использовать централизованную компоновочную схему устройства, т. е. все его элементы располагаются в одном корпусе.

На компоновочные схемы устройств значительное влияние оказывают вспомогательные элементы. Это различные индикаторы, ручки управления. В зависимости от их количества необходимо выбирать порядок их размещения на передней панели, что влияет на форму самого устройства. [11]

Компоновка устройства осуществляется уже на этапе технического предложения, поскольку необходимо учесть требования по габаритам и массе, которые определены в техническом задании. На последующих стадиях проектирования происходит корректировка и уточнение компоновочных параметров. Как правило, при компоновке необходимо определить площадь и объем, массу конструкции. В том случае, если результаты расчетов не будут соответствовать требованиям ТЗ, то по согласованию с заказчиком в технически обоснованных случаях в ТЗ могут быть внесены соответствующие корректировки.

Учитывая приведенное разбиение схемы электрической и конструкции уже существующих аналогов выбирается метод конструирования.

При компоновке устройства должны быть учтены следующие основные требования:

- оптимальность, устойчивость и стабильность функциональных межблочных связей;
- требования по жесткости и прочности;
- эргономика, удобство ремонта;
- оптимальное размещение комплектующих элементов в модулях всех уровней с учетом коэффициента заполнения по объему и удобству для осмотра и ремонта;

- сосредоточение центра тяжести ближе у опорной поверхности;
- наличие достаточного пространства для межблочных соединений.

При компоновке платы системы эхолокации с звуковым модулем следует особое внимание уделять возможному взаимодействию составных частей между собой из-за паразитных электромагнитных связей. Учет и анализ этих связей на ранней стадии проектирования позволит в значительной степени снизить затраты на производство всего изделия, сократить сроки проектирования, добиться более устойчивой работы. [11]

Способом решения этой проблемы является исключение с самого начала конструирования схемы универсального измерительного прибора на микроконтроллере причин, порождающих помехи. При этом необходимо:

- понять, какие виды помех наиболее вероятны в данной схеме;
- выбрать и разместить печатные платы, кабели и другие структурные.

Составляющие системы таким образом, чтобы исключить как можно больше причин, вызывающих помехи, и обеспечить при этом возможность подключения подавляющих помехи компонентов.

Помехи бывают постоянные и перемеживающиеся. В первом случае помехи имеют один и тот же характер. Это позволяет относительно легко выявить их причину. Однако могут возникнуть трудности при ее устранении, но если она устранена, то окончательно. Во втором случае, помехи появляются время от времени. Такой характер помех сильно затрудняет выявление их источника.

Проблемы возникновения помех и наводок можно свести к минимуму, изолируя чувствительные части схемы от источника помех, устраняя паразитные индуктивные и емкостные связи. Для этого необходимо:

- располагать маломощные (чувствительные) схемы поблизости от источника сигнала;
- размещать мощные схемы (в которых велика вероятность возникновения помех) вблизи нагрузок;
- располагать маломощные и мощные схемы как можно дальше друг от друга;
- стараться свести к минимуму длину проводников;
- использовать максимально короткие контуры прохождения тока.

6 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА, ГЕРМЕТИЗАЦИИ, ВИБРОЗАЩИТЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕС ТИ-МОСТИ

Эхолот – устройство, которое используется для измерения глубины воды и обнаружения рыбы. В связи с тем, что эхолот используется во влажной среде, требуется обеспечение герметизации и защиты от вибраций.

Анализ результатов показал, что для обеспечения герметизации корпус эхолота должен быть изготовлен из водонепроницаемого материала, такого как пластик или металл. Кроме того, необходимы уплотнительные кольца для герметизации соединений между корпусом и другими элементами эхолота, такими как датчик и кабель.

Обычно все материалы, особенно пластмассы, обладают необходимыми свойствами только при определенных условиях температуры и влажности. Если влажность слишком высока, пластмассы могут набухать, а при чрезмерной сухости воздуха – становиться хрупкими. При падении температуры ниже точки росы, возможно также осаждение воды.

В разрабатываемом устройстве предусмотрена защита от воздействия влаги, которая достигается нанесением лакокрасочных покрытий и использованием герметичного корпуса, так как эхолот непосредственно работает с водой. РЭС, установленные внутри корпуса устройства, подвержены вибрациям, так как помимо основной печатной платы могут присутствовать и другие элементы, которые могут вызывать вибрации в зависимости от их износа.

Для обеспечения виброзащиты могут использоваться специальные материалы, например, резиновые амортизаторы или уплотнительные прокладки, которые поглощают вибрации и шум. Кроме того, важно обеспечить надежное крепление датчика и кабеля, чтобы они не смещались при вибрациях.

Если прибор не защищен от вибрации и ударов, то узлы, которые чувствительны к динамическим перегрузкам, могут выйти из строя. Увеличение прочности узлов, чтобы они выдерживали максимальные динамические перегрузки, неэффективно, так как это приводит к увеличению массы и, следовательно, к увеличению динамических перегрузок. Вместо этого, для снижения перегрузок целесообразно использовать другие средства.
[12]

В разрабатываемом устройстве используются два вида соединений: разъемные и неразъемные. Резьёмные соединения относятся к первому виду,

а пайка, сварка и развальцовка - ко второму. Лакокрасочное покрытие на плате не только защищает ее от вибрации, но и создает дополнительные точки крепления элементов к плате.

Для обеспечения электромагнитной совместимости необходимо использовать экранирующие материалы и технологии конструктивного решения. Это позволит защитить эхолот от внешних электромагнитных помех, которые могут привести к ошибкам в измерениях.

Для соединения отдельных блоков и узлов друг с другом наилучшим вариантом являются экранированные провода, коаксиальные кабели и многожильные экранированные шланги с экранированными проводами внутри. Они обеспечивают защиту многоблочных устройств от наводок и взаимных наводок внутри устройства, а также защиту приборов от наводок из окружающего пространства. Особое внимание следует уделить качеству присоединения обмоток к корпусам приборов.

Таким образом, для обеспечения надежной работы эхолота необходимо обеспечить герметизацию, виброзащиту, тепловой режим и электромагнитную совместимость. В качестве способов обеспечения этих требований могут использоваться различные материалы и технологии, в зависимости от условий эксплуатации и требований к надежности.

7 РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО МОДУЛЯ

7.1 Компонировочный расчёт печатной платы

В зависимости от характера изделия (деталь, прибор, система) выполняется компоновка различных ее элементов. Основной задачей, при компоновке ЭС, является расположение в пространстве различных элементов или изделий ЭС, выбор форм, основных геометрических размеров, ориентировочное определение веса. [11]

Задача компоновки ЭС, чаще всего, решается с использованием готовых элементов (деталей), с заданными формами, размером и весом, которые должны быть расположены в пространстве или на плоскости с учетом электрических, магнитных, механических, тепловых и др. видов связи.

Для определения размеров печатной платы и габаритных размеров корпуса электронного средства выполняются компоновочные расчеты. Рассчитываются установочные площади типоразмеров элементов, устанавливаемых на печатные платы. Установочные габаритные размеры системы эхолокации с звуковым модулем продемонстрированы в таблице 7.1

Таблица 7.1 - Установочные габаритные размеры

Элемент	Кол- во, шт.	Установочная площадь, мм ²	Объем, мм ³
K73-17-0,033мкФ-250В+5%	7	110,5	663
K50-35-470мкФ-16В+20%	1	160	1600
GRM1885-50В-820пФ+5%	2	1,28	0,512
B32922-C3104-K-0.1мкФ-305В+10%	4	189	945
K50-35-100мкФ-16В+20%	2	66	396
K50-35-1500мкФ-10В+20%	3	160	1600
CC1206-50В-24пФ+10%	2	1,28	0,512
GRM21-50В-0.01мкФ+10%	3	2,5	1
GRM21-16В-1мкФ+10%	2	2,5	1
GRM21-25В-0,33мкФ+10%	2	2,5	1
K73-17-6,8мкФ-16В+10%	1	170,5	1108,3
CC0805-200В-330пФ+10%	1	2,5	2,125
K50-35-2200мкФ-16В+20%	1	120	1200
GRM31-100В-0,022мкФ+10%	2	69,3	436,59
GRM31-50В-0,047мкФ+10%	1	2,5	1,25
GRM21-25В-0,47мкФ+10%	1	2,5	1,25

Продолжение таблицы 7.1

X5R-16B-10мкФ+10%	1	5,12	3,072
CF-25-0.25ВТ-300Ом+5%	1	14,49	33,327
CAT16-0.25ВТ-390Ом+5%	4	4,8	2,4
SMD0805-0.125ВТ-15кОм+5%	4	2,5	1,25
CF-25-0.25ВТ-8,2кОм+5%	4	14,49	33,327
SMD0805-0.125ВТ-47кОм+5%	1	2,5	1,25
SMD0805-0.125ВТ-1,8МОм+5%	1	2,5	1,25
SMD0805-0.125ВТ-220кОм+1%	1	2,5	1,25
SMD0805-0.125ВТ-180кОм+5%	1	2,5	1,25
3006P-1-103LF-10 кОм+10%	2	187,5	1125
CF-25-0.25ВТ-200Ом+5%	30	14,49	33,327
SMD0805-0.125ВТ-20кОм+1%	3	2,5	1,25
CF-25-0.25ВТ-10кОм+5%	6	14,49	33,327
CF-25-0.25ВТ-560Ом+5%	1	14,49	33,327
SMD0805-0.125ВТ-27кОм+5%	2	2,5	1,25
MF0207FTE-0,6ВТ-68кОм+1%	1	15,12	7,56
CF-50-0.5ВТ-1,8кОм+1%	1	4,5	2,25
CF-25-0.25ВТ-1кОм+5%	3	14,49	33,327
SMD0805-0.125ВТ-82кОм+1%	1	2,5	1,25
CF-25-0.25ВТ-56Ом+5%	1	14,49	33,327
CF-25-0.25ВТ-22кОм+5%	1	14,49	33,327
CF-25-0.25ВТ-3,9кОм+5%	1	14,49	33,327
RC1206FR-0.25ВТ-33кОм+1%	1	4,5	2,25
SMD0805-0.125ВТ-3,3МОм+1%	1	2,5	1,25
SMD0805-0.125ВТ-3,6кОм+1%	1	2,5	1,25
CF-25-0.25ВТ-2,7кОм+5%	1	14,49	33,327
CF-25-1ВТ-100кОм+5%	1	14,49	33,327
3006P-1-103LF-100 кОм+10%	2	187,5	1125
RLB0914-3R3ML	4	112,5	393,75
LQM21NN	2	2,5	1,75
K561TM2	1	57,6	120,96
K561ЛА7	2	57,6	120,96
AT89C2051	1	561	5610
K561ИР2	4	131,25	787,5
K561ЛН2	1	131,25	787,5
КД522	5	14,49	33,327
КИПМ01Б-1К	31	14,49	33,327
Д311	2	14,49	33,327
КТ315Б	38	7,5	7,5
КТ315	2	7,5	7,5
КТ3102В	1	48,91	88,038
КП303Б	2	6,96	6,264

Продолжение таблицы 7.1

КТ361Б	1	6,67	6,67
КТ814А	1	57,6	120,96
КТ972Б	2	57,6	120,96
НС-49S-8МГц	1	53,475	491,97
Переключатель FSM8JSMATR	2	16	152
Кнопка KS12-A1.5-BRN-5N-S	5	45,5	81,9
23AF-MN21-12B	1	140	1400
Пьезокерамический излучатель зп-1	2	156	2340
Трансформатор ALT3232M-151-T001	1	25,6	71,68
Сердечник ферритовый кольцевой M1000HM	1	128	768
Динамик KP1530SP1	1	60	90

Суммарная установочная площадь всех элементов $S_{уст}$ мм², вычисляется по формуле 7.1.

$$S_{уст} = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot n), \quad (7.1)$$

где S_i – значение установочной площади i -го элемента, n – количество элементов.

$$S_{уст} = 8254,7 \text{ мм}^2$$

Для получения суммарной установочной площади платы, значения установочной площади и объема ИЭТ, в мм, подставляются из вышеуказанной таблицы. Таблица формируется на основании справочных данных.

Площадь печатной платы $S_{ПП}$, мм², вычисляется по формуле 7.2.

$$S_{ПП} = \frac{S_{уст}}{m \cdot k_3}, \quad (7.2)$$

где k_3 – коэффициент заполнения платы, m – количество сторон монтажа.

$$S_{ПП} = \frac{8254,7}{1 \cdot 0,5} = 16509,4 \text{ мм}^2$$

Исходя из полученной площади выбираем размеры платы 160x160 мм.

Компоновочный расчёт электронного средства.

Выбор конструкции корпуса, во многом определяет надежную работу электронного средства в заданных условиях эксплуатации.

При проектировании конструкции корпуса необходимо учесть: обеспечение ЭМС, тепло- и влагозащиту ИЭТ, защиту от механических воздействий.

Суммарный установочный объем всех ИЭТ $V_{уст}$, мм³ вычисляется по

формуле 7.3.

$$V_{\text{уст}} = \sum_{i=1}^n (V_i \cdot n), \quad (7.3)$$

где V_i – значение установочного объема i -го элемента.

$$V_{\text{уст}} = 46793,1 \text{ мм}^3$$

Объем корпуса $V_{\text{корп}}$, мм^3 , определяется по формуле 7.4.

$$V_{\text{корп}} = \frac{V_{\text{уст}}}{k_3}, \quad (7.4)$$

где k_3 – коэффициент заполнения по объему.

$$V_{\text{корп}} = \frac{46793,1}{0,5} = 93568,2 \text{ мм}^3$$

Исходя из полученного объема и объема ИЭТ электронного средства определяется размер корпуса $160 \times 160 \times 10 \text{ мм}^3$.

7.2 Расчёт конструктивно-технологических параметров печатной платы

Технологический процесс сборки — совокупность операций, в результате которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, стойки, системы и изделия. [13]

Технологическая схема сборки электронного средства является одним из основных документов, составляемых при разработке технологического процесса сборки. Определение составных частей на сборочные элементы выполняется в соответствии со схемой сборочного состава, при разработке которой руководствуются следующими принципами:

1 Схема составляется независимо от программы выпуска изделия на основе сборочных чертежей, электрической и кинематической схем изделия.

2 Сборочные единицы образуются при условии независимости их сборки, транспортировки и контроля.

3 Минимальное число деталей, необходимое для образования сборочной единицы первой ступени сборки, должно быть равно двум.

4 Минимальное число деталей, присоединяемых к сборочной единице данной группы для образования сборочного элемента следующей ступени, должно быть равно единице.

5 Схема сборочного состава строится при условии образования наибольшего числа сборочных единиц.

6 Схема должна обладать свойством непрерывности, т.е. каждая последующая ступень сборки не может быть осуществлена без предыдущей.

Правильно выбранная схема сборочного состава позволяет установить рациональный порядок комплектования сборочных единиц и изделий в процессе сборки. При переходе от схемы сборочного состава к технологической схеме сборки и расположении операций во времени необходимо учитывать:

1 Сначала выполняют те операции технологического процесса, которые требуют больших механических усилий и неразъемных соединений.

2 Активные ИЭТ устанавливаются после пассивных.

3 При наличии малогабаритных и крупногабаритных ИЭТ в первую очередь собираются малогабаритные.

4 Заканчивается сборочный процесс установкой деталей подвижных соединений и ИЭТ, которые используются в дальнейшем для регулировки.

5 Контрольные операции входят в технологический процесс после наиболее сложных сборочных операций и при наличии законченного сборочного элемента.

6 В маршрутный технологический процесс входят также те операции, которые непосредственно не вытекают из схемы сборочного состава, но их необходимость определяется технологическими требованиями к сборочным единицам.

Схема сборки с базовой деталью указывает временную последовательность сборочного процесса. При такой сборке необходимо выделить базовый элемент, т.е. базовую деталь или сборочную единицу. В качестве базовой выбирают ту деталь, поверхности которой будут впоследствии использованы при установке в готовое изделие. В большинстве случаев базовой деталью служит плата, панель, шасси и другие элементы несущих конструкций изделия. Направление движения деталей и сборочных единиц на схеме показывается стрелками, а прямая линия, соединяющая базовую деталь и изделие, называется главной осью сборки. Точки пересечения осей сборки, в которые подаются детали или сборочные единицы, обозначаются как элементы сборочных операций. [13]

Разработке технологических схем сборки способствует оптимальная дифференциация работ, что значительно сокращает длительность производственного цикла. Рациональность разделения объема работ на операции в условиях автоматизированного поточного производства определяется ритмом сборки, т.е. каждая операция должна быть равна или кратна ритму и рассчитывается по формуле 7.5.

$$r = \frac{\Phi \cdot d}{N} \text{ мин/шт,} \quad (7.5)$$

где Φ_d — действительный фонд времени за плановый период, N — программа

выпуска (шт. /год)

$$r = \frac{218880}{2000} = 109,44 \text{ мин/шт}$$

Действительный фонд времени рассчитывается по формуле 7.6

$$\Phi_d = D \cdot S \cdot t \cdot 60 \cdot K_{\text{рег.пер}}, \quad (7.6)$$

где D - количество рабочих дней в году, S - число смен, t - продолжительность рабочей смены, $K_{\text{рег.пер.}}$ - коэффициент, учитывающий время регламентированных перерывов в работе (0,94 - 0,95).

$$\Phi_d = 240 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 0.95 = 218880 \text{ мин}$$

Трудоемкость i -й операции сборки определяется исходя из производительности оборудования, применяемого для выполнения операции, и количества собираемых элементов по формуле 7.7

$$T_i = n \cdot 60 / П, \quad (7.7)$$

где $П$ — производительность единицы оборудования, шт./час, n — количество собираемых элементов.

$$T_i = \frac{1.02 \cdot 60}{0,55} = 114,9$$

Количество элементов, устанавливаемых на одном оборудовании на i -й операции, должно учитываться по формуле 7.8

$$0,9 < \frac{T_i}{r} < 1,2, \quad (7.8)$$

где T_i - трудоемкость i -ой операции сборки.

$$0,9 < \frac{T_i}{r} < 1,2 = \frac{114,9}{109,44} = 1,05$$

После разработки схемы сборочного состава рассчитываются следующие коэффициенты:

Средняя полнота сборочного состава (количество сборочных единиц на каждой ступени сборки) рассчитывается по формуле 7.9

$$E_{\text{ср}} = E / i - 1, \quad (7.9)$$

где E — общее количество сборочных единиц в схеме сборочного состава, i — показатель степени сложности сборочного состава, равный количеству ступеней сборки изделия.

$$E_{\text{ср}} = 1/3 - 1 = 0,5$$

Модуль расчлененности данного процесса сборки определяется по формуле 7.10

$$M = n / E, \quad (7.10)$$

где n — число рабочих операций, определенных для конкретных условий производства (при $M < 1$ ТП концентрирован, $M > 1$ — дифференцирован): Следовательно, процесс дифференцирован.

$$M = 2/1=2$$

Коэффициент сборности изделия рассчитывается по формуле 7.11

$$K_{сб} = E / E + D, \quad (7.11)$$

где D - количество деталей.

$$K_{сб} = 0,02$$

Для определения степени дифференциации технологического процесса устанавливают тип производства, который согласно ГОСТ 3.1108-74 ЕСТД характеризуется коэффициентом закрепления операций, который рассчитывается по формуле 7.12.

$$K_{зо} = O / P, \quad (7.12)$$

где O - количество операций, P - число рабочих мест, где они выполняются.

$$K_{зо} = 2/5=0,4$$

7.3 Оценка теплового режима и выбор способа охлаждения

Конструкция ЭС представляет собой систему тел с сосредоточенными источниками тепла. Получить аналитические решения в задачах теплообмена таких систем сложно. Для обеспечения возможности математического анализа, переходят от реальных конструкций к некоторым условным понятиям, заменяя эти конструкции тепловыми моделям.

Пространство, заполненное теплорассеивающими элементами, называют нагретой зоной. Реальное теплоотражающее пространство обычно имеет весьма неправильное расположение источников тепла.

Среднеповерхностная температура и перегрев этого пространства обозначаются соответственно Q_3 и U_3 . В тепловой модели реальная поверхность нагретой зоны заменяется изотермической поверхностью S_3 некоторого прямоугольного параллелепипеда с той же температурой и перегревом и с равномерно распределенными источниками тепла. Это - изотермическая поверхность эквивалентной нагретой зоны. Причем, если источник тепла заметно изменяется по высоте платы или условия теплообмена

одной части платы резко отличаются от условий теплообмена другой части платы, то проводят более подробную разбивку.

Поверхность корпуса S_R в тепловой модели также заменяется изотермической поверхностью, имеющей среднеповерхностную температуру и перегрев Q_R и U_R . В результате введения тепловых моделей и понятия эквивалентной нагретой зоны становится возможным математическое описание процессов теплообмена ЭС и создание инженерных методик тепловых расчетов.

Существенное влияние на тепловой режим ЭС оказывают: выделение тепла самим ЭС, условия эксплуатации, а также конструкция и габариты электронного средства, особенности системы охлаждения. Перечисленные факторы учитывают при расчете теплового режима электронного средства. Тепловой расчет всегда носит проверочный характер.

Расчет теплового режима ЭС заключается в определении по исходным данным температуры нагретой зоны и температур поверхностей теплонагруженных ИЭТ и сравнения полученных значений с допустимыми для каждого элемента в заданных условиях эксплуатации.

Исходными данными для проведения расчета являются:

- мощность, рассеиваемая в блоке, Вт;
- габаритные размеры корпуса блока, мм;
- коэффициент заполнения блока;
- температура окружающей среды, C_o ;
- минимальная верхняя предельная температура элемента, C .

Расчет теплового режима ЭС по индивидуальному заданию, проводим при следующих допущениях: конструкция разрабатываемого электронного средства не имеет теплонагруженных элементов и, как следствие, температурное поле распределено по плате равномерно.

Площадь поверхности корпуса определяем по формуле 7.13.

$$S_k = 2 * [L_1 * L_2 + L_3 * (L_1 + L_2)], \quad (7.13)$$

где L_1, L_2, L_3 - габаритные размеры блока.

$$S_k = 2 * [160 * 160 + 10 * (160 + 160)] = 57600$$

Поверхность нагретой зоны определяем по формуле 7.14

$$S_3 = 2 * [L_1 * L_2 + K_3 * L_3 * (L_1 + L_2)], \quad (7.14)$$

где L_1, L_2, L_3 –размеры нагретой зоны;

$$S_3 = 2 * [160 * 160 + 0.3 * 10 * (160 + 160)] = 53120$$

K_3 – коэффициент заполнения по объему. $K_3 (0,3...0,7)$.

Удельная мощность, рассеиваемая с поверхности нагретой зоны, определяется по формуле 7.15.

$$q_3 = \frac{P}{S_3}, \quad (7.15)$$

где P - мощность источников тепла, рассеиваемая в аппарате, рассчитывается по формуле 7.16.

$$P = K_{\text{нагрузки}} * P_{\text{потреб}}, \quad (7.16)$$

где $P_{\text{потреб}}$ - мощность, потребляемая устройством, $K_{\text{нагрузки}}$ - коэффициент нагрузки (0, 4...0,8).

$$P = 0,5 * 50 = 25$$

$$q_3 = \frac{25}{53120 * 10^{-6}} = 470,6$$

Удельная мощность, рассеиваемая поверхностью корпуса, определяется по формуле 7.17.

$$q_k = \frac{P}{S_K} = \frac{25}{57600 * 10^{-6}} = 434 \quad (7.17)$$

Коэффициент, являющийся функцией удельной мощности корпуса, определяется по формуле 7.18.

$$Q_1 = 0.1472 * q_k - 0.2962 * 10^{-3} * q_k^2 + 0.3127 * 10^{-6} * q_k^3 \quad (7.18)$$

$$Q_1 = 33,7$$

Коэффициент, являющийся функцией удельной мощности нагретой зоны, определяется по формуле 7.19.

$$Q_2 = 0.1390 * q_3 - 0.1223 * 10^{-3} * q_3^2 + 0.0698 * 10^{-6} * q_3^3 \quad (7.19)$$

$$Q_2 = 45,6$$

Коэффициент, зависящий от давления окружающей среды, определяется по формуле 7.20.

$$K_{H1} = 0.82 + \frac{1}{0.925 + 4.6 * 10^{-5} * H_1}, \quad (7.20)$$

где $H_1 = 10^5$ Па – давление окружающей среды.

$$K_{H1} = 1$$

Коэффициент, зависящий от давления внутри корпуса, определяется по формуле 7.21.

$$K_{H2} = 0.8 + \frac{1}{1.25 + 5.8 \cdot 10^{-5} \cdot H_2}, \quad (7.21)$$

где $H_2 = 10^5 \text{ Па}$ – давление внутри корпуса.

$$K_{H2} = 0.94$$

Перегрев корпуса определяется по формуле 7.22.

$$Q_k = Q_1 \cdot K_{H1}, = 33,7 \quad (7.22)$$

Перегрев нагретой зоны определяется по формуле 7.23.

$$Q_3 = Q_k + (Q_2 - Q_1) \cdot K_{H2} = 44,91 \quad (7.23)$$

Температуру корпуса определяем по формуле 7.24.

$$T_k = Q_k + T_c, \quad (7.24)$$

где $T_c = 40^\circ \text{C}$ - верхнее значение температуры окружающей среды.

$$T_k = 63,7$$

Температуру нагретой зоны определяем по формуле 7.25.

$$T_3 = Q_3 + T_c \quad (7.25)$$

$$T_k = 74,91$$

Средняя температура воздуха в блоке $T_B, ^\circ \text{C}$ вычисляется по формуле 7.26.

$$T_B = T_c + v_B \quad (7.26)$$

$$T_B = 43,5$$

Решение проблемы охлаждения электронных средств, с использованием ИЭТ выделяющих при работе тепло является одним из важных этапов их конструирования. Выделяемое изделиями тепло может быть отведено от поверхности прибора и передано за пределы электронного средства несколькими методами, применяемыми отдельно или в сочетании друг с другом. В зависимости от характера и назначения ЭС применяют следующие методы отвода тепла от индивидуальных ИЭТ или групп изделий:

- естественное охлаждение (воздушное);
- принудительное воздушное охлаждение;
- принудительное жидкостное (без кипения или с поверхностным кипением);
- охлаждение, основанное на изменении агрегатного состояния вещества;
- термоэлектрическое охлаждение.

Эффективность того или иного метода охлаждения определяется значением коэффициента теплоотдачи, то есть интенсивностью протекающих процессов теплоотдачи.

Выбор метода охлаждения определяется следующими факторами интенсивностью (плотностью) теплового потока, условиями теплообмена с окружающей средой, условиями эксплуатации (возможностью демонтажа или замены элементов), нормами эксплуатации (уровень шума, токсичностью хладагентов), специальными условиями работы (стационарными или кратковременными режимами, работой против сил тяготения и так далее), затратами электроэнергии на привод нагнетателей и другими. [14]

По результатам расчета нужно сделать вывод, что при заданных условиях эксплуатации проектируемое электронное средство, например, обеспечивается (не обеспечивается) нормальным тепловым режимом применяемых в нем ИЭТ в процессе эксплуатации, т.е. рабочие температуры не превышают предельно допустимых величин.

$$S_{min} \approx \left(\frac{50 \cdot P}{\Delta T} \right)^2, \quad (7.27)$$

где P – максимальная рассеиваемая мощность, ΔT – разность между максимальной температурой нагрева корпуса и температурой окружающей среды.

$$S_{min} \approx \left(\frac{50 \cdot 25}{43,5} \right)^2 = 82.5$$

Коэффициент $\nu_1, ^\circ\text{C}$, в зависимости от удельной мощности корпуса по рисунку 7.1.

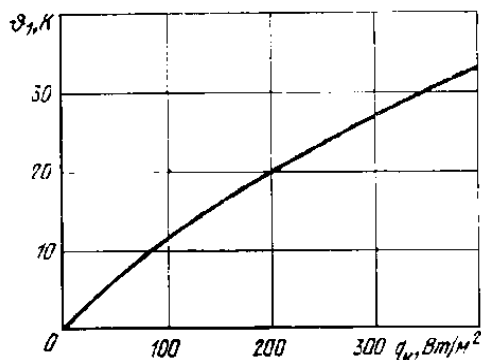


Рисунок 7.1 – Зависимость перегрева корпуса от удельной мощности

По графику коэффициент ν_1 равен 33 °С.

Находим коэффициент ν_2 , °С, в зависимости от удельной мощности нагретой зоны блока по рисунку 7.2.

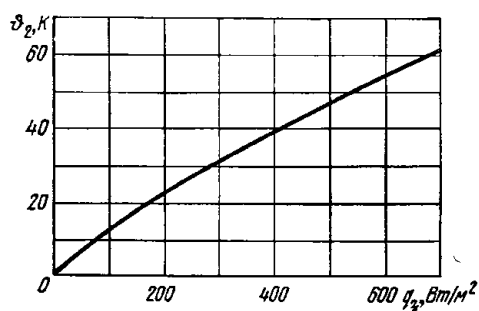


Рисунок 7.2 – Зависимость перегрева нагретой зоны от удельной мощности рассеивания

По графику коэффициент ν_2 равен 52 °С.

Коэффициент K_{H1} в зависимости от давления среды вне корпуса блока H_2 определяется по рисунку 7.3.

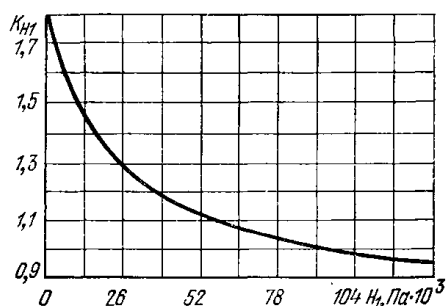


Рисунок 7.3 – Зависимость K_{H1} от давления окружающей среды

По графику коэффициент K_{H1} равен 1.

Находим коэффициент K_{H2} в зависимости от давления среды внутри корпуса блока H_2 по рисунку 7.4.

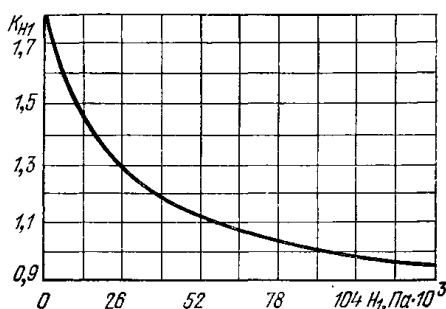


Рисунок 7.4 – Зависимость K_{H2} от давления внутри корпуса

По графику коэффициент K_{H2} равен 1.

Перегрев корпуса блока v_k , °C, вычисляется по формуле 7.27.

$$v_k = v_1 \cdot K_{H1} \quad (7.27)$$

$$v_k = 33$$

Перегрев нагретой зоны v_3 , °C, вычисляется по формуле 7.28.

$$v_3 = v_k + (v_2 - v_1) \cdot K_{H2} \quad (7.28)$$

$$v_3 = 52$$

Средний перегрев воздуха в блоке v_B , °C, вычисляется по формуле 7.29.

$$v_B = 0.5 \cdot (v_k + v_3) = 42.5 \quad (7.29)$$

$$v_B = 42.5$$

При заданных условиях эксплуатации, проектируемое электронное средство обеспечивается нормальным тепловым режимом применяемых в нем ИЭТ в процессе эксплуатации, т.е. рабочие температуры не превышают предельно допустимых величин. Таким образом, выбранная конструкция корпуса и система естественного воздушного охлаждения не нуждается в изменении и применении в ней других способов охлаждения.

7.4 Расчёт механической прочности и системы виброударной защиты

Все виды электронных устройств подвержены воздействию внешних механических нагрузок, которые распространяются на каждую деталь, составляющую конструкции. При проектировании конструкции электронного устройства необходимо гарантировать необходимую жесткость и механическую прочность элементов. [15]

Механическая прочность конструкции определена как максимальная нагрузка, которую она может выдержать без остаточной деформации или разрушения. Увеличение прочности конструкции достигается за счет укрепления конструктивной основы: контролирование болтовых соединений, усиление прочности узлов с помощью методов заливки и обволакивания. Важно избегать образования механической колебательной системы в любых обстоятельствах.

При транспортировке он может подвергаться динамическим воздействиям. Изменения обобщенных параметров механических воздействий на наземное электронное средство находятся в пределах:

- вибрации: (10...70)Гц, виброперегрузка $n=(1...4)g$;
- ударные сотрясения: $n_u=(10...15)g$, длительность $t=(5...10)мс$;
- линейные перегрузки: $n_l=(2...4)g$.

Расчет виброустойчивости несущих конструкций, таких как платы, заключается в определении максимальных напряжений, основанных на типе деформации, вызванной вибрациями в определенном частотном диапазоне, и сопоставлении полученных результатов с допустимыми значениями. [16]

Этот расчет можно сократить до определения собственной частоты колебаний, при которой плата с заданными размерами и механическими свойствами имеет прогибы и напряжения в рамках допустимых значений. Важно, чтобы частота колебаний платы не была близкой к ее резонансной частоте.

Для определения частоты собственных колебаний платы с размещенными на ней компонентами, важным аспектом является выбор способа ее крепления по периметру.

Крепление плат к опорам может быть жестким или подвижным. Любое закрепление (когда отсутствуют угловые и линейные перемещения) соответствует сварке, пайке, прижиму или закреплению с помощью винтов. Шарнирному опору соответствует закрепление в направляющих и, в некоторых случаях, крепление с использованием винтов или разъема.

С учетом этих данных выполним проверочный расчет виброустойчивости печатной платы блока управления. Печатная плата должна обеспечивать высокую усталостную прочность при воздействии вибрации.

Собственная частота колебаний монтажных плат с распределённой нагрузкой определяется по формуле 7.30.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} * \frac{K_a}{a^2} * \sqrt{\frac{D}{M} * a * b}, \quad (7.30)$$

где K_a - коэффициент, зависящий от способа закрепления, определяется по таблицам, D - цилиндрическая жёсткость платы, определяется по формуле 7.31, a - длина платы, b - ширина платы, M - масса платы.

Цилиндрическая жёсткость платы определяется по формулам:

$$D = \frac{E * h^3}{12 * (1 - \nu^2)}, \quad (7.31)$$

где E – модуль упругости ($E = 3,02 \cdot 10^{10}$ Па), h – толщина плат, ν – коэффициент Пуассона.

$$D = 8,9 * 10^9$$

Для инженерных расчётов более удобно при закреплении плат по углам в четырёх точках собственную частоту определять по формуле 7.32.

$$f_0 = \frac{\pi}{2a^2} * \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) * \sqrt{\frac{D}{M} * a * b} \quad (7.32)$$

$$f_0 = 138,37 \text{ Гц}$$

Судя по условиям эксплуатации и особенностям блока управления следует отметить, что в использовании демпферов и частотной отстройки, конструкция не нуждается.

Таким образом расчет показал, что плата системы эхолокации с звуковым модулем будет обладать достаточной усталостной долговечностью при воздействии вибрации.

7.5 Обеспечение электромагнитной совместимости

В электронных изделиях печатные проводники, электрически соединяющие те или иные элементы схемы, проходят на достаточно близком расстоянии друг от друга и имеют относительно малые размеры сечения. При большом времени переключения и малых тактовых частотах параметры печатных проводников, соединяющие выходы одних элементов со входами других, не оказывают существенного воздействия на быстродействие всей схемы в целом и на помехоустойчивость элементов.

С уменьшением времени переключения (в микроэлектронных изделиях оно составляет единицы наносекунд) большое значение имеют степени влияния линий связи (сопротивления, емкости, индуктивности и т.д.) друг на друга (паразитная емкость, взаимоиנדуктивность и т.д.).

Постоянный ток в печатных проводниках распределяется равномерно по его сечению при условии, что материал проводника однороден и не имеет локальных посторонних включений других веществ.

Сопротивление проводника рассчитывается по формуле 7.33.

$$R = r * \frac{l_n}{b * t_n}, \quad (7.33)$$

где r - удельное объемное электрическое сопротивление проводника; l_n – длина проводника; b – ширина проводника; t_n – толщина проводника.

Для напряжения +9V сопротивление проводника равно:

$$R = 0.0175 * \frac{1252}{0,85 * 0,105} = 245,5$$

Для напряжения +5V сопротивление проводника равно:

$$R = 0,0175 * \frac{206}{0,5 * 0,105} = 68,6$$

Для напряжения +3.3V сопротивление проводника равно:

$$R = 0,0175 * \frac{72,3}{0,15 * 0,105} = 80,3$$

Допустимый ток в печатном проводнике рассчитывается по формуле 7.34.

$$I_{max} = 10^{-3} * g_{доп} * b * t_n, \quad (7.34)$$

где $g_{доп}$ – допустимая плотность тока; $g_{доп}=78$ А/мм² для проводников, полученных комбинированным позитивным методом.

Для напряжения +9V ток в печатном проводнике:

$$I_{max} = 10^{-3} * 78 * 0,85 * 0,105 = 6,96$$

Для напряжения +5V ток в печатном проводнике:

$$I_{max} = 10^{-3} * 78 * 0,5 * 0,105 = 4,1$$

Для напряжения +3.3V ток в печатном проводнике:

$$I_{max} = 10^{-3} * 78 * 0,15 * 0,105 = 1,23$$

Для расчета паразитной ёмкости выбирается участок, где она наибольшая.

Ёмкость между двумя выбранными проводящими элементами определяем по формуле 7.35.

$$C = \frac{0.12 * \epsilon_r * l_n}{lg\left(\frac{2a}{b+t_n}\right)}, \quad (7.35)$$

где l_n – длина участка; на котором проводники параллельны друг другу, мм; b – ширина проводника, мм; t_n – толщина проводника, мм; a – толщина диэлектрика, мм; ϵ_r – диэлектрическая проницаемость среды между проводниками, расположенных на наружных поверхностях платы, покрытой лаком. Рассчитывается по формуле 7.36

$$\varepsilon_r = 0,5 * (\varepsilon_{\Pi} + \varepsilon_{\text{Л}}), \quad (7.36)$$

где ε_{Π} и $\varepsilon_{\text{Л}}$ - диэлектрические проницаемости материала платы и лака (для стеклотекстолита $\varepsilon_{\Pi} = 6$, для лака $\varepsilon_{\text{Л}} = 4$).

$$\varepsilon_r = 5 \quad (7.36)$$

Для напряжения +9V ёмкость:

$$C = \frac{0,12 * 5 * 1252}{\lg\left(\frac{2 * 1,5}{0,85 + 0,105}\right)} = 1511,1$$

Для напряжения +5V ёмкость:

$$C = \frac{0,12 * 5 * 206}{\lg\left(\frac{2 * 1,5}{0,5 + 0,105}\right)} = 177,8$$

Для напряжения +3.3V ёмкость:

$$C = \frac{0,12 * 5 * 72,3}{\lg\left(\frac{2 * 1,5}{0,15 + 0,105}\right)} = 40,5$$

Рассчитывается паразитная индуктивность проводников печатной платы. Собственная индуктивность печатного проводника, определяется по формуле 7.37

$$L = 0,0002 * l_n * \left(\lg \frac{2 * l_n}{t_n + b} + 0,2235 * \frac{t_n + b}{l_n} + 0,5 \right), \quad (7.37)$$

где l_n – длина участка проводника, мм; b – ширина проводника, мм; t_n – толщина проводника, мм.

Для напряжения +9V паразитная индуктивность:

$$L = 0,25 * \left(\lg \frac{2 * 1252}{0,85 + 0,105} + 0,2235 * \frac{0,85 + 0,105}{1252} + 0,5 \right) = 0,85$$

Для напряжения +5V паразитная индуктивность:

$$L = 0,041 * \left(\lg \frac{2 * 206}{0,5 + 0,105} + 0,2235 * \frac{0,5 + 0,105}{206} + 0,5 \right) = 0,116$$

Для напряжения +3.3V паразитная индуктивность:

$$L = 0,01446 * \left(\lg \frac{2*72,3}{0,15+0,105} + 0,2235 * \frac{0,15+0,105}{72,3} + 0,5 \right) = 0,04$$

Индуктивность двух параллельных печатных проводников, расположенных с одной стороны печатной платы с зазором и с противоположным направлением тока в них рассчитывается по формуле 7.38.

$$L = 0,0004 * l_n * \left(\ln \frac{a+b}{t_n+b} - \frac{a-b}{l_n} + 0,2235 * \frac{t_n+b}{l_n} + 1,5 \right), \quad (7.38)$$

где l_n – длина участка, на котором проводники параллельны друг другу, мм; b – ширина проводника, мм; t_n – толщина проводника, мм, a – толщина диэлектрика, мм.

Для напряжения +9V индуктивность двух параллельных печатных проводников:

$$L = 0,096 * \left(\ln \frac{1,5 + 0,85}{0,85 + 0,105} - \frac{1,5 - 0,85}{1252} + 0,2235 * \frac{1,89}{241,26} + 1,5 \right) = 0,2$$

Для напряжения +5V индуктивность двух параллельных печатных проводников:

$$L = 0,162 * \left(\ln \frac{1,5 + 0,42}{0,42 + 0,105} - \frac{1,5 - 0,42}{406} + 0,2235 * \frac{0,52}{406} + 1,5 \right) = 0,45$$

Для напряжения +3.3V индуктивность двух параллельных печатных проводников:

$$L = 0,002 * \left(\ln \frac{1,5 + 0,295}{0,295 + 0,105} - \frac{1,5 - 0,295}{3,9} + 0,2235 * \frac{0,4}{3,9} + 1,5 \right) = 0,0054$$

7.6 Оценка надёжности модуля

Под надёжностью понимают свойство электронного средства выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки при соблюдении режимов эксплуатации, правил технического обслуживания, хранения и транспортировки. Продолжительность работы ЭС до предельного

состояния, установленного в нормативно-технической документации, называют его ресурсом.

Надежность - это сложное комплексное понятие, с помощью которого оценивают такие важнейшие характеристики электронных средств, как работоспособность, долговечность, безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость и др.

Оценка показателей надежности является обязательной процедурой, выполняемой на этапе проектирования электронных средств. Актуальность задач по расчету надежности объясняется тем, что они дают ответ на вопрос о целесообразности дальнейших затрат, необходимых на отработку технологии и производство электронных средств.[17]

Расчет надежности выполняется в два этапа. На первом этапе значения интенсивностей отказа элементов пересчитываются на конкретный электрический режим и условия эксплуатации по формуле 7.39.

$$\lambda_i = \lambda_{oi} * \prod_{j=1}^m a_j \quad (7.39)$$

Конденсатор = 0,05; Микросхемы = 0,45; Резисторы = 15; Диод = 0,8; Транзистор = 0,04; Плата печатная = 0,2; Кабель = 0,6; Кнопка = 0,4; Динамик = 0,4; Трансформатор = 0,7; Индуктивность = 0,8.

где λ_i – значение интенсивности отказа i-го элемента с учетом режима и условий работы, λ_{oi} – справочное значение интенсивности отказа i-го элемента, a_j – поправочный коэффициент, учитывающий j-ый фактор, m – общее число учитываемых эксплуатационных факторов.

В качестве поправочных коэффициентов используется коэффициент, учитывающий влияние температуры и электрической нагрузки α_{12} , и α_{34} – коэффициент, учитывающий влияние влажности и механических воздействий.

На втором этапе вычисляется значение суммарной интенсивности отказов по формуле 7.40.

$$\lambda = \lambda_i * n, \quad (7.40)$$

где λ – суммарная интенсивность отказов; n – число однотипных элементов конструкции.

$$\lambda = 0,00001510$$

При равенстве значений интенсивностей отказов однотипных элементов рекомендуется объединять их в группы. Тогда расчет суммарной интенсивности отказов производится по формуле 7.41.

$$\lambda = \sum_{h=1}^k \lambda_h * n_h, \quad (7.41)$$

где λ_h, n_h - соответственно интенсивность отказа и число элементов в h -ой группе; k – общее число групп.

$$\lambda = 0,00001510$$

Наработка на отказ T_o вычисляется по формуле 7.42.

$$T_o = \frac{1}{\lambda} \quad (7.42)$$

$$T_o = 66225$$

Вероятности безотказной работы $P(t)$ вычисляется по формуле 7.43.

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (7.43)$$

$$P(t) = 0,9$$

Дополнительно при расчетах определяются:

1 Пользуясь картами электрических режимов, выбираются коэффициенты электрической нагрузки элементов (из описания параметров на элемент).

2 Определяется максимальная температура элементов модуля при его работе в составе электронного средства. Для учёта влияния температуры на эксплуатационную интенсивность отказов элементов λ_{Σ} принимается во внимание верхнее значение предельной рабочей температуры, и возможное увеличение предельной рабочей температуры на значение $\Delta t_c = 10^\circ\text{C}$ за счёт нагрева модуля, солнечным излучением.

Предельная рабочая температура $t_{\Sigma \max}$ теплонагруженных элементов (ИМС, транзисторы, диоды, мощные резисторы) определяется по формуле 7.44.

$$t_{\Sigma \max} = (t_{\text{раб} \max} + \Delta t_c) + \Delta t_3, \quad (7.44)$$

где $t_{\text{раб} \max}$ – верхнее значение предельной рабочей температуры; Δt_3 – перегрев в нагретой зоне электронного средства.

$$t_{\Sigma \max} = (43,5 + 10) + 74,91 = 128,4$$

3 Определяются справочные значения интенсивностей отказов элементов модуля.

4 Выбираются математические модели расчёта эксплуатационной интенсивности отказов элементов λ_{Σ} .

5 Определяются значения поправочных коэффициентов, входящих в выбранные модели расчёта эксплуатационной интенсивности отказов

элементов λ_{Σ} . Номера формул или таблиц, используемых для определения поправочных коэффициентов в зависимости от класса (группы) элементов модуля.

Для каждого элемента находится произведение поправочных коэффициентов и значение эксплуатационной интенсивности отказов λ_{Σ} . Для удобства расчёта элементы одного назначения с одинаковыми электрическими режимами, конструктивно-технологическими и другими факторами объединяются в одну группу. Значение суммарной эксплуатационной интенсивности отказов элементов группы (λ_{Σ}), определяется по формуле 7.45.

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma j} * n_j = (\lambda_{0Гj} \prod_i K_i) * n_j, \quad (7.45)$$

где $\lambda_{\Sigma j}$ – эксплуатационная интенсивность отказов элементов j -й группы; n_j – количество элементов в j -й группе.

$$\lambda_{\Sigma} = 14,55$$

Если в группе один элемент ($n_j = 1$), то для неё $\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma j}$.

Математические модели, рекомендуемые для расчета (прогнозирования) значений λ_{Σ} типовых элементов ЭС представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 - Математические модели для типовых элементов ЭС

Класс (группа) элементов	Вид математической модели
Транзисторы биполярные	$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \cdot K_P \cdot K_{\Phi} \cdot K_D \cdot K_U \cdot K_{\Sigma} \cdot K_{\Pi}$
Конденсаторы неполярные, оксидно-электрические, кроме импульсных	$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \cdot K_P \cdot K_C \cdot K_{\Sigma} \cdot K_{\Pi}$
Резисторы постоянные: металлодиэлектрические	$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \cdot K_P \cdot K_R \cdot K_M \cdot K_{\Delta} \cdot K_{\Sigma} \cdot K_{\Pi}$
Резисторы переменные: непроволочные	$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \cdot K_P \cdot K_R \cdot K_U \cdot K_{\Sigma} \cdot K_{\Pi}$
Дроссели, катушки индуктивности	$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \cdot K_P \cdot K_{\Sigma} \cdot K_{\Pi}$
Платы со сквозными металлизированными отверстиями (пайки отверстий)	$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \cdot [N_1 \cdot K_{\text{сл}} + N_2 (K_{\text{сл}} + 13)] \cdot K_t \cdot K_{\Sigma} \cdot K_{\Pi}$
Соединения, в том числе пайкой	$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \cdot K_t \cdot K_{\Sigma} \cdot K_{\Pi}$
Соединители (разъёмы): радиочастотные	$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \cdot K_t \cdot K_K \cdot K_n \cdot K_{\Sigma} \cdot K_{\Pi}$

Параметры, входящие в модели представлены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 - Пояснение параметров, входящих в модели

Параметр	Пояснение
λ_B	Базовая интенсивность отказов элементов данной группы (или конкретного типа), отвечающая температуре окружающей среды +25°C и номинальной электрической нагрузке, т.е. значению коэффициента электрической нагрузки $K_H=1$.
K_P	Коэффициент режима работы, зависящий от электрической нагрузки (коэффициента K_H) и температуры корпуса элемента.
K_t	Коэффициент, зависящий от температуры корпуса элемента(компонента).
K_{Σ}	Коэффициент эксплуатации, зависящий от жёсткости условий эксплуатации электронного средства.
K_D	Коэффициент, зависящий от значений максимальной допустимой по ТУ нагрузки по мощности (или току)
K_U	Коэффициент, зависящий от отношения рабочего напряжения $U_{\text{раб}}$ к максимально допустимому по ТУ ($U_{\text{ТУ}}$) (коэффициента нагрузки по напряжению). $U_{\text{раб}} = \sqrt{P_{\text{раб}} \cdot R}$ где, $P_{\text{раб}}$ – рабочая мощность, Вт; R – сопротивление, Ом
K_C	Коэффициент, зависящий от значения номинальной ёмкости
K_R	Коэффициент, зависящий от значения номинального сопротивления
K_M	Коэффициент, зависящий от значения номинальной мощности (для металлодиэлектрических резисторов)
K_K	Коэффициент, зависящий от количества задействованных контактов
K_n	Коэффициент, зависящий от количества сочленений-расчленений n (соединители)
$K_{\text{сл}}$	Коэффициент, учитывающий количество слоёв n в плате
N_1	Количество сквозных отверстий, пропаянных способом “пайка волной”
N_2	Количество сквозных отверстий, припаянных ручным способом
K_{Δ}	Коэффициент, в зависимости от допуска на сопротивление резистора: 2 – при допуске $\pm 0,5\%$, 1 – при допуске $\pm 1, \pm 2, \pm 5, \pm 10\%$ и более
K_{Π}	Коэффициент приёмки, учитывающий степень жёсткости требований к контролю качества и правила приёмки элементов (компонентов электронного средства) в условиях производства

7.7 Оценка технологичности проектируемого изделия

Технологичность — это одна из комплексных характеристик электронного средства, которая характеризует организацию его производства,

ремонтопригодность и эксплуатационные качества. С показателями технологичности тесно связаны показатели стандартизации и унификации, характеризующие степень использования в конкретной разработке ЭС стандартизованных деталей, узлов, блоков и других компонентов, а также уровень унификации составных частей конструкции ЭС.

Необходимость замены в производстве конструкций ЭС на более современные, повышение их надежности и качества требует унификации большинства технических и технологических решений по обеспечению совместимости и взаимозаменяемости конструкций, как в процессе создания новых, так и при модернизации уже выпускаемых промышленностью.

Унификация (низшая ступень стандартизации) заключается в уменьшении многообразия конструкций, выполняющих в ЭС одинаковые или сходные функции. Унификации подвергаются как механические детали, сборочные единицы и несущие конструкции, так и элементная база.

Стандартизация, как завершающая стадия унификации является необходимой для создания ЭС современного технического уровня.

Применение принципов стандартизации и унификации позволяет получить следующие преимущества:

- сократить на предприятии номенклатуру применяемых деталей и сборочных единиц, увеличить применяемость и масштаб производства;
- исключить разработку новой специальной оснастки и специального оборудования для каждого нового варианта ЭС, т.е. упростить подготовку производства;
- создать специализированные производства стандартизованных и унифицированных сборочных единиц для централизованного обеспечения предприятий;
- осуществить поэтапное внедрение сложных систем, состоящих из нескольких ЭС, и их постепенное доукомплектование, а также модернизацию в процессе эксплуатации;
- упростить обслуживание и ремонт ЭС, т.е. улучшить эксплуатационную технологичность конструкции.

Одним из основных критериев, определяющих пригодность электронного средства к промышленному выпуску, является технологичность конструкции.

Для оценки технологичности электронных модулей применяют систему базовых коэффициентов, рекомендуемых отраслевыми стандартами. Каждый из коэффициентов технологичности имеет свою весовую характеристику ϕ_i ,

определяемую по таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Показатели технологичности электронных модулей

i	Коэффициенты технологичности	Обозначение	φ_i
1	Коэффициент автоматизации пайки ИЭТ	$K_{АП}$	1,0
2	Коэффициент автоматизации установки ИЭТ	$K_{АУ}$	1,0
3	Коэффициент снижения трудоемкости сборки и монтажа	$K_{ТСБ}$	0,36
4	Коэффициент автоматизации операций контроля и настройки	$K_{АКН}$	1,0
5	Коэффициент повторяемости ИЭТ	$K_{ПОВ\ ИЭТ}$	0,5
6	Коэффициент применения типовых техпроцессов	$K_{ТП}$	1,0
7	Коэффициент сокращения применения деталей	$K_{СПД}$	1,0

Коэффициент автоматизации пайки электронных компонентов осуществляется по формуле 7.46.

$$K_{АП} = N_{АП} / N_{ЭК}, \quad (7.46)$$

где $N_{ЭК}$ – количество ЭК (электронных компонентов) в модуле, которое подсчитывается по спецификации на сборочный чертеж; $N_{АП}$ – количество ЭК, пайка которых осуществляется на автоматах, рассчитывается по формуле 7.47

$$N_{АП} = N_{А\ СКВ} - N_{СКВ} + N_{А\ ПМ} - N_{ПМ}, \quad (7.47)$$

где $N_{А\ СКВ}$ и $N_{А\ ПМ}$ – соответственно количество ЭК сквозного и поверхностного монтажа, монтируемых на автоматах, а $N_{СКВ}$ и $N_{ПМ}$ – соответственно количество вручную монтируемых ЭК обычного и поверхностного монтажа.

$$N_{АП} = 150 + 72 = 222$$

$$K_{АП} = 222 / 222 = 1$$

Коэффициент автоматизации установки ЭК, подлежащих пайке рассчитываются по формуле 7.48.

$$K_{АУ} = N_{АУ} / N_{ЭК}, \quad (7.48)$$

где $N_{АУ}$ – количество ЭК, устанавливаемых на плату автоматизированными способами, которое определяется по формуле 7.49.

$$N_{AY} = N_{YCKB} + N_{YPM}, \quad (7.49)$$

где N_{YCKB} и N_{YPM} – соответственно количество ЭК, монтируемых в отверстия платы, и поверхностного монтажа, устанавливаемых на плату автоматизированными способами.

$$N_{AY} = 150 + 82 = 232$$

$$K_{AY} = 232 / 232 = 1$$

Коэффициент снижения трудоемкости сборки и монтажа рассчитывается по формуле 7.50.

$$K_{TCB} = 1 / N_{BM}, \quad (7.50)$$

где N_{BM} – вид монтажа, определяется по таблице 7.5.

$$K_{TCB} = 1 / 1,2 = 0,83$$

Таблица 7.5– Выбор вида монтажа

Вид монтажа	Поверхностный односторонний	Поверхностный двухсторонний	Смешанно-разнесенный	Смешанный
N_{BM}	1,2	1,4	1,8	2,8

Коэффициент автоматизации операций контроля и настройки определяется по формуле 7.51.

$$K_{AKH} = (N_{AT} + N_{AF}) / N_{KH}, \quad (7.51)$$

где N_{AT} – число автоматизированных операций внутрисхемного тестирования модуля; N_{AF} – число автоматизированных операций приемочного функционального контроля модуля; N_{KH} – число операций контроля и настройки.

$$K_{AKH} = (150 + 72) / 222 = 1$$

Коэффициент повторяемости ЭК рассчитывается по формуле 7.52.

$$K_{POB} = 1 - N_{TEK} / N_{EK}, \quad (7.52)$$

где N_{TEK} – количество типоразмеров ЭК в модуле.

$$K_{POB} = 1 - 54 / 222 = 0,77$$

Под типоразмером ЭК понимаются его габаритные размеры и конфигурация.

Коэффициент применения ТП рассчитывается по формуле 7.53.

$$K_{TP} = (D_{TP} + E_{TP}) / D + E, \quad (7.53)$$

где $D_{ТП}$, $E_{ТП}$ – число деталей и сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых ТП, D , E – общее число деталей и сборочных единиц, кроме крепежа.

$$K_{ТП} = (207+15) / (207+15) = 1$$

Коэффициент сокращения применения деталей рассчитывается по формуле 7.54.

$$K_{СПД} = 1 / D, \quad (7.54)$$

где D – количество деталей в модуле (без учета нормализованного крепежа). Количество деталей D определяется по спецификации.

$$K_{СПД} = 1/207 = 0,0048$$

Показатели технологичности устройства показаны в таблице 7.6

Таблица 7.6– Показатели технологичности устройства

Коэффициенты технологичности	Обозначение	Значение
Коэффициент автоматизации пайки ИЭТ	$K_{АП}$	1
Коэффициент автоматизации установки ИЭТ	$K_{АУ}$	1
Коэффициенты технологичности	Обозначение	Значение
Коэффициент снижения трудоемкости сборки и монтажа	$K_{ТСБ}$	0,83
Коэффициент автоматизации операций контроля и настройки	$K_{АКН}$	1
Коэффициент повторяемости ИЭТ	$K_{пов ИЭТ}$	0,77
Коэффициент применения типовых техпроцессов	$K_{ТП}$	1
Коэффициент сокращения применения деталей	$K_{СПД}$	0,0048

Комплексный показатель технологичности определяется по формуле 7.55.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i * \varphi_i}{\sum_{i=1}^7 \varphi_i} \quad (7.55)$$

$$K = \frac{4,52}{5,86} = 0,77$$

Для определения базового значения комплексного показателя технологичности воспользуемся формулами 7.56 и 7.57.

$$N_{СКВ} = N \times N_{СКВ}, \quad (7.56)$$

$$N_{\text{ПМ}} = N \times H_{\text{ПМ}}, \quad (7.57)$$

где N – объем партии изготавливаемых модулей.

$$N_{\text{СКВ}} = 1 \cdot 82 = 82$$

$$N_{\text{ПМ}} = 1 \cdot 150 = 150$$

Базовое значение комплексного показателя рассчитывается по формуле 7.58.

$$K_{\text{Б}} = (K_{\text{С}} \cdot N_{\text{СКВ}} + 0,8 \cdot N_{\text{ПМ}}) / (N_{\text{СКВ}} + N_{\text{ПМ}}), \quad (7.58)$$

где $K_{\text{С}} = 0,55$, если $N_{\text{СКВ}} < 50000$, и $K_{\text{С}} = 0,70$, если $N_{\text{СКВ}} \geq 50000$.

$$K_{\text{Б}} = (0,55 \cdot 82 + 0,8 \cdot 150) / 232 = 0,61$$

Уровень технологичности рассчитывается по формуле 7.59

$$K_{\text{УТ}} = K / K_{\text{Б}} \quad (7.59)$$

$$K_{\text{УТ}} = 0,77 / 0,61 = 1,26$$

В ходе выполнения расчетов параметров разрабатываемого модуля был произведен компоновочный расчет печатной платы, расчёт конструктивно-технологических параметров печатной платы, оценка теплового режима и выбор способа охлаждения, расчёт механической прочности и системы виброударной защиты, обеспечение электромагнитной совместимости, оценка надёжности модуля, оценка технологичности проектируемого изделия. В результате разрабатываемый модуль соответствует всем критериям, задачам и требованиям. Все эти параметры рассчитаны, чтобы модуль работал наилучшим образом и обеспечивал максимальную эффективность в работе.

8 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

8.1 Характеристика программно-аппаратного комплекса

Система эхолокации разрабатывается для рыбной ловли с дополнительной функцией звуковой приманки, а также при других работах на воде, связанных с необходимостью знать рельеф дна и глубину.

Целевой аудиторией будут являться рыболовы-любители, а дополнительные модули помогут пользователям облегчить любимое занятие.

Целевая аудитория составляет примерно 2000. За первый год данную программу приобретут 200 человек, за второй и третий по 900 человек. Стоимость одной копии продукта примем равной 1390 рублей. Схожих платных аналогов не имеет.

Из преимуществ можно выделить простоту в производстве, доступность для пользователей, интуитивно понятный интерфейс управления и низкая погрешность измерения глубины воды в местах использования.

8.2 Расчет экономического эффекта от производства

Расчёт экономического эффекта от производства программно-аппаратного комплекса

Для определения результатов от вложения инвестиций в производство программно-аппаратного комплекса необходимо определить отпускную цену программно-аппаратного комплекса на основе расчёта затрат на производство аппаратной части и разработку программной части [18]

Расчёт прямых затрат на материалы и комплектующие изделия для производства аппаратной части комплекса

Расчёт прямых затрат на материалы для производства аппаратной части комплекса представлены в таблице 8.1, а расчёт комплектующих изделий для производства аппаратной части комплекса представлены в таблице 8.2.

Таблица 8.1 – Расчёт затрат на основные и вспомогательные материалы

Наименование материала	Единица измерения	Норма расхода материала	Цена за единицу материала, р.	Сумма, р.
Припой	г	0.7	56.99	39.89
Эпоксидная смола	г	0.8	40	32

Продолжение таблицы 8.2

Паяльная маска	мл	0.9	21	18.9
Текстолит	г	0.9	70	63
Лак	мл	0.7	44.5	31.15
Итого				184,94
Всего затрат с учетом транспортных расходов (P_m)				203,4

Таблица 8.2 – Расчёт затрат на комплектующие изделия

Наименование комплектующего	Количество на изделие, шт.	Цена за единицу, р.	Сумма, р.
Динамик KP1530SP1	1	3.6	3.6
K73-17-0,033мкФ-250В+5%	7	0.23	0.23
K50-35-470мкФ-16В+20%	1	0.92	0.92
GRM1885-50В-820пФ+5%	2	0.14	0.28
B32922-C3104-K-0.1мкФ-305В+10%	4	1.34	2.68
K50-35-100мкФ-16В+20%	2	0.24	0.24
K50-35-1500мкФ-10В+20%	3	0.27	0.27
CC1206-50В-24пФ+10%	2	0.15	0.3
GRM21-50В-0.01мкФ+10%	3	0.26	0.78
GRM21-16В-1мкФ+10%	2	0.14	0.28
GRM21-25В-0,33мкФ+10%	2	0.5	1
K73-17-6,8мкФ-16В+10%	1	0.4	0.4
CC0805-200В-330пФ+10%	1	2.5	2.5
K50-35-2200мкФ-16В+20%	1	0.84	0.84
GRM31-100В-0,022мкФ+10%	2	0.4	0.8
GRM31-50В-0,047мкФ+10%	1	0.2	0.2
GRM21-25В-0,47мкФ+10%	1	0.35	0.35
X5R-16В-10мкФ+10%	1	2	2
CF-25-0.25ВТ-300Ом+5%	1	0.07	0.07
CAT16-0.25ВТ-390Ом+5%	4	0.03	0.12
SMD0805-0.125ВТ-15кОм+5%	4	0.03	0.12
CF-25-0.25ВТ-8,2кОм+5%	4	0.06	0.24
SMD0805-0.125ВТ-47кОм+5%	1	0.03	0.03
SMD0805-0.125ВТ-1,8МОм+5%	1	0.03	0.03
SMD0805-0.125ВТ-220кОм+1%	1	0.03	0.03
SMD0805-0.125ВТ-180кОм+5%	1	0.03	0.03
3006P-1-103LF-10 кОм+10%	2	2.85	5.7
CF-25-0.25ВТ-200Ом+5%	30	0.08	2.4
SMD0805-0.125ВТ-20кОм+1%	3	0.03	0.09
CF-25-0.25ВТ-10кОм+5%	6	0.07	0.42
CF-25-0.25ВТ-560Ом+5%	1	0.07	0.07
SMD0805-0.125ВТ-27кОм+5%	2	0.03	0.06
MF0207FTE-0,6ВТ-68кОм+1%	1	0.27	0.27
CF-50-0.5ВТ-1,8кОм+1%	1	0.11	0.11
CF-25-0.25ВТ-1кОм+5%	3	0.03	0.09
SMD0805-0.125ВТ-82кОм+1%	1	0.03	0.03
CF-25-0.25ВТ-56Ом+5%	1	0.07	0.07
CF-25-0.25ВТ-22кОм+5%	1	0.03	0.03
CF-25-0.25ВТ-3,9кОм+5%	1	0.07	0.07

Продолжение таблицы 8.2

Наименование комплектующего	Количество на изделие, шт.	Цена за единицу, р.	Сумма, р.
RC1206FR-0.25BT-33кОм+1%	1	0.04	0.04
SMD0805-0.125BT-3,3МОм+1%	1	0.06	0.06
SMD0805-0.125BT-3,6кОм+1%	1	0.03	0.03
CF-25-0.25BT-2,7кОм+5%	1	0.07	0.07
3006P-1-103LF-100 кОм+10%	4	2.85	11.4
RLB0914-3R3ML	4	2.5	10
LQM21NN	2	0.8	1.6
K561TM2	1	2	2
K561JA7	2	3.2	6.4
AT89C2051	1	11	11
K561IP2	4	2.3	9.2
K561JH2	1	2.6	2.6
КД522	5	0.06	0.3
КИПМ01Б-1К	31	3.5	108.5
Д311	2	2	4
КТ315Б	38	1	38
КТ315	2	1.5	3
КТ3102В	1	0.72	0.72
КП303Б	2	1.8	3.6
КТ361Б	1	0.18	0.18
КТ814А	1	0.84	0.84
КТ972Б	2	1.05	2.1
НС-49S-8МГц	1	0.96	0.96
Переключатель FSM8JSMATR	2	1.25	2.5
Кнопка KS12-A1.5-BRN-5N-S	5	9	45
23AF-MN21-12В	1	4.2	4.2
Пьезокерамический излучатель зп-1	2	6.5	13
Трансформатор ALT3232M-151-T001	1	12	12
Сердечник ферритовый кольцевой M1000HM	1	2.2	2.2
Итого			323.55
Всего с учетом транспортных расходов (Р _к)			355.9

Расчёт общей суммы прямых затрат на производство аппаратной части предоставлен в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Расчёт общей суммы прямых затрат на производство аппаратной части

Показатель	Сумма, р
Сырьё и материалы	203,4
Покупные комплектующие	355,9
Всего прямые затраты на производство аппаратной части (З _р ^{ач})	559,3

Расчёт экономического эффекта от производства программно-аппаратного комплекса

Расчёт затрат на заработную плату разработчиков программной части комплекса предоставлен в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Расчёт общей суммы прямых затрат на производство аппаратной

Категория разработчика	Месячный оклад (тарифная ставка), р	Часовой оклад (тарифная ставка), р	Трудоемкость работ, ч	Итого
Программист на С	750	4,6875	4	18,75
Инженер	700	4,38	8	35
Итого				53,75
Премия и стимулирующие выплаты				55
Всего затраты на основную заработную плату				108,75

Расчёт общей суммы затрат на разработку программной части программно управляемого комплекса

Расчёт общей суммы затрат на разработку программной части программно управляемого комплекса предоставлен в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Расчёт общей суммы прямых затрат на производство аппаратной

Наименование статьи и затрат	Формула/таблица для расчёта	Сумма, р.
Основная заработная плата разработчиков	Табл. 8.2.4	108,75
Дополнительная заработная плата разработчиков	$З_d = \frac{З_o * Н_d}{100}$	10,87
Отчисления на социальные нужды	$P_{соц} = \frac{(З_o + З_d) * Н_{соц}}{100}$	41,4
Затраты на разработку программной части ($З_p^{пч}$)	$З_p = З_o + З_d + P_{соц}$	161,02

8.3 Расчет инвестиций в производство программно-аппаратного комплекса

Формирование отпускной цены программно-аппаратного комплекса

Формирование отпускной цены программно-аппаратного комплекса предоставлена в таблице 8.6.

Таблица 8.6 – Методика формирования отпускной цены программно-аппаратного комплекса

Показатель	Формула/таблица для расчёта	Сумма, р.
Затраты на производство аппаратной части ($З_p^{ач}$)	Табл. 6.3.3	559,3
Затраты на разработку программной части ($З_p^{пч}$)	Табл. 6.5.1	161,02
Сумма затрат на производство программно-аппаратного комплекса	$З_{пр} = З_p^{ач} + З_p^{пч}$	720,32
Накладные расходы	$P_{накл} = \frac{З_{пр} * H_{накл}}{100}$	432,2
Расходы на реализацию	$P_{реал} = \frac{З_{пр} * H_{реал}}{100}$	7,2
Полная себестоимость	$C_{п} = З_{пр} + P_{накл} + P_{реал}$	1159,72
Плановая прибыль, включая цену	$P_{ед} = \frac{C_{п} * P_{пр}}{100}$	231,94
Отпускная цена	$Ц_{отп} = C_{п} + P_{ед}$	1391,66

Прирост чистой прибыли

Результат в сфере производства программно-аппаратного комплекса является прирост чистой прибыли, полученный по формуле 8.7.

$$\Delta П_ч = 231,94 * 2000 \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 371104 \quad (8.7)$$

8.4 Расчет показателей экономической эффективности инвестиций

Оценка экономической эффективности разработки и производства усовершенствованного изделия для предприятия зависит от результата сравнения инвестиций и полученного годового прироста чистой прибыли

По сколько инвестиции меньше годового экономического эффекта, оценка экономического эффективности инвестиций в производственное усовершенствованного изделия осуществляется по формуле 8.8.

$$ROI = \frac{385408 - (223720 + 161,02)}{223720 + 131,02} * 100\% = 66\% \quad (8.8)$$

9 ТРЕБОВАНИЯ К ХРАНЕНИЮ, МАРКИРОВКЕ, УПАКОВКЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ УСТРОЙСТВ

Устройство эхолот является важным инструментом для рыболовства и морской навигации, и требуют особого внимания в отношении их хранения, маркировки, упаковки и транспортировки являются важными аспектами, которые необходимо учитывать для обеспечения сохранности и надежности устройства в процессе его эксплуатации. Вот некоторые из требований, которые следует учитывать при работе с устройствами эхолота.

По ГОСТ 9.328-04 (вступил в силу с 1.04.2005):

Требования к хранению эхолота:

- 1 Стабильность температуры: 6...25 °С.
- 2 Стабильность влажности: 20...60% (относительных).
- 3 Защита от прямых солнечных лучей и бытовой пыли.
- 4 Защита от механических разрушений и корродирующих воздействий.

Требования к месту хранения эхолота:

Чистота: не должен быть загрязнен пылью и другими твердыми частицами, которые могут попасть в эхолот и повредить его. Защита от механических разрушений и корродирующих воздействий. Защита от прямых солнечных лучей и бытовой пыли.

Требования к маркировке эхолота. На эхолоте должна быть метка, удостоверяющая соответствие эхолота требованиям ГОСТ 9.328-04. На метке должно быть указано наименование и адрес производителя. На метке должен быть указан серийный номер эхолота. На метке должна быть дата выпуска эхолота и срок эксплуатации эхолота.

Требования к меткам на упаковке эхолота. На упаковке должны быть указаны данные производителя. На упаковке должна быть указана дата выпуска эхолота. На упаковке должен быть указан срок эксплуатации эхолота.

Требования к упаковке эхолота. Упаковка должна защитить эхолот от механических поражения и корродирующих воздействий.

Хранение осуществляется по ГОСТ 2.501-88. Эхолот должен храниться в сухом и прохладном месте, защищенном от прямых солнечных лучей и воздействия влаги. Также необходимо обеспечить защиту от пыли и грязи, что поможет сохранить устройство в работоспособном состоянии. Для хранения эхолота рекомендуется использовать специальный кейс или упаковку.

Эхолот должен быть маркирован согласно требованиям производителя, включая серийный номер, дату производства и другую необходимую информацию. Это поможет отслеживать и контролировать историю использования устройства.

При транспортировке устройства эхолота оно должно быть упаковано в соответствующий контейнер, который защитит его от повреждений во время перевозки. Контейнеры должны быть удобными для переноски и иметь жесткую внешнюю оболочку с пенопластовой подкладкой внутри, чтобы предотвратить вибрации и удары.

В процессе транспортировки эхолот должен быть защищен от ударов и вибраций, которые могут привести к повреждению устройства. Для транспортировки рекомендуется использовать специальные транспортные средства или упаковки, которые обеспечивают надежную защиту от возможных повреждений.

В целом, при работе с устройствами эхолота важно соблюдать все указанные требования, чтобы гарантировать их длительный срок службы и надежность в работе. Таким образом, соблюдение требований к хранению, маркировке, упаковке и транспортировке эхолота является необходимым условием для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации устройства. Однако, каждый производитель может иметь свои индивидуальные требования, поэтому перед использованием эхолота необходимо ознакомиться с рекомендациями производителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении можно отметить, что разработка дипломного проекта на тему " Система эхолокации с звуковым модулем " позволила получить ценный опыт в области электроники и программирования. Были изучены основные принципы работы эхолотов и звуковых модулей, а также различные технологии и методы для их реализации.

В ходе выполнения проекта были решены различные задачи, такие как выбор и подбор необходимых компонентов, проектирование схемы, разработка ПО. В результате был создан эхолот с звуковым модулем на базе микроконтроллера.

Этот проект может быть полезен и применим в различных областях, таких как морская и пресноводная рыбалка, гидрография, исследование дна озер и рек, а также в других сферах, где требуется точное определение глубины и обнаружение объектов на дне водоема.

При выборе системы эхолокации необходимо учитывать потребности и возможности конкретного объекта, а также преимущества и недостатки каждого типа системы.

В целом, система эхолокации с звуковым модулем является многообещающим методом, имеющим много приложений в различных областях жизни.

Таким образом, дипломный проект на тему "Система эхолокации с звуковым модулем" является важным и интересным исследованием в области электроники и программирования, который может быть применен в различных сферах и дает возможность получить ценный опыт для будущих профессиональных достижений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Введение в эргономику. / Под.ред. В.П. Зинченко. - М.: Сов.радио, 1974.
- [2] Базовый принцип конструирования РЭА / Е.М. Парфенов, В.Ф. Афанасенко, В.И. Владимиров, Е.В. Саушкин; под ред. Е.М. Парфенова. - М.: Радио и связь, 1981.
- [3] Гурский, М.С. Лаб. практикум по курсу «Инженерные методы защиты радиоэлектронных средств от дестабилизирующих факторов», Часть 1. - Мн.: БГУИР, 1984.
- [4] Программирование Arduino. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/>
- [5] Пассивные элементы: конденсаторы [Электронный ресурс] . – Режим доступа : URL: <https://vc.ru/tech/391573-kak-vybrat-kondensator-tipy-i-principy-raboty>
- [6] Пассивные элементы: резисторы [Электронный ресурс] . – Режим доступа : URL: <https://vc.ru/tech/391573-kak-vybrat-kondensator-tipy-i-principy-raboty>
- [7] Справочник. Полупроводниковые приборы: диоды выпрямительные, стабилитроны, тиристоры. / Под общей редакцией А.В.Голомедова – М.: "Радио и связь", 1989.
- [8] Справочник. Полупроводниковые приборы: транзисторы. – Л.: "Энергоатомиздат", 1984.
- [9] Оптоны и оптоэлектронные микросхемы [Электронный ресурс]: URL: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/vvedenie-v-optoelektroniku/2-optrony-i-optoelektronnye-mikroskhemy>
- [10] Электропитание устройств и систем связи [Электронный ресурс]: URL: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/elektropitanie-ustrojstv-i-sistem-svyazi>
- [11] Печатные платы. [Электронный ресурс] . – Режим доступа : URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294830/4294830398.pdf>
- [12] Шимкович, А.А. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств. Методическое пособие по курсу «Конструирование радиоэлектронных средств», Часть 2. - Мн.: РТИ, 1991.
- [13] В.Л. Ланин, А.А. Костюкевич, А.П. Достанко, А.А. Хмыль Сборочно-монтажные процессы. – Минск: БГУИР, 2008
- [14] Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Сов. радио, 1976.

[15] Каленкович, Н.И. и др. Механические воздействия и защита РЭС: Учеб.пособие для вузов / Н.И. Каленкович, Е.П. Фастовец, Ю.В. Шамгин. - Мн.: Выш.шк., 1989.

[16] Карпушин, В.Б. Вибрации и удары в радиоэлектронной аппаратуре. - М.: Сов.радио, 1971.

[17] В.Н. Шкляр Надёжность системы управления Учебное пособие. – Лиздательство Томского политехнического университета, 2009.

[18] Носенко, А.А. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов: Методическое пособие для студентов всех специальностей БГУИР дневной и заочной форм обучения. В 4-х ч. Ч. 2: Расчет экономической эффективности инвестиционных проектов / А.А. Носенко, А.В. Грицай. – Мн.: БГУИР, 2002. – 6 с.

Приложение А
(обязательное)
Техническое задание

1 Наименование работы

«Разработка системы эхолокации с звуковым модулем».

2 Основание для выполнения работы

Настоящая работа выполняется в рамках дипломного проекта

3 Сроки выполнения

Начало выполнения работы в соответствии с заданием – 24.03.2023.

Окончание выполнения работы – 25.05.2023.

4 Исполнитель работы

Студент группы 950701 Чубаров Илья Алексеевич.

5 Изготовитель

Работа выполняется теоретически в рамках дипломного проекта.

6 Источник финансирования

Работа выполняется как учебная в рамках учебного процесса.

7 Цель, задачи, назначение электронного средства

7.1 Целью работы является разработка системы эхолокации с звуковым модулем.

7.2 Предлагаемый эхолот может быть использован на любительских судах для измерения глубины водоемов, для поиска затонувших предметов, а также при других работах на воде, связанных с необходимостью знать рельеф дна и глубину.

7.3 Электронное средство предназначено для установки на любительских судах или использоваться портативно.

8 Основные требования

8.1 Разрабатываемое устройство должно удовлетворять требованиям настоящего ТЗ.

8.2 При проектировании рекомендуется использовать следующие нормативные документы:

ГОСТ 18458-84 «Приборы, оборудование и плавсредства наблюдений в морях и океанах. Термины и определения»

ГОСТ Р 51370-99 «Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие солнечного излучения»

ГОСТ 22547-81 «Средства гидроакустические. Термины и определения»

ГОСТ Р 50304-92 «Системы для сопряжения радиоэлектронных средств интерфейсные. Термины и определения»

8.3 Конструкторская документация должна соответствовать требованиям ЕСКД.

9 Состав изделия

Состав системы эхолокации с звуковым модулем приведен в таблице.

Таблица – Система эхолокации с звуковым модулем

Наименование	Кол-во	Назначение	Примечание
Корпус изделия	1	Защита от внешних воздействий	
Плата системы эхолокации с звуковым модулем	1	Основной блок изделия	
Кабель соединительный	1	Обеспечивает передачу данных от излучателя-датчика с системой эхолокации.	
Корпус	1	Для защиты от внешних факторов среды	
Эксплуатационная документация	1	Обеспечение потребителя сведениями о технических характеристиках, электронного средства, работе и обслуживании	

Примечание. Состав системы эхолокации с звуковым модулем уточняется в процессе разработки опытного образца.

10 Технические требования

10.1 Требования к конструкции

10.1.1 Система эхолокации с звуковым модулем должна разрабатываться как базовое для обеспечения его модификаций с учетом требований взаимозаменяемости.

10.1.2 Масса системы эхолокации с звуковым модулем должна быть не более 0,8 кг.

10.1.3 Материалы и полуфабрикаты, комплектующие системы эхолокации с звуковым модулем должны применяться по действующим стандартам и техническим условиям на них.

Примечание. Требование к конструкции уточняется на этапе разработки

опытного образца без внесения в техническое задание.

10.2 Показатели назначения

10.2.1 Средний потребляемый ток – 30 мА.

10.2.2 Напряжение питания устройства 9 В.

10.3 Требования к надежности

10.3.1 Средняя наработка на отказ должна быть не менее 80 000 ч.

10.3.2 Средний ресурс должен быть не ниже 150 000 ч.

10.3.3 Средний срок службы должен быть не менее 8 лет.

Примечание. Показатели надежности определяются расчетным путем.

10.4 Требования к технологичности

Должны быть разработаны и изготовлены технологическая схема сборки и разработан технологический процесс изготовления нестандартных изделий.

10.5 Требования к уровню унификации и стандартизации

При разработке устройства должны по возможности использоваться стандартные и унифицированные устройства, узлы и детали.

10.6 Требования к безопасности и экологии

10.6.1 Система эхолокации с звуковым модулем должна соответствовать требованиям безопасности, установленным ГОСТ Р 51370-99 «Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие солнечного излучения».

10.6.2 Обслуживание и эксплуатация устройства должны проводиться в соответствии с «Основными санитарными правилами» ОСП-72/87.

10.7 Эстетические и эргономические требования

10.7.1 Форма, компоновка и внешний вид системы эхолокации с звуковым модулем должны соответствовать его функциональному назначению и обеспечивать удобство обслуживания при настройке, ремонте и эксплуатации.

10.7.2 Система эхолокации с звуковым модулем должна соответствовать требованиям эргономики и эстетики по ГОСТ 30.001-83.

10.8 Эстетические и эргономические требования

10.8.1 Система эхолокации с звуковым модулем должно быть обеспечено методами и средствами поверки при разработке, производстве и эксплуатации, в соответствии с ГОСТ 8.513-84.

10.8.2 Метрологическая экспертиза конструкторской документации должна производиться службой норм контроля предприятия-разработчика. Поверка должна проводиться не менее чем раз в год.

10.9 Требования к патентной чистоте

По схемным и конструкторским решениям система эхолокации с звуковым модулем должно обладать патентной чистотой. Патентный поиск необходимо выполнить глубиной 10 лет отечественных и зарубежных аналогов. Возможные страны экспорта уточняются на этапе разработки рабочей документации.

10.10 Требования к упаковке и маркировке

Маркировка и упаковка устройства должны соответствовать требованиям ГОСТ 28594-90.

10.11 Требования к транспортированию, эксплуатации, хранению

10.11.1 Система эхолокации с звуковым модулем в упакованном виде должна допускать транспортирование в закрытых транспортных средствах любого вида наземного транспорта и в отапливаемых герметизированных отсеках самолета при температуре окружающего воздуха от минус 15 до плюс 55°С и относительной влажности 90% при температуре 35°С в течение 96 ч.

10.11.2 Система эхолокации с звуковым модулем должно быть устойчиво к воздействию:

- температуры окружающего воздуха от -15 до +55°С;
- относительной влажности воздуха от 10 до 90%;
- атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа.

10.11.3 Система эхолокации с звуковым модулем в упакованном виде должно храниться в соответствии с ГОСТ 15150, группа 4.

11 Этапы работы

Этапы работы определяются календарным планом на практические занятия.

Настоящее ТЗ может уточняться и изменяться по согласованию с преподавателем.

Заказчик

Кафедра ЭВС

Исполнитель

Чубаров И.А. гр.950701

Приложение Б
(обязательное)
Справка патентного исследования

СПРАВКА
ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ПАТЕНТНОЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Название выявленного объекта	Номер охранного документа и дата регистрации выявленного аналога	Признаки выявленных аналогов
1.Эхолот	JP3157894B2 (2014.04.16)	Эхолот, который выполняет поиск заданной поверхности в воде методом сканирования лучом, проецирует искомую заданную поверхность на экран дисплея в качестве монитора и фиксирует косяк рыбы в виде изображения эхолота. Из информации об относительном местоположении относительно рыбы, отмеченной флагом принимающего судна, и средства для сохранения этой информации для вычисления положения рыбы во время захвата заданной временной точки или эхо-сигнала, положения рыбы и ультразвукового луча, полученных указанным запоминающим устройством, направления излучения и экрана отслеживания на дисплее экран, отображающий изображение эхолота.
2.Количественный эхолот и способ количественного зондирования рыбы	US7193930B2 (2017.03.20)	Количественный эхолот, способный оценивать длину отдельной рыбы и количество косяка рыб, является важным инструментом для обследования рыбных ресурсов и эффективного ведения промысла. Как правило, количественный эхолот измеряет длину отдельной рыбы на основе того факта, что целевая сила рыбы, которая определяется как отношение уровня звукового давления эхо-сигнала, возвращаемого рыбой, обратно в преобразователь, к уровню звукового давления падающего ультразвукового сигнала.

Продолжение таблицы

Название выявленного объекта	Номер охранного документа и дата регистрации выявленного аналога	Признаки выявленных аналогов
3. Устройство для измерения и калибровки эхолота	CN207850395U (2018.09.11)	Полезная модель относится к устройствам для измерения и калибровки эхолота, включающим лазерный дальномер, датчик эхолота глубины, отличается тем, что лазерный дальномер расположен на измерительной тележке, лазерный дальномер и лазерная отражательная мишень расположены противоположно, измерительная тележка соединена с направляющей для работы с возможностью скольжения, фиксация локатора преобразователя энергии под измерительной тележкой, глубина датчик эхолота расположен в нижней части локатора. Полезные эффекты модели: Мобильная измерительная машина изменяет расстояние между преобразователем энергии и отражающей завесой, может считывать значение, указывающее глубину воды.
4. Способ и система для эхо- локализации объектов	EP2003159A1 (2013.02.11)	Настоящее изобретение относится к локализации эхо-сигналов, в частности, в гидроакустической системе, где система содержит по меньшей мере три всенаправленных преобразователя. В частности, система согласна изобретению содержит, по меньшей мере, одну матрицу преобразователей, каждый из которых может функционировать как в качестве излучателей сигналов, так и в качестве приемников сигналов.

Продолжение таблицы

Название выявленного объекта	Номер охранного документа и дата регистрации выявленного аналога	Признаки выявленных аналогов
5. Способ и устройство для формирования ультразвукового изображения донной поверхности	WO202156948A1 (2021.12.23)	Изобретение относится к гидроакустической технике и может быть использовано для просмотра дна и водных акваторий. Способ включает генерирование в водной среде полигармонического пучка ультразвуковых сигналов. Устройство содержит два измерительных канала, первый из которых содержит интерферометр, включающий в себя излучающий тракт, и приемный тракт из параллельно соединенных двух приемных антенн, а второй измерительный канал выполнен в виде эхолота.
6. Корабельная подводная гидроакустическая система	EP2084557A1 (2019.08.05)	Способ и устройство для обнаружения подводных объектов содержат удлиненную матрицу элементов ультразвукового передатчика, установленных, по существу, вертикально и обращенных вперед на носу судна, от которых передается последовательность импульсов ультразвуковой волны, причем каждый импульс имеет частоту и вертикальный угол пучка, которые отличаются от частоты и вертикального угла пучка датчика.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

(указываются библиографические данные источников информации,
достаточные для нахождения аналогов)

1. Информационные ресурсы Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» <http://www.fips.ru>
2. Российский сегмент Интернет-сервиса esp@cenet.ru.
<http://espacenet.com>
3. Базы данных Национального центра интеллектуальной собственности
<http://belgospatent.org.by/>

Достоверность сведений удостоверяю:

Руководитель _____ “ ” _____
(подпись)

Приложение В (обязательное) Отчёт о проверке на заимствования



Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: chubarov.ilya17@mail.ru / ID: 10827939
Проверяющий:
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://users.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 1
Начало загрузки: 25.05.2023 11:35:00
Длительность загрузки: 00:00:04
Имя исходного файла: Диплом_Последний
заезд.pdf
Название документа: Диплом_Последний
заезд
Размер текста: 141 кБ
Символов в тексте: 144325
Слов в тексте: 17065
Число предложений: 951

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 25.05.2023 11:35:04
Длительность проверки: 00:00:04
Комментарии: не указано
Модули поиска: Интернет Free



СОВПАДЕНИЯ
27,6%

САМОЦИТИРОВАНИЯ
0%

ЦИТИРОВАНИЯ
0%

ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
72,4%

Совпадения — фрагменты проверяемого текста, полностью или частично сходные с найденными источниками, за исключением фрагментов, которые система отнесла к цитированию или самоцитированию. Показатель «Совпадения» — это доля фрагментов проверяемого текста, отнесенных к совпадениям, в общем объеме текста.

Самоцитирование — фрагменты проверяемого текста, совпадающие или почти совпадающие с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа. Показатель «Самоцитирование» — это доля фрагментов текста, отнесенных к самоцитированию, в общем объеме текста.

Цитирование — фрагменты проверяемого текста, которые не являются авторскими, но которые система отнесла к корректно оформленным. К цитированиям относятся также шаблонные фразы: библиография; фрагменты текста, найденные модулем поиска «СПС Гарант: нормативно-правовая документация». Показатель «Цитирование» — это доля фрагментов проверяемого текста, отнесенных к цитированию, в общем объеме текста.

Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.

Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.

Оригинальный текст — фрагменты проверяемого текста, не обнаруженные ни в одном источнике и не отмеченные ни одним из модулей поиска. Показатель «Оригинальность» — это доля фрагментов проверяемого текста, отнесенных к оригинальному тексту, в общем объеме текста.

«Совпадения», «Цитирования», «Самоцитирование», «Оригинальность» являются отдельными показателями, отображаются в процентах и в сумме дают 100%, что соответствует полному тексту проверяемого документа.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые совпадения проверяемого документа с проиндексированными в системе источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности совпадений или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в тексте	Доля в отчете	Источник	Актуален на	Модуль поиска
[01]	7,39%	7,29%	Эхолот http://studfiles.ru	24 Июл 2016	Интернет Free
[02]	6,45%	0%	Эхолот KД522 DD2 K561TM D 3 4 C 2 R4 15K. Рис. 1 Генератор импульсов - PDF http://docplayer.ru	07 Мая 2018	Интернет Free
[03]	5,78%	0%	Эхолот. Схема, описание http://diagram.com.ua	20 Авг 2019	Интернет Free

Еще источников: 7
Еще совпадений: 20,29%

Рисунок А.1 — Результат проверки на заимствования

Чубаров И.А.

Приложение Г (обязательное) Код на языке программирования С

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

#define DEEP_THRESHOLD 10
#define FISH_THRESHOLD 20
#define SPEAKER_PIN PB4
#define SPEAKER_PORT PD3
#define SPEAKER_DELAY 500

void setup() {
    cli();
    SPI.setDataMode(SS);
    CLK.enable();
    digitalWrite(SPEAKER_PIN, LOW);
}

void loop() {
    // Read value from depth sensor
    float depthValue = analogRead(A0);
    if (depthValue < DEEP_THRESHOLD) {
        digitalWrite(SPEAKER_PIN, HIGH);
        digitalWrite(SPEAKER_PORT, LOW);
    } else if (depthValue > DEEP_THRESHOLD) {
        digitalWrite(SPEAKER_PIN, LOW);
        digitalWrite(SPEAKER_PORT, HIGH);
    }

    // Read value from fish detector sensor
    if (digitalRead(FISH_DETECTOR_PIN) == HIGH) {
        digitalWrite(SPEAKER_PORT, HIGH);
    } else {
        digitalWrite(SPEAKER_PORT, LOW);
    }

    // Send audio
    send_audio();
    delay(SPEAKER_DELAY);
}

void send_audio() {
    digitalWrite(SPEAKER_PIN, HIGH);
    while (SPI.transfer(0x00) == 0); // Send audio data via SPI
}
}
```