

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

Бахретдин Алан Сериккулы

«Разработка системы беспроводного мониторинга тонкой моторики рук
оператора»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭТиКТ,
канд. техн. наук

Таштай Е.Т.
«30» 05 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Разработка системы беспроводного мониторинга тонкой
моторики рук оператора»

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering



Выполнил
Рецензент
докт. техн. наук, профессор
АУЭС им. Г. Даукеева
Алмуратова Н.К.
«30» 05 2024 г.

Бахретдин А.С.

Научный руководитель
канд. техн. наук
Жигалов В.А.
«30» 05 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ

КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет

имени К.И. Сатпаева

Институт автоматике и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

ОП «6B07104 Electronic and Electrical Engineering»



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Бахретдин Алан Серикұлы

Тема: Разработка системы беспроводного мониторинга тонкой моторики рук оператора

Утверждена приказом ректора университета № 548 от « 04.12 » 2024 г

Срок сдачи законченной работы « 30 » мая 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе:

Для проведения экспериментов мониторинга тонкой моторики рук оператора необходимо разработать систему мониторинга, которая будет передавать в режиме реального времени по беспроводному каналу данные об угловом положении кисти руки. Измеряемые параметры: ускорение по трём осям, угловая скорость по трём осям, ориентация по трём осям в виде углов Эйлера. Частота измерения – до 20 Гц. Канал передачи информации на компьютер либо мобильное устройство: Bluetooth. Питание автономное, с временем непрерывной работы до 2 ч.

Краткое содержание дипломной работы:

- 1 Построение блок-схемы системы мониторинга.
- 2 Выбор схемных, конструктивных и программных решений для системы мониторинга.
- 3 Разработка принципиальной электрической схемы системы мониторинга.
- 4 Разработка программы микроконтроллера для системы мониторинга.
- 5 Разработка печатной платы устройства.

- 6 Создание действующей макетной реализации устройства.
- 7 Выполнение тестовых измерений тонкой моторики рук оператора.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 1 Структурная схема системы мониторинга.
- 2 Принципиальная электрическая схема системы мониторинга.
- 3 Схема печатной платы.
- 4 Фото макетной реализации системы мониторинга.
- 5 Графики измеряемых параметров при выполнении измерений.

Рекомендуемая основная литература:

1. Григорьев В.В., Быстров С.В., Бойков В.И., Болтунов Г.И., Мансурова О.К. Цифровые системы управления: Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. - 133 с.

2. Семейство микроконтроллеров MSP430x2xx. Архитектура. Программирование. Разработка приложений. – М.: ДМК-Пресс, 2015 г. - 544 с.

3. Хоровиц, Хилл: Искусство схемотехники. Бинوم. 2022 г. 704 с.

4. BNO055. Smart sensor combining accelerometer, gyroscope, magnetometer and orientation software. <https://www.bosch-sensortec.com/products/smart-sensor-systems/bno055/>

5. Каталог ГПНТБ СО РАН «Отечественная библиография по биолокации». <http://www.prometeus.nsc.ru/partner/zarubin/bioloc.ssi>

6. Журавлёв В. Ф. Основы теоретической механики — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2001. С.23. (<https://mechmath.ipmnet.ru/lib/?s=theoretical&book=88>, PDF скан).

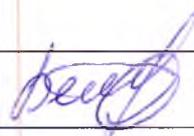
ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Блок-схема системы мониторинга	01.02.2024	Выполнено
Принципиальная схема системы мониторинга. Схема печатной платы	15.02.2024	Выполнено
Создание первой макетной реализации системы	01.03.2024	Выполнено
Создание второй макетной реализации системы	01.04.2024	Выполнено
Выполнение тестовых измерений тонкой моторики рук оператора	15.04.2024	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Ассоциированный профессор, кандидат технических наук Жигалов В.А.	30.05.2024	
Нормоконтролер	Акылжан П.Б. м.т.н., ассистент каф. ЭТиКТ	30.05.2024	

Научный руководитель  Жигалов В.А.

Задание принял к исполнению обучающийся  Бахретдин А.С

Дата «30» 05 2024 г.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе разработана инновационная плата для биолокационных рамок, предназначенная для точного отслеживания движений рук. Устройство включает два инерциальных модуля, батареи и модуль Bluetooth для передачи данных в реальном времени. Основной целью является замена традиционных методов биолокации более точной и надежной системой. Плата может использоваться в геофизике, археологии и медицине.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста қол қозғалыстарын дәл бақылауға арналған биолокациялық рамкаларға арналған инновациялық плата жасалды. Құрылғы екі инерциялық модульден, батареялардан және деректерді нақты уақыт режимінде беру үшін Bluetooth модулінен тұрады. Негізгі мақсат - дәстүрлі биолокация әдістерін дәлірек және сенімді жүйемен алмастыру. Плата геофизикада, археологияда және медицинада қолданылуы мүмкін.

ABSTRACT

This thesis project developed an innovative board for dowsing rods designed to accurately track hand movements. The device includes two inertial modules, batteries, and a Bluetooth module for real-time data transmission. The primary goal is to replace traditional dowsing methods with a more precise and reliable system. The board can be used in geophysics, archaeology, and medicine.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Существующие технологии	10
1.1 История развития и применения биолокационных систем	10
1.2 Анализ литературы по теме исследования	12
1.3 Теоретические основы	13
2 Принципы работы инерциальных измерительных модулей	17
2.1 Архитектура и программирование микроконтроллеров MSP430	17
2.2 Теоретические аспекты схемотехники	20
2.3 Теоретические аспекты схемотехники	25
2.4 Использование углов Эйлера в измерениях ориентации	27
3 Моделирование и тестирование макета	30
3.1 Программирование микроконтроллера для сбора и передачи данных	30
3.2 Разработка печатной платы в среде EASYEDA	34
3.3 Тестирование, анализ результатов и сравнение с теоретическими предсказаниями	37
Заключение	40
Список использованной литературы	41

ВВЕДЕНИЕ

Улучшения в технологиях играют большую роль в развитии биолокации, которая также известна как лозоходство, предлагая новые способы для повышения точности и надежности данного метода. В данной работе, в качестве примера разработки инновационной платы для биолокационных рамок, рассматривается разработка устройства, которое может отслеживать движения рук в пространстве по осям X, Y и Z. Оно включает в себя два инерциальных модуля, батарею и модуль Bluetooth, который используется для беспроводной передачи данных на мобильные устройства.

Проведение измерений с помощью инерциальных модулей, которые содержат акселерометры и гироскопы, позволяет точно определить положение и перемещение биолокационных рамок. Данный тип сенсоров способен обеспечить непрерывное отслеживание изменений углов и ускорений, что значительно повышает точность и надёжность измерений. Благодаря интеграции модуля Bluetooth появилась возможность передавать данные в реальном времени на смартфоны или компьютеры, что значительно упростит процесс мониторинга и анализа.

Для наблюдения за мелкой моторикой запястья оператора и биолокационной рамки необходимо создать систему беспроводной передачи данных об углах наклона кисти и рамки в реальном времени. Измеряемые параметры включают ускорение по трем осям, угловую скорость по трем осям и ориентацию по трем осям, представленную углами Эйлера. Выборка данных должна осуществляться с частотой до 20 Гц. Для передачи данных на компьютер или мобильное устройство пользователя следует использовать Bluetooth.

Система должна быть обеспечена автономным питанием, обеспечивающим непрерывную работу в течение 2 часов. Основной целью проекта является разработка электронного устройства, способного заменить традиционные методы биолокации на гораздо более точную и надежную систему. Следовательно, у него есть множество практических применений. В геофизических исследованиях его можно использовать для отслеживания разломов, воды и месторождений полезных ископаемых.

В археологии – для обнаружения древних объектов и структур. В медицине устройство может быть полезным для диагностики различных состояний организма, например, в исследованиях энергетических полей человека.

Для разработки данной платы требуется междисциплинарный подход, сочетающий знания в области электроники, программирования и физики. В процессе работы будут рассмотрены вопросы проектирования схемы, программирования микроконтроллера для обработки данных с инерциальных модулей и обеспечения беспроводной связи. Особое внимание будет уделено

энергоэффективности устройства, чтобы обеспечить его длительную работу от аккумуляторов.

Важным аспектом разработки также является тестирование и калибровка устройства. Это включает проведение серии экспериментов для проверки точности и надежности измерений, а также для оптимизации алгоритмов обработки данных. Современные методы калибровки и тестирования позволяют выявить и устранить возможные ошибки и неточности в работе устройства.

Результаты данной работы могут значительно повысить точность и удобство использования биолокационных рамок, делая их доступными для более широкого круга пользователей. Новая технология предложит эффективное решение для задач, связанных с поиском и исследованием скрытых объектов, а также откроет новые перспективы для научных исследований в области биолокации и смежных дисциплин. В перспективе разработка подобных устройств может привести к появлению новых методик и подходов в различных сферах, включая экологические и геологические исследования, а также в медицине и археологии.

Таким образом, данная работа представляет собой важный шаг в интеграции современных технологий с традиционными методами биолокации, что способствует более глубокому пониманию и исследованию природных и искусственных объектов. Надеемся, что результаты этой работы будут способствовать дальнейшему развитию технологий и методов биолокации, а также их применению в новых и разнообразных областях науки и техники.

Разработка новой биолокационной платформы — это комплексный проект, который подразумевает внимание к множеству деталей, начиная от выбора компонентов и заканчивая удобством использования устройства. Чтобы устройство было не только функциональным, но и удобным для пользователя, важно тщательно продумать его эргономику и минимизировать размеры, что особенно важно для портативных устройств. Это помогает сделать технологию доступной для широкой аудитории, включая тех, кто впервые сталкивается с биолокацией.

Одним из ключевых моментов является разработка пользовательского интерфейса. Он должен быть понятным и удобным, чтобы пользователи могли легко воспринимать информацию в реальном времени и, при необходимости, корректировать свои действия на основе полученных данных. Создание интуитивного интерфейса требует понимания нужд пользователей и умения интегрировать сложные технологии в простые и практичные решения. Это улучшает общую эффективность работы с устройством и делает процесс биолокации более доступным и менее трудоемким.

1 Существующие технологии

Современные методы биолокации основываются на использовании высокотехнологичных инструментов и датчиков, которые значительно повышают точность и надежность традиционных методов лозоходства. В этой главе рассматриваются ключевые технологии и подходы, применяемые в современных биолокационных системах, с использованием рекомендованной литературы.

1.1 История развития и применения биолокационных систем

Исторические свидетельства указывают на то, что лозоходство использовалось в различных культурах по всему миру на протяжении тысячелетий. Практика основана на предположении, что некоторые люди могут чувствовать энергетические поля или изменения в окружающей среде, что позволяет им обнаруживать скрытые объекты с помощью специальных инструментов, таких как деревянные или металлические лозы, маятники или рамки.

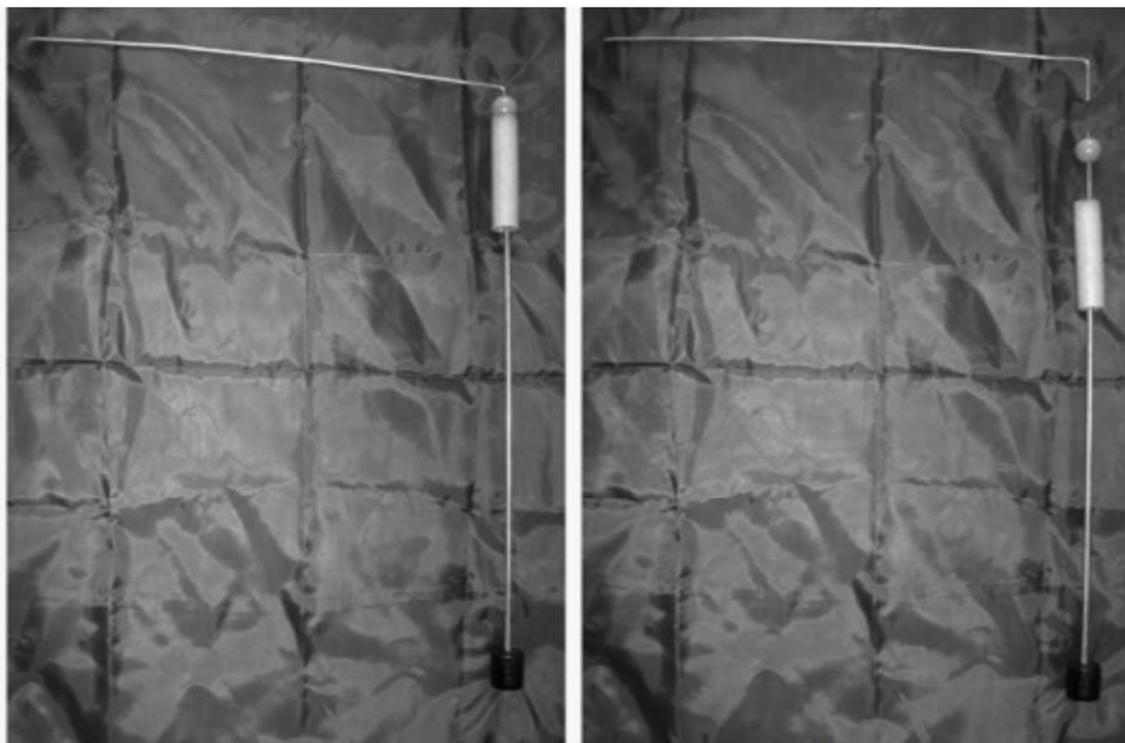


Рисунок 1.1 – Металлические рамки

Давняя традиция использования рамок для биолокации, берущая начало в древних цивилизациях, сегодня находит свое продолжение в усовершенствованных методах исследования. В Древнем Китае и Египте эти методы использовались для поиска источников воды и полезных ископаемых,

сыграв важную роль в развитии аграрной культуры и горного дела. Со временем, на протяжении Средневековья, эти методы использовались для обеспечения населения водой и разработки новых месторождений полезных ископаемых в Европе, став основой для решения практических задач в сельской местности и отдаленных районах.

Эпоха Возрождения ознаменовала новый виток интереса к этим методам, о чем свидетельствуют научные труды таких ученых, как Парацельс. Глубокие исследования и описания методов биолокации способствовали их распространению и интеграции в широкое научное сообщество. Однако по мере индустриализации и развития науки в XIX и XX веках многие из традиционных методов были заменены более точными геофизическими исследованиями, основанными на технологических инновациях.

Но в последнее время методы биолокации получили новое дыхание благодаря внедрению передовых технологий. Современные инерционные измерительные приборы и сложные аналитические системы значительно расширили возможности биолокации, сделав ее применимой в таких сложных и разнообразных областях, как геофизика, археология и медицина. В геофизических исследованиях современные биолокационные системы помогают в точном поиске подземных вод и полезных ископаемых, а в археологии - в обнаружении подземных сооружений и артефактов без необходимости проведения масштабных раскопок.

В медицине методы биолокации начинают использоваться для изучения биоэнергетических полей человека, предлагая новые подходы в диагностике и терапии. Эти инновации позволяют медикам лучше понимать внутреннее состояние организма на тонком уровне, что открывает новые перспективы в понимании и лечении различных заболеваний.

Биолокационные рамки, также известные как лозы для поиска воды или минералов, окружены различными теориями, пытающимися объяснить их функционирование. Одна из теорий предполагает, что человеческое тело может функционировать как биосенсор, реагирующий на изменения в окружающей среде, такие как электромагнитные поля или геологические изменения. Такие изменения могут вызывать бессознательные реакции у некоторых людей, которые особенно чувствительны к подобным факторам.

Существует также психологическая или идеомоторная теория, согласно которой движения кадра являются результатом микроскопических мышечных движений оператора, происходящих бессознательно. Это может быть связано с подсознательной передачей мышечных сигналов, которые заставляют раму двигаться в ответ на внутренние ожидания оператора или его реакцию на окружающую среду.

Другие теории включают взаимодействие статического электричества или трибоэлектрический эффект, когда материалы рамы, взаимодействующие с окружающей средой, могут создавать статическое электричество, заставляя раму двигаться. Также предполагается, что рамки могут реагировать на гидрологические и геохимические изменения, такие как изменения влажности,

ионного состава или химического состава почвы, которые могут сопровождать потоки подземных вод или отложения минералов.

1.2 Современные методы биолокации

Современные методы биолокации, или лозоходства, включают в себя использование различных физических и биофизических явлений для обнаружения скрытых объектов, таких как вода, минералы и другие подземные структуры. В последнее время основное внимание уделяется исследованию влияния магнитных и электромагнитных полей на живые организмы и возможность их использования в практических целях.

Одним из важных направлений исследований в области биолокации является изучение воздействия электромагнитных полей на человека и использование этих знаний для улучшения методов обнаружения подземных объектов. В работах, представленных в различных научных публикациях, указывается на то, что живые организмы могут излучать и реагировать на электромагнитные поля различного спектра, включая инфракрасные, ультрафиолетовые и другие виды излучений.

Важной частью современных исследований в области биолокации является изучение так называемого психогенного поля (рис 1.2). Это поле, создаваемое самим человеком, может отражать его психическое состояние и влиять на движение стрелок индикатора в экспериментах по биолокации. Это явление было подробно описано в ряде работ, и исследования показывают, что движение стрелок индикатора при тестировании эмоционального и мыслительного состояния испытуемого обусловлено именно этим полем.

Биолокационные рамки или лозы используются для обнаружения скрытых объектов путем регистрации изменений в электромагнитном поле или других физических параметрах окружающей среды. Эти изменения могут быть вызваны наличием подземных вод или других аномалий. Современные исследования показывают, что рамки могут реагировать на малейшие изменения в магнитном поле земли, что позволяет использовать их для точного определения местоположения скрытых объектов.

В экспериментах по биолокации было установлено, что у некоторых людей существует индивидуальная способность к восприятию изменений в электромагнитных полях, что проявляется в изменении положения стрелок индикатора. Эти эффекты воспроизводимы и надежны, что делает возможным использование биолокации в научных и практических целях.

Современные методы биолокации основаны на комплексном подходе, включающем использование электромагнитных полей и психогенного поля человека для обнаружения подземных объектов. Эти методы продолжают совершенствоваться и находят все более широкое применение в различных областях, от геологии до медицины.

Использование этих методов позволяет значительно повысить точность и надежность биолокационных исследований, что открывает новые возможности для их практического применения и дальнейших научных исследований.

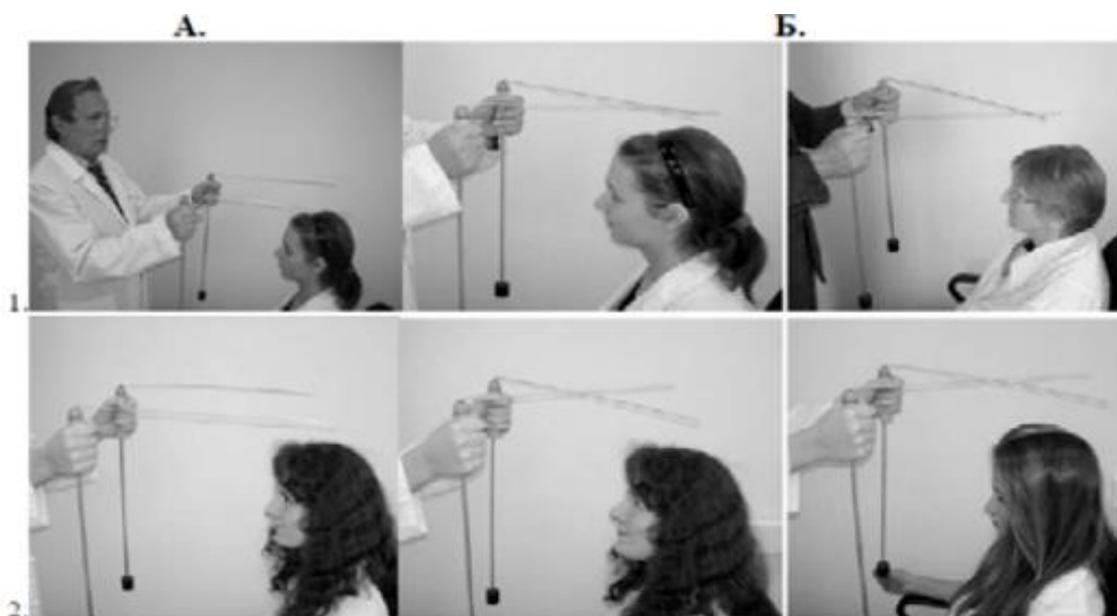


Рисунок 1.2 – Регистрация субъективного эмоционального отношения испытуемого

1.3 Анализ литературы по теме исследования

Исследования в области биолокации имеют долгую и богатую историю, но значительный прогресс был достигнут благодаря интеграции научных подходов и технологий. В данной главе рассматриваются основные научные труды и результаты исследований, касающиеся биологических эффектов магнитных полей и их применения в биолокации.

Одним из значимых трудов в этой области является работа Ю. Рокара, в которой исследуется реакция лозоходцев на слабые магнитные поля. В своих экспериментах Рокар показал, что люди способны реагировать на небольшие аномалии магнитного поля земли (рис_1.3). Он отметил, что при наличии градиента магнитного поля от 0.3 до 0.5 мОе/м, реакция была заметной, а при увеличении градиента до 2-3 мОе/м точность обнаружения возрастала.

– Магнитные ловушки и аномалии:

Рокар также указал на возможность ложных срабатываний биолокационных устройств в присутствии магнитных ловушек, таких как металлические объекты или определенные типы горных пород, которые могут искажать результаты измерений. Он предположил, что лозоходцы не могут обнаруживать стоячую воду в прудах или текущую воду в реках, но способны

регистрировать воду, фильтрующуюся через пористые среды или находящуюся в проницаемых слоях, смежных с глиняными пластами.

– Эксперименты без самовнушения:

Для проверки объективности реакций проводились эксперименты, в которых исключалось влияние самовнушения. В таких экспериментах использование контролируемых магнитных полей показало, что лозоходцы могут точно определять наличие или отсутствие магнитного поля без знания о его включении или выключении. Это подтверждает, что реакция обусловлена не психологическими, а физическими факторами.

– Биомagnetизм:

Рокар пришел к выводу, что чувствительность лозоходцев к магнитным полям может быть связана с ядерным магнитным резонансом. Он предположил, что прецессия ядер атомов в теле человека под действием магнитного поля Земли может вызывать слабые электрические сигналы, которые и регистрируются. Эти гипотезы требуют дальнейшего исследования, но они открывают новые возможности для понимания биологических эффектов магнитных полей. современные исследования в области биолокации опираются на научные методы и технологии, которые позволяют объяснить и улучшить традиционные методы лозоходства. Работы Ю. Рокара и других ученых демонстрируют, что биолокация имеет объективные физические основы и может быть использована для различных практических целей, таких как поиск подземных вод и минералов

Внедрение современных технологий в практику биолокации, которая имеет глубокие корни в истории человечества и традиционно ассоциировалась с использованием естественных индикаторов для поиска воды и минералов. Сегодня этот метод переживает научно-техническую революцию, благодаря интеграции высокотехнологичных устройств, таких как инерциальные измерительные модули, которые позволяют значительно повысить точность и надежность измерений.

Ранее деятельность, связанная с определением местоположения скрытых объектов с использованием простых инструментов, основывалась на субъективной оценке индивидуальных ощущений оператора. В современном контексте предполагается, что биолокационные техники могут быть значительно улучшены через применение нанотехнологий, что позволит прецизионно регистрировать и анализировать сигналы, связанные с аномалиями геоэлектрического поля Земли.

Нанотехнологии, которые оперируют на молекулярном уровне, могут значительно усовершенствовать методы биолокации, позволяя детектировать изменения, которые традиционные методы не могут обнаружить.

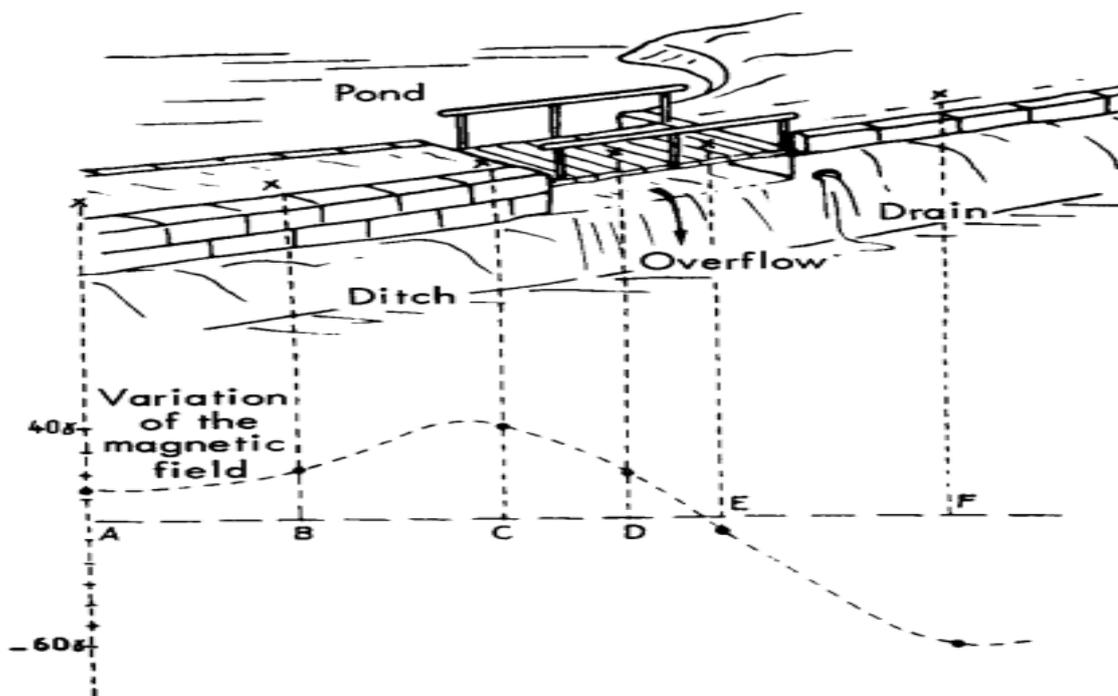


Рисунок 1.3 – Магнитная аномалия вдоль насыпи, граничащей с прудом

Эти технологии могут улучшить точность инструментов биолокации, таких как рамки и маятники, за счет использования наноматериалов, которые повышают их чувствительность к минимальным колебаниям электрических и магнитных полей.

Возможно, на базе нанотехнологий будут созданы новые устройства для биолокации, оснащенные чувствительными сенсорами для регистрации геофизических изменений в окружающей среде. Такие сенсоры могли бы обнаруживать ионизацию воздуха радоном, что является индикатором наличия полезных ископаемых или подземных вод. Также нанотехнологии могут способствовать созданию биолокационных инструментов, которые обеспечивают более точные измерения и могут автоматически обрабатывать полученные данные.

Применение нанотехнологий также расширяет понимание механизмов, лежащих в основе изменений в геоэлектрическом поле, вызванных подземными структурами. Молекулярный уровень изучения позволяет глубже анализировать, как микроскопические взаимодействия влияют на макроскопические геофизические явления. Это открывает путь для разработки новых инструментов биолокации, которые могут быть интегрированы с традиционными геофизическими методами для уточнения данных и улучшения общей точности геологических изысканий.

Эффективность биолокационного метода начала активно обсуждаться в начале XX века, когда проходили первые съезды исследователей, специализирующихся на этих техниках. С тех пор созданы различные национальные и международные ассоциации, которые способствовали

стандартизации терминологии и методик, а также проведению фундаментальных и прикладных исследований в этой области.

Современные исследования в области биолокации направлены на понимание физических механизмов, которые могут объяснить, как человеческое тело воспринимает изменения в геоэлектрическом поле Земли. Эти изменения могут быть вызваны различными геологическими структурами, такими как водоносные горизонты, металлические руды или месторождения нефти и газа. Одной из ключевых гипотез является предположение о том, что над месторождениями полезных ископаемых возникает повышенная концентрация ионизированных частиц, что приводит к локальным изменениям электромагнитного поля. Такие изменения могут влиять на движение инструментов биолокации, таких как рамки или маятники, которые используются для определения местоположения искомых объектов.

Экспериментальные данные подтверждают, что аномальные зоны, такие как месторождения минералов или водоносные горизонты, могут создавать специфические электрические или магнитные поля. Эти поля могут быть обнаружены чувствительными приборами или восприняты людьми, обладающими особыми способностями к биолокации. Например, рудознатцы и водоискатели веками использовали свои уникальные навыки для поиска скрытых ресурсов, выступая в роли живых детекторов изменений в природной среде.

Основное научное объяснение, которое исследуется в современной геофизике, касается взаимодействия атмосферно-электрических полей с геологическими структурами. Исследователи предполагают, что изменение атмосферных условий над полями может быть связано с ионизацией воздуха радоном-222, который выходит на поверхность земли вместе с газами из подземных источников. Эти газы, включая водород и метан, способствуют образованию пузырьковых структур, которые могут влиять на поведение рамок и маятников в руках операторов. Это открывает новые возможности для использования методов биолокации в сочетании с традиционными геофизическими исследованиями, такими как электрометрия и сейсморазведка, для более точного и всестороннего изучения геологического строения территории.

Дальнейшее изучение биолокации не только расширяет понимание геофизических процессов, но и способствует разработке новых технологических решений, которые могут быть применены для экологически чистых и экономически эффективных методов разведки природных ресурсов. Таким образом, современные научные исследования и технологические инновации могут значительно усовершенствовать традиционные биолокационные методы, сделав их более доступными, точными и надежными для широкого применения в различных областях геологии и геофизики.

2 Теоретические основы

Во второй главе рассматриваются теоретические основы современных методов биолокации. Главы посвящены принципам работы инерциальных измерительных модулей, архитектуре и программированию микроконтроллеров MSP430x2xx, а также теоретическим аспектам схемотехники. Особое внимание уделено использованию углов Эйлера для измерения ориентации. Эти теоретические основы необходимы для разработки и оптимизации высокоточных биолокационных систем, обеспечивающих надежность и эффективность их применения в различных областях науки и техники.

2.1 Принципы работы инерциальных измерительных модулей

Инерциальные измерительные модули (IMU) являются ключевым элементом современных биолокационных систем, позволяя точно измерять параметры движения и ориентации объектов в пространстве. Один из наиболее продвинутых и популярных IMU — это BNO055 от Bosch Sensortec. Этот модуль объединяет в одном компактном корпусе акселерометр, гироскоп и магнитометр.

Датчик BNO055 — это передовое многофункциональное устройство, сочетающее в себе несколько типов датчиков для обеспечения широкого спектра измерений. Включая трехосевой акселерометр с 14-битным разрешением, этот датчик способен точно измерять ускорения от $\pm 2g$ до $\pm 16g$, что позволяет ему адаптироваться к широкому диапазону условий эксплуатации - от мягкого движения до сильной вибрации. Это делает его идеальным для использования в мобильных устройствах, автомобилях, робототехнике и других приложениях, где требуется высокая точность отслеживания движения.

Кроме того, встроенный в BNO055 трехосевой гироскоп с 16-битным разрешением позволяет измерять угловую скорость в широком диапазоне от $\pm 125^\circ/s$ до $\pm 2000^\circ/s$. Эта функция очень важна для приложений, связанных с навигацией и контролем ориентации таких устройств, как беспилотники или системы автономного вождения, где точность угловых измерений напрямую влияет на стабильность и точность управления.

Трехосевой магнитометр, встроенный в модуль BNO055, расширяет его функциональность, измеряя магнитное поле Земли до ± 1300 мкТл по осям X и Y и до ± 2500 мкТл по оси Z. Это обеспечивает дополнительную точность по азимуту, которая необходима для точной геолокации и компаса. Магнитометр особенно важен в условиях, когда сигнал GPS может быть ограниченным или отсутствовать, например, в городских районах или в условиях сильных помех. Этот модуль поддерживает несколько режимов работы, включая нормальный режим, режим низкого энергопотребления и режим ожидания. В

нормальном режиме все датчики постоянно включены и передают данные, в то время как в режиме низкого энергопотребления используется только акселерометр, остальные датчики выключены. В режиме ожидания все датчики и микроконтроллер находятся в режиме сна, данные не обновляются.

Для лучшего понимания структуры и подключения модуля BNO055 можно использовать иллюстрации, такие как схема архитектуры системы и диаграммы подключения (например, рис. 2.1 – диаграмма подключения I²C и рис. 2.2 – диаграмма подключения UART). Эти изображения демонстрируют, как можно интегрировать модуль в различные приложения

BNO055 предоставляет различные типы выходных данных, Датчик обладает уникальной способностью предоставлять множество различных выходных сигналов, что делает его особенно ценным для сложных приложений навигации и позиционирования. Этот датчик может выдавать углы Эйлера, давая четкое представление об угловой ориентации устройства относительно трех осей: тангажа, крена и рысканья. Эти параметры особенно полезны в авиакосмической и морской технике, где точное понимание ориентации имеет решающее значение для управления движением.

Кроме того, BNO055 может выводить кватернионы, которые представляют собой комплексные числа, обеспечивающие более полное и менее подверженное ошибкам описание ориентации в трехмерном пространстве. Использование кватернионов особенно актуально в приложениях виртуальной и дополненной реальности, где требуется непрерывное и точное отслеживание движений пользователя без риска «неправильной кластеризации» - внезапных скачков в данных об ориентации, которые могут возникать при использовании углов Эйлера.

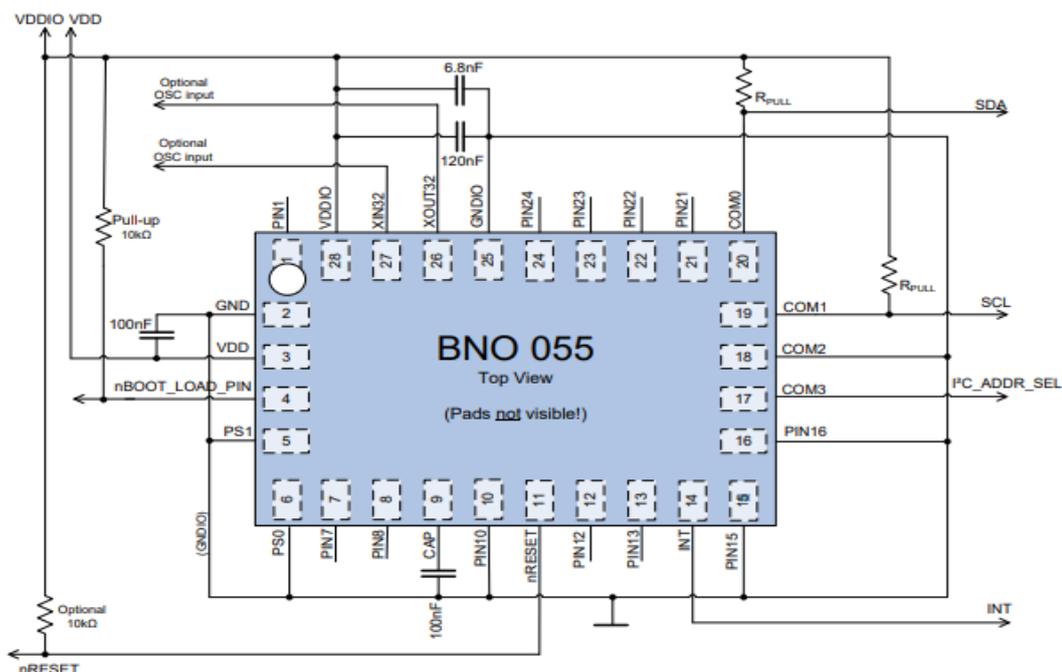


Рисунок 2.1 – Диаграмма подключения I²C

Как и линейное ускорение, этот параметр показывает ускорение объекта, вызванное его движением, без учета влияния силы тяжести. Эта информация незаменима, когда необходимо отличить активность движения объекта от влияния гравитации, например, в устройствах фитнес-трекинга или системах автоматического контроля устойчивости автомобиля.

Кватернионы, используемые в BNO055 — это четырехкомпонентные векторы, которые обеспечивают полное представление ориентации объекта в трехмерном пространстве. Эти компоненты включают одну скалярную часть и три векторные части, что позволяет описывать повороты без использования тригонометрических функций, что часто требуется при работе с углами Эйлера.

Основным преимуществом кватернионов является их способность избегать проблемы, известной как «неправильная кластеризация» или «блокировка кардана» - ситуации, когда потеря одной из степеней свободы в трехмерном пространстве приводит к сбою вычислений. Это делает кватернионы особенно ценными в приложениях, где требуется непрерывное и точное отслеживание ориентации, например, в робототехнике, автомобильной и аэрокосмической промышленности.

Кроме того, кватернионы обладают свойством нормализации, что позволяет сохранять стабильность численных расчетов в течение длительного времени работы устройства. Это предотвращает накопление ошибок, которые могут возникать при использовании других методов описания ориентации, обеспечивая тем самым более надежную работу системы на основе датчика BNO055.

Кватернионы также эффективны с вычислительной точки зрения, поскольку их использование позволяет сократить количество необходимых операций по сравнению с другими методами описания ориентации, такими как матрицы вращения. Это делает их пригодными для реализации в микроконтроллерах и других устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами, как это часто бывает в портативных устройствах и бытовой электронике.

Наконец, данные о векторе гравитации, также предоставляемые BNO055, могут использоваться для определения направления и величины гравитационного ускорения. Эта информация может использоваться для корректировки измерений положения и движения в тех случаях, когда важно отделить гравитацию от других ускорений, например, в геодезическом и сейсмическом оборудовании.

Универсальность и высокая точность выходных данных BNO055 делает его незаменимым инструментом в широком спектре приложений, где требуется всестороннее понимание динамики и ориентации объектов.

Кроме того, BNO055 может выводить кватернионы, которые представляют собой комплексные числа, обеспечивающие более полное и менее подверженное ошибкам описание ориентации в трехмерном

пространстве. Использование кватернионов особенно актуально в приложениях виртуальной и дополненной реальности, где требуется непрерывное и точное отслеживание движений пользователя без риска «неправильной кластеризации» - внезапных скачков в данных об ориентации, которые могут возникать при использовании углов Эйлера.

BNO055 находит широкое применение в таких областях, как навигация, робототехника, дополненная реальность, фитнес и здоровье. В навигации он используется для точного определения положения и ориентации, в робототехнике - для контроля движения и стабилизации роботов, в дополненной реальности - для отслеживания движений для взаимодействия с виртуальными объектами, а в фитнесе и здравоохранении - для мониторинга активности и положения тела.

Таким образом, BNO055 представляет собой мощный и универсальный инструмент для измерения движения и ориентации, который находит применение в самых разных областях благодаря своей точности и надежности.

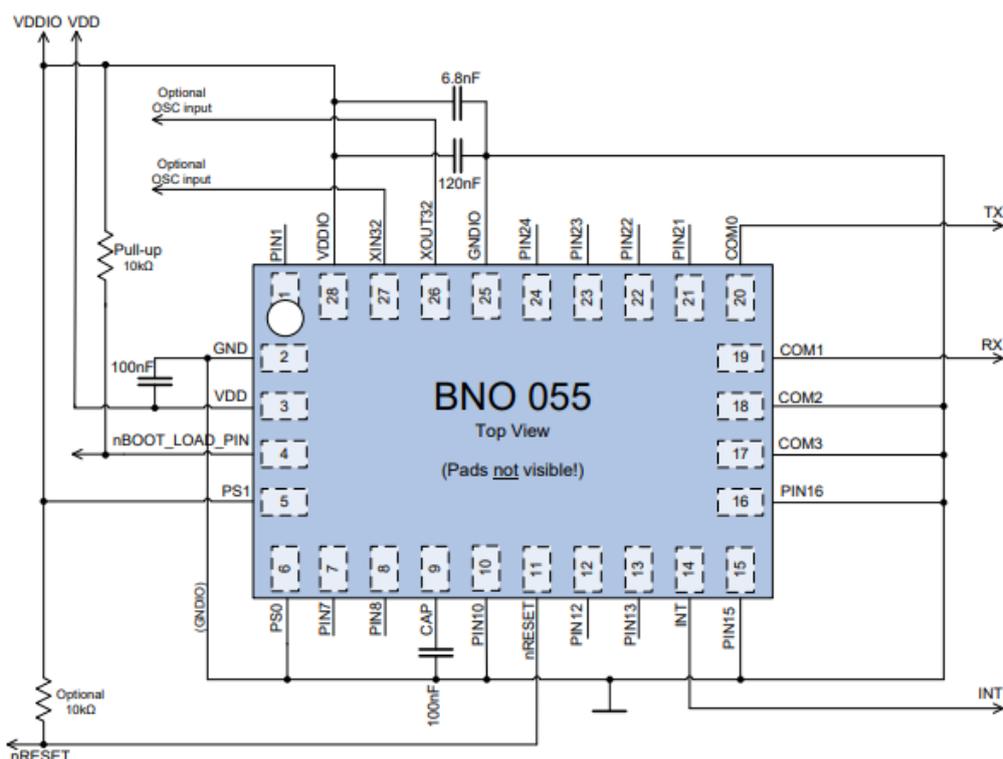


Рисунок 2.2 – Диаграмма подключения UART

2.2 Архитектура и программирование микроконтроллеров MSP430

Микроконтроллер MSP430 используется в вашем проекте для программирования и получения данных, что обеспечивает обработку и точную передачу информации в систему. Благодаря высоким характеристикам

MSP430 обеспечивает точную и стабильную работу при сборе данных, что чрезвычайно важно для исследований точности и эффективности. Таким образом, его выбор делается для использования на сложном уровне, где контроль и обработка требуют больших объемов информации на начальном этапе.

Микроконтроллеры семейства MSP430x2xx от Texas Instruments (рис. 2.3) представляют собой мощные устройства с низким энергопотреблением, предназначенные для широкого спектра приложений, включая биолокационные системы. Эти микроконтроллеры обладают гибкой архитектурой и поддерживают множество периферийных модулей, что делает их идеальными для использования в системах мониторинга и управления.

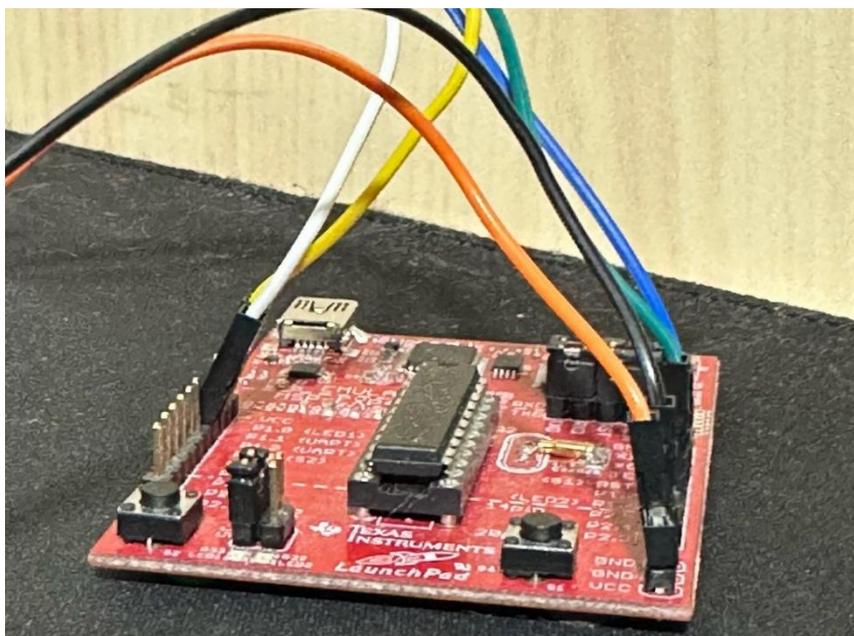


Рисунок 2.3 – Плата микроконтроллера MSP430 с воткнутыми в нее проводами

Микроконтроллеры MSP430x2xx оснащены 16-битным RISC-ядром, которое обеспечивает высокую производительность при минимальном энергопотреблении. Они поддерживают несколько режимов энергосбережения, что позволяет значительно продлить время работы от батареи. Одной из ключевых особенностей этих микроконтроллеров является гибкая система тактирования, которая позволяет точно настраивать частоту работы устройства в зависимости от требований приложения. На Рисунке 2.4 показаны различные режимы работы системы тактирования MSP430x2xx, что позволяет оптимизировать энергопотребление.

Микроконтроллеры MSP430 поддерживают несколько режимов энергосбережения, включая:

- Активный режим: устройство работает на полной частоте, выполняя все задачи.

– Режим ожидания: некоторые периферийные модули отключены, процессор работает на пониженной частоте.

– Режим глубокого сна: большинство модулей отключены, процессор находится в состоянии низкого энергопотребления, но может быстро проснуться при необходимости.

SCG1	SCG0	OSCOFF	CPUOFF	Режим	Состояние ЦПУ и тактовых сигналов
0	0	0	0	Активный	ЦПУ активно, все разрешённые тактовые сигналы активны
0	0	0	1	LPM0	ЦПУ, MCLK выключены SMCLK, ACLK активны
0	1	0	1	LPM1	ЦПУ, MCLK выключены. Генератор постоянного тока выключен, если DCO не используется для формирования SMCLK. ACLK активен
1	0	0	1	LPM2	CPU, MCLK, SMCLK, DCO выключены. Генератор постоянного тока не выключается. ACLK активен
1	1	0	1	LPM3	CPU, MCLK, SMCLK, DCO выключены. Генератор постоянного тока выключен. ACLK активен
1	1	1	1	LPM4	ЦПУ и все тактовые сигналы выключены

Рисунок 2.4 – Режимы работы основной системы тактирования MSP430

Микроконтроллеры семейства MSP430x2xx отличаются не только низким энергопотреблением, но и расширенной функциональностью, что делает их идеальными для сложных приложений, требующих управления несколькими датчиками и исполнительными механизмами. Эти микроконтроллеры могут работать при различных напряжениях, что повышает их применимость в портативных устройствах и системах с ограниченным энергопотреблением.

Благодаря своей архитектуре MSP430x2xx поддерживают динамическое переключение между режимами работы, что позволяет оптимизировать энергопотребление в зависимости от текущих задач и условий эксплуатации. Это делает микроконтроллеры особенно полезными в приложениях, требующих длительной автономной работы, таких как полевые исследования, мониторинг окружающей среды или медицинские устройства.

Возможности периферийных модулей MSP430x2xx позволяют разработчикам создавать многозадачные системы с высокой степенью интеграции. Например, встроенные АЦП могут использоваться для точного считывания аналоговых сигналов с датчиков температуры, давления или влажности. Затем эти данные могут быть обработаны внутренними алгоритмами для выполнения сложных задач управления или мониторинга без необходимости использования внешних устройств обработки.

Кроме того, наличие гибких настроек тактовой частоты позволяет разработчикам точно настраивать параметры работы микроконтроллера для

достижения оптимальной производительности и минимизации энергопотребления. Это особенно важно в приложениях, где микроконтроллер должен работать в режиме реального времени, обеспечивая быстрый отклик на внешние события.

В целом, универсальность и адаптивность микроконтроллеров MSP430x2xx делает их отличным выбором для разработки устройств, где ключевыми являются надежность, точность и энергоэффективность. Это делает их пригодными для широкого спектра приложений, от бытовой электроники до сложных промышленных и научных систем. практики в самых разных областях науки.

Микроконтроллеры MSP430x2xx оснащены различными периферийными модулями, включая таймеры, аналого-цифровые преобразователи (АЦП), цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) и последовательные интерфейсы (USI/USCI). Эти модули обеспечивают возможность создания точных временных интервалов, преобразования аналоговых сигналов в цифровые данные и поддерживают различные протоколы связи, такие как UART, SPI и I2C. Например, на рисунке 2.5 показана блок-схема контроллера DMA,

Серия микроконтроллеров MSP430x2xx от Texas Instruments включает в себя широкий набор периферийных устройств, что делает их идеальными для различных приложений. Они оснащены различными таймерами, аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями, а также последовательными коммуникационными интерфейсами, что обеспечивает универсальность подключения и взаимодействия с другими устройствами.

Последовательные интерфейсы, включая USI и USCI, поддерживают такие привычные протоколы связи, как UART, SPI и I2C, что позволяет легко интегрировать микроконтроллеры в системы, где требуется связь с другими микропроцессорами или внешними устройствами. Это может быть связь с компьютерами через UART, интеграция с дисплеями или памятью через SPI, а также подключение к различным датчикам через I2C.

Особую роль в оптимизации производительности устройства играет контроллер DMA, позволяющий передавать данные между периферийными устройствами и памятью микроконтроллера в обход центрального процессора. Это повышает производительность системы, освобождая центральный процессор для других задач, и снижает энергопотребление, позволяя ему переходить в режим пониженного энергопотребления.

Таймеры в этих микроконтроллерах могут использоваться для обеспечения точной синхронизации и задержки, что очень важно для приложений, требующих строгого соблюдения временных параметров, таких как управление двигателями или выполнение телекоммуникационных протоколов. Аналого-цифровые преобразователи позволяют преобразовывать физические сигналы, такие как температура или давление, в цифровую форму для дальнейшей обработки, а цифро-аналоговые преобразователи

используются для генерации сигналов для аудиосистем или управления другими аналоговыми устройствами.

Программирование микроконтроллеров MSP430x2xx осуществляется с использованием языка программирования C и среды разработки Code Composer Studio (CCS) от Texas Instruments. В этой среде предоставляются все необходимые инструменты для написания, отладки и компиляции кода. В книге "Семейство микроконтроллеров MSP430x2xx. Архитектура, программирование, разработка приложений" (2010) подробно описаны все аспекты программирования этих микроконтроллеров, что делает ее незаменимым пособием для разработчиков.

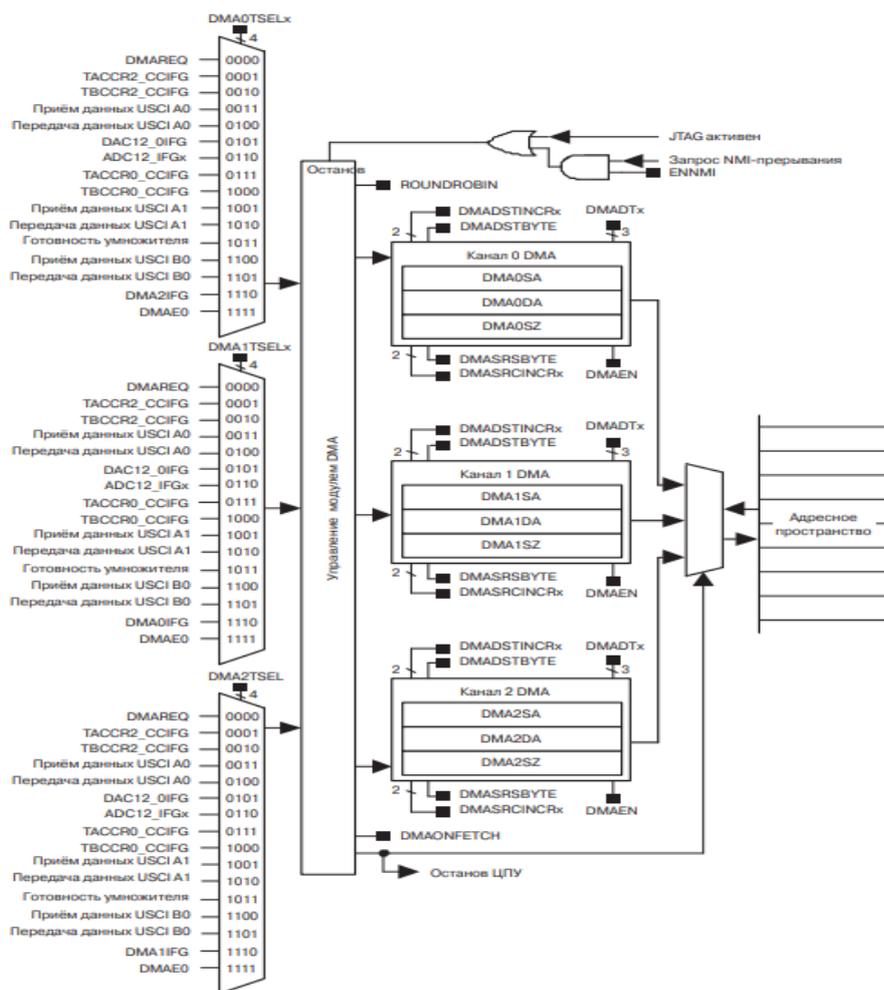


Рисунок 2.5 – Блок-схема контроллера DMA

Микроконтроллеры MSP430x2xx широко применяются в различных устройствах, включая системы мониторинга, медицинские приборы и портативную электронику. Их низкое энергопотребление и высокая производительность делают их идеальными для использования в автономных устройствах с батарейным питанием.

Для понимания архитектуры и возможностей микроконтроллеров MSP430x2xx таким как блок-схемы архитектуры и диаграммы подключений

периферийных модулей. Эти изображения помогают визуализировать внутреннюю структуру и взаимосвязи компонентов микроконтроллера, что упрощает процесс разработки и оптимизации приложений.

Таким образом, микроконтроллеры семейства MSP430x2xx от Texas Instruments являются мощными и универсальными устройствами, которые находят широкое применение в самых различных областях благодаря своей гибкости, низкому энергопотреблению и высокой производительности.

2.3 Теоретические аспекты схемотехники

Схемотехника играет ключевую роль в разработке биолокационных систем, так как включает в себя принципы проектирования и анализа электронных схем, которые обеспечивают правильное функционирование устройства. Понимание основ схемотехники необходимо для создания надежных и эффективных схем, которые будут использоваться в плате для биолокационных рамок.

Одним из важнейших аспектов схемотехники является знание компонентов и их функций. В плате используются такие компоненты, как резисторы, конденсаторы, диоды и транзисторы. Резисторы помогают ограничивать ток и делить напряжение в цепях, конденсаторы используются для хранения и фильтрации энергии, а транзисторы играют роль усилителей и переключателей.

Осцилляторы также играют важную роль в схемотехнике. Они генерируют периодические сигналы, которые могут использоваться для тактирования микроконтроллера и других компонентов платы. В биолокационной системе осциллятор может обеспечивать стабильные частотные сигналы, необходимые для синхронизации работы различных модулей.

Анализ и синтез схем являются неотъемлемыми частями процесса проектирования. Анализ схем позволяет понять, как схема будет вести себя под воздействием различных входных сигналов, и выявить возможные проблемы. Синтез, в свою очередь, включает выбор компонентов и их конфигурации для достижения заданных функциональных характеристик. Важно учитывать такие параметры, как номиналы компонентов, их допуски и температурные зависимости, чтобы обеспечить стабильную работу платы в различных условиях.

В контексте разработки платы для биолокационных рамок особое внимание уделяется правильной интеграции инерциальных измерительных модулей, микроконтроллеров и периферийных устройств. Например, подключение датчиков к микроконтроллеру требует тщательного выбора и настройки интерфейсов, таких как I2C (рис. 2.6) или SPI, для обеспечения надежной передачи данных. Грамотное использование компонентов, правильное проектирование и анализ схем позволяют создавать надежные и

эффективные устройства, которые могут применяться в различных областях науки и техники.

При разработке схем для систем биолокации большое значение имеет выбор и применение электронных компонентов, которые должны отвечать высоким требованиям к точности и стабильности. Такие электронные компоненты, как операционные усилители, фильтры и генераторы, должны быть не только функционально пригодны, но и оптимально адаптированы к условиям работы устройства.

Операционные усилители в биолокационных системах часто используются для обработки слабых сигналов датчиков. Важным аспектом является выбор усилителей с низким уровнем шума и высокой линейностью для минимизации искажений и повышения четкости сигнала. Это повышает точность, что очень важно для идентификации и локализации объектов в биолокации.

Фильтры в электронных схемах используются для удаления нежелательных частот из сигнала. В системах биолокации, где важно как можно четче отличать сигналы от фона, использование комбинированных фильтров помогает улучшить реакцию устройства на изменения в окружающей среде. Возможность тонкой настройки фильтров позволяет адаптировать устройство к конкретным задачам и условиям эксплуатации.

Осцилляторы также играют важную роль в схемотехнике, обеспечивая стабильные и точные частотные сигналы для системы. В биолокационных платах осцилляторы могут использоваться для установки рабочих частот процессора или для синхронизации времени сбора данных с датчиков. Стабильность и точность осцилляторов напрямую влияет на общую производительность системы, включая скорость обработки и точность синхронизации.

Кроме того, при разработке электронных схем для систем биолокации необходимо учитывать электромагнитную совместимость (ЭМС) компонентов, чтобы минимизировать влияние внешних помех и излучения на работу устройства. Это включает в себя выбор компонентов с хорошим экранированием и использование фильтров для подавления помех.

Также важно обеспечить надлежащую термостойкость компонентов, поскольку изменения температуры могут повлиять на параметры элементов схемы и исказить результаты измерений. Использование компонентов, способных работать в широком диапазоне температур, гарантирует стабильную работу устройства в различных климатических условиях.

Эти аспекты схемотехники подчеркивают сложность и важность правильного проектирования и реализации электронных схем в биолокационных системах, где каждый элемент играет ключевую роль в обеспечении точности и надежности устройства.

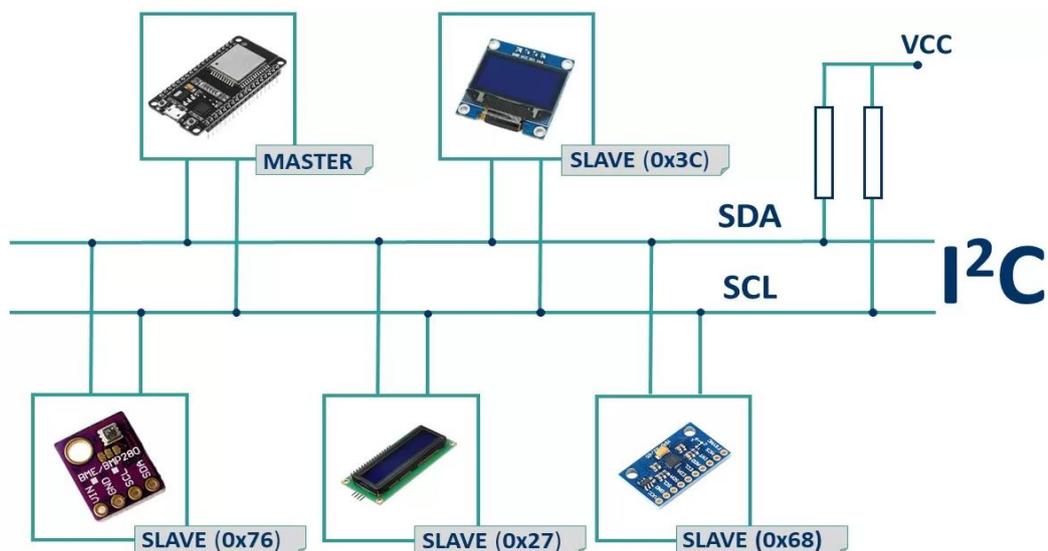


Рисунок 2.6 – Интерфейс I2C

2.4 Использование углов Эйлера в измерениях ориентации

Углы Эйлера (рис. 2.7) являются одним из способов описания местоположения объекта в трехмерном пространстве. Они представляют собой три угла, которые постоянно определяют вращение объекта вокруг его оси. Эти выводы означают тангаж, крен и поиск (или выводы вокруг осей X, Y и Z соответственно). В биолокационных целях использование углового Эйлера позволяет точно измерять и фиксировать ориентацию рамок или других объектов, что имеет решающее значение для корректного сбора и сбора данных.

Углы Эйлера оперативная ориентация объекта через три последовательных телефона вокруг выбранных координат оси. Например, в одном из возможных способов определения угла Эйлера включает следующие шаги:

- Вращение вокруг оси Z на угол ψ (рыскание).
- Вращение вокруг новой оси Y' на угол θ (танж).
- Вращение вокруг новой оси X'' на угол ϕ (крен).

Эти три угла полностью точны для ориентации объекта в пространстве. Биолокационные устройства могут использоваться для преобразования данных, полученных от инерциальных измерительных модулей (IMU), в удобном для соответствующего положения положения.

В биолокационных методах, таких как плата за биолокационные рамки, углы Эйлера используются для определения ориентации рамок относительно земли. Инерциальные измерительные приборы, такие как BNO055, выдают данные об угловых скоростях и линейных ускорениях, которые затем преобразуются в углы Эйлера для определения направления ориентации.

Использование углового Эйлера в биолокационных компонентах позволяет:

- Точное определение направления рамок.
- Обеспечить правильное позиционирование и перемещение рамок в пространстве.
- Улучшить точность и надежность измерений при учете трехмерной ориентации.

Данные с инерциального измерительного модуля преобразуются в углы Эйлера, что позволяет определить текущую ориентацию рамок. Использование углового Эйлера в биолокационных приборах позволяет точно отслеживать ориентацию объектов в трехмерном пространстве, обеспечивая высокую точность и надежность измерений.

Углы Эйлера являются фундаментальным инструментом в динамике и навигации, особенно в задачах, связанных с анализом и визуализацией ориентации объектов в пространстве. Эти углы представляют собой последовательные вращения объекта вокруг трех координатных осей, обеспечивая полное описание его ориентации относительно исходного положения.

В контексте биолокации точное отслеживание углов Эйлера имеет решающее значение для интерпретации движений и ориентации рамок или любых других инструментов, используемых в целях поиска. Вращение вокруг оси Z , известное как рысканье, определяет поворот на восток или запад; вращение вокруг оси Y' , тангаж, указывает на подъем или падение передней части объекта; крен, вращение вокруг оси X' , указывает на наклон влево или вправо.

Эти углы не только фиксируют текущее положение кадра в пространстве, но и предоставляют данные для анализа динамики движения. Понимание того, как именно перемещается и вращается рамка в пространстве, помогает исследователям биолокации определить, насколько хорошо рамка реагирует на аномалии.

С помощью современных инерциальных измерительных блоков (IMU), таких как BNO055, можно с высокой точностью измерять угловые скорости и линейные ускорения, что очень важно для точной биолокации.

Эти устройства фиксируют мельчайшие изменения в ориентации рамы и преобразуют эти данные в углы Эйлера, позволяя непрерывно отслеживать и анализировать ее положение в режиме реального времени.

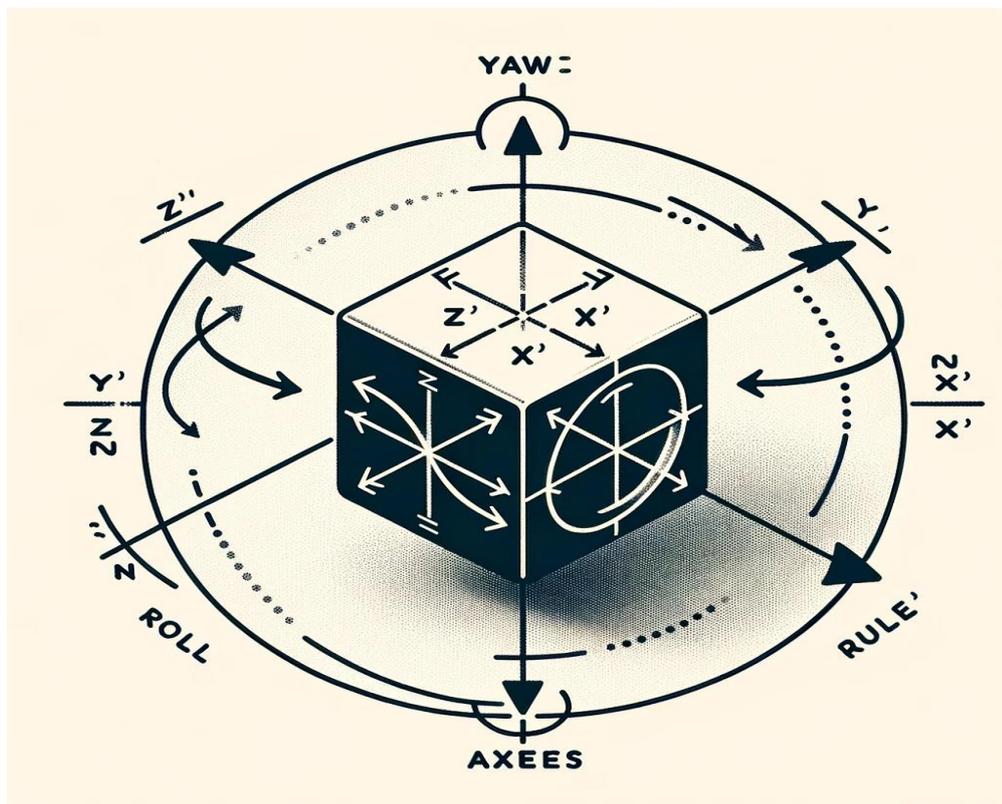


Рисунок 2.7 – Определение угла Эйлера: изображение, показывающее три последовательных объекта объекта вокруг осей Z, Y' и X''.

Современные инерциальные измерительные приборы, такие как BNO055, объединяют в себе несколько датчиков - акселерометры, гироскопы и магнитометры. Такая интеграция позволяет устройству компенсировать взаимные ошибки датчиков, повышая точность измерений. Например, акселерометры чувствительны к вибрациям и ускорениям, не связанным с гравитацией, а гироскопы помогают уточнить и стабилизировать измерения угловой скорости, несмотря на эти помехи.

Сочетание этих данных позволяет не только определить текущую ориентацию рамки, но и отследить ее движение во времени, что особенно важно для биолокационных исследований, где необходимо определить, меняется ли положение рамки в ответ на возможное присутствие скрытых под землей объектов. Преобразование данных о положении кадра в углы Эйлера может быть использовано для визуализации движения в трехмерном пространстве, что улучшает понимание динамики объекта.

Применение углов Эйлера в биолокационных устройствах также способствует разработке алгоритмов, которые могут предсказывать будущие положения кадра на основе данных о движении текущего кадра. Это может включать предсказание траектории движения кадра путем анализа последовательных изменений его ориентации, что может помочь выявить аномалии в геологической структуре.

3 Моделирование и тестирование макета

3.1 Программирование микроконтроллера для сбора и передачи данных

Выбор пал на среду разработки Code Composer Studio (CCS), предоставляемую компанией Texas Instruments. Этот выбор обусловлен несколькими ключевыми факторами, которые делают CCS идеальным инструментом для работы с микроконтроллерами, особенно серии MSP430.

Code Composer Studio предлагает широкую поддержку всех микроконтроллеров Texas Instruments, включая широкий спектр инструментов для программирования, отладки и анализа производительности устройств. CCS обладает удобным интерфейсом, который значительно упрощает процесс разработки и тестирования программного обеспечения. Встроенные функции, такие как визуализатор памяти, инструменты для работы с таймерами и периферией, поддержка различных коммуникационных протоколов, позволяют разработчикам эффективно конфигурировать и оптимизировать системы.

Кроме того, CCS интегрируется с другими инструментами Texas Instruments, такими как EnergyTrace для мониторинга энергопотребления или Compiler для оптимизации кода, что еще больше расширяет возможности разработчиков по созданию энергоэффективных и высокопроизводительных микроконтроллерных приложений.

На рисунке 3.1 представлен фрагмент программного кода на языке C для программирования микроконтроллера в среде разработки Code Composer Studio, которая специализируется на работе с микроконтроллерами Texas Instruments, включая серию MSP430. Этот код отвечает за сбор и передачу данных с датчика BNO055, многофункционального датчика движения.

В начале кода находится обработчик прерываний для таймера, функция timer_A0. Внутри этого обработчика вызывается функция IncrementTimeBase(), используемая для отслеживания временных интервалов или создания задержек, что критично для точности сбора данных.

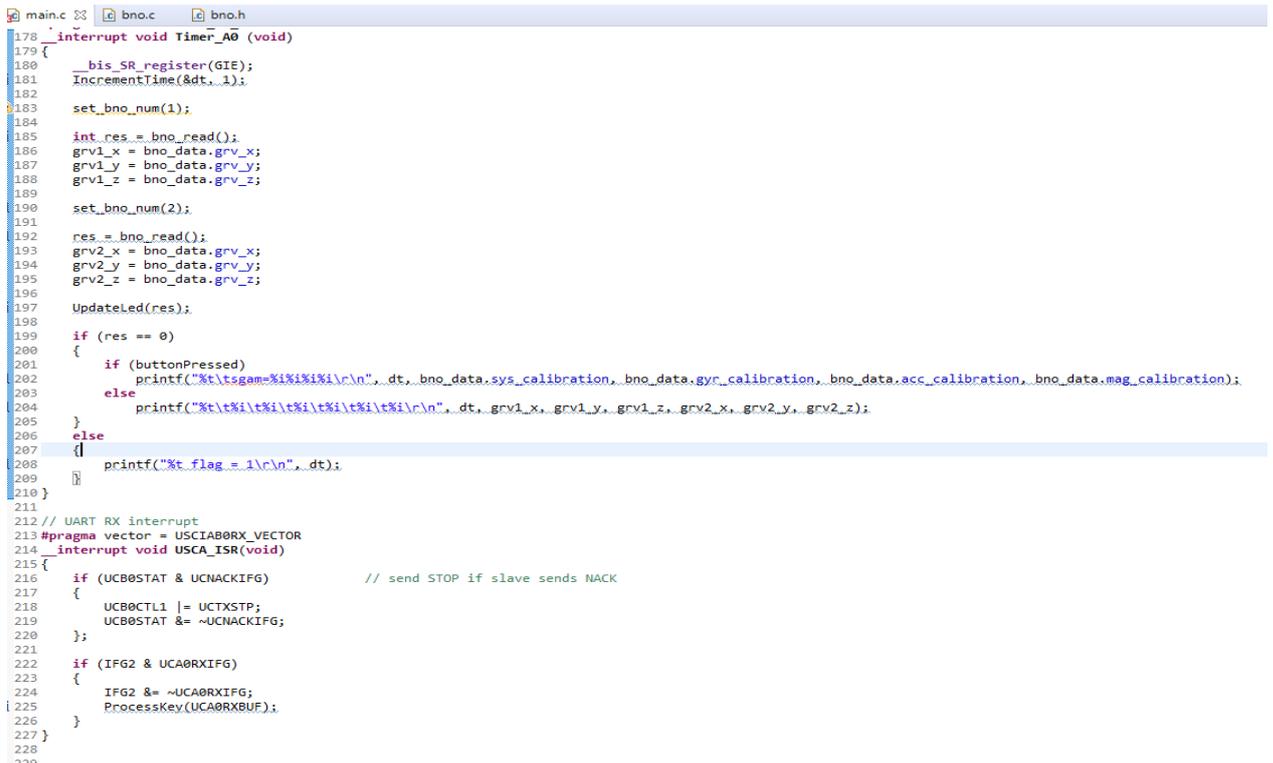
Далее в коде происходит чтение данных с BNO055 через функцию bno_read(). Данные читаются для двух различных конфигураций или режимов датчика, позволяя получать разные наборы данных, включая ускорение, угловую скорость и калибровочные данные. Эти данные обновляются и обрабатываются в функции UpdateLed(cres).

В зависимости от состояния нажатия кнопки, что проверяется с помощью условного оператора, программа выводит через printf различные наборы данных, включая калибровочные данные и текущие измерения датчика, что позволяет легко отслеживать и анализировать функционирование датчика в реальном времени.

Кроме того, в коде реализована обработка прерываний для USART, что используется для управления последовательной передачей данных. Здесь

реализованы механизмы для остановки передачи данных в случае ошибок и обработки принятых данных. Это обеспечивает надёжную и эффективную передачу данных между микроконтроллером и другими устройствами или компьютером.

Таким образом, данный код является частью проекта, где микроконтроллер с помощью датчика BNO055 собирает разнообразные данные о движении, которые затем могут быть использованы для анализа или управления в различных приложениях.



```
main.c  bno.c  bno.h
178 _interrupt void Timer_A0 (void)
179 {
180     __bis_SR_register(GIE);
181     IncrementTime(&dt, 1);
182
183     set_bno_num(1);
184
185     int res = _bno_read();
186     grv1_x = bno_data.grv_x;
187     grv1_y = bno_data.grv_y;
188     grv1_z = bno_data.grv_z;
189
190     set_bno_num(2);
191
192     res = _bno_read();
193     grv2_x = bno_data.grv_x;
194     grv2_y = bno_data.grv_y;
195     grv2_z = bno_data.grv_z;
196
197     UpdateLed(res);
198
199     if (res == 0)
200     {
201         if (buttonPressed)
202             printf("%s\tsgame%i%i%i%i\n", dt, bno_data.sys_calibration, bno_data.gyr_calibration, bno_data.acc_calibration, bno_data.mag_calibration);
203         else
204             printf("%s\t%i\t%i\t%i\t%i\t%i\t%i\t%i\n", dt, grv1_x, grv1_y, grv1_z, grv2_x, grv2_y, grv2_z);
205     }
206     else
207     {
208         printf("%s\tflag = 1\n", dt);
209     }
210 }
211
212 // UART RX interrupt
213 #pragma vector = USCIAB0RX_VECTOR
214 _interrupt void USCA_ISR(void)
215 {
216     if (UCB0STAT & UCNACKIFG) // send STOP if slave sends NACK
217     {
218         UCB0CTL1 |= UCTXSTP;
219         UCB0STAT &= ~UCNACKIFG;
220     };
221
222     if (IFG2 & UCA0RXIFG)
223     {
224         IFG2 &= ~UCA0RXIFG;
225         ProcessKey(UCA0RXBUF);
226     }
227 }
228
229
```

Рисунок 3.1 – Программный код обработки данных с датчика BNO055

На рисунке 3.2 ниже показан фрагмент программного кода для микроконтроллера, управляющего взаимодействием по интерфейсу I2C. Код включает в себя определения адресов I2C для связи с различными устройствами или режимами работы, а также различные регистры, которые, вероятно, используются для конфигурирования или чтения данных с подключенных устройств. Функции `i2c_write` и `i2c_read` в коде позволяют записывать и считывать данные из указанных регистров, обеспечивая отправку адреса устройства и соответствующих команд для записи или чтения. Эти операции критически важны для правильной работы встраиваемых систем, где требуется точная и надежная связь между микроконтроллером и различными периферийными устройствами. Кроме того, код предоставляет функции для обработки прерываний I2C, позволяя эффективно управлять ошибками и статусом передачи данных, повышая общую производительность системы и ее способность адаптироваться к возможным исключениям во время работы.

Также в этом коде заметно внимание к деталям в обработке прерываний и управлении потоком данных, что особенно важно для приложений, требующих высокой надежности. Методы `i2c_transmitInit()` и другие вспомогательные функции, включенные в код, облегчают инициализацию и управление операциями I2C, позволяя разработчикам сосредоточиться на высокоуровневой логике приложения, а не на деталях низкоуровневого управления оборудованием. Это снижает вероятность ошибок и упрощает процесс разработки.

```

1 #include <msp430.h>
2 #include "bno.h"
3
4 #define I2C_ADDR1      40
5 #define I2C_ADDR2      41
6 #define REG_SYS_TRIGGER  0x3F
7 #define REG_OPR_MODE     0x3d
8 #define REG_EULER_H_LSB  0x1a
9 #define REG_LTA_DATA_X_LSB 0x28
10 #define REG_GRV_DATA_X_LSB 0x2E
11 #define REG_CALIBRATION_STATUS 0x35
12 #define NDOF_FUSION_MODE 0x0c
13
14 unsigned char i2c_cmd[3] = {0x0, 0x0, 0x0}; // Буфер для передачи в I2C
15 unsigned char i2c_res[6] = {0x0, 0x0, 0x0, 0x0, 0x0, 0x0}; // Буфер для чтения результата из I2C
16
17 unsigned char flag = 0;
18
19 unsigned char i2c_addr = I2C_ADDR2;
20
21 // 1 - плата с адресом 40, 2 - плата с адресом 41
22 void set_bno_num(unsigned char num)
23 {
24     if (num == 1)
25         i2c_addr = I2C_ADDR1;
26     else if (num == 2)
27         i2c_addr = I2C_ADDR2;
28 }
29
30 // Write 1 byte in register
31 int i2c_write(unsigned char reg, unsigned char value)
32 {
33     __enable_interrupt();
34     TI_USCI_I2C_transmitinit(i2c_addr);
35     while (TI_USCI_I2C_notready());
36
37     i2c_cmd[0] = reg;
38     i2c_cmd[1] = value;
39
40     TI_USCI_I2C_transmit(2, i2c_cmd);
41     while (TI_USCI_I2C_notready());
42
43     return 0;
44 }
45
46
47 // Read 1 byte from register
48 unsigned char i2c_read(unsigned char reg)
49 {
50     __enable_interrupt();
51     TI_USCI_I2C_transmitinit(i2c_addr);

```

Рисунок 3.2 – Программирование I2C коммуникации для микроконтроллера

Использование нескольких адресов I2C и конфигурационных регистров позволяет системе взаимодействовать с широким спектром устройств. Например, можно подключить различные датчики или модули памяти, для каждого из которых требуются свои настройки и способы связи. Это открывает возможности для создания многофункциональных устройств, которые могут собирать данные из разных источников, обрабатывать их и предоставлять пользователю или другим системам в удобной форме.

Кроме того, в коде показано использование условных конструкций для обработки различных сценариев взаимодействия, что повышает гибкость программы и позволяет адаптировать ее к различным операционным средам без необходимости переписывать код. Это делает код более модульным и легко масштабируемым, что является важным аспектом при разработке встраиваемых систем.

Общая структура программы, включающая функции записи, чтения и обработки прерываний, иллюстрирует сложную взаимосвязь между аппаратным и программным обеспечением в современных микроконтроллерных системах. Эта взаимосвязь требует от разработчиков

глубоких знаний и понимания как аппаратной, так и программной архитектуры, что обеспечивает успешное выполнение проекта и его долгосрочную устойчивость на рынке.

На изображении (рис. 3.3) показан код, включающий в себя несколько функций для работы с датчиком BNO055 через интерфейс I2C.

```
102 void bno_get_calibration()
103 {
104     unsigned char res = i2c_read(REG_CALIBRATION_STATUS);
105     bno_data.sys_calibration = (res & 0b11000000) >> 6;
106     bno_data.gyr_calibration = (res & 0b00110000) >> 4;
107     bno_data.acc_calibration = (res & 0b00011000) >> 2;
108     bno_data.mag_calibration = res & 0b00000011;
109 }
110
111 void bno_get_euler()
112 {
113     i2c_readvector(REG_EULER_H_LSB);
114     bno_data.euler_x = i2c_res[1] << 8 | i2c_res[0];
115     bno_data.euler_y = i2c_res[3] << 8 | i2c_res[2];
116     bno_data.euler_z = i2c_res[5] << 8 | i2c_res[4];
117 }
118
119 void bno_get_grv()
120 {
121     i2c_readvector(REG_GRV_DATA_X_LSB);
122     bno_data.grv_x = i2c_res[1] << 8 | i2c_res[0];
123     bno_data.grv_y = i2c_res[3] << 8 | i2c_res[2];
124     bno_data.grv_z = i2c_res[5] << 8 | i2c_res[4];
125 }
126
127 void bno_get_lia()
128 {
129     i2c_readvector(REG_LIA_DATA_X_LSB);
130     bno_data.lia_x = i2c_res[1] << 8 | i2c_res[0];
131     bno_data.lia_y = i2c_res[3] << 8 | i2c_res[2];
132     bno_data.lia_z = i2c_res[5] << 8 | i2c_res[4];
133 }
134
135 int bno_read()
136 {
137     if (flag)
138         return -1;
139
140     flag = 1;
```

Рисунок 3.3 – Извлечение и обработка данных с BNO055

Функция `bno_get_calibration()` считывает статус калибровки датчика из определенного регистра с помощью функции `i2c_read()`. Затем эта функция интерпретирует полученные данные и сохраняет результаты калибровки системы, акселерометра и магнитометра в структуре данных.

Функция `bno_get_euler()` используется для извлечения углов Эйлера, которые представляют собой угловую ориентацию по трем осям (тангаж, крен и рысканье).

Функция `bno_get_grv()` считывает данные вектора угловой скорости с датчика. Эти данные представляют собой вектор силы тяжести в трех измерениях, что важно для задач, требующих точной ориентации в пространстве.

Функция `bno_get_lia()` получает от датчика данные о линейном ускорении, исключая влияние гравитации. Это ускорение используется для расчета движения устройства в пространстве без учета гравитационного притяжения Земли.

На изображении представлен программный код (рис. 3.4), написанный для микроконтроллера MSP430, используемый для инициализации и настройки различных системных компонентов, включая управление

временем, портами, UART и датчиком BNO055. Основная структура кода включает функции для настройки оборудования и основной цикл программы, который управляет операциями устройства.

```
9
10 int buttonPressed = 0;
11
12 struct datetime dt;           // Время
13
14 unsigned int valueT;         // Temperature
15
16 int grv1_x, grv1_y, grv1_z, grv2_x, grv2_y, grv2_z
17
18 void PortsSetup(void);
19 void Timer0Setup(void);
20 void Timer1Setup(void);
21 void ClockSetup(void);
22 void UARTSetup(void);
23
24 int main(void)
25 {
26     WDTCTL = WDTPW | WDTHOLD; // stop watchdog timer
27
28     ClockSetup();
29     PortsSetup();
30     UARTSetup();
31
32     printf("Hello!\r\n");
33
34     printf("BNO_init...");
35     _delay_cycles(500000);
36     bno_init();
37     _delay_cycles(200000);
38     printf("...done\r\n");
39
40     Timer0Setup();
41     Timer1Setup();
42
43     while(1)
44     {
45         _bis_SR_register(LPM3_bits + GIE);
46     }
47 }
48
49 void ClockSetup(void)
50 {
51     BCSCCTL1 = CALBC1_1MHZ; // Устанавливаем тактовую частоту Basic Clock System.
52     DCOCTL = CALDCO_1MHZ; // Устанавливаем тактовую
```

Рисунок 3.4 – Инициализация системных компонентов на MSP430

Код начинается с подключения необходимых библиотек и заголовочных файлов, которые обеспечивают функциональность, связанную с аппаратными возможностями MSP430 и внешними устройствами. Затем следует объявление глобальных переменных и структур для управления временем и считывания данных с датчиков.

В функции `main()` производится первоначальная настройка микроконтроллера, отключение сторожевого таймера и инициализация различных подсистем: часов, портов, UART и таймеров. Также здесь происходит инициализация датчика BNO055 с помощью функции `bno_init()`, после чего система переходит в основной бесконечный цикл, где устройство может переходить в режим низкого энергопотребления до возникновения следующего прерывания.

3.2 Разработка печатной платы в среде EASYEDA

EasyEDA — это онлайн-платформа для проектирования электронных схем и печатных плат (ПП). Она предоставляет удобные инструменты для создания и редактирования схем, автоматического размещения и трассировки компонентов, а также позволяет пользователям сотрудничать и обмениваться

проектами. EasyEDA используется как профессиональными инженерами, так и энтузиастами для создания прототипов и коммерческих устройств.

На рис 3.5 показана принципиальная схема, разработанная в EasyEDA, включающая микроконтроллер MSP430 и модули инерциальных измерений BNO055. Микроконтроллер MSP430, обозначенный как U2, является центральным компонентом системы, отвечающим за управление операциями и обработку данных. Он подключен к различным выводам и интерфейсам, включая выходы для программирования, ввода/вывода и связи с другими устройствами.

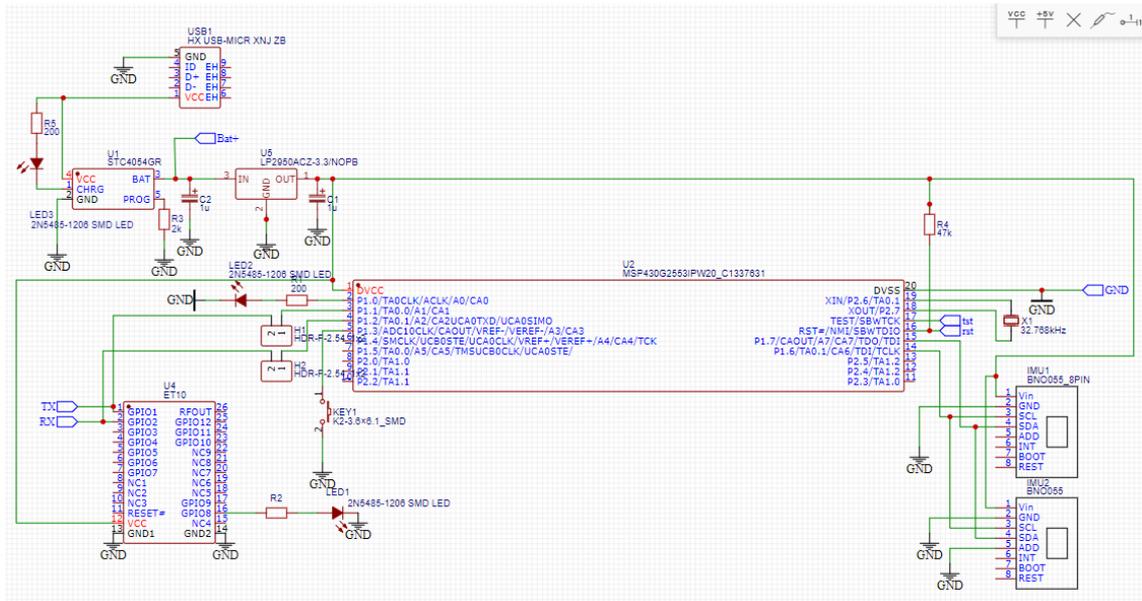


Рисунок 3.5 – Принципиальная схема печатной платы

Также на схеме присутствует модуль BNO055, обозначенный как IMU1. Этот модуль инерциальных измерений предоставляет данные о положении, ориентации и движении, что особенно важно для задач, связанных с навигацией и управлением движением. Он подключен к микроконтроллеру через интерфейс I2C, что обеспечивает эффективную передачу данных.

Кроме того, на схеме можно увидеть другие важные компоненты, такие как USB-интерфейс для программирования и питания, модуль аккумулятора с зарядным устройством, светодиоды для индикации состояния системы, а также различные резисторы и конденсаторы, обеспечивающие стабильную работу схемы. Эти элементы соединены проводниками, которые обеспечивают электрические связи между компонентами, позволяя системе функционировать как единое целое.

Результат преобразования схемы в печатную плату, выполненную в EasyEDA, показан на рисунке 3.6. Проектирование печатной платы включает в себя размещение всех компонентов и трассировку, то есть прокладку проводников, соединяющих эти компоненты.

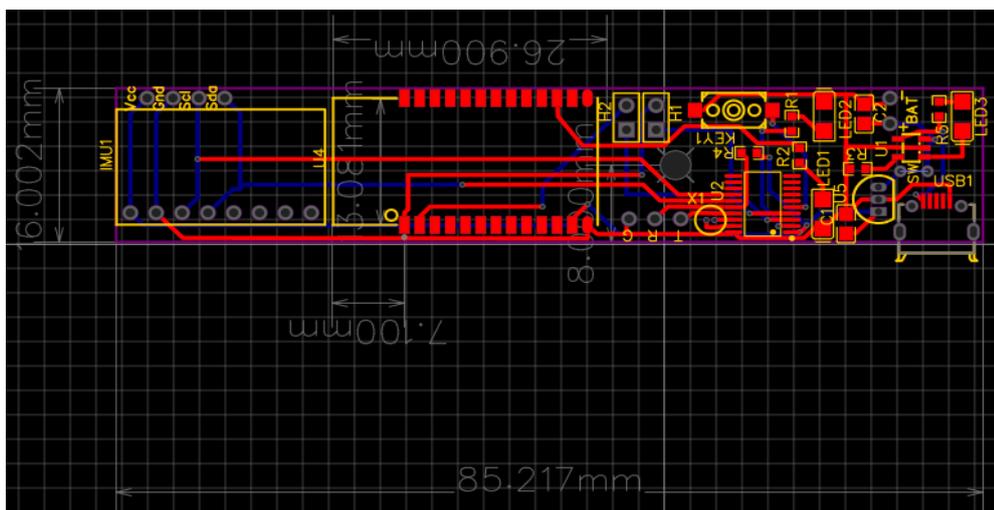


Рисунок 3.6 – Преобразованная схема в печатную плату

На печатной плате видны микроконтроллер MSP430 и модуль инерциальных измерений BNO055 (обозначенный как IMU1). Все элементы были размещены таким образом, чтобы минимизировать длину соединений и обеспечить оптимальные электрические характеристики. Трассировка была выполнена в соответствии с рекомендациями по проектированию печатных плат, которые включают в себя обеспечение минимального перекрестного влияния сигналов, правильное заземление и питание компонентов.

Проводники, обозначенные красными линиями, представляют собой дорожки на верхнем слое платы, а синие линии - дорожки на нижнем слое. Эти дорожки обеспечивают электрические соединения между различными компонентами схемы, такими как микроконтроллер, датчики, USB-порт для питания и программирования, модуль батареи и светодиоды для индикации.

После завершения разработки дизайна этой печатной платы (рис. 3.7) можно приступать к заказу ее производства в Китае. Компактный и узкий дизайн платы был выбран специально для того, чтобы она могла поместиться в держателе на биорамках. Такой подход обеспечивает удобное и надежное размещение всех необходимых компонентов, гарантируя их правильную работу в условиях ограниченного пространства.

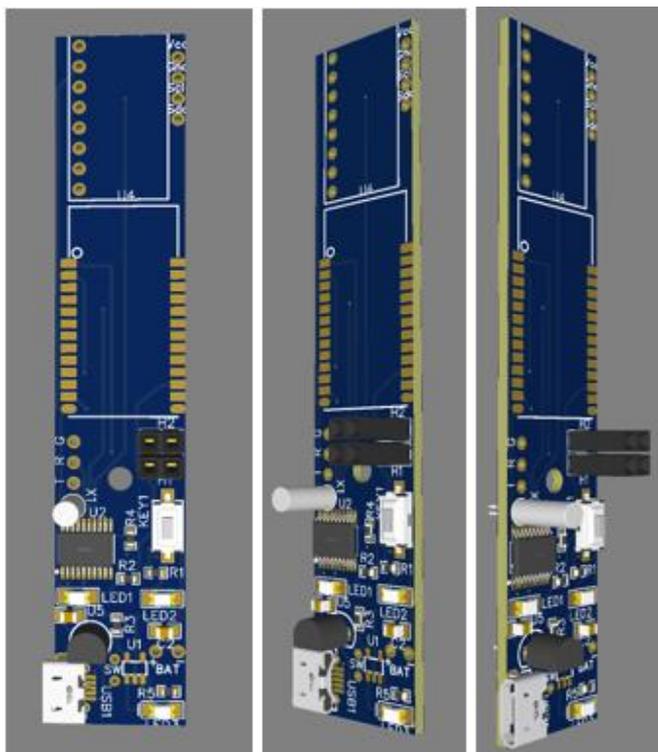


Рисунок 3.7 – 3D модель печатной платы

3.3 Тестирование, анализ результатов и сравнение с теоретическими предсказаниями

Микроконтроллер и инерционный измерительный модуль BNO055 соединены на макетной плате, а данные передаются по Bluetooth на мобильное устройство (рис. 3.8).

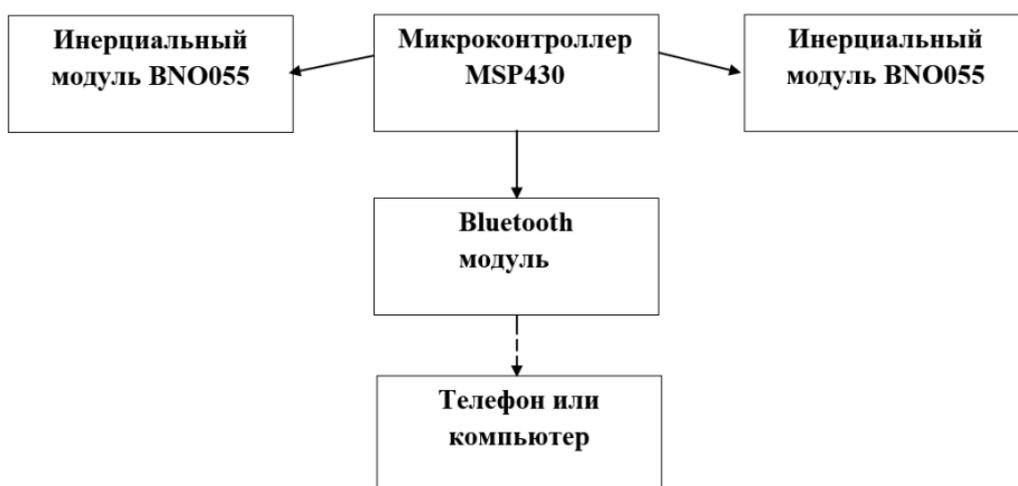


Рисунок 3.8 – Блок схема

Телефон получает данные 20 раз в секунду, что позволяет нам отслеживать изменения в реальном времени. На экране смартфона отображаются строки данных, каждая из которых включает временную метку и значения различных параметров. В частности, отображаются значения вектора гравитации, которые показывают компоненты ускорения по осям X, Y и Z.

Пример строки данных: '11:46:42.870 00:09:00 980 0 -75 977' (рис. 3.9) может быть разобран следующим образом:

11:46:42.870 - временная метка, указывающая на точное время получения данных. 980, 0, -75, 977 - значения компонент вектора гравитации, где 980 и 0 - ускорения по осям X и Y, а -75 и 977 - ускорения по оси Z.

Эти данные позволяют анализировать положение и движение устройства в пространстве, что крайне важно для задач, связанных с ориентацией и контролем устойчивости. Постоянный поток данных с высокой частотой обновления обеспечивает точное и своевременное отслеживание изменений, что подтверждает успешное функционирование разработанной системы.

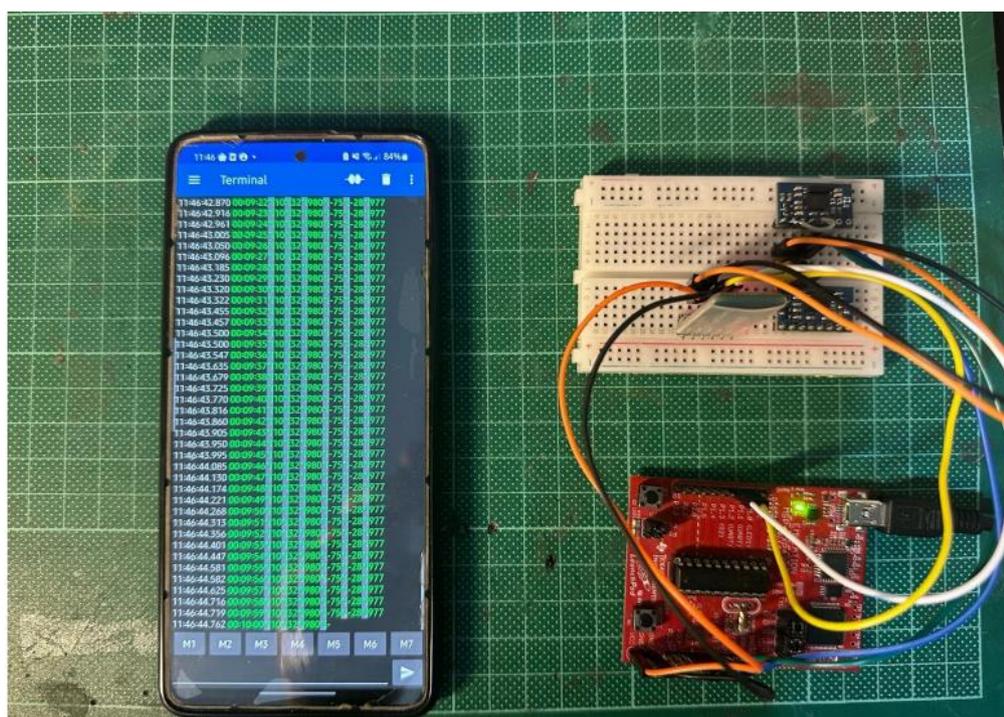


Рисунок 3.9 – Первый макет устройства

Так выглядит печатная плата после того, как мы получили ее из Китая (рис 3.10).



Рисунок 3.10 – Печатная плата без компонентов

Плата была изготовлена в соответствии с нашими техническими требованиями и включает в себя все необходимые площадки и дорожки для пайки компонентов, таких как резисторы, конденсаторы, микроконтроллер и другие важные элементы. Мы сделали вторую печатную плату, на которую припаяли резисторы и все необходимые компоненты (рис 3.11). Собрав плату, мы запрограммировали ее на необходимые функции. Она включает в себя все необходимые компоненты, такие как микроконтроллер, инерциальный измерительный блок BNO055, модуль Bluetooth для беспроводной связи и аккумулятор для питания.

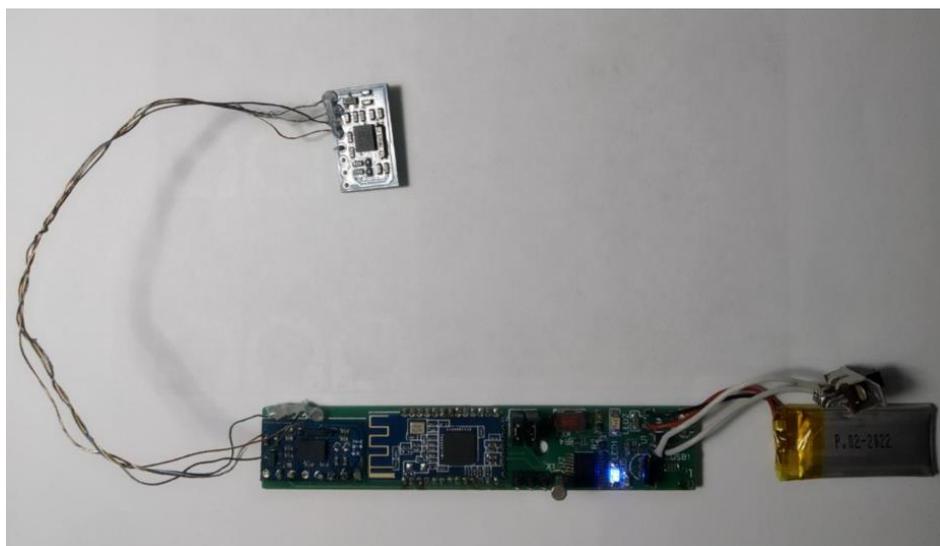


Рисунок 3.11 – Второй готовый макет устройства

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном проекте мы занялись проектированием и разработкой биолокационного устройства, предназначенного для точного отслеживания движений руки в трехмерном пространстве. Начали с создания первоначального макета устройства, интегрировав в него микроконтроллер MSP430 и инерциальный измерительный блок BNO055. Убедившись в работоспособности устройства, мы перешли к программированию микроконтроллера и реализации необходимых алгоритмов для сбора и обработки данных.

Мы разработали вторую, более сложную печатную плату (ПП). Заказали в Китае изготовленную печатную плату, которая соответствовала нашим техническим требованиям.

Когда мы получили вторую печатную плату, припаяли к ней необходимые элементы. Затем второй макет был запрограммирован и протестирован, чтобы убедиться, что он соответствует всем требуемым спецификациям.

Этот процесс разработки, тестирования и доработки привел к созданию надежного и функционального устройства. Второй макет представляет собой значительный шаг вперед по сравнению с первоначальным прототипом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Григорьев В.В., Быстров С.В., Бойков В.И., Болтунов Г.И., Мансурова О.К. Цифровые системы управления: Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. - 133 с. (<https://books.ifmo.ru/book/2306/>, PDF файл)
- 2 Семейство микроконтроллеров MSP430x2xx. Архитектура. Программирование. Разработка приложений. – М.: ДМК-Пресс, 2015 г. - 544 с. (<https://www.elec.ru/library/info/mikrokontrollery-msp430x2xx/>, PDF скан книги)
- 3 Хоровиц, Хилл: Искусство схемотехники. Бином. 2022 г. 704 с. (<https://habr.com/ru/articles/806537/>)
- 4 BNO055. Smart sensor combining accelerometer, gyroscope, magnetometer and orientation software. (<https://www.bosch-sensortec.com/products/smart-sensor-systems/bno055/>)
- 5 Каталог ГПНТБ СО РАН «Отечественная библиография по биолокации». (<http://www.prometeus.nsc.ru/partner/zarubin/bioloc.ssi>)
- 6 Журавлёв В. Ф. Основы теоретической механики — 2-е изд. — М.: 2001.С.23. (<https://mechmath.ipmnet.ru/lib/?s=theoretical&book=88>, PDF файл)
- 7 Прямая регистрация субъективного состояния человека Е.А.Юматов (<https://cyberleninka.ru/article/n/pryamaya-registratsiya-subektivnogo-sostoyaniya-cheloveka>, PDF файл)
- 8 Biological effects of magnetic fields, 279-286, (1964), in Barnothy M.F. (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4684-8352-9>)
- 9 Dowsing: A Technique by Dudley H. Wheeler M.A. (https://geomancy.org/index.php?option=com_content&view=article&id=201:dowsing-a-technique&catid=67:no-10-summer-solstice&Itemid=664)
- 10 Архангельский Г.Г. Биолокационный метод контактного и дистанционного контроля работоспособности систем и органов человека // Биоинформационные и энергоинформационные технологии в производственной, в социальной и в духовной сферах (БЭИТ-2005): докл. VIII междунар. науч. конгр. Т.5. - Барнаул: АлтГТУ, 2005. (<http://sfr.folium.ru/> PDF файл)

РЕЦЕНЗИЯ

На дипломную работу

Бахретдин Алан Серикұлы

Специальность: 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

На тему: «Разработка системы беспроводного мониторинга тонкой моторики рук оператора»

ЗАМЕЧАНИЕ К РАБОТЕ

В работе студента Бахретдина Алана Серикұлы, описывается процесс программирования микроконтроллера, разработки схемы и печатной платы системы для беспроводного мониторинга моторики рук оператора.

В первой главе рассматриваются современные актуальные вопросы биолокации. В этой части подробно анализируются ключевые технологии и подходы, применяемые в современных биолокационных системах.

Во второй главе излагаются теоретические основы современных методов получения информации о движении. Освещены принципы работы инерциальных измерительных модулей, архитектура и программирование микроконтроллеров.

В третьей главе посвящена практической реализации проекта, включая программирование микроконтроллера MSP430 и разработку принципиальной схемы и описанием сборки действующего макета системы.

Мало внимания уделено испытаниям разработанного макета.

Оценка работы

Студент отлично ориентируется в теоретическом материале, работа выполнена согласно техническому заданию к дипломной работе, соблюдены все стандарты университета по написанию дипломных работ.

Считаю, что дипломная работа выполнена на хорошо (В, 85%), а дипломант, Бахретдин Алан Серикұлы, заслуживает присвоения академической степени бакалавра специальности 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering.

Рецензент
PhD, доцент,
Алматинского университета
энергетики и связи им. Г.Даукеева

« 30 » 05 2024 г.



Алмуратова Н.К.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Бахретдин Алан Сериккулы

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering

Тема: «Разработка системы беспроводного мониторинга тонкой моторики
рук оператора»

Дипломная работа структурирована следующим образом: введение, обзор существующих технологий и методов, теоретические основы проекта, выбор компонентов, практическая реализация системы, проведение экспериментов, выводы, список использованных источников.

Система мониторинга тонкой моторики рук включает в себя микроконтроллер MSP430 и инерциальный измерительный блок BNO055 для точного отслеживания движений рук в трехмерном пространстве. Проект включает разработку двух версий печатных плат, процесс их изготовления в Китае, а также последующую интеграцию и программирование необходимых элементов.

В рамках проекта был выполнен тщательный анализ текущих технологий в области беспроводного мониторинга, применены современные методы и технологии. Экспериментальные прототипы системы продемонстрировали высокую функциональность и точность

В заключении подведены основные итоги работы и предложены направления для дальнейших исследований системы мониторинга тонкой моторики.

Дипломная работа Бахретдин Алан Сериккулы выполнена на высоком уровне и соответствует современным требованиям к системам беспроводного мониторинга. Работа рекомендуется к защите с присвоением степени бакалавра по специальности 6B07112 – Electronic and Electrical Engineering и оценивается на оценку 85 (хорошо).

Научный руководитель:
ассоц-профессор, к.т.н



Жигалов В.А.

«31» 05 2024 г.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Бахретдин Алан Серикұлы

Тақырыбы: Разработка системы беспроводного мониторинга тонкой моторики рук оператора

Жетекшісі: Сүнғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.3

Дәйексөз (35): 0.6

Әріптерді ауыстыру: 1

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 13

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

2024-05-30

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бахретдин Алан Серикұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка системы беспроводного мониторинга тонкой моторики рук оператора

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 3.1

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 13

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2024-05-30

Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бахретдин Алан Серикұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка системы беспроводного мониторинга тонкой моторики рук оператора

Научный руководитель: Сұңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 3.1

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 13

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2024-05-30

Дата



Сұңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт