

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и
информатики»
(СибГУТИ)

Кафедра _____ ТЭ _____

Допустить к защите
зав. кафедрой

_____/А.Н.Игнатов/
(подпись) (Ф.И.О.)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ
ЗАПОЛНЕНИЯ БУНКЕРА СЫПУЧИМИ ПРОДУКТАМИ

Пояснительная записка

ИТКЭ.407629.003 ПЗ

Студент _____ / В.А. Бражников /
(подпись) (Ф.И.О.)

Факультет _____ МТС _____ Группа _____ МПП-88 _____

Руководитель _____ / А.А. Шабровов /
(подпись) (Ф.И.О.)

Консультант по экономическому обоснованию

_____/А.А. Шабровов /
(подпись) (Ф.И.О.)

Новосибирск 2022 г.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Под. и дата

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

КАФЕДРА

Технической электроники

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
БАКАЛАВРА**

СТУДЕНТА В.А. Бражникова ГРУППЫ МПП-88

«УТВЕРЖДАЮ»

«18» января 2022 г.

Зав. кафедрой ТЭ

_____/ А.Н. Игнатов
(подпись) (Ф.И.О.)

Новосибирск 2022 г.

1. Тема выпускной квалификационной работы бакалавра
Разработка системы измерения уровня заполнения бункера сыпучими продук-
тами

утверждена приказом по университету от « 26 » января 2022 г. № 4/73о-22

2. Срок сдачи студентом законченного проекта «__» июня 2022 г.

3. Исходные данные по проекту (эксплуатационно-технические данные, техническое задание):

Система измерения уровня заполнения бункера сыпучими продуктами на основе микроконтроллера по интегральной технологии исполнения.

Разработать систему, состоящую из передатчика и приёмника посредством радиоволн для передачи данных измерения и отображение на мониторе значений уровня заполнения промышленной ёмкости сыпучими продуктами.

Предусмотреть работу устройства от автономного источника питания.

Конструкция устройства должна быть технологичной.

Условия эксплуатации: нормальные климатические условия.

Охлаждение определяется в процессе разработки.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)	Сроки выполнения по разделам
Введение	26.01.2022 г.
Назначение и внутреннее устройство	30.01.2022 г.
Общий принцип работы	07.02.2022 г.
Расчетная часть	29.02.2022 г.
Разработка программного обеспечения устройства	15.03.2022 г.
Конструкция устройства	02.04.2022 г.
Технология производства	26.04.2022 г.
Технико-экономическое обоснование	17.05.2022 г.
Заключение	01.06.2022 г.

Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов):

1. Раздел по экономическому обоснованию

Технико-экономическое обоснование

Уровень сформированности компетенций: *ПК-4 – способностью проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов конструкций электронных средств* –

низкий/средний/высокий

/ А.А.Шабронов /

Дата выдачи задания

«24» декабря 2021 г.

_____/ А.А. Шабронов /
(подпись, Ф.И.О. руководителя)

Задание принял к исполнению

«18» января 2022 г.

_____/ В.А. Бражников /
(подпись, Ф.И.О. студента)

[illegible]

	Тема предложена предприятием	
	Тема предложена студентом	
	Тема предложена кафедрой	
	Тема является фундаментальной	
	Рекомендую студента в магистратуру	
	Рекомендую студента в аспирантуру	

(должность, уч. степень, подпись, фамилия, имя, отчество (полностью), дата)

С Отзывом ознакомлен _____ / В.А. Бражников / « _____ » июня 2022 г.

Уровень сформированной компетенций у студента В.А. Бражникова

Компетенции		Уровень сформированности компетенций		
		высокий	средний	низкий
1		2	3	4
Общекультурные	ОК-6 – способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия			
	ОК-7 – способностью к самоорганизации и самообразованию			
Общепрофессиональные	ОПК-1 способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики			
	ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат			
	ОПК-3 способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей			
Профессиональные	ПК-5 готовностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств			
	ПК-6 готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств, в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования			
	ПК-7 способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы			
	ПК-8 готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам			

Руководитель выпускной квалификационной работы бакалавра

Старший преподаватель А.А.Шабронов/ « » июня 2022 г.

АННОТАЦИЯ

Выпускной квалификационной работа студента В.А. Бражникова
по теме Разработка системы измерения уровня заполнения бункера сыпучими
продуктами

Объем работы – __ страницы, на которых размещены _ рисунков и __ таблиц. При написании работы использовалось __ источника.

Ключевые слова: измерение расстояния, программирование микроконтроллеров, беспроводная передача данных, коммутационный протокол, лазерный датчик,

Работа выполнена: на кафедре технической электроники СибГУТИ

Руководитель: Старший преподаватель Шабронов А.А.

Целью работы являлось: разработка системы уровня заполнения бункера сыпучими продуктами на основе программируемой логики с минимальными затратами на производство в соответствии с техническими требованиями

Решаемые задачи: разработка функциональной и принципиальной схемы системы, состоящей из приемника и передатчика с передачей данных по радиоканалу, разработка топологического чертежа печатной платы приемника и передатчика, разработка программного обеспечения для микроконтроллера, разработка корпуса с соблюдением технико-экономических параметров, расчет технико-экономических показателей, вывод о проделанной работе

Основные результаты:

Graduation thesis abstract

Of Dzuin M.I. on the theme development of an interface device for a temperature-humidity sensor.

The paper consists of 48 pages, with 20 figures and 9 tables/charts/diagrams. While writing the thesis 6 reference sources were used.

Keywords measurement, sensor, temperature, humidity, conversion

The thesis was written at department of Technical Electronics of SibGUTI
(name of organization or department)

Scientific supervisor associate senior lecturer Shabronov A.A
(position, degree, last name, name)

The goal/subject of the paper is development of an interface device for a humidity temperature sensor in accordance with the technical requirements

Tasks: development of an interface device for a temperature-humidity sensor with minimal production costs, using programmed logic

Results: an interface device for a humidity temperature sensor has been developed that meets all technical requirements

Содержание

Обозначения и сокращения	3
1 Введение	4
2 Анализ актуальности темы и разработки	6
2.1 Основы обеспечения хранилищ сыпучих продуктов	6
2.2 Типовые виды хранилищ сыпучих продуктов.....	6
3 Анализ и выбор конструктивно-технологического решения задачи.....	11
3.1 Методы измерения уровня заполнения емкости.....	11
3.2 Выбор метода измерения расстояния.....	16
3.3 Сравнительный анализ лазерных датчиков на рынке	19
3.4 Принцип работы протокола передачи данных UART	20
3.5 Импульсный лазерный датчик TFmini	21
3.6 Сравнительный анализ и выбор микроконтроллера	23
3.7 Обоснование выбранных инструментов разработки программного обеспечения	26
4 Расчетная часть.....	26
4.1 Расчет потребляемой мощности	29
4.2 Выбор источника питания.....	32
4.3 Выбор корректирующих элементов схемы(резисторы и прочее)	32
4.4 Тепловой расчёт???	Ошибка! Закладка не определена.
4.5 Расчет допусков на изготовление корпусов?	32
4.6 Расчет показателя технологичности изделий	32
5 Конструкция изделий.....	33
6 Технология производства.....	33
7 Техничко-экономическое обоснование.....	33
Приложение А	2
(обязательное).....	2
Технологическая схема сборки.....	2

Подп. и дата	4.6 Расчет показателя технологичности изделий	32
	5 Конструкция изделий.....	33
	6 Технология производства	33
	7 Техничко-экономическое обоснование.....	33
	Приложение А	2
Инв. № дубл.	(обязательное).....	2
	Технологическая схема сборки.....	2
Взам. инв. №		
Подп. и дата		
Инв. № подл		
	Изм.	Лист
	№ докум.	Подп.
	Дата	
Разраб.	Бражников В.А.	
Пров.	Шабранов А.А.	
Н. контр.	Шабранов А.А.	
Утв.		
ИТКЭ.407629.003 ПЗ		
Разработка системы измерения уровня заполнения бункера сыпучими продуктами		Лит.
Пояснительная записка		Лист
		Листов
		2
		МПП-88

Обозначения и сокращения

В настоящей выпускной квалификационной работе бакалавра применяют следующие сокращения и обозначения:

КЗ	– короткое замыкание
ОС	– операционная система
ПК	– персональный компьютер
ПО	– программное обеспечение
РЭС	– радиоэлектронное средство
ЭВМ	– электронно - вычислительная машина
ФПУ	- фотоприемное устройство
ИВИ	- измеритель временных интервалов
UART	– universal asynchronous receiver-transmitter
USB	– universal serial bus

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			3

1 Введение

Возможность иметь точное представление о количестве того или иного материала является одним из основных условий качественного планирования и производства. Без этих данных сложно что-либо изготовить, ведь в современном мире предъявляются жесткие требования к процессам изготовления, условиям эксплуатации и хранения. Без возможности что-либо точно измерить, сопоставить и посчитать не существовало бы современного человека. Начиная от высокоточных областей науки до бытовых ситуаций применения, должна быть возможность измерить, взвесить, подсчитать и выразить количественно параметры объекта. Высокопроизводительная, экономически выгодная и наиболее безопасная работа в производственных отраслях невозможна без современных методов и средств измерения, которые помогают оценить ход процесса производства и состояние используемого оборудования. Неотъемлемой частью высокоэффективного технологического процесса является также его автоматизация, достигаемая за счёт внедрения автономных и полуавтономных систем измерения и контроля. Это значительно повышает производительность труда проектировщиков и рабочих, улучшает качество проектов и снижает их себестоимость.

Планирование выпускаемой продукции должно быть направлено на исполнение принципов эффективности и экономности использования средств. Каждое предприятие независимо от сферы производства должна иметь как можно более точную систему контроля сырья, оборудования и времени. Вышеперечисленное позволяет изготовителю корректно составлять прогноз дальнейших действий. Чем более продуманный план будет разработан, тем он точнее будет сбалансирован с бюджетом предприятия, а как в следствии, точнее выполнен в последствии и тем более будет эффективной деятельность предприятия в целом.

В ходе технологического производства могут возникать проблемы с неточностью изготовления изделия, в результате чего изделие или группа изделий может быть забракована. Погрешности изготовления или обработки являются неизбежными отклонениями показателей качества, полученных в ходе работы от заданных конструкторской документацией. По характеру их проявления, погрешности делят на случайные и систематические. К причинам возникновения систематических погрешностей относят:

- погрешность технологического оборудования и его настройки;
- неточность установки и закрепления приспособлений, служащих для определения положения обрабатываемой детали;
- неправильного выбора технологических базовых поверхностей;
- погрешность изготовления используемого инструмента.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ				Лист
									4
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

Копировал

Формат А4

К случайным погрешностям относят:

- погрешности вследствие изнашивания инструмента;
- неоднородности материала обрабатываемой детали, или неравномерное распределение метода обработки, например, пайка волной припоя.
- колебания температуры детали, оборудования, среды;
- человеческий фактор;

Всё выше перечисленное вытекает из точности измерения, поэтому любому предприятию изготовителю необходимо иметь современные средства измерения и контроля, обеспечивающие высокую точность. Благодаря этому, имеется возможность достигать высоко экономических и технологических показателей производства.

Инв. № подл.	Подп. и дата				ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист 5
	Инв. № дилл.					
	Взам. инв. №					
	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2 Анализ актуальности темы и разработки

2.1 Основы обеспечения хранилищ сыпучих продуктов

Обеспечение хорошей сохранности зерна и продуктов его переработки – задача, имеющая большое значение во всех странах мира. Одним из основных путей решения данной задачи является строительство новых и реконструкция действующих зернохранилищ с учетом достижений науки и техники в области хранения зерна. Зернохранилища должны быть спроектированы с использованием новейших технологий, оснащены современным высокоэффективным оборудованием, иметь высокую степень механизации и автоматизации производственных процессов. Вместимость зернохранилища должна соответствовать потребности местности, хозяйства, в которых предполагается его строительство. Наконец, проектирование, строительство, реконструкция зернохранилищ должны вестись с минимальной затратой средств, а их эксплуатация – обеспечить кратчайшие сроки окупаемости капитальных вложений. Все вышеперечисленное возможно при применении прогрессивных методов проектирования предприятий. Это позволит повысить производительность труда проектировщиков, улучшить качество проектов, снизить их себестоимость.

2.2 Типовые виды хранилищ сыпучих продуктов

К основным наземным, стационарным, ёмкостным сооружениям для сыпучих материалов можно отнести закрома, бункеры и силосы в соответствии с СП 43.13330.

Закрома – это ячейки, которые допускается располагать в зданиях и на открытых площадках заглубленными или наземными, как правило, сблокированными. Полы закромов как правило выполняют из камня грубого окола или грунтовыми, высоту стен принимают равной 3,6, 4,8 или 6 метров.

Бункеры – это самозагружающиеся ёмкостные сооружения с высотой вертикальной части, не превышающей полуторного минимального размера в плане, которые предназначены для кратковременного хранения и перегрузки сыпучих материалов. В плане бункеры бывают квадратными, прямоугольными и круглыми. В зависимости от расположения выпускного отверстия наиболее распространенные пирамидальные бункеры подразделяются на симметричные, частично симметричные и несимметричные. Виды бункеров приведены в соответствии с рисунком 2.1

Подп. и дата	
Инв. № дилл	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл	
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	
ИТКЭ.407629.003 ПЗ	
Лист	
6	

- производственные для хранения сырья или готовой продукции, рассчитанные в соответствии с мощностью завода и нормально допустимым запасом;

Плоскостонные силоса предназначены для длительного и более объёмного хранения зерна. [4] Производятся диаметром от 3,66 до 32м и достигают вместимости до 23000 кубических метров. Внешний вид плоскостонного силоса приведен в соответствии с рисунком 2.2. Габаритные размеры приведены в таблице 2.1

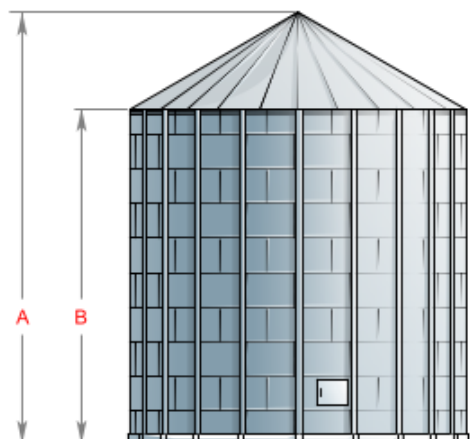


Рисунок 2.2 – Плоскостонный силос

Таблица 2.1 – Габаритные размеры плоскостонного силоса

Диаметр, м	Высота до крыши, В, м	Полная высота, А, м	Объём, м ³
4,58	3,38	4,72	62,00
	8,45	9,79	145,00
5,50	5,07	6,67	132,00
	11,83	13,43	292,00
10,08	6,76	9,57	609,00
	11,83	14,64	1013,00

Вид накопительного бункера приведен в соответствии с рисунком 2.3. Его габаритные размеры 1600 на 2500 миллиметра, вес составляет 350 килограмм, объём, 3,5 кубометра. Обычно силосы и бункеры ставят рядом друг с другом, таким образом, чтобы можно было получить свободно доступ к каждому хранилищу для загрузки и отгрузки содержимого. Иногда создаются силосные корпуса, состоящие из нескольких силосов. Конусные силосы с отгрузкой снизу приведены на рисунке 2.4

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



Рисунок 2.3 – Накопительный бункер для зерна БПН-3,5



Рисунок 2.4 – Конусные силосы

Широкое применение получили сборные виды силосов благодаря мобильности и удобству сборки [5]. Силос состоит из: цилиндра, крышки, конуса, инспекционного люка для проверки зерна, разгрузочного отверстия и крепления фильтра.

Внешний вид и габаритные размеры сборного, панельного силоса приведена в соответствии с рисунком 2.5

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИТКЭ.407629.003 ПЗ

Лист
9

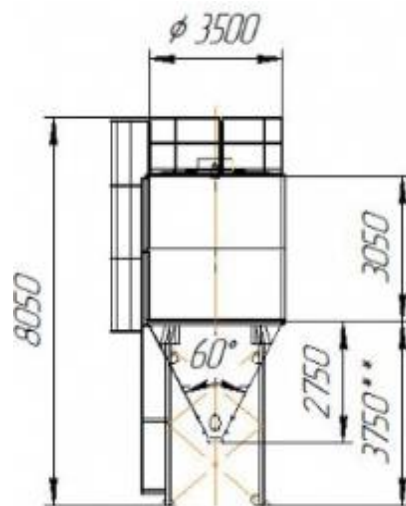


Рисунок 2.5 – Сборный панельный силос

Инв. № подл.	Подп. и дата				Взам. инв. №	Инв. № дил.	Подп. и дата
					</		

3 Анализ и выбор конструктивно-технологического решения задачи

3.1 Методы измерения уровня заполнения емкости

Выбор метода для измерения уровня начинают с анализа объекта измерений для того, чтобы определить наилучшее технико-экономическое решение. Так как обычно речь идёт об измерении уровня в некоторой емкости, то в ряде случаев требуются сведения только о текущем значении объема. Задача определения собственного уровня распространена значительно в меньшей степени. В зависимости от технологического процесса методы измерения уровня разнообразны и могут быть основаны на многочисленных технических решениях. Выбор датчика, для задач измерения уровня начинается с определения потребностей конкретного процесса с учетом ограничений, накладываемых особенностями прикладной задачи. Измерения уровня могут быть непрерывными или привязанными к определенной точке. При этом может указываться как уровень в резервуаре, так и положение уровня ниже или выше заданной точки измерения. Выбор методики измерения следует начинать с анализа технологического процесса и определения необходимой нам информации: Что представляет собой содержимое? Измерение уровня твердых веществ вызывает специфические затруднения, поскольку порошки и зернистые материалы не всегда оседают полностью. Они могут покрывать внутренние поверхности или образовывать "разгрузочные пустоты" вблизи точек выхода. Какова точность измерений? Обычно этот вопрос относится только к непрерывным измерениям; в зависимости от размеров сосуда измерения могут быть очень точными ($\pm 1\%$), но при этом потребуются значительные затраты. Необходимость выполнять точные измерения в крупном резервуаре в широких пределах встречается редко.

Возможен ли контакт с содержимым? Многие методы предусматривают проникновение в сосуд и контакт с его содержимым. В некоторых случаях этого не требуется. Имеется ли возможность проникновения сквозь стенку резервуара или пребывания внутри него? Для некоторых методов, которые приведены в [6], вообще не требуется проникновения в резервуар.

Одним из простейших и наиболее надежных способов измерения уровня наполнения резервуара – это его взвешивание. Это единственный метод, который дает истинное значение массы независимо от того, известны ли внутренние размеры резервуара. Степень наполнения резервуара можно определить при помощи тензодатчиков, помещенных под его опорой, вычитая собственный вес. Этот метод пригоден для любого типа содержимого и при отсутствии помех со стороны трубопроводов или других соединений способен обеспечить высокую точность измерений. Имеются практические ограничения по общим габаритным размерам, но иногда это очевидное решение может быть успешно применено в ситуациях с малыми и средними объемами. В случае, если использование этого метода является нецелесообразным, то придется прибегнуть к другим, значительно более

Исх. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Исх. № подл.					ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист 11
						Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		

Копировал

Формат А4

сложным решениям, применимость которых зависит от сочетания различных требований.

К наиболее распространённым методам измерения уровня, которые позволяют преобразовать значение уровня в электрическую величину и передавать её значение в системы АСУ ТП [7], относятся:

- контактные методы: волноводный, магнитострикционный, емкостной, гидростатический, буйковый(поплавковый)
- бесконтактные методы: зондирование звуком, зондирование электромагнитным излучением, зондирование радиационным излучением, зондирование лазерным излучением.

Применение того или иного метода измерения уровня определяется требуемой точностью и требованиями конкретного процесса - условиями внутри контролируемого резервуара спецификой измерительной задачи, такими как давление и температура процесса, изменяемая плотность среды, агрессивность среды, возможность налипания, загустевания и прочих.

При выборе датчика уровня сыпучих материалов необходимо учитывать следующие физико-механические характеристики и свойства контролируемого материала:

- гранулометрический состав - распределение частиц материала по различным фракциям (линейным размерам) - для вибрационных сигнализаторов предельного уровня с камертонным зондом, для акустических и ультразвуковых уровнемеров;
- насыпная плотность или объемная масса - масса материала находящегося в единице объема, который занимает материал - для ротационных и вибрационных датчиков уровня;
- влажность - доля влаги в сыпучем материале по отношению к весу материала для емкостных и микроволновых рефлексных сигнализаторов уровня и уровнемеров.
- текучесть - способность сыпучих материалов и веществ вытекать с той или иной скоростью - для датчиков скорости потока и расходомеров сыпучих материалов;
- угол естественного откоса - угол образуемый линией естественного отвала материала и горизонталью - для всех видов преобразователей уровня сыпучих материалов;
- адгезия - способностью частиц сыпучих веществ, прилипать к твердым поверхностям - для всех видов сигнализаторов уровня использующие контактный принцип измерения.
- диэлектрическая проницаемость - характеризует реакцию вещества на воздействие электромагнитного поля - для емкостных датчиков уровня.

Исх. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Исх. № подл.	ИТКЭ.407629.003 ПЗ				Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата



- появление пленки на электродах приводит к возникновению погрешности измерения;
- необходимость создания длинного щупа в случае высоких резервуаров.

Преимущества ультразвукового метода:

- бесконтактный;
- применим для загрязнённых жидкостей;
- реализация метода не предъявляет высоких требований к износостойкости оборудования;
- независимость от плотности контролируемой среды.

Недостатки ультразвукового измерения уровня:

- большое расхождение конуса излучения;
- отражения от нестационарных препятствий;
- применим только в резервуарах с нормальным давлением.

В лазерном уровнемере используется источник сфокусированного инфракрасного излучения он же эмиттер, который посылает к поверхности среды электромагнитную волну, основные методы и типы лазерного измерения расстояния приведены в [9]. Лазерное излучение отражается от большинства жидких и сыпучих сред. Для измерения расстояния от уровнемера до поверхности измеряется с высокой точностью время распространения инфракрасного излучения с помощью лазерного датчика, называемого коллектором.

Преимущества данного метода:

- Узкий сфокусированный лазерный луч делает эти уровнемеры подходящими для применения в резервуарах с ограниченным внутренним пространством;
- Это бесконтактный уровнемер, без подвижных частей, не требующий технического обслуживания в большом объеме;
- Имеет низкое электропотребление при реализации хорошего схемотехнического решения;
- Лазерные уровнемеры хорошо работают в непрозрачных, хорошо отражающих жидкостях или сыпучих средах;
- Лазерные уровнемеры могут отрабатывать быстрые изменения уровня и могут обеспечивать измерение уровня в больших диапазонах;
- Имеют относительно небольшие габаритные размеры, по сравнению с другими методами;

К недостаткам данного метода относятся:

- Необходимость в чистоте защитного стекла лазерного излучателя, уровнемеры данного типа не могут работать в условиях запыленности или при наличии тумана;
- Также, лазерный луч может не отразиться от поверхности спокойных, прозрачных жидкостей. При монтаже крайне важно выдержать перпендикулярность оси уровнемера к поверхности жидкости;

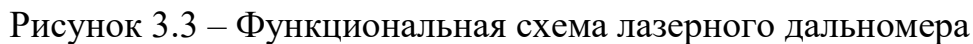
Исх. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Исх. № подл.					ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист
						Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		Дата

Копировал

Формат А4

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Лазерные импульсные дальномеры определяют дальность до объекта по времени распространения лазерного импульса до объекта и обратно. Измеряя временной интервал времени между моментом излучения зондирующего лазерного моноимпульса (старт-импульс) и моментом приема излучения, отраженного от объекта измерения (стоп-импульс). В качестве источника излучения выступает импульсный лазер, обычно полупроводниковый или твердотельный, излучение которого коллимируется с помощью оптической формирующей системы. Функциональная схема импульсного дальномера приведена в соответствии с рисунком 3.3



					ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

вычисляют по формуле

$$D = \frac{\Delta d^2}{6}, \quad (3.2)$$

где Δd - дискретность измерителя временных интервалов в единицах дальности, м.

Погрешность временной фиксации импульсов излучения в основном связана с приемом отраженного от объекта лазерного импульса — мощность сигнала может изменяться на несколько порядков в зависимости от дальности до объекта и его коэффициента отражения, состояния слоя среды распространения излучения. Помимо этого, на сигнал накладываются шумы и помехи приемного канала и канала распространения. Все выше перечисленные факторы приводят к сильным искажениям формы принятого сигнала и, как следствие, к погрешности фиксации момента прихода данного импульса пороговым устройством. Момент фиксации прихода импульса пороговым устройством приведен в соответствии с рисунком 3.4. Где t_1 и t_2 — моменты фиксации отраженных импульсов от объекта, а $U_{\text{пор}}$ — напряжение порога сбрасывания в вольтах.

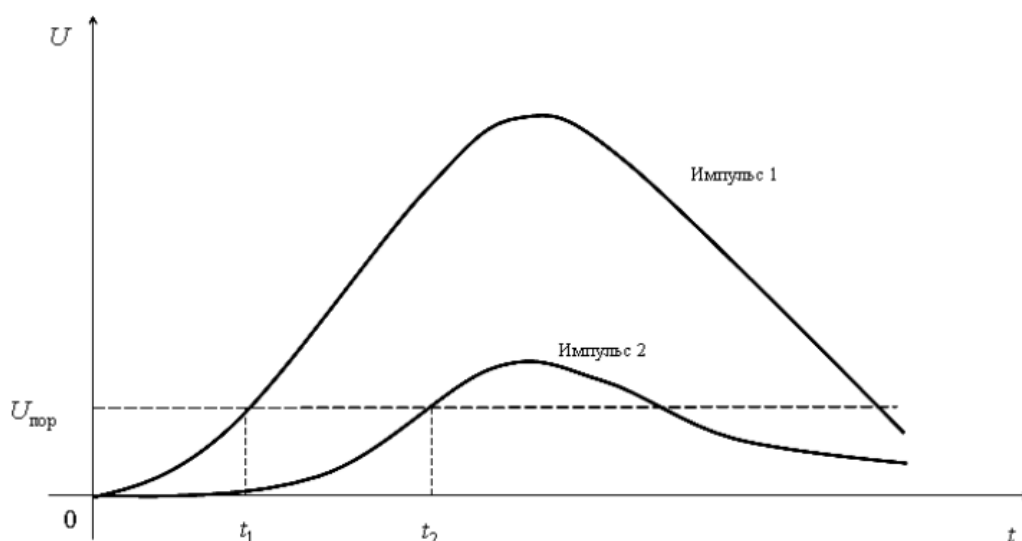


Рисунок 3.4 – График момента фиксации прихода импульса пороговым устройством приемного канала

Одним из самых распространенных методов временной привязки принятого импульса, является фиксация его по уровню пороговым устройством (например, быстродействующим компаратором). В этом случае момент прихода импульса излучения фиксируется при пересечении порога срабатывания и зависит как от длительности фронта импульса, так и от всех параметров, таких как отражающие свойства объекта, состояния атмосферы и прочие факторы, искажающих форму принятого сигнала. При сохранении формы сигнала разброс момента фиксации равен длительности фронта импульса, поэтому к лазерному источнику в высокоточных дальномерах

Подп. и дата	
Инв. № дилл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ИТКЭ.407629.003 ПЗ

предъявляют требования минимальности длительности импульса и максимизации добротности.

Чаще всего используют импульсные лазеры с длительностью импульса 10 нс и менее.

Разрешение ИВИ должно быть намного выше, чем разрешение всей дальномерной системы в целом, определяемое уровнем шумов и временем измерения. Разрешение ИВИ можно улучшить посредством усреднения, что, в свою очередь, увеличивает время измерения. Еще два не менее важных параметра измерения временных интервалов — линейность и стабильность. Линейность вместе с флуктуационной погрешностью устройства временной привязки определяет абсолютную точность лазерного дальномера. Стабильность лазерного дальномера определяется не только дрейфом ИВИ, хотя он является одним из основных источников погрешностей. В целом стабильность ИВИ не существенна для точных измерений, поскольку лазерный дальномер неоднократно калибруется в процессе измерений.

3.3 Сравнительный анализ лазерных датчиков на рынке

Для разработки устройства, рассмотрим несколько вариантов лазерных датчиков следующих компаний: Egismos [10], Benewake [11] и китайской компании JRT Meter Technology [12]. Все три представителя имеют широкий ассортимент модулей и устройств с различными параметрами. Для реализации технического задания необходимо, чтобы расстояние измерения было не меньше десяти метров, а также минимальное из возможных значение энергопотребления датчика, возможность подключения и управление через один из следующих протоколов: UART или I2C. В таблице 3.1 приведены основные параметры для сравнительного анализа лазерных датчиков.

Таблица 3.1 – Параметры лазерных датчиков расстояния

Компания	Модель датчика	Измеряемое расстояние, м	Погрешность измерения, мм	Рабочая температура, °C	Потребляемая мощность, мВт	Напряжение питания, В	Ток потребления, мА	Размеры, мм	Вес, г
Bene- wake	TFmi- ni	12	±5	от -25 до +75	до 100	5,0	не более 120	42 x 15 x 16	5
JRT	U85- 1101	10	±2	от 0 до +40	-	3,3	-	41 x 17 x 7	4
Egis- mos	LDK- 3M- 20-RS	20	±4	от -25 до +60	до 100	5,0	не более 150	42 x 17 x 7	4

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	

Датчики должны иметь компактный размер и достаточную точность измерения расстояния. Все датчики приведенные датчики имеют поддержку протоколов передачи данных, причем как UART, так и I2C. По своим параметрам они удовлетворяют требованиям технического задания, для разработки был выбран датчик «TFmini» компании Benewake за счёт низкой рыночной стоимости относительно двух других датчиков.

3.4 Принцип работы протокола передачи данных UART

Для того, чтобы рассмотреть пакеты передачи данных лазерного датчика TFmini необходимо разобраться в устройстве протокола передачи.

Универсальный асинхронный приемопередатчик (от англ. Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) – это узел вычислительных устройств, предназначенный для организации связи с другими цифровыми устройствами. Преобразует передаваемые данные в последовательный вид так, чтобы было возможно передать их по одной физической цифровой линии другому аналогичному устройству. Метод преобразования хорошо стандартизован и широко применяется в компьютерной технике и особенно во встраиваемых устройствах.

Встраиваемая система – это специализированная микропроцессорная система контроля, управления и мониторинга. Концепция встраиваемой системы заключается в том, что такая система работает, будучи встроенной непосредственно в устройство, которым она управляет.

Рассмотрим метод приема и передачи данных в соответствии с протоколом. Передача данных осуществляется по одному биту в равные промежутки времени. Данный промежуток времени определяется заданной скоростью UART и для конкретного соединения указывается в битах на секунду, данная величина называется бод. Согласно стандарту EIA RS-232-C: интерфейс между терминальным оборудованием данных и оборудованием передачи данных, использующим последовательный двоичный обмен данными, существует общепринятый ряд стандартных скоростей: 300; 600; 1200; 2400; 4800; 9600; 19200; 38400; 57600; 115200; 230400; 460800; 921600 бод. Скорость передачи S , бит в секунду, и длительность бита T , секунд, связаны формулой:

$$T = \frac{1}{S} \quad (3.?)$$

Помимо информационных битов, UART автоматически вставляет в поток синхронизирующие метки, так называемые стартовый и стоповый биты. При приёме эти лишние биты удаляются из потока. Обычно стартовый и стоповый биты обрамляют один байт информации или же 8 бит, при этом младший информационный бит передаётся первым, сразу после стартового.

Принято соглашение, что пассивным (в отсутствие потока данных) состоянием входа и выхода UART является логическая 1. Стартовый бит все-

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист 20
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

-гда является логическим 0, поэтому приёмник UART ждёт перепада из 1 в 0 и отсчитывает от него временной промежуток в половину длительности бита (середина передачи стартового бита). Если в этот момент на входе находится всё ещё 0, то запускается процесс приёма минимальной посылки. Для этого приёмник отсчитывает 9 битовых длительностей подряд (для 8-битных данных), и в каждый момент фиксирует состояние входа.

Первые 8 значений являются принятыми данными, последнее значение проверочное (стоп-бит). Значение стоп-бита всегда равно 1. Если реально принятое значение иное, UART фиксирует ошибку. Для формирования временных интервалов передающий и приёмный UART имеют источник точного времени (тактирования). Точность этого источника должна быть такой, чтобы сумма погрешностей (приёмника и передатчика) установки временного интервала от начала стартового импульса до середины стопового импульса не превышала половины (а лучше четверти) битового интервала. Для 8-битной посылки это значение равно приблизительно 5 %. На практике, с учётом возможных искажений сигнала в линии, общая ошибка тактирования должна быть не более 3 %. Поскольку в худшем случае ошибки тактов приёмника и передатчика могут суммироваться, то рекомендуемый допуск на точность тактирования UART — не более 1,5 %.

Поскольку синхронизирующие биты занимают часть битового потока, то результирующая пропускная способность UART меньше скорости соединения. Например, для 8-битных посылок формата 8-N-1 синхронизирующие биты занимают 20 % потока, что при физической скорости линии 115 200 бод означает полезную скорость передачи данных 92 160 бит/с или 11 520 байт/с. Пример передачи данных в два байта по протоколу UART приведен в соответствии с рисунком 3.5

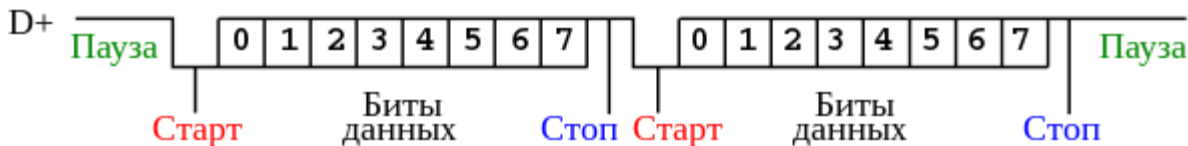


Рисунок 3.5 – Передача данных по UART

3.5 Импульсный лазерный датчик TFmini

Рассмотрим более подробно конструкцию датчика TFmini. Внешний вид конструкции лазерного датчика приведен в соответствии с рисунком 3.6

Несущая конструкция датчика состоит из передающей или по другому зондирующей линзы (1), принимающей или коллекторной линзы (2), корпуса из ABS пластика, двух отверстий диаметром 2,35 мм для монтажа в корпус устройства (4), разъема для подключения провода с помощью клеммы с четырьмя штырями (5) и печатной платы с защитным кожухом (6).

Подп. и дата	
Инв. № дилл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИТКЭ.407629.003 ПЗ

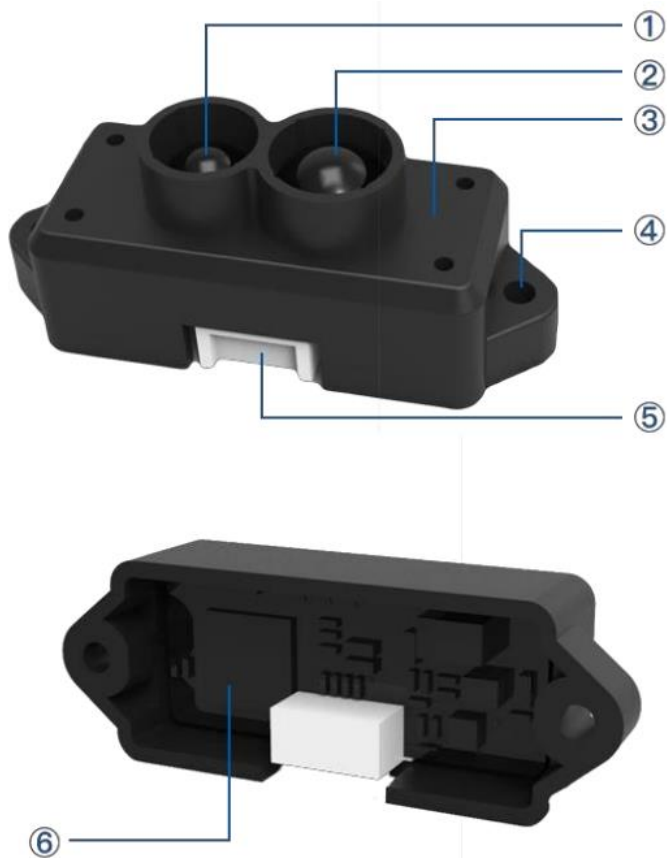


Рисунок 3.6 – Внешний вид датчика TFmini

Функциональные разъемы изображены в соответствии с рисунком 3.7. Разъем для подключения к корпусу (1), разъем питания датчика на 5 В (2), разъем для приема данных по протоколу UART (3) и разъем для передачи данных от драйвера датчика по протоколу UART (4).

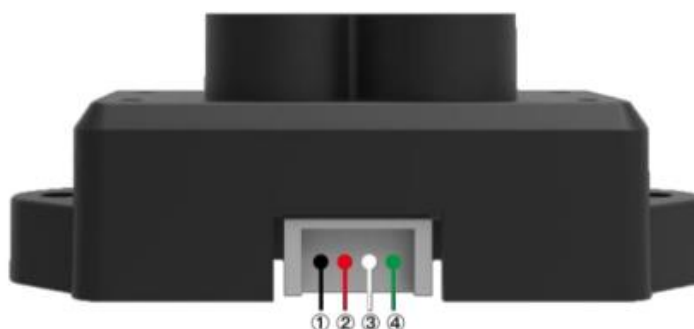


Рисунок 3.7 – Наименование разъемов для подключения датчика

Рассмотрим формат приема и передачи данных датчика по протоколу UART. Каждый пакет данных датчика состоит из восьми или девяти байт, которые включают в себя информацию о расстоянии, силе информационного сигнала, типе дистанции и контрольной суммы для выявления целостности передачи данных. Данные передаются в шестнадцатеричной системе счисления. Значение и объяснение каждого байта приведено в таблице 3.2

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист
Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дил.	Подп. и дата	Инд. № подл.		22

Таблица 3.2 – Назначение каждого байта пакета данных датчика TFmini

Номер байта	Обозначение байта
0	Заголовок передаваемого кадра, одинаковый для каждого пакета передаваемых данных, например 0x59;
1	Второй заголовок передаваемого кадра, для девяти байтного режима, одинаковый для каждого пакета данных;
2	Минимальное полученное расстояние;
3	Максимальное полученное расстояние;
4	Минимальное значение мощности полученного сигнала;
5	Максимальное значение мощности полученного сигнала;
6	Режим дистанции, 0x02 – короткая дистанция, 0x07 – длинная дистанция;
7	Разделительный байт, по умолчанию равен 0x00;
8	Контрольная сумма, сумма первых восьми байт пакета;

3.6 Сравнительный анализ и выбор микроконтроллера

На рынке производителей микроконтроллеров на сегодняшний момент лидирующие позиции занимают следующие три семейства микроконтроллеров:

- AVR — это семейство восьмибитных микроконтроллеров, ранее выпускавшихся фирмой Atmel, затем - Microchip. Год начала разработки — 1996.
- PIC — это серия микроконтроллеров, имеющих гарвардскую архитектуру и производимых американской компанией Microchip Technology Inc. Название PIC является сокращением от англ. peripheral interface controller, что означает «контроллер интерфейса периферии».
- STMicroelectronics - европейская микроэлектронная компания занимающихся разработкой, изготовлением и продажей различных полупроводниковых электронных и микроэлектронных компонентов.

Каждый из этих семейств широко используются не только в промышленных сферах деятельности, начиная от комплексных систем управления и автоматизации процессами, создания периферийных устройств контроля и наблюдения, различного вида слесарные, токарные и фрезеровочные станки.

Исх. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ				Лист 23
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

В общем виде устройство микроконтроллера можно представить следующими основными компонентами.

Арифметико-логическое устройство служит для производства логических и арифметических операций, выполняет работу процессора совместно с регистрами общего назначения.

Оперативно запоминающее устройство служит для временного хранения информации во время функционирования микроконтроллера.

Память программ является одним из основных структурных элементов. Она основана на постоянном запоминающем устройстве с возможностью перепрограммирования, и служит для сохранения микропрограммы управления работой микроконтроллером. Она называется прошивкой.

Память данных используется в некоторых моделях микроконтроллеров для записи различных постоянных величин, табличных данных и прочих переменных значений. Эта память имеется не во всех микроконтроллерах, так как поддержка динамической памяти требует более сложного схемотехнического решения и оптимизации энергопотребления.

Для связи с внешними устройствами существуют порты ввода-вывода. Их также используют для подключения внешней памяти, различных датчиков, исполнительных устройств, светодиодов, индикаторов. Интерфейсы портов ввода-вывода разнообразны: параллельные, последовательные, оборудованные USB выходами, с использованием беспроводной сети. Данный фактор расширяет возможности применения микроконтроллеров для различных сфер управления.

Аналого-цифровой преобразователь требуется для введения аналогового сигнала на вход микроконтроллера. Его задачей является преобразование сигнала из аналогового вида в цифровой для последующей обработки. Очень часто АЦП применяется для создания индикатора напряжения, для контроля источника питания.

Аналоговый компаратор служит для выполнения сравнения двух сигналов аналогового вида на входах и (или) выходах. Зачастую используется в различных логических разветвлениях схемы.

Таймеры используются для выполнения установки диапазонов и задержки времени в функционировании микроконтроллера.

Цифро-аналоговый преобразователь исполняет обратную работу по преобразованию из цифрового сигнала в аналоговый.

Генератор тактовых импульсов осуществляет одновременное выполнение команд с помощью блока синхронизации, который работает совместно с микропрограммой. Генератор тактовых импульсов может быть, как внутренним, так и внешним, то есть, тактовые импульсы могут подаваться с постороннего устройства. Использование внешнего генератора значительно экономит ресурсы микроконтроллера, поскольку не приходится выполнять дополнительные вычисления на процессоре.

Микроконтроллеры каждого семейства различают по вычислительной мощности. Для организации работы с большим количеством управляемых устройств, большим количеством сложных вычислений, хранения значительного объема данных и их последующей обработки используют мощ-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист	24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

ные и производительные микроконтроллеры с разрядностью в 32 бита. Для более простых систем и устройств по технико-экономическим показателям, энергопотреблению и устройству лучше выбирать 16-ти разрядные микроконтроллеры или 8-ми разрядные.

Для разработки системы измерения уровня заполнения бункера сыпучими продуктами мы будем рассматривать микроконтроллеры 8-ми разрядные, поскольку по условию технического задания необходимо достигнуть хороших показателей энергопотребления: малых значений рабочего тока на протяжении передачи, низкой потребляемой мощности. При этом необходимо, чтобы микроконтроллер обладал необходимым функционалом. Наличие универсальных цифровых вводов и выводов данных, наличие протоколов обмена с данными, таких как I2C или UART. Часы реального времени который потребляет очень мало энергии, в случае отключения от основного питания микроконтроллера он может часами работать от заряженного конденсатора. Также он может служить в качестве будильника, выводя микроконтроллер из состояния даже самого глубокого сна в заранее заданное время, что позволяет значительно сохранить энергопотребление устройства.

Рассмотрим по одному 8-ми битному микроконтроллеру из каждого семейства в средне ценовом сегменте. Подробные сведения о микроконтроллере PIC12F1822 доступны по источнику [13], ATtiny85-20PU [14], STM8S003F3 [15]. Основные параметры микроконтроллеров приведены в таблице 3.3

Таблица 3.3 – Основные параметры микроконтроллеров

Параметры	Тип микроконтроллера		
	PIC12F1822	ATtiny85-20PU	STM8S003F3
Ширина шины данных, бит	8	8	8
Поддерживаемые протоколы передачи данных	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI
Объем программируемой FLASH памяти, машинных слов	2048	8096	8096
Количество цифровых входов и выходов	6	6	28
Внутренний тактовой генератор частот, МГц	32	20	16
Управляемое напряжение, В	от 1,8 до 5,5	от 2,7 до 5,5	от 2,95 до 5,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист	25

Продолжение таблицы 3.3

Наличие внутреннего таймера	присутствует	присутствует	присутствует
Программирование внутри схемы	присутствует	присутствует	присутствует
Аналого-цифровой преобразователь	10 бит, по 8 каналов	10 бит, по 6 каналов	10 бит, по 6 каналов
Аналоговый компаратор	присутствует	присутствует	присутствует
Ток потребления в спящем режиме, нА	20	100	250
Напряжение в спящем режиме, В	1,8	1,8	1,8
Мощность потребления в спящем режиме, нВт	36	180	450

Для разработки был выбран микроконтроллер PIC12F1822 за счет своих малых габаритных размеров, наличие необходимых протоколов для взаимодействия с лазерным датчиком расстояния, низкому энергопотреблению.

3.7 Обоснование выбранных инструментов разработки программного обеспечения

Программирование микроконтроллеров, как правило, производится либо на низкоуровневом языке ассемблера или же на более понятном для восприятия человеком языке программирования Си. В качестве инструмента разработки программного обеспечения для микроконтроллера PIC12F1822 компании Microchip мною будет использована интегрированная среда разработки MPLAB X. Программа свободно доступна для скачивания на официальном сайте компании Microchip[16] и имеет свободное электронное лицензирование. Программная среда включает в себя мощные инструменты, которые помогают находить, настраивать, разрабатывать и отлаживать встроенные конструкции микроконтроллеров. Имеется возможность визуализировать данные, проводить анализ потоковых данных в режиме реального времени. Все инструменты компании могут работать в операционных системах Windows®, macOS® и Linux® для максимальной гибкости рабочих станций.

Для того, чтобы написать и собрать программное обеспечение для микроконтроллера на языке Си необходим компилятор. Компилятор – это программа, которая переводит написанный на языке программирования текст в набор машинных кодов. Схематически этапы процесса компиляции приведены в соответствии с рисунком 3.8

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист										
							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
												Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	26										

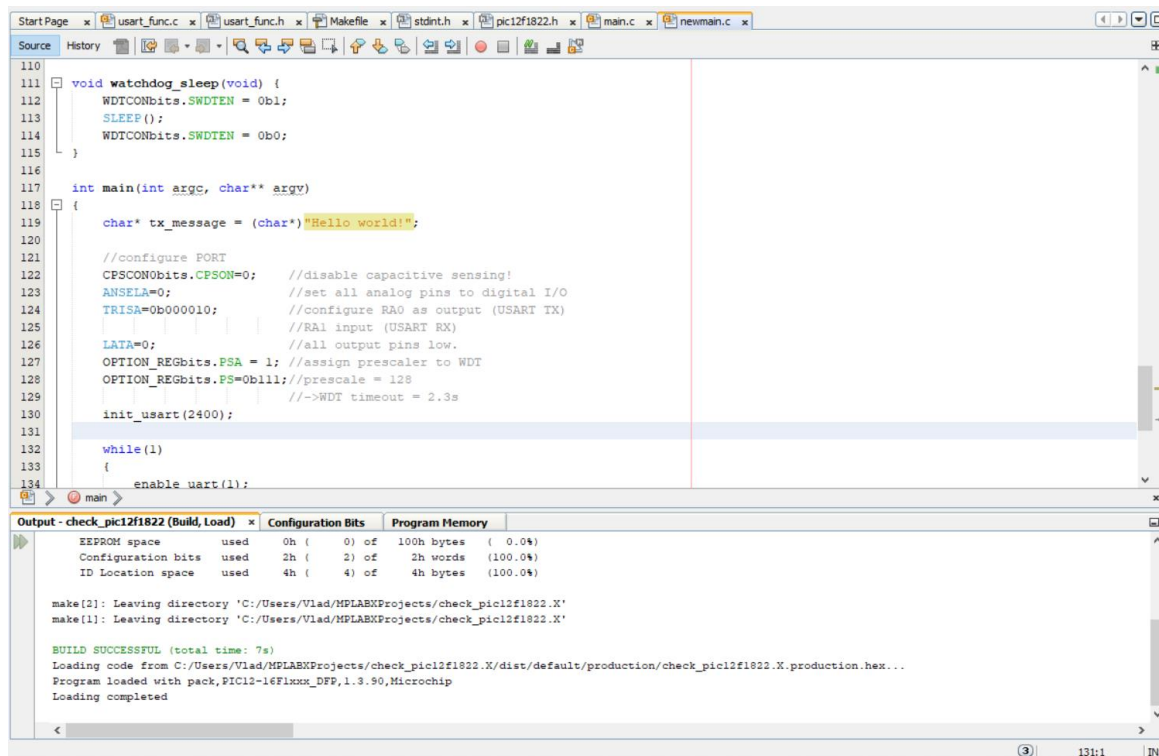


Рисунок 3.9 – Главное окно среды MPLAB X

Использование среды программирования и компилятора языка Си позволяет значительно экономить время на разработку, отладку и тестирование программного обеспечения для решения поставленных задач. Наличие библиотек, содержащих обработку и свободный доступ ко всем возможностям микроконтроллера позволяет сосредоточиться на отладке и тестировании программного обеспечения, которое занимает большую часть разработки.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Инв. № подл.	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Для расчета энергопотребления передатчика рассмотрим потреблением трех основных его элементов: микроконтроллера, лазерного датчика расстояния и модуля передатчика. Для теоретической оценки энергопотребления рассмотрим принцип работы передатчика. Поскольку передатчик способен также измерять и передавать значение напряжения со встроенных входов. Входы и выходы рассчитаны на диапазон входного напряжения -0,3...6,5 В. Входы имеют разрешение 10 бит и могут использоваться для подключения датчиков с аналоговыми и цифровыми выходами по напряжению. Передатчик считывает информацию с лазерного датчика расстояния и аналоговых входов в течение короткого периода через определенные промежутки времени, а все остальное время находятся в выключенном состоянии с целью экономии энергии автономного источника напряжения. Время выхода из выключенного состояния определяется работой внутреннего сторожевого таймера микроконтроллера. Основные параметры электропотребления микроконтроллера, лазерного датчика и модуля радиопередатчика приведены в таблице 4.1

Параметры	PIC12F1822	TFmini	HC11-AS07
Ток потребления в режиме ожидания, А	$300 \cdot 10^{-9}$	-	-
Ток потребления в активном режиме, А	$120 \cdot 10^{-6}$	$120 \cdot 10^{-3}$	$22 \cdot 10^{-3}$
Номинальное напряжение, В	5	5	5

Для энергосбережения микроконтроллер использует возможность выхода из выключенного состояния по сигналу от сторожевого таймера. После того, как произойдет переключение по окончании таймера и на микроконтроллер будет подано питания, он, выполнив начальные инициализации и отправив первые пакеты с данными входит в режим энергосбережения. В этом режиме прекращается работа внешнего кварцевого генератора и останавливается тактирование внутреннего процессора и периферии, но продолжает работать внутренний RC генератор сторожевого таймера микроконтроллера. Генератор сторожевого таймера потребляет некоторый ток, и требует напряжение, равное 1,8 вольтам. Мощность потребления сторожевого таймера является доминирующей в потреблении устройства передатчика в выключенном состоянии. Через некоторое время, установленное при программировании датчика, сторожевой таймер выдает сигнал, включающий внешний кварцевый генератор и активизирующий процессор. Для стабилизации генератора схемой

микроконтроллера делается задержка около 5 мс. В это время ток потребления радио сенсора значительно увеличивается. Для того, чтобы вычислить суммарное время потребления мощности в сторожевом режиме и в активном режиме, необходимо вычислить время работы в активном режиме.

Время работы передающего устройства в активном режиме можно вычислить по формуле

$$t_{\text{акт}} = t_{\text{счит}} + t_{\text{пер}}, \quad (4.1)$$

где $t_{\text{счит}}$ - время считывания пакета данных микроконтроллером с лазерного датчика TFmini, с;

$t_{\text{пер}}$ - время передачи пакета данных по радиоканалу, с;

Формат пакета данных который отправляет лазерный датчик рассмотрен в разделе 3.5. Он состоит из девяти байт. Тогда время на считывания одного пакета данных с датчика $t_{\text{счит}}$, с, можно вычислить по формуле

$$t_{\text{счит}} = \frac{L_{\text{дат}} \cdot L_{\text{прот}}}{V_{\text{пер}}}, \quad (4.2)$$

где $L_{\text{дат}}$ - длина считываемого пакета данных с датчика, байт;

$L_{\text{прот}}$ - формат передачи одного кадра по протоколу UART, бит;

$V_{\text{пер}}$ - скорость передачи данных, бит/с.

Вычисленное значение времени считывания одного пакета с датчика по формуле (4.2)

$$t_{\text{счит}} = \frac{L_{\text{дат}} \cdot L_{\text{прот}}}{V_{\text{пер}}} = \frac{9 \cdot 12}{2400} = 0,045 \text{ (с)}$$

Формат пакета данных, который формирует микроконтроллер для отправки их на устройство приемника с минимальной необходимой информацией приведен в соответствии с разделом 3.5. Время передачи одного пакета данных от модуля передатчика по радиоканалу $t_{\text{пер}}$, с, можно вычислить по формуле

$$t_{\text{пер}} = \frac{L_{\text{р}} \cdot L_{\text{прот}}}{V_{\text{пер}}}, \quad (4.3)$$

где $L_{\text{р}}$ - длина конечного передаваемого пакета данных, байт;

Вычисленное значение времени передачи одного пакета данных по формуле (4.3)

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	ИЗМ.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист
												30

Копировал _____ Формат А4

$$t_{\text{пер}} = \frac{L_p \cdot L_{\text{прот}}}{V_{\text{пер}}} = \frac{16 \cdot 12}{2400} = \frac{192}{2400} = 0,080 \text{ (с)}$$

Вычисленное значение времени работы передающего устройства в активном режиме по формуле (4.1)

$$t_{\text{акт}} = t_{\text{счит}} + t_{\text{пер}} = 0,045 + 0,080 = 0,125 \text{ (с)}$$

Пусть передатчик отправляет пакет с данными информации каждые пять минут. Тогда время активной работы за день можно вычислить по формуле

$$t_{\text{раб}} = t_{\text{акт}} \cdot \frac{60 \cdot 24}{5} = 0,125 \cdot 288 = 36 \text{ (с)}$$

Таким образом, за целый день устройство в активном режиме будет находится минимальное время. Оставшееся время работы устройство находится в ждущем режиме с значительно меньшим энергопотреблением.

Суммарную мощность потребления, передающего устройства за день $P_{\text{общ}}$, Вт/ч, можно вычислить по формуле

$$P_{\text{общ}} = (I_{\text{мк}} + I_{\text{дат}} + I_{\text{пер}}) \cdot U_{\text{ном}} + I_{\text{мк жд}} \cdot U_{\text{жд}}, \quad (4.4)$$

- где $I_{\text{мк}}$ - ток потребления микроконтроллера в активном режиме, А;
 $I_{\text{мк жд}}$ - ток потребления микроконтроллера в ждущем режиме, А;
 $I_{\text{дат}}$ - ток потребления лазерного датчика в активном режиме, А;
 $I_{\text{пер}}$ - ток потребления передатчика радиоканала, А;
 $U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение в активном режиме, В;
 $U_{\text{жд}}$ - напряжение микроконтроллера в ждущем режиме, В.

Значение токов потребления и напряжений приведены в таблице 4.1. Напряжение микроконтроллера в ждущем режиме приведено в таблице 3.3. Вычисленное значение суммарной мощности потребления по формуле (4.4)

$$P_{\text{общ}} = (120 \cdot 10^{-6} + 120 \cdot 10^{-3} + 22 \cdot 10^{-3}) \cdot 5,0 + 300 \cdot 10^{-9} \cdot 1,8 = 0,600 \text{ (Вт)}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист		
							31	
								ИТКЭ.407629.003 ПЗ

4.2 Выбор источника питания

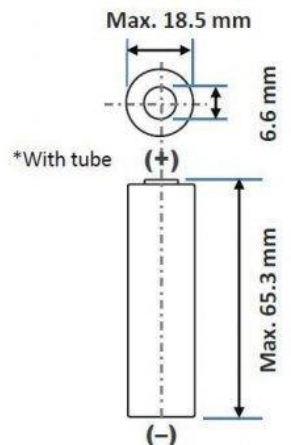
В качестве автономного элемента питания в работе используется пара литий ионных аккумуляторов компании «Liitokala» NCR18650B

Specifications

Rated capacity ⁽¹⁾	Min. 3200mAh
Capacity ⁽²⁾	Min. 3250mAh Typ. 3350mAh
Nominal voltage	3.6V
Charging	CC-CV, Std. 1625mA, 4.20V, 4.0 hrs
Weight (max.)	48.5 g
Temperature	Charge*: 0 to +45°C Discharge: -20 to +60°C Storage: -20 to +50°C
Energy density ⁽³⁾	Volumetric: 676 Wh/l Gravimetric: 243 Wh/kg

(1) At 20°C (2) At 25°C (3) Energy density based on bare cell dimensions

Dimensions



For Reference Only

Нужно ли использовать какой-нибудь DC-DC преобразователь с повышением и стабилизацией. Посмотрел следующие варианты:

- 1) https://aliexpress.ru/item/4001244750485.html?item_id=4001244750485&sku_id=10000015442297588&spm=a2g2w.productlist.0.0.24db6609ltxTeH
- 2) https://aliexpress.ru/item/4000003691452.html?spm=a2g2w.productlist.0.0.24db6609ltxTeH&sku_id=10000000004580815
- 3) <https://www.chipdip.ru/product/ncp1402sn50t1g>
- 4) <https://www.chipdip.ru/product/lm27313xmf-nopb-2>

С креплением конструкции тоже пока не решил.

4.3 Выбор корректирующих элементов схемы(резисторы и прочее)

4.4 Расчет допусков на изготовление корпусов?

4.5 Расчет показателя технологичности изделий

Подп. и дата	
Инв. № дил.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИТКЭ.407629.003 ПЗ

Лист
32

5 Конструкция изделий

6 Технология производства

7 Разработка программного обеспечения

8 Технико-экономическое обоснование

9 Заключение

В процессе работы над выпускной квалификационной работой было разработано устройство сопряжения для датчика температуры-влажности. Устройство позволяет производить замер параметров внешней среды в реальном времени и фиксировать их значения как с помощью ЭВМ, так и с помощью светодиодного дисплея, встроенного в устройство.

В результате выполнения данного дипломного проекта был рассмотрен процесс разработки устройства. Были выбраны способы конструкции, рассмотрены методы реализации. Была выбрана элементная база и написано программное обеспечение. Были произведены основные требуемые расчёты.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ИТОГ	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			33

Копировал

Формат А4

Приложение А
(обязательное)
Технологическая схема сборки

Библиография

- [1] Стандартизация конструкторской документации: учебное пособие / В. Я. Вайспапир; Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики. - Новосибирск: СибГУТИ, 2020. -168с
- [2] ЕСКД в студенческих работах : учеб. пособие / В. Я. Вайспапир, Г. П. Катунин, Г. Д. Мефодьева ; Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. - Новосибирск : СибГУТИ, 2009. - 215 с. : ил. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. - URL: <http://ellib.sibsutis.ru/ellib/2009/new/293> - Режим доступа: по паролю. - Библиогр.: с. 153-155.
- [3] Вайспапир В. Я., Катунин Г. П., Мефодьева Г. Д. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронных средств : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 210400 - "Телекоммуникации" подгот. дипломир. специалистов, магистров и бакалавров / В.Я. Вайспапир, Г.П. Катунин, Г.Д. Мефодьева; Федер. агентство связи, Сибир. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. - Новосибирск : Сибир. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики, 2005. - 249 с. : ил., табл. ; 20 см. - Библиогр.: с. 247-249
- [4] Электронный ресурс, компания MOLINS, силоса с плоским дном, доступ по ссылке URL: <https://molinus.ru/product/silosa-s-ploskim-dnom/>
- [5] Электронный ресурс, компания Промышленные силосные технологии, Промсилтек, свободный доступ по ссылке URL: <https://promduct.ru/silos/silosy-3500mm/sbornyy-silos-ss-38/>
- [6] Исакович Р.Я., Технологические измерения и приборы. Издание 2-е, переработанное. Москва, «Недра», 1979. 161-171 с.
- [7] Пронько В.В., (Учебники и учеб.пособия для учащихся техникумов), Технологические измерения и КИП в пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1990. – 206-210 с, 240-255 с.
- [8] Л.А. Широков, В.И. Михайлов, Р.З. Фельдман, Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в пищевой промышленности – М.: Агропромиздат, 1986. 108-127 с.
- [9] В.Б. Бокшанский, Д.А. Бондаренко, (учеб.пособие) Лазерные приборы и методы измерения дальности – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, 94 с.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата							
										ИТКЭ.407629.003 ПЗ	39
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата							

- [10] Электронный ресурс, Egismos // Модуль лазерного дальнометра LDK-3M-RS, свободный доступ по ссылке:
<https://www.egismos.com/ru/lazernoe-izmereniya/modul-lazernogo-dal-nomera-model-3.html>
- [11] Электронный ресурс, Benewake // Модуль лазерного дальнометра TFmini-S, свободный доступ по ссылке:
<http://ru.benewake.com/product/detail/5c345e26e5b3a844c472329c.html>
- [12] Электронный ресурс, Chengdu JRT Meter Technology Co., LTD // Industrial Laser Arduino Distance Sensor U81/85, свободный доступ по ссылке:
<https://www.irdistancesensor.com/distance-sensor-short-range57657185.html>
- [13] Электронный ресурс, ChipDIP:
<https://www.chipdip.ru/product0/8793762477>
- [14] Электронный ресурс, ChipDIP:
<https://www.chipdip.ru/product/attiny85-20pu>
- [15] Электронный ресурс, ChipDIP:
<https://www.chipdip.ru/product0/8230404904>
- [16] <https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-x-ide>
- [17] <https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-xc-compilers>

Исх. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Исх. № подл.						Лист 3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ						

Ссылочные нормативные документы

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер раздела, подраздела, приложения документа, на который дана ссылка
РД4.050.011-89	5
ОСТ 4Г 0.50.226-84	5
ОЖ0.467.130 ТУ	5
ГОСТ 17299-78	5
ГОСТ 18300-87	5
ОСТ 107.15.2011-91	5
СП 43.13330.2012	2.2
EIA RS-232-C-1997	3.4

Ссылочные документы

Наименование документа, на который дана ссылка	Номер раздела, подраздела, приложения документа, на который дана ссылка
ИТКЭ.405219.001 Э6	5
ИТКЭ.758725.001	7
ИТКЭ.301179.001	7
ИТКЭ.405219.001 СБ	7
ИТКЭ.405219.002 СБ	7
ИТКЭ.405219.001	8
ИТКЭ.301179.001	8

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дудл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИТКЭ.407629.003 ПЗ	40
------	------	----------	-------	------	--------------------	----

Лист регистрации изменений

[illegible]