

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модуль учета расхода воды для системы «Умный дом»

УДК 004.89:728.37:628.171

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Букрина Анна Валерьевна		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.м.н. доцент		
Руководитель ООП	Заревич Антон Иванович	к.т.н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШНКБ	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н. доцент		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по направлению 27.04.01

«Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО 3+, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения.	Требования ФГОС 3+ (ОК-1, 8, 9, 10; ПК- 17, 23, 24, 28). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, проводить анализ состояния и динамики метрологического и нормативного обеспечения производства, производить оценку качества измерений, контроля и испытаний, проводить работы по автоматизации измерений и контроля в производстве и научных исследованиях.	Требования ФГОС 3+ (ОК - 13, ПК - 3, 7, 8, 9, 13, 14). Критерий 5 АИОР (п.1.3, 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	выполнять работы в области стандартизации и сертификации: выполнять разработку и экспертизу новых технических регламентов и другой нормативной документации, разрабатывать процедуры оценки соответствия, поддерживать единое информационное пространство планирования и управления предприятием на всех этапах жизненного цикла изделий.	Требования ФГОС 3+ (ПК-1, 2, 5, 6, 19, 21, 29). Критерий 5 АИОР (п. 1.3, 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: исследовать причины появления некачественной продукции, разрабатывать предложения по предупреждению и устранению причин брака, осуществлять приемочный и выходной контроль продукции, а также контроль производства на основе современных технических средств.	Требования ФГОС 3+ (ПК-4, 12, 14, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.3, 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	Использовать базовые знаний в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения инновационной инженерной деятельности; организовывать работы по защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на них, проводить технико-экономический анализ по проектам связанным с метрологическим обеспечением производства.	Требования ФГОС3+ (ОК-5, ПК-11, 14, 16, 17, 18, 20, 27, 30). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
Универсальные компетенции		
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, заниматься научно- педагогической деятельностью в области метрологии, технического регулирования и управления качеством.	Требования ФГОС 3+ (ОК-1, 3, 4, 5, ПК-32, 33, 34). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок работ, демонстрировать ответственность за результаты работы.	Требования ФГОС 3+ (ОК-11, 12, ПК-20, 22, 32). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности.	Требования ФГОСЗ+ (ОК-14, ПК-26) Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду.	Требования ФГОС ВПО 3+ (ОК-7, ПК-10, 14, 20,). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности, проявлять гражданскую позицию, направленную на его совершенствование.	Требования ФГОС ВПО 3+(ОК-6). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность): 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ А.И. Заревич
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ61	Букриной Анне Валерьевне

Тема работы:

Модуль учета расхода воды для системы «Умный дом»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2585/с от 13.04.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Техническое описание модуля Arduino; драйвера к модулю Arduino; среда программирования Arduino; техническое описание на счетчик расхода воды с импульсным выходом типа Норма СВКМ-15УИ; техническое описание модуля ESP8266-01.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Выбор схемы модуля учета расхода воды; выбор платы сбора данных; разработка программы для модуля Arduino; разработка веб-сервера на платформе ESP8266-01; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность.</p>
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Функциональная схема модуля учета расхода воды;</p>

<i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	принципиальная схема модуля Arduino; принципиальная схема модуля ESP8266; блок-схема программы для модуля Arduino; мультимедийная презентация в формате .pptx на 14 слайдах.
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна
Раздел ВКР на иностранном языке	Кузнецова Ирина Николаевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

1.3 Современные устройства системы «умный дом»

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Букрина Анна Валерьевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ61	Букриной Анне Валерьевне

Школа	информационных технологий и робототехники	Отделение	автоматизации и робототехники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.01 стандартизация и метрология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объектом исследования является устройство для считывания, обработки и передачи показаний со счетчиков расхода воды на мобильные устройства или ПК. Данное устройство может применяться для бытовых счетчиков расхода воды, имеющих импульсный выход.</i></p> <p><i>Рабочим местом при выполнении работы является аудитория учебного корпуса.</i></p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p>	<p><i>Вредными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: высокая степень шума на рабочем месте, пониженная влажность воздуха, высокий уровень электромагнитных излучений, недостаточная освещенность рабочей зоны и недостаток естественного освещения.</i></p> <p><i>Психофизиологическими факторами являются: физические статические перегрузки, монотонность труда и умственное перенапряжение.</i></p> <p><i>Опасными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: электрический ток, возможность термической опасности, короткое замыкание, наличие паров канифоли и припоя при использовании паяльника.</i></p> <p><i>Средства индивидуальной защиты.</i></p>
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<p><i>Рассматривается влияние разрабатываемого устройства на окружающую среду, а именно на литосферу, гидросферу и атмосферу, на этапе его утилизации.</i></p> <p><i>Анализ негативного воздействия на литосферу: утилизация люминесцентных ламп и батареек.</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p>	<p><i>Пожар. Обоснование мероприятий по предотвращению пожара и разработка порядка действия в случае его возникновения ЧС.</i></p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p>	<p><i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</i></p> <p><i>1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства: рабочее время, нормы работы за компьютером, контролирующие органы регулируются Трудовым кодексом РФ и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</i></p> <p><i>2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: оптимальное размещение используемых предметов в рабочей зоне регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШНКБ	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Букрина Анна Валерьевна		01.03.2018

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ61	Букриной Анне Валерьевне

Школа	информационных технологий и робототехники	Отделение	автоматизации и робототехники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	стандартизация и метрология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент по г. Томску
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	– потенциальные потребители результатов исследования; – анализ конкурентных технических решений; – SWOT – анализ; – оценка готовности проекта к коммерциализации.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	– определение цели и результатов проекта; – определение участники проекта.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	– структура работ в рамках научного исследования; – определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно - технического исследования.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	– оценка сравнительной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. График проведения и бюджет НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.03.2018 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Букрина Анна Валерьевна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (специальность): 27.04.01 Стандартизация и метрология
Уровень образования магистратура
Отделение школы (НОЦ) автоматизации и робототехники
Период выполнения весенний семестр 2018 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.06.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.18	<i>Основная часть</i>	60
25.05.18	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	20
30.05.18	<i>Социальная ответственность</i>	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

Реферат

Магистерская диссертация 123 с., 47 рисунков, 21 таблица, 43 источника, 5 приложений.

Ключевые слова: модуль учета расхода воды, система «умный дом», счетчик расхода воды с импульсным выходом, передача данных по беспроводному каналу, протокол Wi-Fi.

Объектом исследования является модуль учета расхода воды.

Цель работы – разработка аппаратной и программной части модуля учета расхода воды для системы «Умный дом».

В процессе работы проводилась разработка модуля учета расхода воды в виде дополнительного устройства к счетчикам расхода воды с импульсным выходом и анализ его выходных данных.

В результате исследования были созданы программная и аппаратная части модуля учета расхода воды.

Достигнутые технико-эксплуатационные показатели: устройство позволяет проводить подсчет количества импульсов со счетчика, вычисление показаний счетчика и их передача по беспроводному каналу Wi-Fi.

Степень внедрения: данная разработка находится на этапе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Эффективность использования разработанного устройства заключается в автоматизации сбора данных по расходу воды и передачи результатов по беспроводному каналу потребителю.

Данное устройство может применяться в жилых помещениях и может быть интегрировано в систему «умный дом».

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2007 и представлена в распечатанном виде на листах формата А4.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

импульсный счетчик расхода воды: Устройство, предназначенное для определения точного объема расхода холодной и горячей воды, оснащенное импульсным выходом, которое позволяет подключать счетчики к единой сети для считывания информации в реальном времени.

«умный дом»: высокотехнологичная система, позволяющая объединить все коммуникации в одну и поставить её под управление искусственного интеллекта, программируемого и настраиваемого под все потребности и пожелания потребителя.

геркон (герметизированный контакт): Электромеханическое коммутационное устройство, изменяющее состояние подключённой электрической цепи при воздействии магнитного поля от постоянного магнита или внешнего электромагнита.

импульс: Резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня за промежуток времени до нескольких миллисекунд.

веб-сервер: Сервер, принимающий запросы от пользователя и выдающий ответы (например, документ, страницу или сайт).

Обозначения и сокращения

ИСРВ – импульсный счетчик расхода воды;

МК – микроконтроллер;

СГВ – счетчик горячей воды;

СХВ – счетчик холодной воды;

МУ – мобильное устройство;

УСПД – устройство сбора и подготовки данных.

Оглавление

	С.
Введение	15
1 Развитие концепции «умный дом»	17
1.1 Подходы к реализации системы «умный дом»	17
1.2 Современные разработки устройств системы «умный дом»	22
2 Средства измерений расхода воды	30
2.1 Классификация средств измерений расхода воды	30
2.2 Методы сбора и передачи результатов измерений расхода воды	33
3 Описание составляющих модуля учета расхода воды	37
3.1 Счетчики расхода воды с импульсным выходом	37
3.2 Универсальная платформа DFRduino Uno 3.0	38
3.3 Плата ESP8266 ESP01	40
4 Разработка модуля учета расхода воды	43
4.1 Аппаратная часть модуля учета расхода воды	44
4.2 Программная часть модуля учета расхода воды	61
5 Социальная ответственность	68
5.1 Производственная безопасность	68
5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	69
5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	74
5.2 Экологическая безопасность	76
5.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	76
5.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	77
5.3 Безопасность в ЧС	78

6.3.1	Обоснование мероприятий по предотвращению пожара и разработка порядка действия в случае его возникновения	78
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
5.4.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	79
5.4.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	80
5.5	Выводы по разделу «Социальная ответственность»	81
6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	83
6.1	Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	83
6.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	83
6.1.2	Анализ конкурентных технических решений	83
6.1.3	SWOT-анализ	85
6.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации	86
6.2	Планирование научно-исследовательских работ	89
6.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	89
6.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	90
6.3	Бюджет научно-технического исследования	95
6.3.1	Расчет материальных затрат НИИ	95
6.3.2	Основная заработная плата исполнителей темы	96
6.3.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	97
6.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды	97
6.3.5	Накладные расходы	98

6.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	98
6.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	99
6.5	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент»	101
	Заключение	103
	Список публикаций студента	104
	Список использованных источников	105
	Приложение А (обязательное) Раздел на английском языке	110
	Приложение Б (справочное) Принципиальная схема устройства DFRduino Uno	120
	Приложение В (справочное) Принципиальная схема ESP8266 ESP01	121
	Приложение Г (справочное) Листинг программы подсчета импульсов	122
	Приложение Д (справочное) Принципиальная схема подключения импульсного счетчика расхода воды	123

Введение

Наличие свободного времени человека способствует развитию его творческого потенциала и его самореализации. Поэтому задача снижения затрат на ведение домашнего хозяйства на всех этапах истории всегда была крайне важной. Появление бытовой техники позволило автоматизировать отдельные бытовые операции. Создание микроконтроллеров и их существенное удешевление позволило перейти к концепции «умного дома». Данная концепция позволяет интегрировать бытовые приборы и устройства в единую систему, управлять жилой средой человека, контролировать расход ресурсов, автоматизировать рутинные бытовые операции.

В современной литературе предлагаются разные подходы к практической реализации «умного дома». Их можно разделить на два вида: «подход с нуля» и постепенное наращивание системы.

В рамках первого подхода проектирование «умного дома» начинается на этапе строительства жилища. При этом необходимые информационные и энергетические каналы создаются в ходе строительства и ориентированы на конкретную аппаратную и программную платформу. Достоинство данного подхода состоит в его комплексности и согласованности элементов системы. Недостатками являются дороговизна, недостаточная гибкость при появлении новых устройств, сложность в применении к старому жилому фонду.

Альтернативным является подход, основанный на постепенном наращивании системы, т.е. в основе такого подхода лежит понятие «интернета вещей». Его суть состоит в постоянном добавлении отдельных модулей, реализующих разные бытовые функции при условии согласованности протоколов передачи данных и наличия вычислительного ядра. В качестве вычислительного ядра может быть использован домашний компьютер, мощный планшет или смартфон. Так как прокладывание энергетических и информационных линий требует больших капитальных затрат, то функциональные модули должны обеспечивать беспроводную передачу данных

и автономность питания. Аппаратная и программная части функциональных модулей должны быть недорогими и легко взаимозаменяемыми. Это позволяет наращивать возможности системы при наличии средств. Поэтому актуальным является поиск и обоснование технических решений для функциональных модулей в рамках концепции «умного дома».

Целью данной работы является проектирование функционального модуля в рамках концепции «умного дома» для измерения расхода воды, который может передавать полученную информацию по беспроводным каналам связи на любое вычислительное ядро.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- информационный поиск аналогов и прототипов подобных устройств;
- обоснование и выбор решений для аппаратной части проектируемого модуля;
- обоснование и выбор алгоритмических и программных решений для данного модуля;
- тестирование модуля.

В основе данного модуля лежит универсальная платформа DFRRduino Uno и модуль ESP6288, которые позволят осуществить сбор и передачу измерительной информации по беспроводным каналам связи.

В первой главе данной работы приведено описание развития и реализации концепции «умный дом».

Во второй главе описаны средства измерений расхода воды, а также способы передачи измерительной информации.

В третьей главе приведено описание составляющих частей модуля учета расхода воды.

В четвертой главе представлена разработка модуля и реализация передачи измерительной информации по беспроводному каналу связи.

1 Развитие концепции «умный дом»

Система «умный дом» – это высокотехнологичная система, позволяющая объединить все коммуникации в одну и поставить её под управление искусственного интеллекта, программируемого и настраиваемого под все критерии и пожелания потребителя.

Цель данной системы: согласование системы жизнеобеспечения, установка контроля над домом, осуществление наблюдения за ним по сети интернет или через другие каналы связи.

1.1 Подходы к реализации системы «умный дом»

В настоящее время существуют различные подходы к данной системе. Их можно разделить на два вида: «подход с нуля» и постепенное наращивание системы. Первый подход заключается в проектировании «умного дома» на этапе строительства жилища. Такой подход значительно увеличивает стоимость жилья. Другим подходом является постепенное наращивание системы. Данный подход заключается в постоянном добавлении отдельных функциональных модулей, реализующих различные бытовые функции, например, модули управления энергией, расходом воды, теплом, созданием комфортной среды в помещении и т.п. Такие модули должны обеспечивать беспроводную передачу данных и автономность питания. Аппаратная и программная части должны быть недорогими и легко взаимозаменяемыми. Это позволяет реализовывать различные уровни системы, а так же делает ее более гибкой.

Разработкой таких систем и составляющих «умного дома» занимаются как специализированные фирмы, так и люди, интересующиеся данной областью.

К примеру, фирма «Пульсар» выпускает счетчик импульсов-регистратор «Пульсар», который используется для коммерческого и технологического учета

потребления холодной и горячей воды, газа. Внешний вид приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Счетчик импульсов-регистратор «Пультар»

Счетчики импульсов-регистраторы «Пультар» предназначены для измерения количества, обработки и регистрации сигналов в виде импульсов, формируемых импульсными датчиками в составе счетчиков воды, газа, электроэнергии, а также импульсными датчиками в составе других устройств.

Прибор обеспечивает:

- индикацию потребляемых объемов энергоресурсов в целом и по нарастающим результатам (по каждому направлению);
- обработку и сохранение значений потребляемых коммунальных услуг;
- фиксацию времени функционирования оборудования в часах;
- фиксацию даты и времени;
- фиксацию значений объема потребляемой электроэнергии по возрастающим результатам, по нескольким тарифам отдельно, при внедрении двух тарифной системы учета расхода электричества;
- мгновенную выдачу значений потребленных энергоресурсов с сохранением архивов на конец каждого часа.

Тип прибора зарегистрирован в Госреестре СИ № 25951-10 [1].

Существуют и готовые системы, например, фирмы Siemens. Данные системы состоят из нескольких блоков: концентраторы, счетчики воды, модули локальной или удаленной передачи.

Основой системы для дистанционного наблюдения результатов измерений являются концентраторы. Концентратор измеряет выходные сигналы с первичных преобразователей и/или счетчиков воды и распределяет их в сети. На каждом концентраторе подключена беспроводная связь, которая позволяет осуществлять удаленное отслеживание показаний счетчиков на основе GSM и интерфейсах TCP / IP связи [2].

Так как проблема автоматизации сбора данных со счетчиков расхода воды довольно актуальна среди обычных жителей многоквартирных домов, то существуют различные решения данной проблемы, созданные обычными людьми. Рассмотрим несколько таких вариантов.

В статье «Автоматизация снятия показаний со счетчиков воды» [3] описывается создание устройства, представленного на рисунке 2.



Рисунок 2 – Устройство учета расхода воды на базе Arduino Mega 2580

Основой данного устройства является универсальная плата Arduino Mega 2580. Для передачи данных использовался Ethernet модуль. Данные со счетчиков воды передаются на домашний сервер. Структурная схема устройства приведена на рисунке 3.

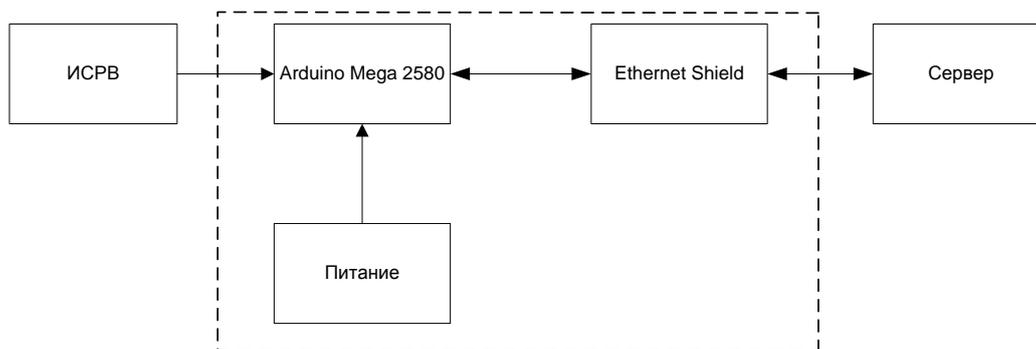


Рисунок 3 – Структурная схема устройства расхода воды на базе Arduino Mega 2580

В статье «Домашняя автоматизация» [4] описывается создание устройства, представленного на рисунке 4.



Рисунок 4 – Внешний вид устройства

Структурная схема приведена на рисунке 5.

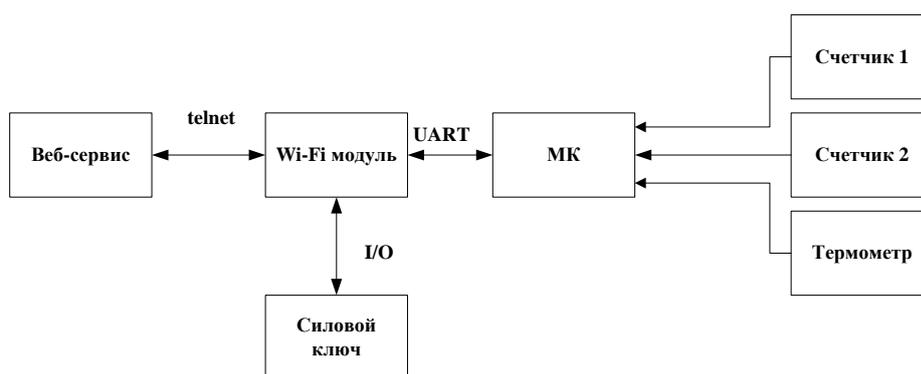


Рисунок 5 – Структурная схема устройства

На приведенном выше рисунке изображена структурная схема спроектированного устройства. Веб-сервис, исполняющий роль пользовательского интерфейса, подключается к Wi-Fi модулю, который по протоколу telnet предоставляет возможность управления собственными

портами ввода-вывода, АЦП и интерфейсом UART. Собственные порты ввода-вывода и АЦП используются для управления силовым ключом бойлера, в то время как через UART происходит обращение к микроконтроллеру, для считывания показаний счетчиков и термометра.

В статье «Подключаем Arduino к счетчикам воды» [5] приведено создание устройства, представленного на рисунке 6.

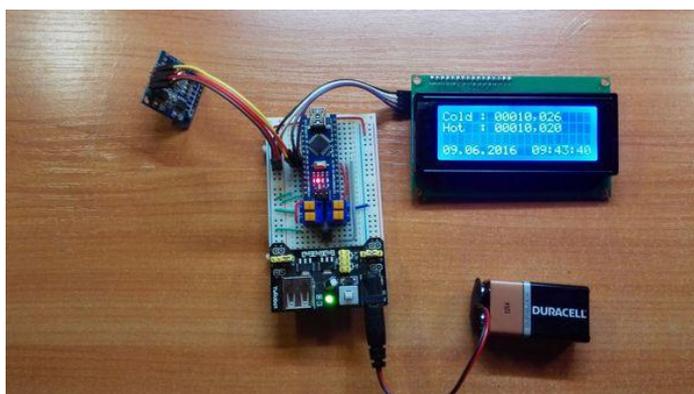


Рисунок 6 – Внешний вид устройства с дисплеем

Основой данного устройства является Arduino Nano и показания счетчиков выведены на дисплей. Структурная схема данного устройства приведена на рисунке 7.

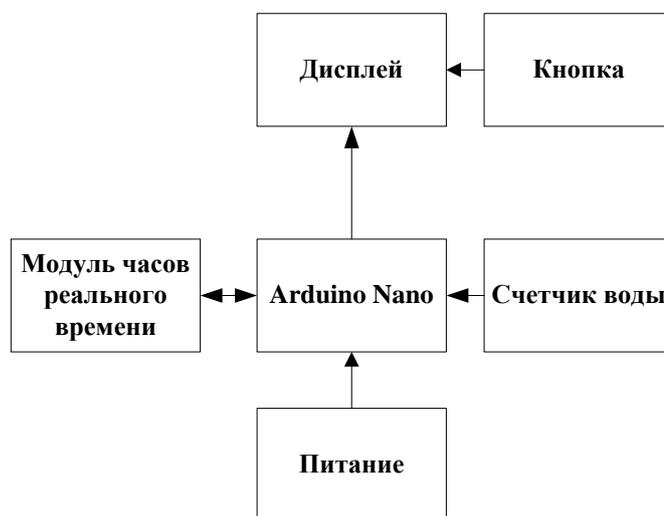


Рисунок 7 – Структурная схема устройства с дисплеем

Принцип действия данного устройства заключается в следующем: импульсные выходы счетчиков подключены через клеммники к Arduino. При замыкании соответствующего выхода счетчик десятков литров увеличивается, соответственно, на 10 л, а при наборе 1000 л – обнуляется счетчик литров и

увеличивается на единицу счетчик кубометров. Все данные сразу же пишутся в энергонезависимую память EEPROM для того, чтобы при потере питания нам не пришлось бы выставлять начальные значения счетчиков заново.

Затем, при включенном дисплее (дисплей включается по кнопке примерно на 30 с) на экран выдаются обновленные значения показаний.

Стоимость такого устройства около 1000 рублей.

Проанализировав все вышеперечисленные устройства можно изобразить общую структурную схему функционирования системы, представленную на рисунке 8.

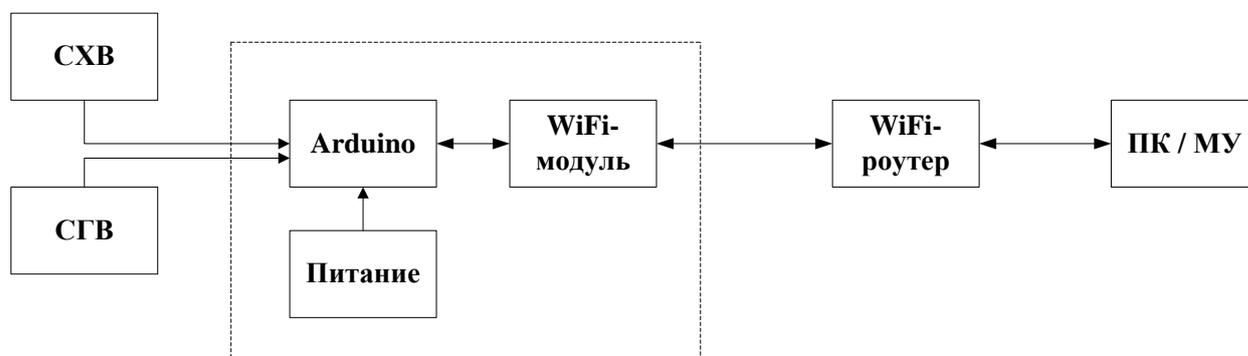


Рисунок 8 – Общая структурная схема устройства

Счетчики расхода воды подключаются к модулю, изображенному пунктирными линиями. Данный модуль содержит плату Arduino, которая отвечает за сбор и обработку входных сигналов. Плата Wi-Fi-модуля позволяет передавать данные пользователю по беспроводному каналу связи. Данным платам необходимо автономное питание. Далее пользователь получает измерительную информацию с помощью мобильного устройства.

1.2 Современные разработки устройств системы «умный дом»

Arduino, как достаточно универсальная и простая в использовании платформа, имеет широкое распространение в различных проектах, направленных на решения задач во многих областях деятельности человека.

Далее будут рассмотрены некоторые проекты устройств системы «умный дом» с использованием данной платформы.

В статье под названием «YoMo: the Arduino-based smart metering board» [6] рассматривается «умная» измерительная система с низким уровнем затрат, а также объясняются основы интеллектуального учета.

Интеллектуальный измерительный прибор представляет собой электронное устройство, которое регистрирует потребление энергии в определенные промежутки времени и делает эту информацию доступной для заинтересованных сторон, которая передается по сетевому интерфейсу.

Такой прибор позволяет обеспечить обратную связь, значительно уменьшает затраты энергии на измерения, поддерживает введение повременной тарификации на электроэнергию и поддерживает быстрый доступ для включения и выключения потока энергии.

Такой умный счетчик будет оснащен локальным блоком для обработки и хранения измеренных данных и блоком связи, который позволяет получать удаленный доступ к измерениям и доступ к интерфейсам конфигурации.

Рассмотрим, какую роль играет Arduino в данном проекте. Плата Arduino не является частью дозирующего щита, но она помогает понять взаимодействие компонентов всей системы. Измеряющее устройство, которое является дозирующим щитом, подключено к Arduino через последовательный канал связи и каналы других управляющих сигналов. Так как Arduino UNO имеет наименьшие габаритные размеры и самую низкую цену, этот выбор является разумным. Первая задача Arduino – это считывать значения регистров энергетического монитора на заданном интервале выборки и направлять оценочные данные в устройство. Вторая задача состоит в том, чтобы анализировать входящие команды от координации устройства и запускать их. Внедренный набор команд включает в себя команды для переключения подключенной нагрузки, установки монитора для сна и бодрствования, и регулировки частоты дискретизации.

Поскольку Arduino оснащена расширением Wi-Fi, используется служба протокола сетевого времени (NTP – Network Time Protocol), чтобы создавать временные метки данных. Эти данные хранятся на SD-карте, а далее

передаются через Wi-Fi к устройству. Программа содержит определенное временное окно, в котором дозирующее устройство проверяет, есть ли команды, которые переданы от устройства координации. В зависимости от команды дозирующее устройство переключает подключенную нагрузку в состояние «включено» или «выключено», а так же включает или выключает монитор энергии на дозирующем щите или регулирует частоту дискретизации.

На рисунке 9 показана общая схема устройства.

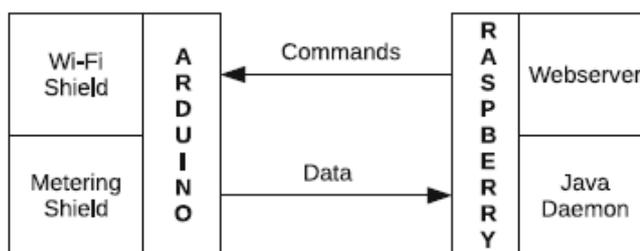


Рисунок 9 – Интеллектуальная схема учета энергии

На рисунке видно, что к плате Arduino подключено расширение для беспроводной передачи данных и расширение для измерения параметров энергии. Далее Raspberry Pi получает данные с Arduino и отправляет ей команды. Все процессы приема и передачи информации от платы к миникомпьютеру и наоборот происходят с помощью беспроводной сети Wi-Fi.

Полученная измерительная плата, названная как Yomo, разработана как расширение для Arduino, которое способно измерять электрические величины, такие как активная мощность, реактивная мощность, полная мощность, ток и напряжение и может переключать приборы до 20 А [6].

В статье «Prototype Utilization of PIR Motion Sensor for Real Time Surveillance System and Web-Enabled Lamp Automation» [7] описывается создание умной системы наблюдения, которая включает датчик движения и в режиме реального времени оповещает пользователя с помощью уведомления в Twitter. В данном проекте Arduino Uno используется как микроконтроллер. Данная разработка является дешевой, эффективной, надежной и применимой. Суть работы заключается в присоединении датчика движения к микроконтроллеру Arduino и к камере. Данная конструкция привязывается к

веб-серверу для уведомления через Twitter. В результате датчик движения фиксирует движение, делает снимок с камеры и в течение нескольких секунд посылает уведомление пользователю в Twitter.

Основная цель системы аппаратного обеспечения обнаружить источник движения. Система формулирует команду для отправки с помощью микроконтроллера Arduino. Если процесс обнаружения выполнен в автоматическом режиме, то микроконтроллер будет выдавать команды для того, чтобы включить или выключить лампу на основе данных, полученных с датчика. Если установлен постоянный режим, то лампа будет всегда включена, даже если датчик не передает никакой информации.

Если установлен режим, который организован в режиме наблюдения, то микроконтроллер попытается отправить команду на веб-сервер через Ethernet, и веб-приложение в сервере будет обрабатывать команду через API (программный интерфейс приложения) Twitter и отправлять сообщение на аккаунт Twitter, зарегистрированный пользователем.

Сообщение содержит информацию о том, что система обнаружила движения в определенное время, указанное в конце сообщения [7].

В статье «Open Source Building Science Sensors (OSBSS): A low-cost Arduino-based platform for long-term indoor environmental data collection» [8] описывается разработка устройства, которое базируется на платформе Arduino и предназначено для измерения и учета экологических параметров.

В настоящее время проект включает в себя различные датчики и регистраторы данных, предназначенные для измерения ряда важных параметров в зданиях, в том числе температуры воздуха и поверхности, относительной влажности воздуха, человеческой занятости, интенсивности света, концентрации CO₂ и перепада давления.

Проект OSBSS использует открытый исходный код Arduino в разработке аппаратных средств сбора базы данных.

Платформа Arduino была успешно использована в ряде других аналогичных проектов по сбору данных, включая встраивание беспроводных

сетей датчиков температуры и контроля влажности внутри бетонных конструкций, мониторинг активности человека и интеграцию через ZigBee и сети Wi-Fi, а также балансировка параметров системы отопления с использованием данных датчиков. Эти и другие исследования продемонстрировали надежность и простоту использования платформы Arduino для сбора данных, что делает его хорошим выбором для разработки сенсорных прототипов для OSBSS.

Используя платформу с низким энергопотреблением OSBSS основанной на Arduino Pro Mini (ATmega328P), были разработаны различные датчики для построения индивидуальных регистраторов данных OSBSS. Прототипы включают в себя датчики: температуры и относительной влажности, движения, CO₂, температуры поверхностей и потока воздуха, интенсивности света, и регистратор данных общего напряжения. Они могут быть использованы для записи выходных сигналов от других коммерческих датчиков, таких как дифференциальные датчики давления или других датчиков CO₂. Каждый из прототипов OSBSS регистраторов данных включает в себя Arduino Pro Mini, DS3234 RTC, держатель карты MicroSD, транзистор и конкретного типа датчик.

Результаты этого исследования OSBSS сети устройств наряду с коммерческими партнерами показывают, что такой набор устройств может быть использован для обнаружения большого количества эксплуатационных параметров с высокой точностью. Основная полезность OSBSS платформы является то, что она недорогая, имеет открытый исходный код и легко настраиваемая [8].

В статье «Experimental Investigation of Remote Control Via Android Smart Phone of Arduino-Based automated irrigation system using moisture sensor» [9] описывается экономичное и простое в использовании (на основе Arduino) автоматизированной системы орошения, которая использует Android смартфон для дистанционного управления. Конструкция системы включает в себя датчик влажности почвы, который подает сигнал, пропорциональный содержанию

влаги в почве, которая сравнивается с заданным пороговым значением, полученным путем отбора проб различных почв и конкретных культур.

Arduino связана беспроводным способом через модуль HC-05 (модуль для передачи данных по каналу Bluetooth) с Android смартфоном. Данные, полученные с помощью Android смартфона от Arduino, отображаются на пользовательском интерфейсе. Пользовательский интерфейс в Android смартфоне позволяет пользователю использовать его как пульт дистанционного управления системы привода ирригационных систем, которая включает в себя переключение, включения и выключения приводного двигателя с помощью Arduino на основе команд от Android смартфона.

Общая схема устройства представлена на рисунке 10.

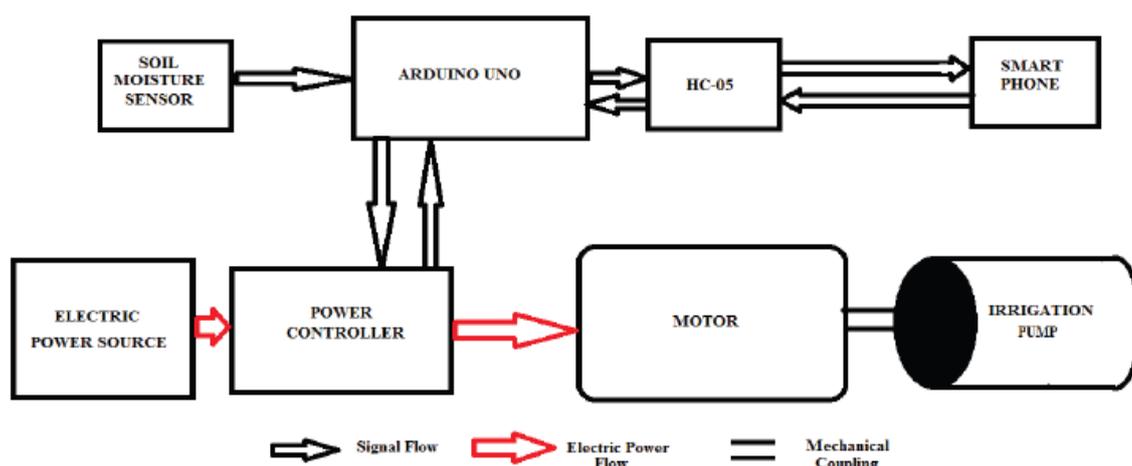


Рисунок 10 – Схема устройства орошения почвы

Датчик влажности почвы имеет пару зондов, которые при введении в почву обеспечивают напряжение, пропорциональное влажности почвы. Это напряжение сравнивается с соответствующим предварительно заданным опорным напряжением, которое соответствует пороговому значению влажности почвы. Опорное напряжение регулируется точно в соответствии с требованием, относящегося к конкретной культуре с помощью потенциометра, который подключен в цепи обработки сигнала датчика. Аналоговый выход компаратора подключен к одному из аналоговых входных портов платы

Arduino Uno, который имеет аналого-цифровой преобразователь, который преобразует это цифровое значение в диапазоне от 0 до 1023.

Плата Arduino Uno запускается программой, использующей программное обеспечение Arduino. Программа считывает входное значение и сравнивает его со значением уровня порога влажности, соответствующей сельскохозяйственной культуре. Пороговый уровень влажности для каждой культуры должен быть получен экспериментально. Если значение лежит выше порогового значения, это означает, что почва сухая, и двигатель должен быть включен, чтобы активировать ирригационный насос и, следовательно, подачу воды в почву. В соответствии с приведенной выше логикой, Arduino Uno выведет «1» (высокий уровень), либо значение «0» (низкий уровень) на выходном контакте.

Выходной контакт платы Arduino подключается по беспроводному каналу к смартфону через Bluetooth (чип HC-05). Существует приложение под названием S2 Terminal на смартфон, которое отображает показания, полученные от HC-05. Как только нажата кнопка на терминале, пользователь будет иметь возможность увидеть «1» или «0», которые появляются на экране через определенные промежутки времени, в зависимости от периода времени, указанного в коде. Пользователю будет представлена возможность включать двигатель или нет с помощью сообщений «Y» (да) или «N» (нет). Этот ответ подается обратно на плату Arduino через HC-05. Код, загруженный в плату Arduino, проверяет ответ, полученный от телефона. Если ответ «да», он посылает сигнал высокого уровня (1) на выходной контакт, который подключен к контроллеру мощности двигателя. С другой стороны, если ответ «нет», он посылает сигнал низкого уровня (0) к выходному контакту контроллера. Регулятор мощности включает или выключает двигатель, который запускает работу орошения [9].

Данный раздел переведен на английский язык и приведен в приложении А.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что работы по созданию устройств системы «умный дом» осуществляются как фирмами, так и самими жителями многоквартирных домов. Универсальная платформа Arduino является очень популярной и удобной платформой для реализации проектов таких систем. Эта платформа проста в использовании, недорога, а так же можно расширить ее функциональные возможности путем установки дополнительных датчиков и модулей.

Данная работа посвящена разработке модуля учета расхода воды в помещениях многоквартирных домов. Для этого необходимо подобрать подходящий вид счетчиков расхода воды, для которых будет применен разрабатываемый модуль.

2 Средства измерений расхода воды

2.1 Классификация средств измерений расхода воды

Рассмотрим классификацию счетчиков расхода воды. Разновидности тахометрических счетчиков воды представлены на рисунке 11.



Рисунок 11 – Классификация тахометрических счетчиков

Самый простой принцип действия имеют тахометрические счетчики. Основа их конструкции – помещенная в поток жидкости крыльчатка или турбинка. Она связана со счетным механизмом, который преобразует количество ее оборотов в литры или кубические метры. Вода, проходя через тахометрический счетчик воды, воздействует на крыльчатое колесо (для вертикальной оси) или лопасти турбины (для горизонтальной оси).

В водосчетчиках мокрого типа счетный механизм не отделен от воды, поэтому его устройство довольно простое и цена всего прибора относительно невысока. Но при сильном загрязнении воды он начинает искажать показания и быстро выходит из строя. В счетчиках для воды сухого типа счетное устройство изолировано от потока воды немагнитной перегородкой. Благодаря такому подходу в нем не образуются отложения, срок службы значительно продлевается, но цена на прибор возрастает в сравнении со счетчиками мокрого типа.

Сухоходный одноструйный счетчик воды, принцип работы которого основан на измерении числа оборотов крыльчатки, вращающейся под действием единого потока воды в трубопроводе. Вращение крыльчатки передается на индикаторное устройство посредством магнитных муфт. Счетный механизм сухоходного счетчика защищен от воздействия воды, что обеспечивает долговременную стабильность измерений.

Достоинства:

- конструкция прибора обеспечивает защиту от внешнего магнитного поля (антимагнитная защита счетчика воды);
- все приборы могут быть оснащены импульсным выходом, что обеспечивает возможность дистанционного считывания показаний.

Многоструйные счетчики воды отличаются от одноструйных тем, что поток воды перед попаданием на лопасть крыльчатки делится на несколько струй. Благодаря этому значительно снижается погрешность турбулентности потока.

Достоинства:

- минимальные трудозатраты демонтажа и монтажа при проведении периодических проверок (поверке подлежит только верхняя легкоъемная часть счетчика воды);
- через дополнительные переходные втулки лицевая панель счетчика устанавливается на уровень декоративной поверхности (переходные втулки различных размеров);
- все счетчики воды могут быть оснащены импульсным выходом, что обеспечивает возможность дистанционного считывания показаний (модуль импульсного выхода устанавливается внутрь корпуса счетчика воды).

Электромагнитные счетчики разработаны на основе закона о магнитной индукции Фарадея. Поток воды индуцирует в электромагнитной катушке ток, пропорциональный ее скорости движения. Очевидно, что расходомеры данного типа значительно дороже и поэтому практически не применяются для поквартирного учета бытовой питьевой воды. Чаще такие приборы

предназначаются для измерения потоков воды в пищевой, пивоваренной, фармацевтической промышленности, порой довольно медленных, а также для потоков сточных вод.

Расходомеры волюмометрического типа в России используются редко. В этих устройствах вода под давлением подается в камеру определенного объема, которая вращается, пропуская за каждый оборот один и тот же объем воды. Это вращение посредством зубчатой передачи сообщается счетчику, регистрирующему количество потребленной воды. Применяются они также в специальных системах промышленных зданий и лабораторий для мониторинга очень слабых водяных потоков.

Ультразвуковые расходомеры производят измерение расхода измеряемой среды (жидкости, пар, газ, реагенты и т.д.) путём анализа того или иного акустического эффекта возникающего при прохождении через поток ультразвуковых колебаний.

Различают ультразвуковые расходомеры время–импульсного и доплеровского типов. Данный тип расходомеров, как и электромагнитных, относится к полнопроходному классу метрологического расходомерного оборудования.

Принцип действия ультразвуковых расходомеров время-импульсного типа заключается в измерении времени прохождения ультразвукового луча по потоку и против него, разность данного времени равна двойной скорости потока измеряемой среды.

Работа ультразвуковых расходомеров доплеровского типа заключается в определении скорости движения частиц (взвеси, загрязнения и т.д.) или вихреобразований, имеющих в движущемся потоке измеряемой среды «методом Доплера».

Вода для промышленных предприятий и сточные воды – основные сферы применения ультразвуковых расходомеров.

Вихревые расходомеры функционируют используя эффект возникающий при взаимодействии протекающей среды с «телом обтекания».

Принцип работы данных расходомеров заключается в фиксировании вихрей возникающих за «телом обтекания», помещённым в поток. Если в поток измеряемой среды поместить некое «тело» (стержень особой формы), то частота возникающих на нём вихрей, так называемая «дорожка Кармана», будет пропорциональна скорости потока, следовательно, и объёмному расходу.

На регистрации количества перепадов давления и преобразовании их в аналоговый или цифровой электрический сигнал основан принцип работы вихревых расходомеров, применяемых для учета расхода не только воды и других маловязких жидкостей, но также пара и газов.

Используются такие приборы чаще всего для регулирования технологических процессов и управления ими. Такие счетчики нерационально использовать для бытовых целей [10].

2.2 Методы сбора и передачи результатов измерений расхода воды

Для того чтобы определить показания счетчика расхода воды можно использовать различные методы. Например, в настоящее время существуют счетчики расхода воды с импульсным выходом, с которых можно считывать количество импульсов с геркона и обрабатывать их с помощью микроконтроллера. Так же можно установить веб-камеру, направленную на водосчетчик, с которой можно будет делать снимки панели водосчетчика.

Следующий метод: использование датчика Холла. На колесике, которое крутит счетный механизм, установлен небольшой магнит, и при использовании датчика Холла можно подсчитывать количество оборотов данного колесика.

И самый обычный метод – это непосредственное наблюдение показаний человеком, что не всегда удобно (в случае, если счетчик воды находится в труднодоступном месте).

Существуют различные способы передачи данных, приведенные в таблице 1. Рассмотрим некоторые из них и определим их достоинства и недостатки.

Таблица 1 – Способы передачи данных [11]

Наименование	Принцип действия	Достоинства	Недостатки
GSM-сеть	применяется для передачи данных об энергопотреблении от устройства сбора и подготовки данных (УСПД) на удаленный сервер	сформированная инфраструктура сотовой сети с достаточно большим покрытием территории, большой выбор оборудования	взимаемая оператором сотовой связи плата за услугу передачи данных, зависимость от работоспособности оборудования оператора сотовой связи, уровень GSM-сигнала в спец-помещениях (подвальные помещения и др.) зачастую низок, что требует дополнительных монтажных мероприятий по установке внешних антенн
силовая сеть 0,4 кВ, канал связи S-SFSK (PLC), полоса частот (20 – 148) кГц (чаще (70 – 90) кГц)	применяется для передачи данных об энергопотреблении от счетчиков в УСПД. Чаще всего используется в автоматизированных информационных системах учета расхода воды (АИС УРВ) административных зданий и жилищно-коммунальном секторе	передача данных от счетчиков к УСПД осуществляется непосредственно по существующей силовой сети 0,4 кВ, что сокращает трудозатраты и стоимость внедрения системы, т.к. отпадает необходимость прокладывать всевозможные информационные кабели	на передачу данных в сети может повлиять любое устройство с реактивной составляющей в нагрузке – люминесцентные лампы, импульсные блоки питания, двигатели и др. При этом если система налажена и работает, то никто не даст полной гарантии, что со временем передача данных в системе будет осуществляться, как положено. Таким образом, данную технологию следует применять лишь в системах, в которых своевременность поступления данных (оперативная информация) не критична
радиоканал на безлицензионной частоте 433 МГц	применяется для передачи данных о потреблении от	передача данных от счетчиков к УСПД осуществляется по	в системах со встроенными в счетчики

или 866 МГц	счетчиков в УСПД. Применяется в случаях, когда прокладка информационного кабеля либо технически невозможна, либо экономически нецелесообразна. Преимуществами данного вида связи являются: отсутствие каких-либо платежей за передачу данных, не требуется получение разрешений. Дальность связи может достигать нескольких километров	радиоканалу, что сокращает трудозатраты и стоимость внедрения системы, т.к. отпадает необходимость прокладывать информационные кабели	радиомодемами есть необходимость в прокладке нескольких кабелей, соединяющих УСПД и радиоретрансляторы. Радиоретрансляторы устанавливаются в ключевых точках и к ним необходимо прокладывать информационный кабель. Данные точки расположены, как правило, на одной отметке с УСПД (подвал, первый этаж) и кабель прокладывается по существующим лоткам
проводные последовательные интерфейсы (RS-485, RS-232, M-BUS).	применяется для передачи данных об энергопотреблении как от счетчиков в УСПД, так и от УСПД в ресурсоснабжающую организацию	надежная передача данных между устройствами низкого, среднего и верхнего уровня. Параллельное объединение большого количества устройств с использованием малого количества проводов	необходимость прокладки кабелей
Wi-Fi	объединение нескольких компьютеров или других беспроводных устройств в единую локальную сеть	высокая скорость передачи данных; компактность; большое разнообразие модулей под разные задачи; высокий уровень стандартизации и совместимость между устройствами Wi-Fi разных производителей; защита передаваемых данных	большое энергопотребление и невозможность работы в течение длительного времени от автономных источников питания; относительно высокая стоимость (по сравнению с Bluetooth и ZigBee)

Для передачи информации беспроводные устройства Wi-Fi используют радиоволны из спектра частот, определенных стандартом IEEE 802.11. Существует четыре разновидности стандарта Wi-Fi 802.11n, который

поддерживает работу сразу в двух частотных диапазонах одновременно на четыре антенны. Суммарная скорость передачи данных при этом достигается (150–600) Мбит/с. Разновидности стандарта сети Wi-Fi приведены в таблице 2 [12].

Таблица 2 – Разновидности стандарта Wi-Fi

Стандарт	802.11b	802.11g	802.11a	802.11n
Количество используемых неперекрывающихся радиоканалов	3	3	3	11
Частотный диапазон, ГГц	2,4	2,4	5	2,4/5
Максимальная скорость передачи данных в радиоканале, Мбит/с	11	54	54	150–600

Для разработки модуля учета расхода воды был выбран способ передачи данных посредством сети Wi-Fi. Данный способ передачи является беспроводным, широко используемым и достаточно быстрым. Для реализации данного вида передачи будем использовать специальный Wi-Fi модуль, который достаточно компактен и имеет высокую совместимость с другими устройствами, позволяющими использовать сети Wi-Fi.

3 Описание составляющих модуля учета расхода воды

3.1 Счетчики расхода воды с импульсным выходом

Счетчики с импульсным выходом, так же как и обычные счетчики воды, подсчитывают количество оборотов крыльчатки под действием потока воды, передающегося на индикаторное устройство с помощью магнитных муфт. Механизм счетчика не имеет контакта с водой (сухоходные счетчики).

Импульсные водосчетчики позволяют считывать показания счетчика автоматизировано и дистанционно, через дополнительные приборы вести централизованный учет расхода воды. Каждый оборот стрелки счетного механизма отсчитывает фиксированное количество воды. Полный оборот стрелки ($0,01 \text{ м}^3 = 10 \text{ л}$) замыкает геркон и он посылает импульс по проводной линии в вычислитель расхода. Далее он может передаваться по цифровым каналам связи в сеть системы учета расхода энергоносителей или даже интернет.

Обязательным условием при установке счетчика с импульсным выходом является наличие антимагнитной защиты. При ее отсутствии прибор может давать недостоверные показания [13].

В данной работе использовался импульсный счетчик расхода воды Норма СВКН-15УИ. Изображение счетчика приведено на рисунке 12.



Рисунок 12 – Норма СВКН-15УИ

Технические характеристики данного типа счетчика приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики счетчика

Наименование характеристики	Значение
диаметр условного прохода, мм	15
максимальное рабочее давление, МПа	1
объемный расход воды, м ³ /ч	минимальный q_{\min} : 0,06 переходный q_p : 0,15 номинальный $q_{\text{ном}}$: 1,50 максимальный q_{\max} : 3,00
порог чувствительности, м ³ /ч	$0,5 \cdot q_{\min}$

Данный тип счетчика воды применяется как для учета холодной, так и горячей воды.

3.2 Универсальная платформа DFRduino Uno 3.0

Для передачи измерительной информации на мобильные устройства необходимо некоторое устройство, получающее измерительную информацию, и передающее ее на мобильные устройства в удобном для пользователя виде с использованием беспроводных каналов связи. Такую систему можно назвать телеметрической. Телеметрическая система – это совокупность устройств, обеспечивающих сбор сигналов со средств первичного преобразования, формирование телеметрических сигналов, передачу их по каналу связи, регистрацию и отображение телеметрических сообщений на приемной стороне [14]. Общая схема данного процесса изображена на рисунке 13.

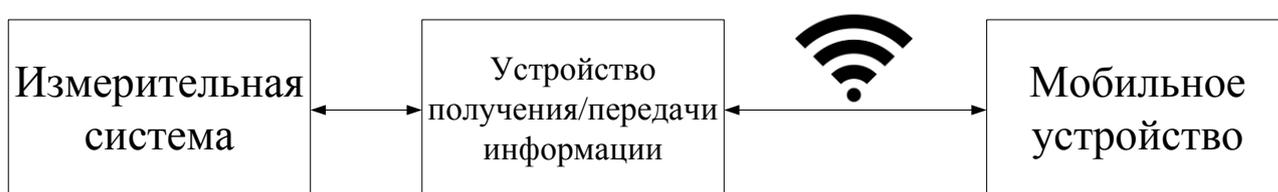


Рисунок 13 – Обобщенная схема телеметрической системы

Для реализации такого устройства можно использовать универсальную платформу DFRduino Uno 3.0, которая является точной копией платы Arduino

Uno, и дополнительную плату, с помощью которой будет осуществляться передача данных по каналу Wi-Fi.

DFRduino является полностью открытой платформой, состоящей из платы и среды разработки, в которой реализована переработанная версия языка Processing/Wiring. Возможно использование для разработки автономных интерактивных объектов, либо взаимодействовать с компьютером (с помощью Flash, Processing, MaxMSP).

Данная платформа построена на микроконтроллере ATmega328. Эта платформа имеет 14 цифровых входов и выходов, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор с частотой 16 МГц, USB разъем, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы платформы необходимо подключить ее к компьютеру с помощью кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

Каждый из 14 цифровых выводов Uno может быть настроен как вход или выход, используя специальные функции программирования pinMode(), digitalWrite() и digitalRead(). Необходимое питание выводов 5 В. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор (по умолчанию отключен) 20 – 50 кОм и может пропускать до 40 мА.

Аналоговые входы платформы (обозначенных как A0 .. A5) имеют разрешение 10 бит (т.е. может принимать 1024 различных значения). Стандартно выводы имеют диапазон измерения до 5 В относительно земли, тем не менее имеется возможность изменить верхний предел посредством вывода AREF и функции analogReference() [15].

Внешний вид платформы показан на рисунке 14.

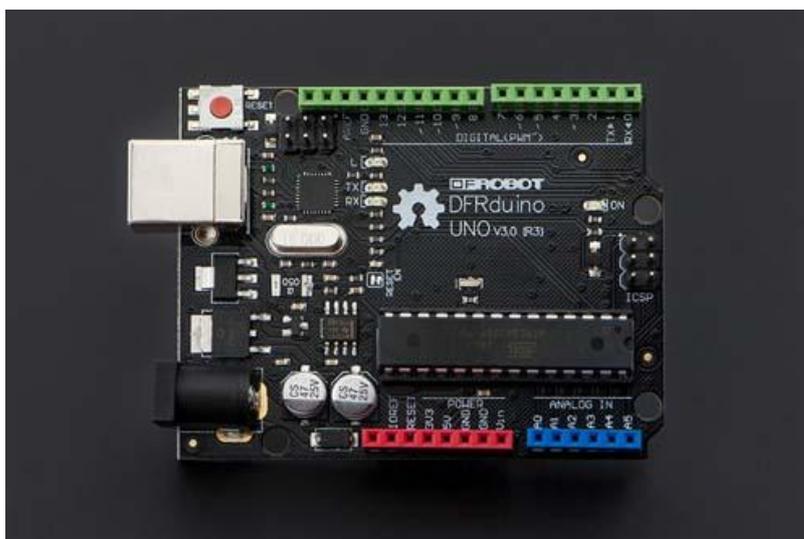


Рисунок 14 – Внешний вид платы DFRduino Uno 3.0

Для данной платформы существуют различные расширения в виде дополнительных плат, которые фиксируются на DFRduino Uno 3.0.

Платы типа Arduino нашли применение во множестве проектов, благодаря своей простоте и доступности. ПО для Arduino универсально – им могут пользоваться и новички, и продвинутые пользователи. Оно работает на Mac, Windows и Linux. Такие платы отличаются своей дешевизной, кроссплатформенностью, простыми и понятными средствами для программирования [16].

Принципиальная схема данного модуля приведена в приложении Б.

3.3 Плата ESP8266 ESP01

Плата ESP8266 ESP01 – это микроконтроллер, разработанный в 2014 году и выпускающийся компанией Espressif Systems – китайской компанией из Шанхая. Он представляет собой сетевое решение с Wi-Fi-трансивером и имеет возможность выполнения записываемых в его память приложений.

Данный модуль имеет широкие возможности, малую стоимость и компактность. Его можно использовать как самостоятельное устройство, так и в составе какой-либо системы.

На рисунке 15 представлен внешний вид платы.

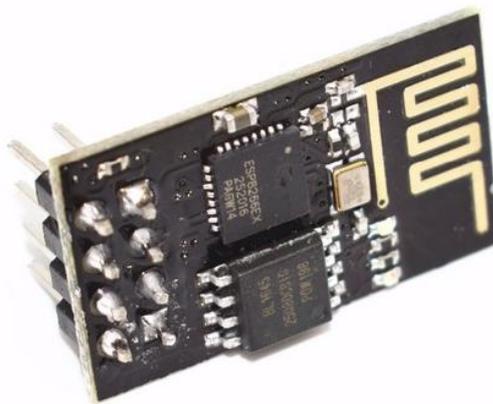


Рисунок 15 – Плата ESP8266 ESP01

Характеристики ESP8266 приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики платы ESP8266 ESP01

Наименование характеристики	Значение
Напряжение питания, В	3,3
энергопотребление, мА	(0,01-170)
флэш-память, Мб	до 16
процессор	Tensilica L106, 32 бита
скорость процессора, МГц	(80-160)
ОЗУ, кб	32
количество портов ввода/вывода	17
АЦП	10-разрядный

Функциональная схема модуля приведена на рисунке 16.

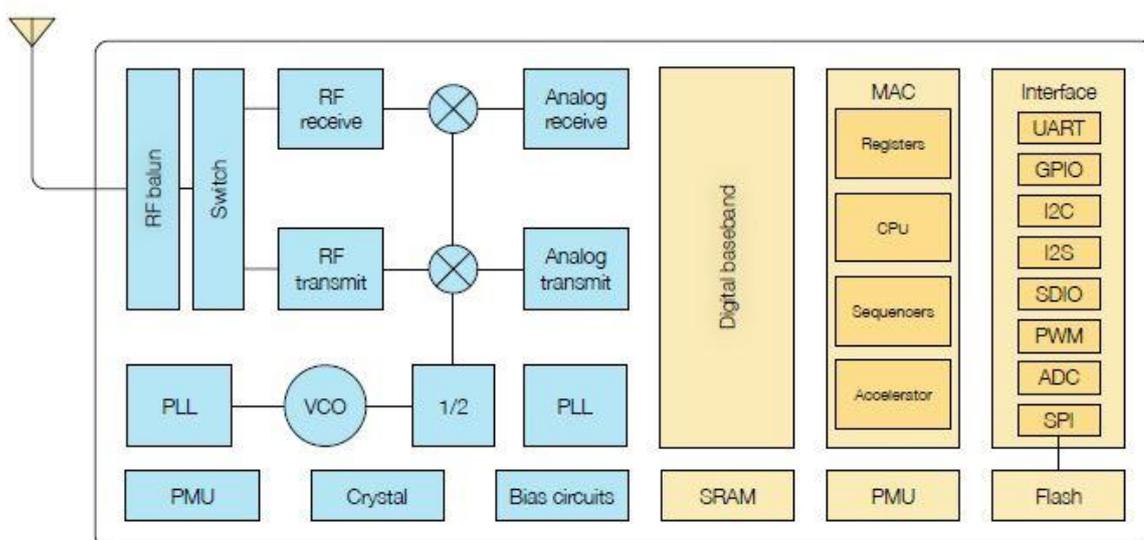


Рисунок 16 – Функциональная схема ESP8266 [17]

Плата ESP8266 не просто дополнение для связи по сети Wi-Fi. ESP8266 сама является микроконтроллером со своими SPI, UART, GPIO интерфейсами, т.е. ее можно использовать автономно.

Назначение контактов модуля ESP8266 ESP-01 изображено на рисунке 17.

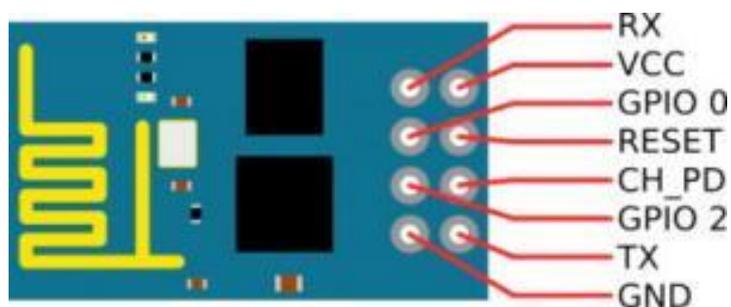


Рисунок 17 – Назначение контактов модуля ESP8266 ESP-01

Контакт CH_PD означает «chip power-down». В нормальном положении он должен быть подсоединен к источнику питания напряжением 3,3 В через резистор номинальным значением 10 кОм. Подключение остальных контактов приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Подключение ESP8266 к Arduino

ESP8266 ESP01	Способ подключения	Arduino UNO
RX	через делитель напряжения	D11 SoftwareSerial используется как TX
TX	через делитель напряжения	D10 SoftwareSerial используется как RX
CH_PD	подсоединен через резистор номинальным значением 10 кОм	+3.3 В
VCC	подсоединен напрямую к питанию	+3.3 В
GND	подсоединен напрямую к питанию	GND
GPIO0	подсоединен через резистор номинальным значением 10 кОм	+3.3 В
GPIO2	подсоединен через резистор номинальным значением 10 кОм	+3.3 В

Принципиальная схема модуля ESP8266 приведена в приложении В.

Возможность использования данного модуля состоит в его доступности и достаточно большого опыта разработчиков в его использовании, что может помочь в создании собственных проектов.

Рассмотренные в данной главе модули будут использоваться при разработке модуля учета расхода воды.

4 Разработка модуля учета расхода воды

4.1 Аппаратная часть модуля учета расхода воды

Для создания макета модуля учета расхода воды были использованы вышеописанные составляющие. Рабочий макет представлен на рисунке 18.

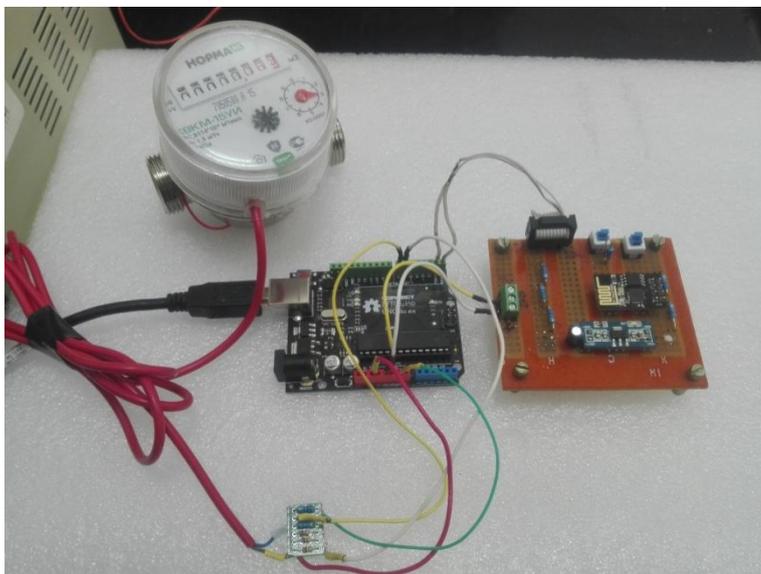


Рисунок 18 – Макет модуля учета расхода воды

Далее будет рассмотрен процесс разработки данного макета модуля учета расхода воды для системы «умный дом».

4.1.1 Альтернативы устройства системы учета расхода воды

Для разработки данной системы учета расхода воды были выдвинуты различные варианты составляющих его элементов. Эти альтернативы представлены на рисунке 19.

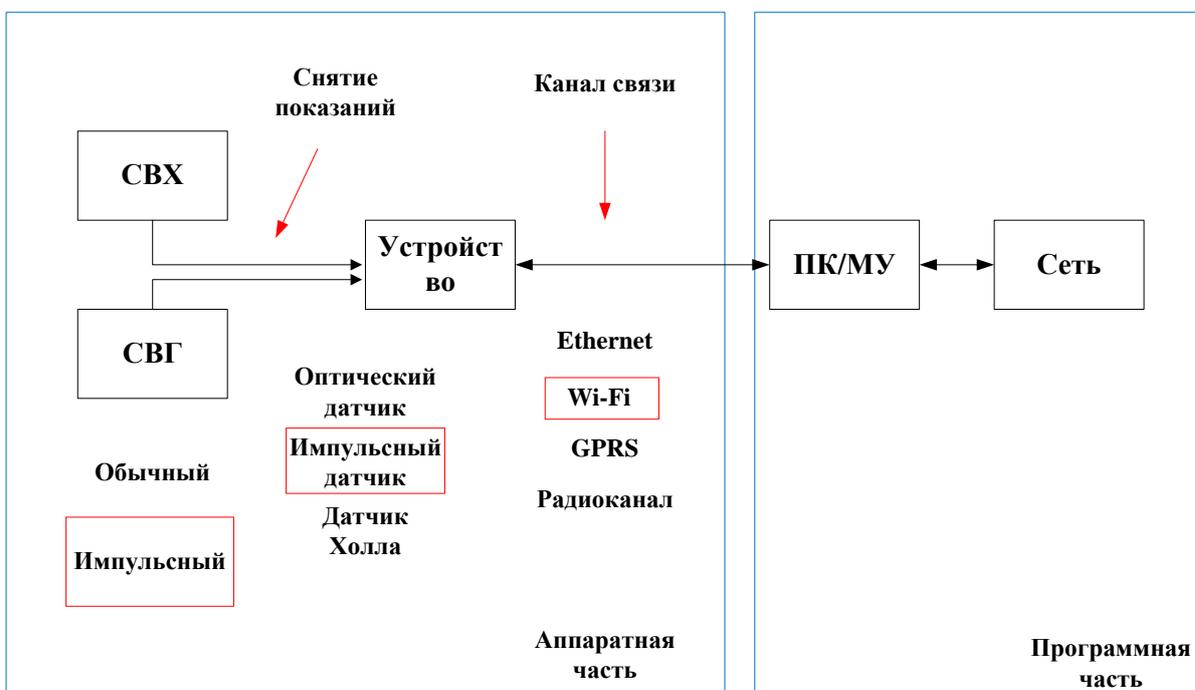


Рисунок 19 – Альтернативные варианты системы

На рисунке красным выделены выбранные объекты для создания модуля учета расхода воды. Были выбраны импульсные счетчики расхода воды, т.к. они уже предназначены для автоматизированного сбора показаний, в то время как обычные счетчики не оснащены никакими датчиками. По цене импульсные счетчики почти не отличаются от обычных.

Импульсные счетчики расхода воды достаточно просты и не преследуют никаких внешних изменений в конструкции самого счетчика, а также не несут лишних затрат. Так же имеются и отрицательные моменты: необходимо внешнее устройство памяти для хранения информации о количестве импульсов, сами импульсы не несут информации о показаниях, поэтому необходимо проводить дополнительные вычисления, что подразумевает использование микроконтроллера.

Рассмотрим и другие предложенные варианты. Оптический датчик (например, веб-камеры) также не требуют изменений в конструкции счетчика, т.к. устанавливаются снаружи, большую часть времени датчик «спит» и активно только в момент снимка панели счетчика. Такие датчики, в основном, имеют избыточные функции, что приводит к их дороговизне. Следовательно,

повышаются требования к ПО, т.к. для автоматизации сбора показаний необходимо иметь систему распознавания образов, что усложняет использование данного вида датчиков для данной задачи.

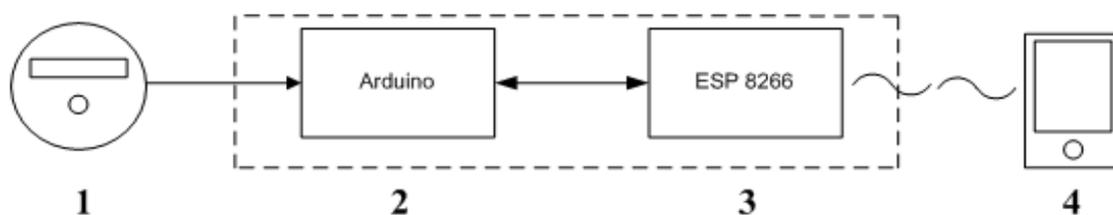
Использование датчика Холла возможно, но при этом возникает необходимость вносить изменения в саму конструкцию водосчетчика, т.к. магнит находится внутри счетчика, а датчику необходимо иметь минимальное расстояние до него.

Были предложены четыре канала связи: Ethernet, Wi-Fi, GPRS и радиоканал. Описание данных каналов связи было описано выше. Для решения поставленной задачи был выбран канал Wi-Fi, так как в данной работе используется подход постепенного наращивания системы, который подразумевает использование беспроводных каналов связи.

4.1.2 Описание проектируемого модуля

Основной целью работы является разработка аппаратной и программной части модуля учета расхода воды в рамках технологии «умного дома». К данному модулю предъявляются жесткие требования: минимальные переделки существующих счетчиков воды, минимальные затраты на аппаратное и программное обеспечение, расширяемость системы за счет наращивания количества и типов модулей учета ресурсов.

На рисунке 20 представлена обобщенная схема проектируемой системы.



1 – импульсный счетчик расхода воды (типа «Норма СВКН»); 2 – микроконтроллерный модуль Arduino Uno, 3 – Wi-Fi-модуль ESP 8266; 4 – смартфон.

Рисунок 20 – Схема системы сбора и передачи данных

Здесь Импульсный счетчик воды имеет магнитоуправляемый герметизированный контакт (геркон), цена деления импульса 0,01 м³/имп. Расход воды вычисляется по формуле:

$$V = V_0 + n \cdot 0,01, \quad (1)$$

где V – расход воды, м³,

V_0 – начальное значение, м³,

n – количество импульсов.

Микроконтроллерный модуль на аккумуляторах основное время находится в спящем режиме и откликается на передний фронт импульса напряжения и обновляет переменную n . Данное значение передается на Wi-Fi-модуль, на котором развернут веб-сервер. По запросу со смартфона может быть прочитано текущее показание расхода воды. Преимущества данной системы: малая стоимость аппаратного обеспечения, отсутствие необходимости в линиях связи и питания, простота перехода от действующих систем учета.

Рассмотрим подробнее каждую часть схемы. Особенностью работы импульсного счетчика воды является влияние магнитного поля магнита на геркон посредством размыканий и замыканий контактов последнего. Полный импульс пересылается датчиком при прохождении 10 л через счетчик измерения воды. В данной работе использовался импульсный счетчик расхода воды Норма СВКН-15УИ.

Во внутреннем строении счетчика используется схема NAMUR.

С помощью схемы из четырех проводов можно подключиться как к релейным считывающим устройствам, так и приборам NAMUR, защищенным дополнительным сопротивлением от разного рода замыканий и разрывов проводов.

Схема импульсного выхода представлена на рисунке 21.

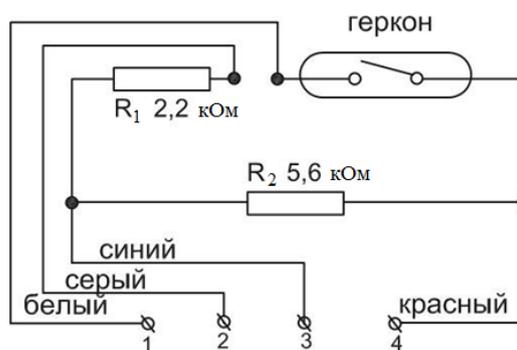


Рисунок 21 – Внутренняя схема импульсного счетчика

В данном счетчике реализована схема NAMUR, которая использует два выхода 3 и 4. При реализации релейной схемы используются выходы 1 и 4. На рисунке 22 представлены схемы NAMUR (рисунок слева) и релейная схема (рисунок справа) [18].

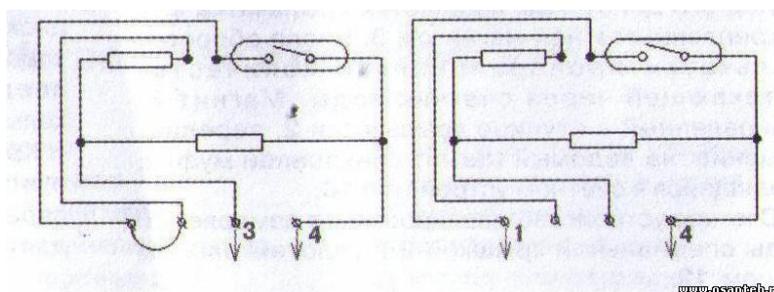


Рисунок 22 – Схемы выходов счетчика

В случае если геркон замкнут, то сопротивление выходов счетчика будет равно примерно 1,57 кОм (при параллельном соединении сопротивлений R_1 и R_2). При разомкнутом герконе сопротивление равно 5,6 кОм, т.к. в данном случае в верхней части схемы будет разрыв.

Для исследования выходного сигнала со счетчика воды использовалась мостовая схема, приведенная на рисунке 23.

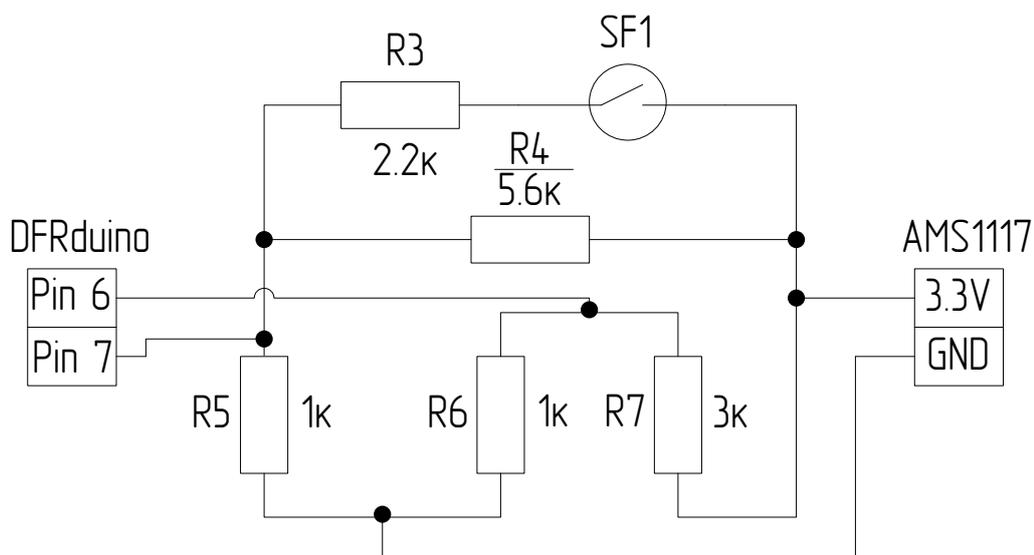


Рисунок 23 – Реализация мостовой схемы соединения счетчика и Arduino

На данном рисунке SF1 – геркон, выводы DFRduino – выводы компаратора, реализуемые на микроконтроллере.

В зависимости от сопротивления счетчика будут изменяться сопротивления плеч моста. При замкнутом герконе сопротивление плеча, где находится счетчик, будет меньше, соответственно напряжение U_1 с этого плеча будет больше, чем напряжение U_2 на другом плече. Сравнив компаратором эти два напряжения, получим, что $U_1 > U_2$, и на выходе компаратора будет «1». Это говорит о том, что импульс со счетчика присутствует. В противном случае, на выходе компаратора будет «0».

Модуль аналогового компаратора входит в состав всех без исключения микроконтроллеров семейства Mega. Будучи включенным, компаратор позволяет сравнивать значения напряжений, присутствующих на двух выводах микроконтроллера. Результатом сравнения является логическое значение, которое может быть прочитано из программы. По результату сравнения может быть сгенерировано прерывание, а также осуществлен захват состояния таймера/счетчика T1. Последняя функция позволяет, в частности, измерять длительности аналоговых сигналов.

Используемые компаратором выводы являются контактами портов ввода/вывода общего назначения это AIN0 и AIN1.

Управление компаратором и контроль его состояния осуществляется с помощью регистра ACSR. На рисунке 24 представлены разряды регистра ACSR [19].

	7	6	5	4	3	2	1	0
	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0
Чтение(R)/Запись(W)	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Начальное значение	0	0	N/A	0	0	0	0	0

Рисунок 24 – Форма регистра ACSR

Кратко опишем назначения каждого разряда регистра. Седьмой разряд отвечает за включение и отключение компаратора. Шестой за подключение неинвертирующего входа компаратора к внутреннему источнику опорного напряжения. Пятый разряд хранит в себе результат сравнения компаратора. Четвертый является флагом прерывания от компаратора, а третий разрешает или запрещает эти прерывания. Второй разряд отвечает за подключение компаратора к схеме захвата таймера/счетчика T1. Первый и нулевой разряды ставят условия возникновения прерывания.

На входы AIN0 и AIN1 поступают напряжения с плеч моста, которые необходимо сравнить для выявления импульсов счетчика. Для подсчета импульсов будем использовать прерывания компаратора, которые возникают при смене 0 на 1 в разряде ACO регистра компаратора.

Для реализации счета импульсов была написана программа в среде разработки Arduino. К плате были подключены диоды для контролирования наличия прерываний.

В ходе работы программы возникла проблема, связанная с подсчетом количества считываемых импульсов. При переднем и заднем фронтах программа считывала не один импульс, а серию импульсов. Такая проблема возникновения любого лишнего импульса приведет к увеличению погрешности измерения. Это говорит о том, что при возникновении импульса, возможно, возникает дребезг контактов.

Дребезг – это многократные неконтролируемые замыкания и размыкания контактов в электромеханических коммутационных устройствах за счет упругости материалов и деталей контактной системы – некоторое время контакты «подпрыгивают» при соударениях, размыкая и замыкая электрическую цепь. В зависимости от размеров, массы, материала и конструкции контактной системы время дребезга (время от первого соприкосновения контактов до затухания механических колебаний и установления стабильного контактирования) составляет 0,5 – 2 мс у миниатюрных герконов до сотен миллисекунд у мощных контакторов [20].

Принцип работы импульсного счетчика расхода воды представлен на рисунке 25.

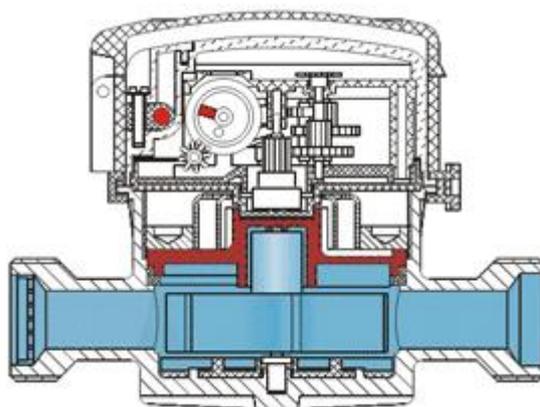


Рисунок 25 – Процесс замыкания геркона внутри счетчика

При приближении магнита геркон попадает в магнитное поле, и начинает замыкаться. При нарастании магнитного поля геркон, в силу своей конструкции, успевает несколько раз замкнуться и разомкнуться, что приводит к дребезгу контактов и, соответственно, к ложным импульсам.

В нашем случае получается, что за одно замыкание и размыкание геркона, по факту происходит целая серия соприкосновений контактов. Эти соприкосновения распознаются микроконтроллером, который прибавляет к счетчику последовательно несколько единиц.

Для устранения дребезга можно модифицировать сам переключатель, например, нанести на контакты немного ртути. Несмотря на очевидную

опасность, этот метод борьбы с дребезгом был очень распространен в свое время.

В основе другого подхода лежит модификация электронной схемы устройства, а именно добавление в цепь RS-триггера. Триггер имеет определенный иммунитет к неустойчивому сигналу на входе, что делает его достаточно распространенным вариантом решения проблемы дребезга контактов в переключателях.

Триггер также можно реализовать программно [21].

В «программном прецизионном триггере Шмитта» двумя однопороговыми компараторами являются два оператора «ЕСЛИ-ТО», а состояние RS-триггера хранит некоторая переменная, например, нулевой разряд (бит) целой переменной, или некоторая булева переменная, принимающая значения «ЛОЖЬ» и «ИСТИНА».

При логических элементах с одинаковыми временами задержки любой аппаратный триггер Шмитта имеет значительно большее быстродействие ($t_{\text{задержки}} \approx 3dt$, где dt – время задержки в одном логическом венти́ле), чем программный. Кроме этого, в аппаратном триггере Шмитта процесс сравнения происходит одновременно по двум цепочкам двумя компараторами параллельно, а в программном триггере Шмитта в однопоточных процессорах две операции сравнения с двумя порогами происходят последовательно. Время исполнения кода программного триггера Шмитта несколько увеличивается, если язык программирования не поддерживает безусловный переход на метку, в этом случае с данными $\text{Вход} < \text{Нижний_порог}$ исполняется второй оператор сравнения. Если язык программирования поддерживает безусловный переход, то в случаях при $\text{Вход} < \text{Нижний_порог}$ обходятся проходы второго оператора «ЕСЛИ».

Наконец, можно модифицировать программу микроконтроллера. Следует выделить некоторый период времени, в течение которого будет проводиться проверка сигнала с кнопки на устойчивость. Если в этот период времени сигнал меняет свое значение, то проверка считается не пройденной, и

будет начата новая проверка. Наоборот, если в течение проверки состояние цифрового входа будет стабильным, то оно запомнится микроконтроллером как актуальное [22].

При программной реализации идея устранения дребезга заключается в многократном считывании состояния контакта до тех пор, пока его фиксируемое состояние не станет устойчивым за заданный промежуток времени, характерный для окончания процессов дребезга [23].

При электрической фильтрации нужно соединить переключатель через фильтр нижних частот – к примеру, RC-фильтр, который сглаживает изменения напряжения и благодаря этому вывод микроконтроллера не обретает кратковременных значений. На рисунке 26 изображен RC-фильтр.

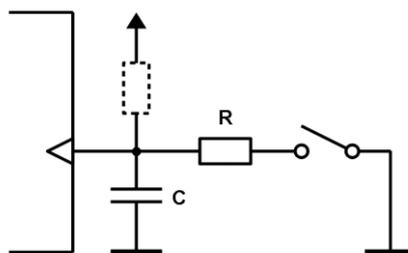


Рисунок 26 – RC-фильтр переключателя

Для решения возникшей проблемы необходимо определить вид выходного сигнала с помощью осциллографа.

4.1.3 Анализ осциллограмм импульсов счетчика расхода воды типа Норма СВКН-15УИ

Рассмотрим полученные осциллограммы импульса при переднем и заднем фронте. На осциллограммах можно увидеть дребезг, возникающий в результате замыкания и размыкания контактов геркона. Определим зависимость продолжительности дребезга от скорости вращения крыльчатки. На рисунках ниже представлены полученные осциллограммы. На осциллограммах по оси абсцисс – время в мс, по оси ординат – напряжение в мВ.

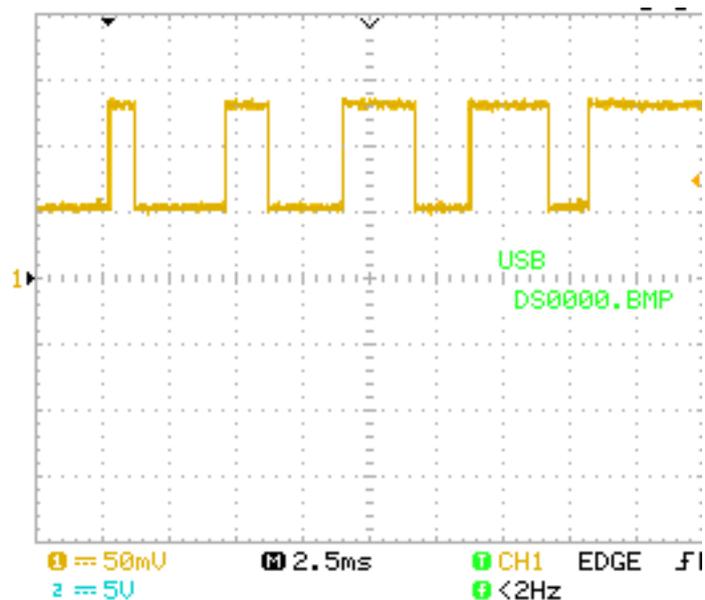


Рисунок 27 – Осциллограмма дребезга сигнала на переднем фронте при высокой скорости вращения крыльчатки

На осциллограмме видно, что перед конечным замыканием геркона проходит еще четыре импульса различной продолжительности. Предполагается, что это дребезг контактов геркона. При высокой скорости вращения крыльчатки продолжительность дребезга достигает около 18 мс.

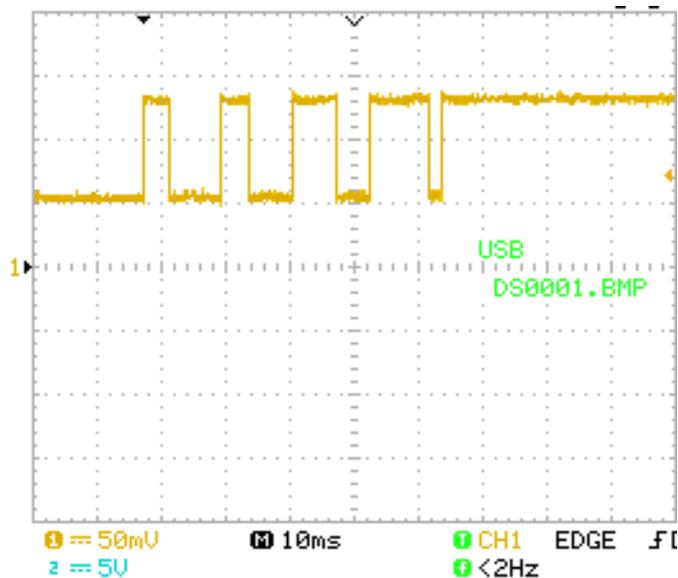


Рисунок 28 – Осциллограмма дребезга сигнала на переднем фронте при средней скорости вращения крыльчатки

При средней скорости вращения крыльчатки продолжительность дребезга контактов геркона примерно равна 47 мс.

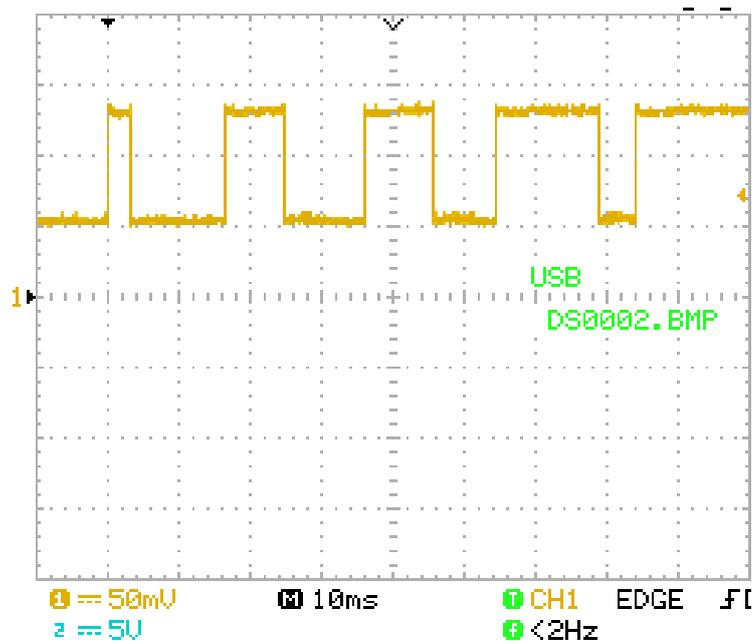


Рисунок 29 – Осциллограмма дребезга сигнала на переднем фронте при низкой скорости вращения крыльчатки

При низкой скорости вращения крыльчатки продолжительность дребезга контактов геркона примерно равна 74 мс.

Теперь рассмотрим длительность дребезга контактов геркона на заднем фронте импульса.

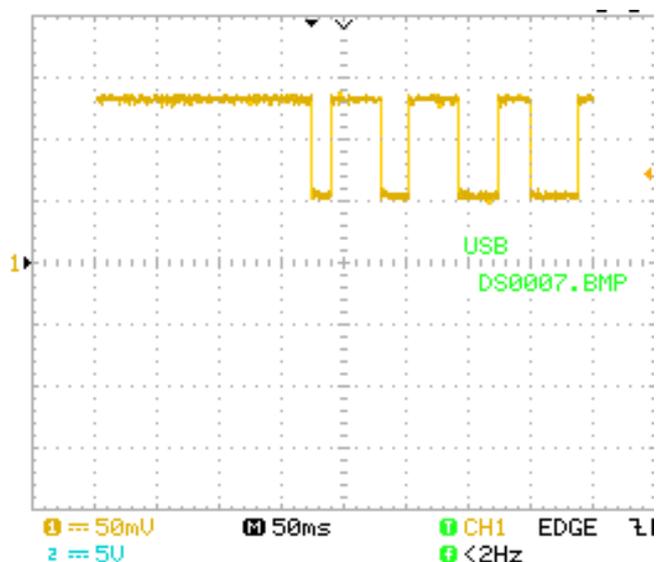


Рисунок 30 – Осциллограмма дребезга сигнала на заднем фронте при низкой скорости вращения крыльчатки

При низкой скорости вращения крыльчатки продолжительность дребезга контактов геркона при размыкании примерно равна 200 мс.

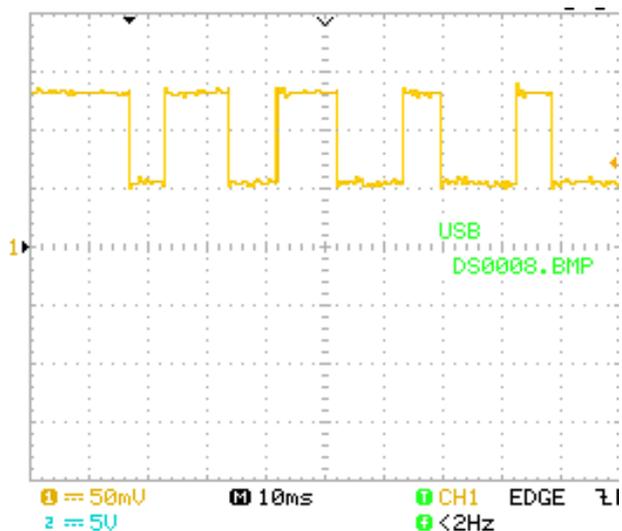


Рисунок 31 – Осциллограмма дребезга сигнала на заднем фронте при средней скорости вращения крыльчатки

При средней скорости вращения крыльчатки продолжительность дребезга контактов геркона при размыкании примерно равна 72 мс.

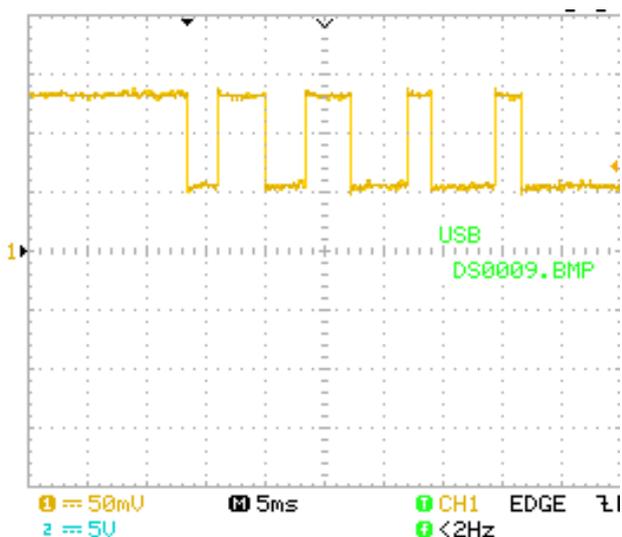


Рисунок 32 – Осциллограмма дребезга сигнала на заднем фронте при высокой скорости вращения крыльчатки

При высокой скорости вращения крыльчатки продолжительность дребезга контактов геркона при размыкании примерно равна 25 мс.

Из полученных осциллограмм можно сделать вывод о том, что длительность дребезга зависит от скорости вращения крыльчатки счетчика. Из-за этого появляются проблемы в фиксировании «полезного» импульса, т.к. при программном решении необходимо выставить временную задержку, но для

этого необходимо знать скорость течения жидкости. В различных случаях эта скорость может быть разной, что приводит к сложности использованию программных задержек.

Так же возникает проблема при остановке счетного механизма на границе размыкания и замыкания геркона. В таком случае микроконтроллер не зафиксирует задний фронт импульса, что приведет к подсчету ложных импульсов в дальнейшем.

При использовании RC-цепочки для устранения дребезга, необходимо определить параметры сопротивления и емкости таким образом, чтобы постоянная времени позволяла пропускать только «полезный» импульс. И, опять же, этот параметр будет зависеть от скорости течения жидкости. При маленьком значении постоянной времени есть риск подсчета импульсов дребезга, а при большом значении – риск пропустить «полезный» импульс.

Исходя из длительности импульсов (от 2 до 200 мс) можно сделать вывод, что дополнительно возникающие импульсы не являются дребезгом контактов, а являются результатом конструкции датчика.

4.1.4 Устройство и принцип работы счетчика расхода воды типа Норма СВКН-15УИ

Для определения точной причины возникновения дополнительных импульсов было принято решение разобрать счетчик. Его внутреннее устройство приведено на рисунках 33, 34 и 35.

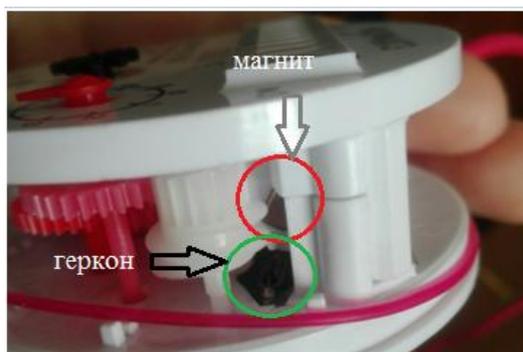


Рисунок 33 – Внутреннее устройство счетчика



Рисунок 34 – Расположение магнита



Рисунок 35 – Внутренняя электрическая схема

Видим, что на колесике находится магнит прямоугольной формы, а под ним – геркон.

Опытным путем было определено, что при замыкании и размыкании геркона на выходе получаем случайное число импульсов. Выше было предположено, что это дребезг контактов геркона, но сейчас можно говорить о неудачной конструкции датчика внутри счетчика. Для этого необходимо определить, как проходит процесс замыкания и размыкания геркона.

Общая пластина является единственной подвижной частью геркона, в отсутствие магнитного поля она замкнута с нормально замкнутым контактом реле. При возникновении магнитного поля соответствующей силы общая пластина замыкается с нормально разомкнутым контактом. Обе пластины нормально разомкнутого и нормально замкнутого контактов являются неподвижными. Разомкнутые контакты имеют ферромагнитное покрытие, а нормально замкнутый контакт выполнен из немагнитного материала. При помещении в магнитное поле подвижный и нормально-разомкнутый контакт

намагничиваются в одинаковом направлении, и при достаточной напряжённости магнитного поля происходит замыкание подвижного контакта с неподвижным ферромагнитным контактом. При исчезновении внешнего магнитного поля намагничённость контактов ослабевает, и они размыкаются. В качестве источника магнитного поля для геркона чаще всего используют постоянный магнит или соленоид. Распространение магнитного поля приведено на рисунке 36.

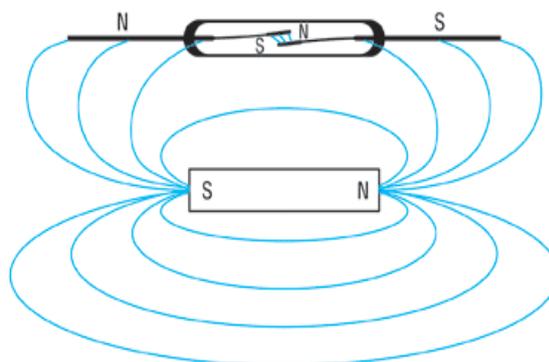


Рисунок 36 – Принцип работы геркона

Когда полюса магнита перпендикулярны главной геометрической оси геркона и магнит движется вдоль нее, силовые линии расположены, как на рисунке 37.

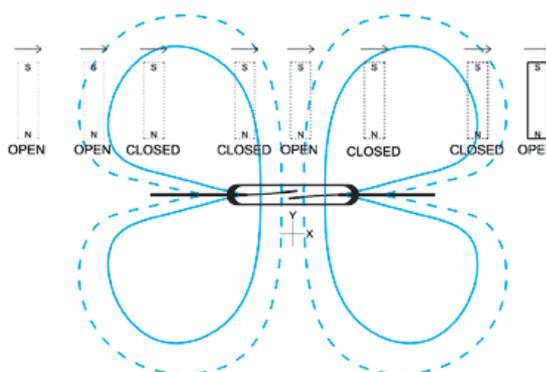


Рисунок 37 – Перпендикулярное расположение магнита

Как видно, зоны взаимодействия находятся на концах геркона. В центральной части геркона находится «мертвая зона», в которой геркон остается открытым. Таким образом,двигающийся перпендикулярно геркону магнит, чьи полюса расположены подобным образом, активировать геркон не будет [24].

Получаем, что в зонах, отмеченных пунктирными линиями, геркон ведет себя нестабильно, т.е. может или замыкаться, или размыкаться. Из-за этого и возникают дополнительные импульсы.

Из конструкции счетчика видно, что на колесике установлено два магнита: круглый и прямоугольный. Была выдвинута гипотеза, что изначально конструкцией предусматривался круглый магнит, представленный на рисунке 38, но его силы не хватило для воздействия на геркон.



Рисунок 38 – Круглый магнит

Поэтому был установлен неодимовый прямоугольный магнит.

Этот магнит расположен узкой стороной к геркону, что и вызывает возникновение дополнительных импульсов. Возможно, если установить магнит и геркон в одной плоскости, то этого явления можно было бы избежать.

Из-за такой конструкции данного типа датчиков появляются дополнительные импульсы вследствие неравномерности магнитного поля и наличия зон неопределенности, что не позволяет корректно считывать количество импульсов, т.к. их оно носит случайных характер.

Этот экспериментально установленный факт позволяет прибегнуть к критике данный тип счетчиков расхода воды. Данные, приведенные в техническом описании на счетчик, не соответствуют действительности.

Так как данная проблема является аппаратно неустранимой особенностью конструкции данного типа счетчиков и нет возможности заменить счетчик на другой тип, то будем использовать программный метод решения данной проблемы.

4.2 Программная часть модуля учета расхода воды

4.2.1 Реализация программы считывания количества импульсов

Для решения возникшей проблемы было решено использовать программное интегрирование сигнала. На рисунке 39 представлен алгоритм программы.

В приложении Г приведен листинг программы, разработанный в среде программирования Arduino IDE.

Суть данной программы заключается в фиксировании длительности поступающих импульсов. Фиксируется начало и конец импульса, а затем вычисляется его длительность и сравнивается с установленным значением. Если условие выполняется, то счетчик импульсов увеличивается на единицу.

Было проведено тестирование разработанной программы для подсчета количества импульсов со счетчика расхода воды. В ходе тестирования было выявлено, что программа работает верно. При прохождении через счетчик 10 л воды программа увеличивает переменную, хранящую уже подсчитанное количество импульсов, на единицу. Таким образом, выбранный подход решил проблему с импульсами, возникающим за счет конструктивных особенностей датчика внутри счетчика.

Далее необходимо решить проблему передачи полученных данных потребителю по беспроводному каналу связи.



Рисунок 39 – Алгоритм программы

4.2.2 Реализация передачи данных по сети Wi-Fi

Для реализации передачи данных используется плата ESP8266. Данный модуль будем подключать к Arduino, т.к. на его основе реализован процесс считывания и подсчета импульсов со счетчика воды.

В пункте 3.3 были описаны назначения выводов ESP8266 и их подключение к Arduino. Для выводов RX, TX Arduino необходимо использовать цифровые выходы RX, TX [25, 26].

Подключение ESP к плате Arduino приведено на рисунке 40.

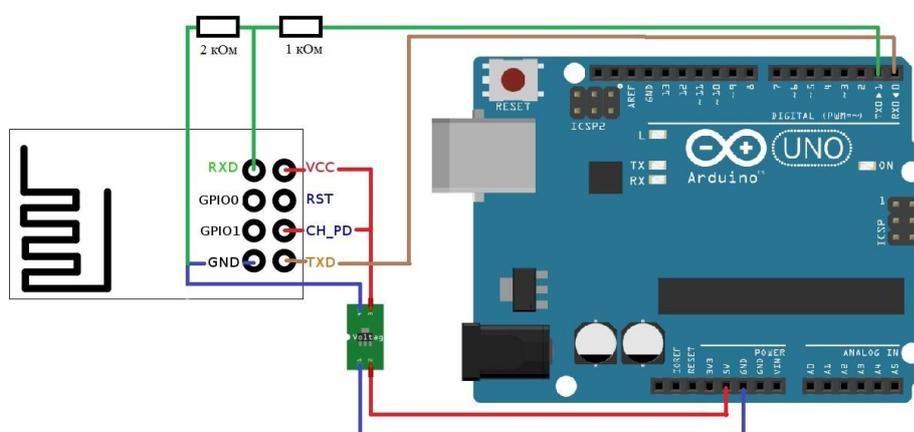


Рисунок 40 – Схема подключения ESP к Arduino

Принципиальная схема подключения приведена в приложении Г.

При обращении к ESP через Arduino необходимо подключить порты RX к RX, а TX к TX соответственно, а также данные выводы должны подключаться через резистивные делители для согласования напряжений выводов Arduino и ESP. Также необходимо поставить перемычку на Arduino между портами RESET и GND для блокировки модуля Arduino с целью прошивки модуля ESP.

Для программирования модуля ESP в среде Arduino IDE необходимо скачать библиотеки для этих модулей. Для этого запускаем среду разработки и переходим в Файл – Настройки. Появившееся окно представлено на рисунке 41.

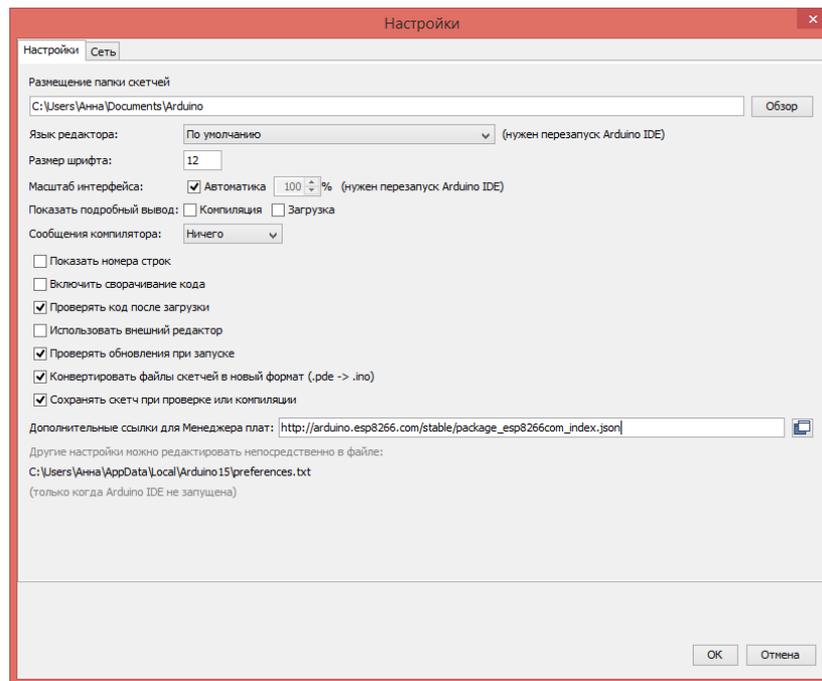


Рисунок 41 – Меню настроек в Arduino IDE

Вставляем ссылку для библиотек ESP с официального сайта «http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json» в поле «Дополнительные ссылки для Менеджера плат» и жмём «ОК».

Затем необходимо перейти в Инструменты – Плата – Менеджер плат. Увидим следующее окно, представленное на рисунке 42.

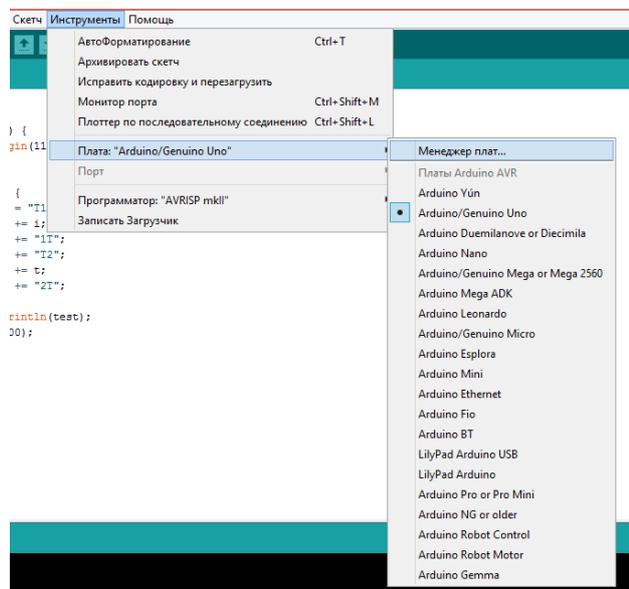


Рисунок 42 – Настройка менеджера плат

43. При выборе менеджера плат появится окно, представленное на рисунке

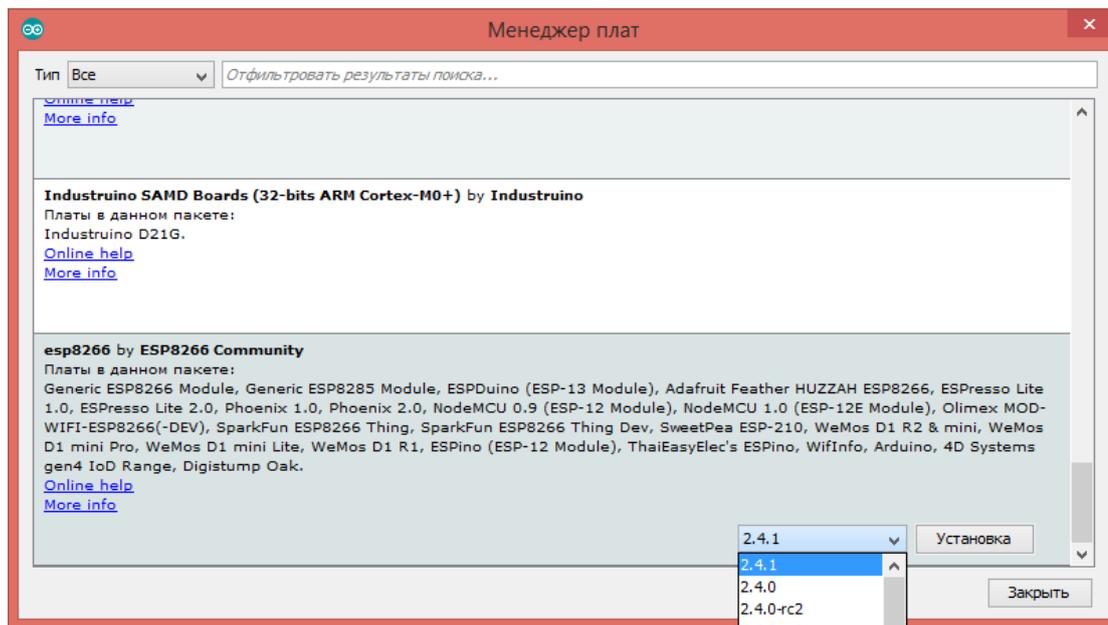


Рисунок 43 – Менеджер плат

Выбираем курсором "esp8266 by ESP8266 Community" после чего выбираем необходимую версию и устанавливаем её.

Теперь в меню инструменты видим необходимые нам платы. Окно представлено на рисунке 44.

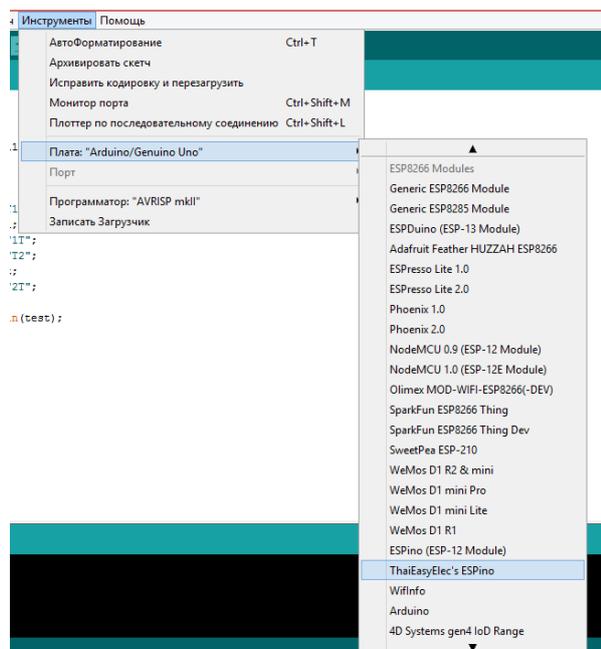


Рисунок 44 – Выбор плат

Выбираем необходимую плату и можно приступать к работе.

После подключения ESP на мобильном устройстве можно увидеть созданную на нем точку беспроводного доступа (беспроводная базовая станция, предназначенная для обеспечения беспроводного доступа к уже существующей сети), представленную на рисунке 45.

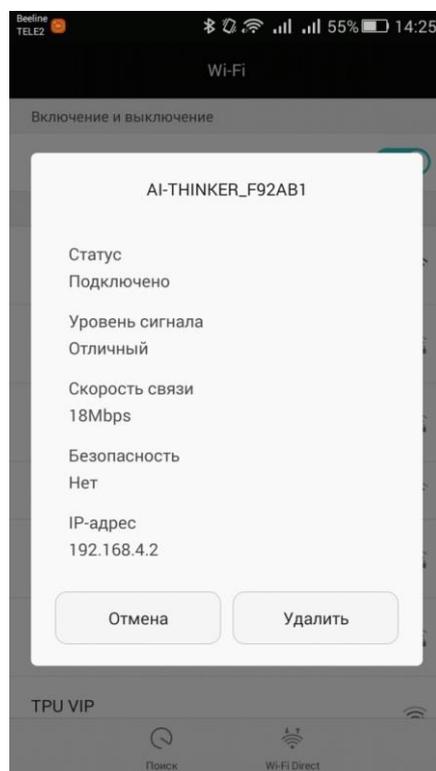


Рисунок 45 – Точка доступа ESP

Теперь с помощью этой точки доступа можно обмениваться информацией с модулем учета расхода воды. MAC-адрес (уникальный идентификатор сетевого интерфейса для реализации коммуникации устройств в сети на физическом уровне) данной точки 5c:cf:7f:b9:0b:bo, IP-адрес (уникальный идентификатор устройства, подключённого к интернету) данной точки 192.168.4.2.

На данном модуле обычно установлена стандартная прошивка, которая позволяет «общаться» с модулем посредством AT-команд [27]. С помощью программы ESPlorer IDE проверяем работоспособность модуля ESP8266. Результаты отклика модуля приведены на рисунках 46, 47, 48.

```
PORT OPEN 115200
Communication with MCU..Got answer! Communication with MCU est
AutoDetect firmware...
Can't autodetect firmware, because proper answer not received
Please, reset module or continue.
AT
OK
AT+CWMODE?
+CWMODE:3
OK
```

Рисунок 46 – Проверка работоспособности модуля

На данном рисунке можно увидеть скорость передачи данных – 115200 бод. Команда AT показывает, работает ли модуль или нет, с помощью команды AT+CWMODE можно узнать режим работы модуля. Модуль может находиться в трех режимах: 1 – точка доступа, 2 – клиент и 3 – совмещенный режим.

```
AT+CWLAP
+CWLAP:(0,"TPU Press",-69,"00:22:55:a5:2c:a7",1)
+CWLAP:(3,"TPU Desktop",-68,"00:22:55:a5:2c:a3",1)
+CWLAP:(0,"TPU VIP",-68,"00:22:55:a5:2c:a5",1)
+CWLAP:(0,"TPU Public",-68,"00:22:55:a5:2c:a1",1)
+CWLAP:(0,"TPU Hostels",-69,"00:22:55:a5:2c:a2",1)
+CWLAP:(0,"eduroam",-68,"00:22:55:a5:2c:a4",1)
+CWLAP:(0,"TPU Guest",-69,"00:22:55:a5:2c:a0",1)
+CWLAP:(0,"TPU Public",-72,"00:22:55:a5:36:81",6)
+CWLAP:(0,"TPU Hostels",-72,"00:22:55:a5:36:82",6)
+CWLAP:(0,"eduroam",-73,"00:22:55:a5:36:84",6)
+CWLAP:(0,"TPU Guest",-72,"00:22:55:a5:36:80",6)
+CWLAP:(0,"TPU Press",-72,"00:22:55:a5:36:87",6)
+CWLAP:(3,"TPU Desktop",-73,"00:22:55:a5:36:83",6)
+CWLAP:(0,"TPU VIP",-73,"00:22:55:a5:36:85",6)
+CWLAP:(1,"A9F1BDF1DAB1NVT4F4F59",-75,"00:30:13:f8:23:e8",10)
OK
```

Рисунок 47 – Доступные точки доступа

С помощью команды AT+CWLAP можно просмотреть доступные точки доступа.

В нашем случае модуль ESP8266 будет выступать в роли точки доступа, т.е. работать в режиме 1.

5 Социальная ответственность

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места инженера-метролога в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды.

Целью данной работы является разработка аппаратной и программной части модуля учета расхода воды в рамках технологии «Умный дом». Данный модуль позволит получать показания счетчиков расхода воды по беспроводному каналу связи на мобильные устройства.

Рабочим местом является аудитория учебного корпуса, рабочей зоной является компьютерный стол.

В данном разделе указаны такие вредные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, как электромагнитное излучение, неоптимальный микроклимат помещения, высокий уровень шума, возможность термической опасности (использование паяльника в ходе работы) и электрический ток. Так же указан характер вредного воздействия данных факторов на организм и последствия их длительного или чрезмерного воздействия.

Так же в работе были указаны ЧС, которые имеют вероятность возникновения на рабочем месте и действия для предотвращения их последствий.

5.1 Производственная безопасность

При разработке модуля были выявлены следующие опасные и вредные факторы, приведенные в таблице 6:

Таблица 6 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ по созданию модуля учета расхода воды и анализа его характеристик

Источник фактора, наименование видов	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)[27]	Нормативные документы
--------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------

работ	Вредные	Опасные	
Работы в корпусе: 1) использование компьютера; 2) использования паяльника для сборки устройства.	1) высокая степень шума на рабочем месте; 2) пониженная влажность воздуха; 3) высокий уровень электромагнитных излучений; 4) недостаточная освещенность рабочей зоны; 5) недостаток естественного освещения; 6) статическое положение тела в течение длительного времени; 7) монотонность работы; 8) умственные перегрузки.	1) электрический ток; 2) термические опасности (использование паяльника); 3) короткое замыкание.	ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03; СанПиН 2.2.4.548 – 96; СП 52.13330.2016; ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96; СанПиН 2.2.4.3359-16; ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Микроклимат производственных помещений – состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека [28].

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [29] показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются: температура воздуха; температура поверхностей; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения.

Нарушение теплового баланса в условиях высокой температуры может привести к перегреву тела, и как следствие, к тепловым ударам с потерей сознания. В условиях низкой температуры воздуха возможно переохлаждение организма, могут возникнуть простудные болезни, радикулит, бронхит и другие заболевания.

Основные виды работ, выполняемые инженером-метрологом, по степени физической тяжести, относятся к категории легких работ. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, приведены в СанПиН 2.2.4.548-96 [29].

В помещении предусмотрена система отопления, функционирующая в зимнее время. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В теплое время года температурный режим в помещении зависит от погодных условий на улице. Таким образом, в жаркие дни температура в помещении превышает установленные нормы. Для того чтобы температурный режим в помещении соответствовал норме необходимо установить в аудитории кондиционер, во избежание негативных последствий от высокой температуры в помещении.

Для подачи свежего воздуха в помещение проводится периодическое проветривание.

Освещённость – физическая величина, характеризующая освещение поверхности, создаваемое световым потоком, падающим на эту поверхность. Освещённость измеряется в Люксах (СИ) и обозначают её буквой E .

Хорошее освещение действует тонизирующие, создаёт хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей деятельности.

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям.

Согласно СП 52.13330.2016 [30] работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности III разряда зрительной работы для помещений жилых и общественных зданий. При данном виде работ общее освещение должно быть 300 лк.

Рассмотрим помещение учебного корпуса, в котором производились работы, с размерами: длина $A = 8$ м, ширина $B = 4$ м, высота $H = 4$ м. Всего

имеется 6 светильников, по 4 лампы в каждом. Фактическая освещенность рассчитывается по следующей формуле:

$$E_{\phi} = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_{cm} \cdot y}{S \cdot K \cdot z}, \quad (2)$$

где N – число светильников, шт;

n – число ламп в светильнике, шт;

Φ_{cm} – световой поток люминесцентной лампы, Лм (при мощности 11Вт – 750лм);

y – коэффициент использования светового потока (для исследуемого помещения – 0.8);

S – площадь помещения, m^2 ;

K – коэффициент запаса (помещения с малым выделением пыли – 1,5);

z – коэффициент неравномерного освещения (для люминесцентных ламп – 1,1).

Получаем

$$E_{\phi} = \frac{6 \cdot 4 \cdot 750 \cdot 0.8}{32 \cdot 1.5 \cdot 1.1} = 273 \text{ (Лк)}.$$

Отличие от нормированного уровня:

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_{norm}}{E_{norm}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

$$\Delta E = \frac{273 - 300}{300} \cdot 100\% = 9\%.$$

В результате получаем неравенство $-10\% \leq 9\% \leq +20\%$. Полученное значение попадает в нормированный интервал. Нормы освещенности в данном помещении соблюдаются.

На рабочем месте инженера-метролога в аудитории учебного корпуса, исходя из ГОСТ 12.1.003–83 [31], действует постоянный шум. Шум возникает в помещении при ходьбе, передвижении стульев, открывании двери и окон, сторонних разговоров, а также создается кондиционерами и вентиляторами для охлаждения нагревающихся частей ЭВМ.

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д.

При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, осуществляющего эксплуатацию ЭВМ при разных значениях частот, приведены в СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [32].

В учебном помещении, где выполняется работа, основной шум исходит от системного блока компьютера. Величина данного шума около 30 дБ, что не превышает нормы.

В качестве источника электромагнитного излучения в данной работе рассматривается персональный компьютер.

Степень и характер воздействия ЭМП на организм человека зависят: от интенсивности излучения; частоты колебаний; поверхности тела, облучаемого; индивидуальных особенностей организма; режима облучения (непрерывный или прерывистый), продолжительности воздействия; комбинированного действия других факторов производственной среды.

Длительное и систематическое воздействие на человека полей ВЧ и УВЧ вызывает: повышенную утомляемость; головную боль; сонливость; гипертонию; боли в области сердца.

Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций электромагнитного поля диапазона частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц, не должны превышать значений, приведенных в СанПиН 2.2.4.3359-16 [33].

С целью уменьшения негативного воздействия электромагнитного излучения, возникающего от экрана компьютера, используются специальные жидкокристаллические мониторы. Так же существуют специальные экранирующие очки и пленки, покрывающие экран, которые обеспечивают дополнительную защиту от электромагнитного излучения.

Степень воздействия ЭМ излучения обратно пропорционально расстоянию от объекта излучения, т.ч. следует держать экран компьютера на оптимальном расстоянии от глаз (не менее 50 см, но не более 1 м). В нашем случае расстояние между глазами пользователя и монитором равно 67 см, что соответствует норме.

Для снижения усталости глаз делались перерывы при работе за компьютером (по 15 минут после каждого часа работы), а также выполнялась зарядка для глаз, разработанная С.Э. Аветисовым.

Психофизическими факторами при данном виде работ являются: статическое положение тела в течение длительного времени, монотонность работы и умственные перегрузки. К статическим факторам, прежде всего, относится вынужденное положение тела во время работы, длительное напряжение отдельных групп мышц. При вынужденном сидячем положении чаще наблюдаются сколиозы и кифозы.

Профилактика сводится к механизации и автоматизации труда, рационализации рабочей позы путем совершенствования конструкций рабочих мест, гимнастике, смене положения во время перерывов (работал стоя – отдыхаешь сидя и наоборот) и др.

Долгая работа за компьютером является монотонной, что быстро приводит к общей усталости, снижению концентрации и т.п. Для избегания данного фактора выполнялись различные виды работ, делались перерывы на отдых.

Умственные перегрузки связаны с большим объемом информации, обрабатываемой во время проведения исследований и разработки. Они приводят к головным болям, усталости, нервозности и т.п. Для избегания данного фактора было сделано распределение времени на работу с информацией и выполнением других работ, не связанных с умственными нагрузками.

В данном разделе рассматривалось влияние вредных факторов при выполнении работы. Было выявлено, что температурный режим соответствует

нормам только в холодное время года, т.к. помещение отапливается, а в теплое время года, температурный режим полностью зависит от температуры на улице. В жаркие дни в помещении бывает повышенная температура. Для урегулирования температурного режима в теплое время года необходимо установить в аудитории кондиционер.

Рассчитанное значение искусственного освещения в аудитории соответствует установленным нормам. Так же соответствует нормам и уровень шума в помещении. Для уменьшения влияния электромагнитного излучения от монитора использовались специальные защитные очки. Расстояние между лицом пользователя и монитором является оптимальным и соответствует нормам.

5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Аудитория учебного корпуса относится к категории помещений без повышенной опасности, т.к. в помещении не имеется токопроводящих полов, токопроводящей пыли, повышенной влажности и т.д.

Блок питания компьютера, монитор, принтер подключены к сети питания имеющей защитное заземление.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови), биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения; защитное заземление, зануление или отключение; вывешивание предупреждающих надписей; контроль за состоянием изоляции электрических установок.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения приведены в ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [34].

Для создания модуля учета расхода воды использовался паяльник. При его использовании возникает термическая опасность.

Термическая опасность – опасность, возникающая при горении, повышенной температуре поверхности и (или) повышенной температуре вдыхаемого газа.

Термические опасности могут приводить к: ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную, например, пламенем или взрывом, а так же излучением источников тепла; ущерб здоровью из-за воздействия высокой или низкой температуры окружающей производственной среды.

Работники, занятые пайкой паяльником, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты: специальные защитные очки, индивидуальные средства защиты органов дыхания и др.

Короткое замыкание – электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, не предусмотренное конструкцией устройства и нарушающее его нормальную работу.

Последствия коротких замыканий следующие: механические и термические повреждения электрооборудования; возгорания в электроустановках; снижение уровня напряжения в сети; электромагнитное влияние на линии связи, коммуникации и т.п.

Меры по предотвращению короткого замыкания: не использовать старые провода с несоответствующей изоляцией; устанавливать защитные устройства отключения – автоматические выключатели, устройства защитного отключения, дифавтоматы; регулярно следить за состоянием электрических

точек – розеток и выключателей (при необходимости сразу же заменять); не эксплуатировать поврежденные электроприборы, от которых летят искры.

Аудитория учебного корпуса, в которой выполнялись работы, является безопасной, все приборы, потребляющие электроэнергию, исправны и подключены к сетевым фильтрам, имеющим предохранитель. При работе с паяльником используются индивидуальные средства защиты.

5.2 Экологическая безопасность

5.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Разрабатываемый объект не влияет на окружающую среду на этапах его разработки и эксплуатации. Так как данное устройство можно отнести к электронной технике, то утилизация данного устройства должна осуществляться в специальные контейнеры (или службы) для электронных устройств.

Электронная техника является источником различных вредных веществ для литосферы. Пластик, соединения металлов, стекло, – эти компоненты техники разлагаются в естественной среде в течение сотен и тысяч лет, загрязняя природу. Некоторая техника содержит высокотоксичные соединения, например кадмий, ртуть, хром, которые приводят к отравлению людей и животных при попадании в грунтовые воды или водоемы.

После того, как устройство выбрасывается в специальный контейнер, оно поступает в утилизирующую компанию, в которой это устройство разбирают на составные части и отправляют их либо на повторное использование, либо на переработку.

Выполнение работы происходит в учебном корпусе, поэтому к отходам можно отнести люминесцентные лампы, а так же батарейки, используемые в измерительных приборах.

Люминесцентные лампы представляют собой «чрезвычайно опасные» виды отходов. Содержание ртути в любых люминесцентных лампах составляет

от 3 до 5 миллиграмм ртути. С учетом этого необходимо обеспечивать определенные условия хранения, их эксплуатации и утилизации.

Батарейки могут быть выполнены из различных материалов, но в их составе содержится не менее 10 химических высокотоксичных элементов и растворенные тяжелые металлы – литий, ртуть, свинец, кадмий. Утилизация литиевых и ртутных источников питания в мусорные баки для ТКО абсолютно недопустима. Токсичные элементы батарейки загрязняют не только почву, но и попадают в грунтовые воды, тем самым распространяя вредные вещества на большую территорию.

5.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Любое устройство содержит в себе множество деталей и элементов, обеспечивающих его работу. Соответственно, если даже какая-то часть выходит из строя, остальные же в полном порядке могут быть использованы и в дальнейшем. Благодаря этому существенно сокращаются затраты на производство новой техники, да и подобный сбор и переработка отходов – это выгодное и рациональное решение.

Некоторые элементы, содержащиеся в электронных устройствах, под воздействием солнечных лучей или при попадании влаги, могут окисляться. Это приведет к выбросу в атмосферу значительного количества вредных веществ, что негативно повлияет на человеческое здоровье и окружающую среду.

Исходя из этого, и с целью продуктивно использовать мусор, а также защитить окружающую среду от опасных выбросов, разрабатываются специальные программы по утилизации электронных устройств, пришедшей в непригодность, позволяющие уничтожить её качественно и безопасно.

Метод утилизации люминесцентных источников света начинается с их сбора и последующей транспортировки на предприятия, которые занимаются

демеркуризацией. На практике использованные лампы всех типов должны сдаваться в пункты приема подобных отходов.

Использованные батарейки хранить не рекомендуется, так как происходит выделение опасных веществ в воздух. По правилам, их необходимо утилизировать на специальных предприятиях. Для этого существуют специализированные пункты по приему батареек, у которых заключен договор с предприятиями по переработке батареек.

Разрабатываемый объект необходимо утилизировать в специальные контейнеры для электронных устройств. Так же специальной утилизации подвергаются люминесцентные лампы и батарейки. Люминесцентные лампы в г. Томске утилизируются в компании Экотом, а батарейки сдаются в Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области.

5.3 Безопасность в ЧС

Чрезвычайными ситуациями в аудитории учебного корпуса могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 [35] и ГОСТ 12.1.010-76 [36].

Все производства по пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Аудитория учебного корпуса, в котором выполнялась работа, относится к категории В.

Причинами пожара могут быть: токи короткого замыкания, электрические перегрузки, выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов, курение в неположенных местах.

5.3.1 Обоснование мероприятий по предотвращению пожара и разработка порядка действия в случае его возникновения

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-5. Чтобы предотвратить

пожар в аудитории, необходимо: содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор. По окончании работы должна проводиться влажная уборка всех помещений; работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании; на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из корпуса с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь; из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы и т.д. и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Для предотвращения пожара в аудитории соблюдаются организационные мероприятия: правильная эксплуатация приборов, установок; правильное содержание помещения; противопожарный инструктаж сотрудников аудитории; издание приказов по вопросам усиления ПБ; организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий; наличие наглядных пособий и т.п.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану по номеру 01 (с мобильного 101, 112) и покинуть помещение, руководствуясь планом пожарной эвакуации.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно трудовому кодексу РФ [37] и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[38]: продолжительность рабочего дня не превышает 40 часов в неделю; время работы за компьютером не превышает 6 часов за смену; делаются периодические перерывы в работе за ПК продолжительностью 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы; во время перерывов выполняются комплексы упражнений и осуществляется проветривание помещения.

Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за производством и эксплуатацией ПЭВМ осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [38].

Производственный контроль за соблюдением санитарных правил осуществляется организациями, эксплуатирующими ПЭВМ.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм. К таким органам относятся: Федеральная инспекция труда; Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)); Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

При разработке модуля время работы за компьютером не превышало установленные нормы. Перерывы в работе за ПК осуществлялись за счет смены деятельности (написание текста и программ сменяются на работу со схемой модуля).

5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В процессе работы, все используемые предметы находятся в зоне досягаемости. Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости приведено на рисунке 48.

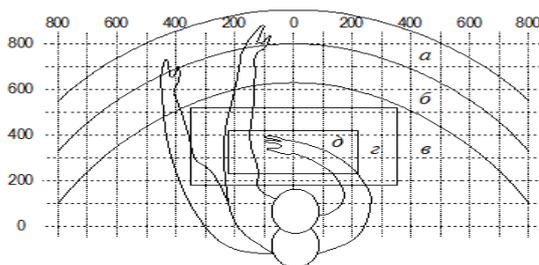


Рисунок 48 – Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости

На рисунке 48 введены следующие обозначения: а - зона максимальной досягаемости; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Монитор размещен в зоне а (в центре), системный блок размещен в предусмотренной нише стола, клавиатура – в зоне г/д, «мышь» – в зоне в (справа); документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – в, а в выдвижных ящиках стола – литература, неиспользуемая постоянно. Слева в зоне а находится осциллограф, а слева в зоне б – мультиметр.

Для повышения комфорта в процессе работы за ПЭВМ, следует соблюдать нормы и требования, изложенные в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [38].

На рабочем месте аудитории отсутствуют принтер и сканер, но вместо этого присутствуют измерительные приборы, такие как осциллограф и мультиметр. Они располагаются в зоне досягаемости и не мешают при выполнении работы на компьютере.

5.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

При анализе учебной аудитории, в которой выполнялись работы по разработке модуля учета расхода воды, было выявлено, что микроклимат в помещении соответствует нормам только в холодное время года, а в теплое время года, температурный режим полностью зависит от температуры на улице. Значение искусственного освещения в аудитории, равное 273 лк, соответствует установленным нормам. Так же соответствует нормам и уровень шума в помещении, равный 30 дБ.

Были выявлены психофизические факторы при данном виде работ: статическое положение тела в течение длительного времени, монотонность работы и умственные перегрузки.

Аудитория учебного корпуса относится к категории помещений без повышенной опасности, т.к. в помещении не имеется токопроводящих полов, токопроводящей пыли, повышенной влажности и т.д. Помещение снабжено пожарной сигнализацией, огнетушителем и планом эвакуации. Все электронные приборы подключены к сети питания имеющей защитное заземление.

Разрабатываемый объект необходимо утилизировать в специальные контейнеры для электронных устройств. Так же вредными отходами в процессе работы являются люминесцентные лампы и батарейки, они подвергаются утилизации в специальные контейнеры перерабатывающих компаний.

Рабочее место оптимально организовано, график работы не превышает установленных норм.

Используемая аудитория учебного корпуса соответствует установленным нормам ГОСТов и СНиПов, кроме микроклимата в теплое время года. Для полного соответствия нормам необходимо установить в помещении кондиционер.

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данной работы является разработка аппаратной и программной части модуля учета расхода воды в рамках технологии «Умный дом». Данный модуль позволит получать показания счетчиков расхода воды по беспроводному каналу связи на мобильные устройства.

При проведении любых научно-исследовательских работ необходимо рассчитать технико-экономические показатели, оценить коммерческий потенциал и эффективность исследований.

Оценка результативности и эффективности разработки модуля требует привлечение финансовых ресурсов, которые должны быть экономически оправданы и целесообразны. Для оценки эффективности проведенного исследования необходимо определить трудоемкость проведения исследования, разработать график проведения исследования, а также спланировать бюджет.

6.1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями разрабатываемого модуля учета расхода воды могут быть люди, желающие автоматизировать сбор данных потребления водных ресурсов, а так же организации, осуществляющие контроль за расходом водных ресурсов такие как: управляющие компании, ЖЭУ, ТСЖ и др.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для того чтобы достичь оптимальной ресурсоэффективности необходимо провести анализ существующих решений по данной задаче. Для этого используется оценочная карта.

Возьмем двух конкурентов, производящих аналоги данному модулю. Первый конкурент – компания «Элеком», производящие компактные модули учета холодной воды; второй конкурент – автоматизированная система компании «Пульсар».

В таблице 7 представлена оценочная карта, в которой анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Сравним разработку с конкурентными продуктами. Для этого необходимо распределить на каждый критерий его вес, и расставить баллы от 1 до 5, где 1 – слабое соответствие критерию, а 5 – полное соответствие критерию.

Таблица 7 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,4	5	4	4	2	1,6	1,6
2. Помехоустойчивость	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
3. Энергоэкономичность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Надежность	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
5. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Потребность в ресурсах памяти	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
7. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,2	5	5	5	1	1	1
Итого	1				4,9	4,3	4,35

Анализ конкурентоспособности показал, что технические показатели оценки ресурсоэффективности нашей разработки выше, чем показатели у конкурентов, а так же можно выявить ряд преимуществ, необходимые для определенных требований потребителей, такие как удобство в эксплуатации, энергоэкономичность и низкую потребность в ресурсах памяти.

6.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

На первом этапе данного анализа необходимо определить сильные стороны, слабые стороны, возможности и угрозы. Результаты первого этапа представлены в таблице 8.

Таблица 8 - SWOT-анализ

<p><i>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</i> С1. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С2. Наличие бюджетного финансирования. С3. Наиболее простая конструкция модуля.</p>	<p><i>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</i> Сл1. Большой срок выхода на рынок. Сл2. Уровень проникновения на рынок. Сл3. Необходимость дополнительных комплектующих частей.</p>
<p><i>Возможности:</i> В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований. В3. Доработка в связи с пожеланиями потребителей.</p>	<p><i>Угрозы:</i> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Отказ от технической поддержки.</p>

Следующим этапом необходимо провести анализ возможностей и угроз с учетом сильных и слабых сторон проекта. На основе данного анализа была построена итоговая матрица SWOT, представленная в таблице 9.

Таблица 9 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Более низкая стоимость производства по сравнению</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большой срок выхода на рынок.</p>
--	--	---

	с другими технологиями. С2. Наличие бюджетного финансирования. С3. Наиболее простая конструкция модуля.	Сл2. Уровень проникновения на рынок. Сл3. Необходимость дополнительных комплектующих частей.
Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований. В3. Доработка в связи с пожеланиями.	Низкая стоимость данного устройства позволит удовлетворить большой рынок потребителей.	Уровень проникновения на рынок можно увеличить за счет обеспечения поддержки устройства и повышение стоимости конкурентов.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Отказ от технической поддержки.	Отсутствие спроса на расширение и отказ от технической поддержки может снизить цену устройства.	Отсутствие спроса понижает уровень проникновения на рынок.

По полученной матрице можно определить, какие возможности смогут помочь в устранении слабых сторон, а также как повлияют возможные угрозы на обе стороны проекта.

6.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла научной разработки полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации. Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

При проведении анализа по таблице 10, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве

не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 10 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	2
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной	3	3

	разработки		
15	Проработан механизм реализации научного проекта	1	2
	Итого баллов	32	37

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (5)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Исходя из полученных расчетов, можно сделать вывод, что разработка имеет среднюю перспективность.

Для коммерциализации научно-технической разработки необходимо выбрать метод коммерциализации. Для данной разработки можно предложить инжиниринг. *Инжиниринг* как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

Так как разрабатываемый модуль предназначен для его массового использования, то необходимо наладить его производство на уже

существующих предприятиях (например, на предприятиях, производящих импульсные счетчики расхода воды), которые ориентируются на подобном производстве. Это позволит предприятию расширить и/или дополнить их продукцию, а также позволит внедрить данную разработку в массовое производство.

6.2 Планирование научно-исследовательских работ

6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для организации и систематизации работы магистранта необходимо сформировать план работ. Данный этап предназначен для обеспечения своевременного и эффективного выполнения задания.

В таблице 11 представлен перечень этапов, работ и распределение исполнителей. В качестве исполнителей были выбраны следующие участники процесса:

- магистрант (М);
- научный руководитель (НР).

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор темы диссертации, формирование технического задания	Магистрант Научный руководитель
	2	Подбор материала, его анализ и обобщение	Магистрант Научный руководитель
	3	Календарное планирование работ по теме	Магистрант Научный руководитель
Основной этап	4	Разработка схемы модуля и выбор элементов, входящих в этот модуль	Магистрант Научный руководитель
	5	Создание модуля учета расхода воды	Магистрант Научный руководитель
	6	Написание компьютерной программы для функционирования модуля	Магистрант

	7	Тестирование программы и модуля	Магистрант
	8	Исправление ошибок, доработка модуля	Магистрант Научный руководитель
	9	Определение и анализ характеристик полученного модуля	Магистрант
Заключительный этап	10	Составление отчета о проделанной работе	Магистрант
	11	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель Магистрант
	12	Защита магистерской диссертации	Магистрант

6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{max i}}{5}, \quad (6)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (7)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (8)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (9)$$

Где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году (365);

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году (89);

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году (29).

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 89 - 29} = 1,48.$$

Данные расчетов приведены в таблице 12. Диаграмма Ганта, построенная по данным таблицы 12, приведена в таблице 13.

Таблица 12 – Определение временных затрат на выполнение работ

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	М	НР	М
Выбор темы диссертации, формирование ТЗ	НР, М	3	5	3,8	1,9	1,9	3	3
Подбор материала, его анализ и обобщение	НР, М	14	28	19,6	9,8	9,8	15	15
Календарное планирование работ по теме	НР, М	5	7	5,8	2,9	2,9	5	5
Разработка схемы модуля и выбор элементов, входящих в этот модуль	НР, М	21	35	26,6	13,3	13,3	20	20
Создание модуля учета расхода воды	НР, М	14	28	19,6	9,8	9,8	15	15
Написание компьютерной программы	М	7	14	9,8	0	9,8	0	15
Тестирование программы и модуля	М	7	14	9,8	0	9,8	0	15
Исправление ошибок, доработка модуля	НР, М	5	10	7	3,5	3,5	6	6
Определение и анализ характеристик модуля	М	2	5	3,2	0	3,2	0	5
Составление отчета о проделанной работе	М	3	7	4,6	0	4,6	0	7
Оценка эффективности полученных результатов	НР, М	1	4	2,2	1,1	1,1	2	2
Защита магистерской диссертации	М	1	1	1	0	1	0	2
Итого				113	42,3	70,7	66	110

Таблица 13 – Диаграмма Ганта

Этап	НР	М	Февраль			Март			Апрель			Май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выбор темы диссертации, формирование ТЗ	3	3												
Подбор материала, его анализ и обобщение	15	15												
Календарное планирование работ по теме	5	5												
Разработка схемы модуля и выбор элементов, входящих в этот модуль	20	20												
Создание модуля учета расхода воды	15	15												
Написание компьютерной программы	0	15												
Тестирование программы и модуля	0	15												
Исправление ошибок, доработка модуля	6	6												
Определение и анализ характеристик модуля	0	5												
Составление отчета о проделанной работе	0	7												
Оценка эффективности полученных результатов	2	2												
Защита магистерской диссертации	0	2												

М – , НР –

6.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

6.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья отражает стоимость всех материалов, используемых при разработке модуля, включая расходы на их приобретение и, при необходимости, доставку. Также учитываются расходы на использование принтера. Транспортные расходы (если таковые имеются) принимаются в пределах 15–25 процентов от стоимости материалов.

Расчет затрат на материалы приведён в таблице 14 и 15.

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Компьютер	шт.	1	31000	31000
Паяльник		1	330	330
Резистор		3	15	45
Плата Arduino		1	990	990
Макетные платы		1	120	240
Импульсный счетчик		1	1230	1230
Плата ESP		1	136	136
Триггер Шмидта		1	25	25

Итого	33996
-------	--------------

Таблица 15 – Расчет затрат на используемые материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	190	1 уп.	150
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Итого:			1700

Получаем, что на материалы было потрачено порядка 35696 рублей.

6.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Для расчета заработной платы используется тарифы оплаты труда в ТПУ. Научный руководитель имеет степень кандидата наук и является доцентом кафедры. Магистранта рассматриваем как учебно-вспомогательный персонал. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 16.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.(с учетом РК)	Трудоемкость,	Основная заработная плата, руб.
			раб. дн.	
НР	33664,00	1984,40	42,7	84733,88
М	9489,00	559,35	70,7	39546,05

ИТОГО	124279,93
-------	-----------

6.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{доп}}, \quad (10)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчет представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	84733,88	0,15	12710,08
М	39546,05		5931,91
ИТОГО			18641,99

6.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) в размере 30 % от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Данные расчетов приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	84733,88	12710,08
М	39546,05	5931,91
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого	42876,58	

6.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$Z_{\text{накл}} = (35696,00 + 124279,93 + 18641,99 + 42876,58) \cdot 0,5 = 110747,25 \text{ руб.};$$

6.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат НИИ

Статьи расходов	
Материальные затраты	35696,00
Основная заработная плата	124279,93
Дополнительная заработная плата	18641,99
Отчисления во внебюджетные фонды	42876,58
Накладные расходы	110747,25
Бюджет затрат НИИ	332241,75

Получаем, что затраты на данные научно-технические исследования составляют 332241,75 рублей.

6.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Рассчитаем данный показатель для нашей разработки и двух уже существующих аналога, рассмотренных в пункте анализа конкурентных

технических решений. Стоимость модуля «Элеком» составляет 14868 р., системы «Пульсар» – 6272 р., нашего модуля – 5112 р.

Расчет:

$$I_{\text{финр}}^{\text{модуль}} = \frac{5112}{14868} = 0,34;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Элеком}} = \frac{14868}{14868} = 1,00;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Пульсар}} = \frac{6272}{14868} = 0,42.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля). Получаем, что на нашу разработку необходимо меньше затрат, чем на ее аналоги.

В таблице 20 приведена сравнительная оценка характеристик аналогов модуля, где 5 – полностью соответствует критерию, 1 – не соответствует.

Таблица 20 - Сравнительная оценка характеристик аналогов

Критерии оценки	Вес критерия	Модуль	Элеком	Пульсар
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,2	5	3	4
3. Помехоустойчивость	0,15	4	5	4
4. Энергосбережение	0,2	4	4	5
5. Надежность	0,2	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
Итого	1			

$$I_{r\text{-модуль}} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,3;$$

$$I_{r\text{-Элеком}} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,1;$$

$$I_{r\text{-Пульсар}} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,3.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{\text{модуль}} = \frac{I_{p\text{-модуль}}}{I_{\text{финр}}^{\text{модуль}}} = \frac{4,30}{0,34} = 12,6;$$

$$I_{\text{Элеком}} = \frac{I_{p\text{-Элеком}}}{I_{\text{финр}}^{\text{Элеком}}} = \frac{4,10}{1,00} = 4,1;$$

$$I_{\text{Пульсар}} = \frac{I_{p\text{-Пульсар}}}{I_{\text{финр}}^{\text{Пульсар}}} = \frac{4,3}{0,42} = 10,2.$$

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}2} = \frac{I_{\text{Элеком}}}{I_{\text{модуль}}} = \frac{4,1}{12,6} = 0,3;$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}3} = \frac{I_{\text{Пульсар}}}{I_{\text{модуль}}} = \frac{10,2}{12,6} = 0,8.$$

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 21.

Таблица 21– Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Модуль	Элеком	Пульсар
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,34	1,00	0,42
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	4,1	4,3
3	Интегральный показатель эффективности	12,6	4,1	10,2
4	Сравнительная эффективность аналогов	1	0,3	0,8

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показывает, что наша разработка наиболее эффективна с позиций технической и финансовой ресурсоэффективности по сравнению с существующими аналогами.

6.5 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент»

В ходе выполнения данного раздела был проведен анализ конкурентных технических решений в сфере использования разрабатываемого проекта. Было выявлено, что показатели ресурсоэффективности проекта выше, чем показатели у конкурентов.

Так же было выполнено планирование научно-технических решений, построена диаграмма Ганта, которая отображает последовательность работ, их длительность и занятость исполнителей в то или иное время.

Бюджет НТИ составляет 332241,75 рублей, куда входят затраты на материалы, заработные платы исполнителям, отчисления в фонды и прочие расходы.

Для определения ресурсоэффективности были рассчитаны интегральные показатели. Этот расчет показал, что проект, по сравнению с аналогами, наиболее эффективен с позиции технической и финансовой ресурсоэффективности, что позволяет говорить об актуальности данного НТИ.

Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации был разработан модуль учета расхода воды для системы «Умный дом». Данный модуль основан на считывании импульсов с импульсного счетчика, их обработки и передачи по беспроводному каналу связи.

Данный модуль можно использовать на любом мобильном устройстве для получения показаний счетчиков расхода воды, установленных в доме потребителя. Так же данный модуль достаточно удобен и прост в использовании.

В данной работе были достигнуты следующие результаты:

- определены понятие и цели системы «умный дом», а так же произведен информационный поиск аналогов и прототипов подобных устройств;
- были классифицированы счетчики воды и описаны методы сбора и передачи измерительной информации;
- приведено обоснование выбора решений для аппаратной части, а так же алгоритмических и программных решений для данного модуля;
- проведен анализ внутреннего устройства импульсного счетчика воды типа Норма и его выходных импульсов;
- реализована передача измерительной информации путем беспроводного канала связи Wi-Fi, а так же приведено тестирование модуля учета расхода воды;

Перспективами данного проекта являются: разработка режима энергосбережения модуля, исследование его метрологических характеристик: погрешности, возможности корректировки показаний и калибровки (самокалибровки) модуля, необходимость его поверки.

Список публикаций студента

1 А.В. Букрина, Модуль учета расхода воды для системы «Умный дом»// Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: Сборник научных трудов VI Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых/ Томский политехнический университет.– Томск: Изд-во ТПУ, 2017.– С.74

Список использованных источников

- 1 Счетчики импульсов-регистраторы «Пульсар» шестиканальные. [Электронный ресурс]. – URL: <http://teplovodokhran.ru/products/pulsar-6-ti-kanalnyy.html> – Загл. с экрана (дата обращения 15.01.2018 г.)
- 2 Siemens. [Электронный ресурс]. – URL: http://w5.siemens.com/web/sk/sk/produkty_sluzby/technologie-budov/ponuka/hvac/merace/rozsah_produkto v/pages/rozsah_produkto v.aspx – Загл. с экрана (дата обращения 28.01.2018 г.)
- 3 Дмитрий Лунин, Автоматизация снятия показаний со счетчиков воды. [Электронный ресурс]. – URL: <https://geektimes.ru/post/254968/> – Загл. с экрана (дата обращения 15.02.2017 г.)
- 4 Андрей Артеменко, Домашняя автоматизация. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habrahabr.ru/post/194402/> – Загл. с экрана (дата обращения 15.02.2017 г.)
- 5 Подключаем Arduino к счетчикам воды. [Электронный ресурс]. – URL: http://pikabu.ru/story/podklyuchaem_arduino_k_schetchnikam_vodyi_4258720 – Загл. с экрана (дата обращения 15.02.2017 г.)
- 6 Christoph Klemenjak, YoMo: the Arduino-based smart metering board / Christoph Klemenjak , Dominik Egarter, Wilfried Elmenreich // Computer Science - Research and Development.- 2015.- №31.- pp 97–103
- 7 Husni Teja Sukmana, Prototype Utilization of PIR Motion Sensor for Real Time Surveillance System and Web-Enabled Lamp Automation / Husni Teja Sukmana, Muhammad Ghiyast Farisi, Dewi Khairani // IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob).- 2015.- pp 183-187
- 8 Akram Syed Ali, Open Source Building Science Sensors (OSBSS): A low-cost Arduino-based platform for long-term indoor environmental data collection / Akram Syed Ali, Zachary Zanzinger, Deion Debose, Brent Stephens // Building and Environment.- 2016.- № 100.- pp 114-126

9 A. N. Arvindan, Experimental Investigation of remote control via Android smart phone of Arduino-based automated irrigation system using moisture sensor / A. N. Arvindan, D. Keerthika // Electrical Energy Systems (ICEES) .- Chennai, India, 2016.- pp 168-175

10 Виды счетчиков воды. [Электронный ресурс]. – URL: <http://svoymaster.com/santehnika/vodoschetchiki.html> – Загл. с экрана (дата обращения 02.11.2016 г.)

11 А.Е. Малых, Разработка информационно-измерительного комплекса для учета расхода воды в многоквартирном доме. [Электронный ресурс]. – URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/27526> – Загл. с экрана (дата обращения 25.11.2017 г.)

12 Алексей Аникин, Обзор современных технологий беспроводной передачи данных в частотных диапазонах ISM (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi) и 434/868 МГц// Технологии и стандарты.– 2011.– №4.– с. 6-12

13 Счетчик воды с импульсным выходом: устройство и принцип работы. [Электронный ресурс]. – URL: <http://potrebiteli.guru/zhkh/impulsnyj-schetchik-vody.html> – Загл. с экрана (дата обращения 13.01.2018 г.)

14 ГОСТ 19619 – 74 Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения.- Москва: Изд-во «Стандартинформ», 2005 .- 20 с.

15 Arduino Uno datasheet. [Электронный ресурс]. – URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno> – Загл. с экрана (дата обращения 13.10.2017 г.)

16 Arduino: Знакомство с Arduino. Введение, [Электронный ресурс]. – URL: http://wikihandbk.com/wiki/Arduino:%D0%97%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D1%81_Arduino/%D0%92%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5 – Загл. с экрана (дата обращения 17.10.2017 г.)

- 17 ESP8266EX datasheet, [Электронный ресурс]. – URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf – Загл. с экрана (дата обращения 15.10.2017 г.)
- 18 Конвертор сигналов типа «NAMUR». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.avts.ru/namur/index.htm> – Загл. с экрана (дата обращения 25.12.2017 г.)
- 19 Евстифеев А.В., Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL, 5-ое изд., стер. – М.: Издательский дом «Додэка_XXI».– 2008. – 560 с.
- 20 Дребезг контактов. [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дребезг_контактов – Загл. с экрана (дата обращения 25.03.2018 г.)
- 21 Триггер Шмитта. [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Триггер_Шмитта#Программная_реализация_триггера_Шмитта – Загл. с экрана (дата обращения 25.03.2018 г.)
- 22 О.А. Евсегнеев, Дребезг контактов. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.poprobot.ru/ideologia/contact_bounce – Загл. с экрана (дата обращения 25.03.2018 г.)
- 23 Дребезг контактов клавиатуры. [Электронный ресурс]. – URL: <http://poznayka.org/s85792t1.html> – Загл. с экрана (дата обращения 25.03.2018 г.)
- 24 Антон Сильве, Что нужно знать для выбора правильного геркона// Новости электроники.– 2017.– №8.– статья 6
- 25 Arduino. Не простой старт с ESP8266. [Электронный ресурс]. – URL: <http://tim4dev.com/arduino-esp8266-true-start/> – Загл. с экрана (дата обращения 05.04.2018 г.)
- 26 Arduino UNO + ESP8266 как точка доступа WiFi. [Электронный ресурс]. – URL: <http://remotexy.com/ru/help/start/arduino-esp8266-ss/> – Загл. с экрана (дата обращения 05.04.2018 г.)
- 27 ESP8266 AT Instruction Set, [Электронный ресурс]. – URL: <file:///C:/Users/%D0%90%D0%BD%D0%BD%D0%B0/Downloads/4A->

[ESP8266%20AT%20Instruction%20Set_v0.22.pdf](#) – Загл. с экрана (дата обращения 20.05.2018 г.)

28. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

29. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

30. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

31. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

32. ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности труда.

33. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

34. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

35. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

36. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

37. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

38. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

39. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

40. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

41. Действия ЭМП на организм человека. Сборник лекций. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

http://studopedia.net/13_166967_deystviya-emp-na-organizm-cheloveka.html.

Свободный.

42. «Утилизация старой техники». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ekosfera69.ru/stati/utilizacija_staroj_tehniki.php. Свободный.

43. «Нарушение зрения и их профилактика». Научно-информационный журнал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/2431.html>. Свободный.

Приложение А
(обязательное)

The foreign scientists' achievements in the study area

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Букрина Анна Валерьевна		

Консультант отделения автоматизации и робототехники ИШИТР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.м.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Кузнецова Ирина Николаевна			

1.2 The foreign scientists' achievements in the study area

Arduino is a fairly universal and easy-to-use platform. It is widely used in various projects aimed at solving problems in many areas of human activity.

Some projects of foreign scientists using this platform will be considered further.

1.2.1 "Intelligent measuring board based on Arduino"

The article titled "YoMo: the Arduino-based smart metering board" looks at a design for a low cost smart measuring system and explains the basics of smart metering. Such a platform is designed with an interface compatible with the Arduino platform. It gives opportunities for smart meters with flexible hardware and computing functions, from inexpensive 8-bit microcontrollers to powerful single-board computers that can be run under Linux.

An intelligent measuring device is an electronic device that registers energy consumption at specific intervals and makes this information transmitted over the network interface available to the interested parties.

Such a device allows providing feedback, significantly reduces energy costs for measurements, supports the introduction of time-based charging for electricity and supports quick access to enable / disable the flow of energy. In addition, it can be used as a device that bills energy for utility companies.

For such a device there is a need of creation of the dispenser that is capable to control measurements of values, such as voltage, current, and the active and reactive power. Power consumption of the metering device shall be low to save the true consuming of energy and to provide optimum runtime of measurements with batteries, and also to restrict noises from the device. The device shall provide adjustable sampling rate for the long measurements support (with sampling rate for reduction of number of measurements which will be saved) and also high sampling

rate for mechanisms of detection of the device on the basis of signal processing algorithms.

Such a smart counter will be equipped with a local processing unit for processing and storage of the measured data and the link unit allowing to get remote access to data of measurements and access to interfaces of a configuration and maintenance.

We will consider what role is played by Arduino in this project. Here the board of Arduino is not a part of the dosing board, but it helps to understand component interaction of entire system. The measuring device (the dosing board) is connected to through a serial communication channel and channels of other control signals. The design concept does not depend on the particular Arduino board. As Arduino UNO has the smallest shape factor and the lowest price, this choice is reasonable. The first task of Arduino is to read out values of registers of the energetic monitor on the given sampling interval and to send estimated data to the device. The second task consists of analyzing the entering commands from the device coordination and launching them. The implemented command set includes commands for switching off the coupled load, installation of the monitor for a dream and wakefulness, and sampling rate regulation.

As Arduino is equipped with extension of Wi-Fi, the service of the network time protocol (NTP) is used to create temporal tags of data. This data is stored on a SD card, and further is transmitted through Wi-Fi to the device. The program contains a certain temporal window, the portioning device checks whether there are commands which are transferred from the coordination device in this window. Depending on a command the portioning device switches the coupled load in a status "switched on" or "switched off" and also switches on/ off the monitor on the dosing board or regulates sampling rate.

In Figure A.1 the general scheme of the device is shown.

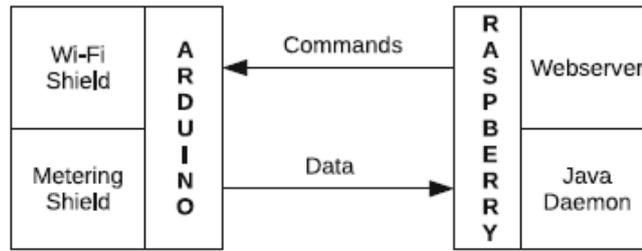


Figure A.1. Intelligent energy accounting scheme

The figure shows that extension for wireless data transfer and extension for energy parameters measurement are connected to a board of Arduino. Further Raspberry Pi obtains data with Arduino and sends commands to it. All processes of receiving / transmitting information from a board to the minicomputer and vice versa via a wireless network of wi-fi.

The received measuring board called as Yomo is developed as extension for Arduino which is capable to measure electrical quantities, such as active power, reactive power, ultimate power, current and voltage and can switch instruments to 20 A [6].

1.2.2 Motion sensor for a real-time video surveillance system

The article "Prototype Utilization of PIR Motion Sensor for Real Time Surveillance System and Web-Enabled Lamp Automation" describes the creation of a smart observation system which turns on the motion sensor and notifies a user with notification messages on Twitter in real time. Arduino Uno is used as the microcontroller in this project. This development is cheap, effective, reliable and applicable. The essence of operation consists of association of the motion PIR sensor with the Arduino microcontroller and the camera. This construction is bound to a Web server for the notification message through Twitter. As a result, the motion sensor fixes movement, takes a picture from the camera and within several seconds sends the notification message to the user in Twitter.

For project implementation Arduino Uno R3 as the main microcontroller and PIR (the passive infrared sensor) as sensors and drives have been chosen. The main scheme of this system is shown in Figure A.2.

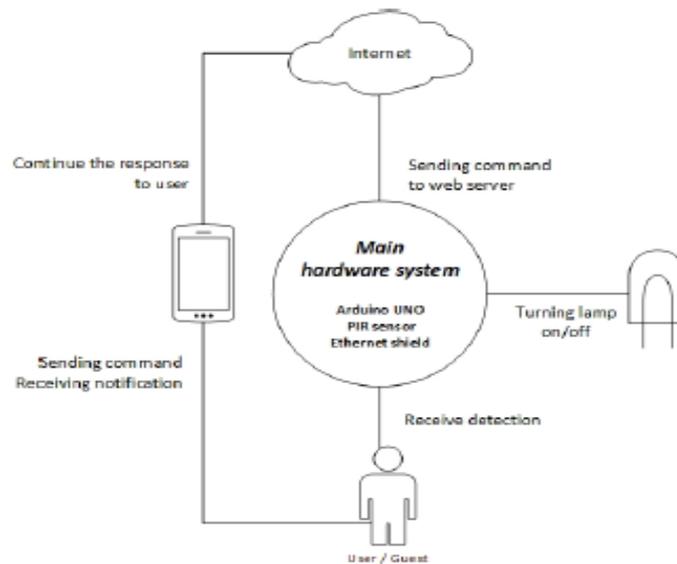


Figure A.2. The main scheme of the device

The basis of the hardware system consists of Arduino Uno as the microcontroller, PIR as the sensor for movement detection, extension of the Ethernet is used for communication with a Web server, the LED prototype acts as a lamp. The main objective of hardware system is to find the movement source. Then the main system will formulate a command for sending by the Arduino microcontroller.

If observation mode is set, the microcontroller tries to send a command to a Web server through the Ethernet, and the web application in the server processes a command through API Twitter and to send the message on the account of Twitter registered by the user. The architecture of the hardware environment is displayed below in Figure A.3.

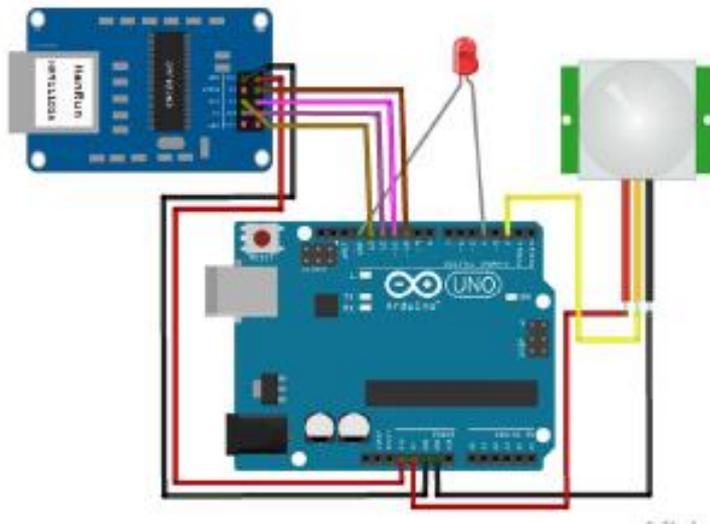


Figure A.3. Device Scheme

Figure A.3 shows that Arduino is connected to the IR sensor and the Ethernet extension with ENC28J60 based on the microchip which differs from the official Ethernet extension produced by Arduino simplicity, productivity and low cost.

The result of this system operation can be seen in Figure A.4.

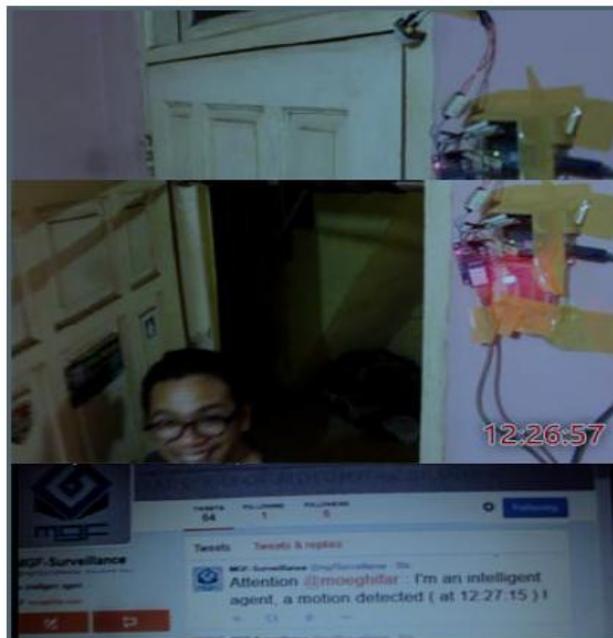


Figure A.4. Result of system operation

Figure A.4 shows the notification message sent to Twitter when the motion occurs in the room where the device is set. The message contains information that the system detected movements at a certain time, which is indicated in tweet [7].

1.2.3 Arduino as a basis for environmental data collection

The article "Open Source Building Science Sensors (OSBSS): A low-cost Arduino-based platform for long-term indoor environmental data collection" describes the development of a set of inexpensive open devices. These devices are based on the Arduino platform and are intended for measurement and accounting of ecological and construction parameters. The goal of OSBSS is to provide greater flexibility in synchronizing a large number of measurements with high spatial and temporal resolution.

Now the project includes different sensors and data loggers intended for measurement of important parameters in buildings including air temperatures and surfaces, relative air humidity, human employment, intensity of light, concentration of CO₂ and differential pressure.

The OSBSS project uses Arduino open source code in development of hardware database collection. The Arduino platform provides different boards for projects some of them use low-power 8-bit microcontrollers. These microcontrollers can calculate approximately 300,000 lines of code per second, which are more than enough for most input and output applications. Arduino is an integrated development environment (IDE), it is capable to work on all basic operation systems and supports the simplified programming language C/C ++. Besides, a large number of sensors and high-class devices have user Arduino-libraries and the active support from vendors for this platform.

The Arduino platform was successfully used in some other similar actions for data collection, including embedding of wireless networks of temperature sensors and humidity monitoring in concrete constructions, monitoring of human activity and integration through ZigBee and the Wi-Fi networks and also balancing of heating system parameters by these sensors data. These and other researches showed reliability and ease of use of the Arduino platform for data collection, so it's a good choice for development of sensor prototypes for OSBSS.

Figure A.5 shows basic configuration with OSBSS data logger. The dashed lines connecting the sensor show that the sensor is substantially replaced by others, depending on specific application. The NPN transistor is necessary for energy saving.

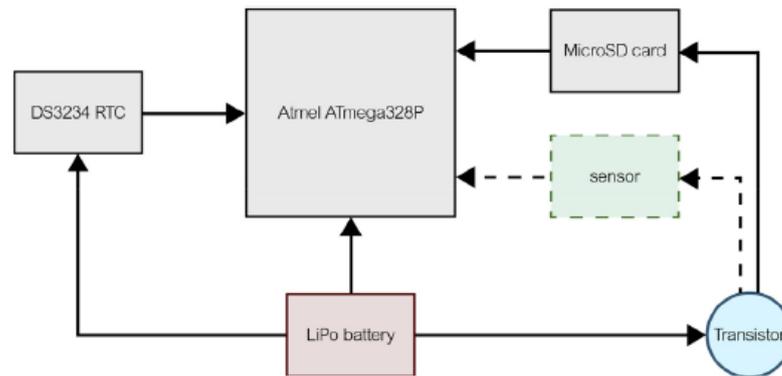


Figure A.5. The general diagram of the device

Using a platform with low power consumption OSBSS based on the Arduino Pro Mini (ATmega328P), various sensors were developed to build individual OSBSS data loggers. Prototypes include sensors: (a) temperature and relative humidity, (b) movement, (c) CO₂, (d) surface and airflow temperature, (e) light intensity, and (f) common analog voltage data logger. They can be used for recording output signals from other commercial sensors, such as differential pressure sensors or other CO₂ sensors. Figure A.6 shows prototypes of OSBSS data loggers, each of them includes the Arduino Pro Mini, DS3234 RTC, a MicroSD card holder, a transistor and a specific type of sensor.

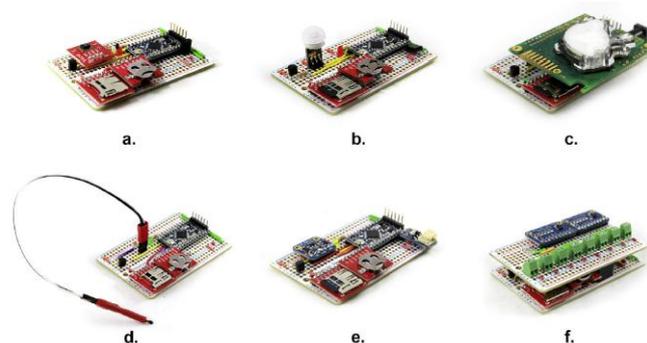


Figure A.6. OSBSS data loggers

The results of this research of the OSBSS devices network along with commercial partners show that this set of devices can be used for detecting a large number of operational parameters with high accuracy. The OSBSS platform is very

useful because it has an open source code, it's easily configurable and inexpensive [8].

1.2.4 Experimental investigation of remote control via Android smart phone of automated irrigation system

The article "Experimental Investigation of Remote Control Via Android Smart Phone of Arduino-Based automated irrigation system using moisture sensor" describes an economical and easy-to-use Arduino-based automated irrigation system that uses an Android smart phone for remote control. The system design includes a soil moisture sensor that delivers a signal proportional to the moisture content of the soil, which is compared to a predetermined threshold value obtained by sampling different soils and specific crops.

Arduino is wirelessly connected via the HC-05 module to the Android smart phone. Data obtained with the Android smart phone from Arduino, is displayed on user interface. The user interface in the Android smart phone allows user to have a light remote control of the irrigation system.

The general diagram of the device is shown in Figure A.7.

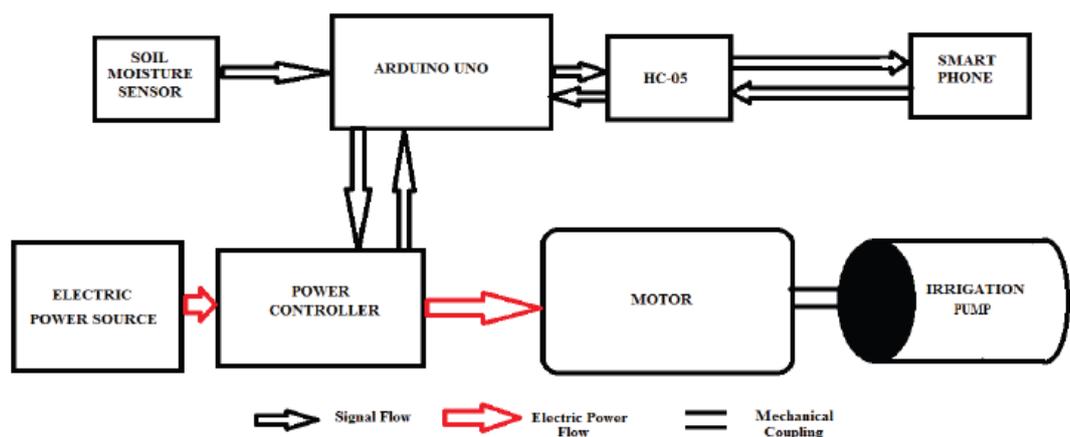


Figure A.7. Soil irrigation device diagram

The soil moisture sensor has a pair of probes, which when are introduced into a soil provide a voltage proportional to the moisture content of the soil. This voltage is compared with the corresponding predefined reference voltage, which corresponds

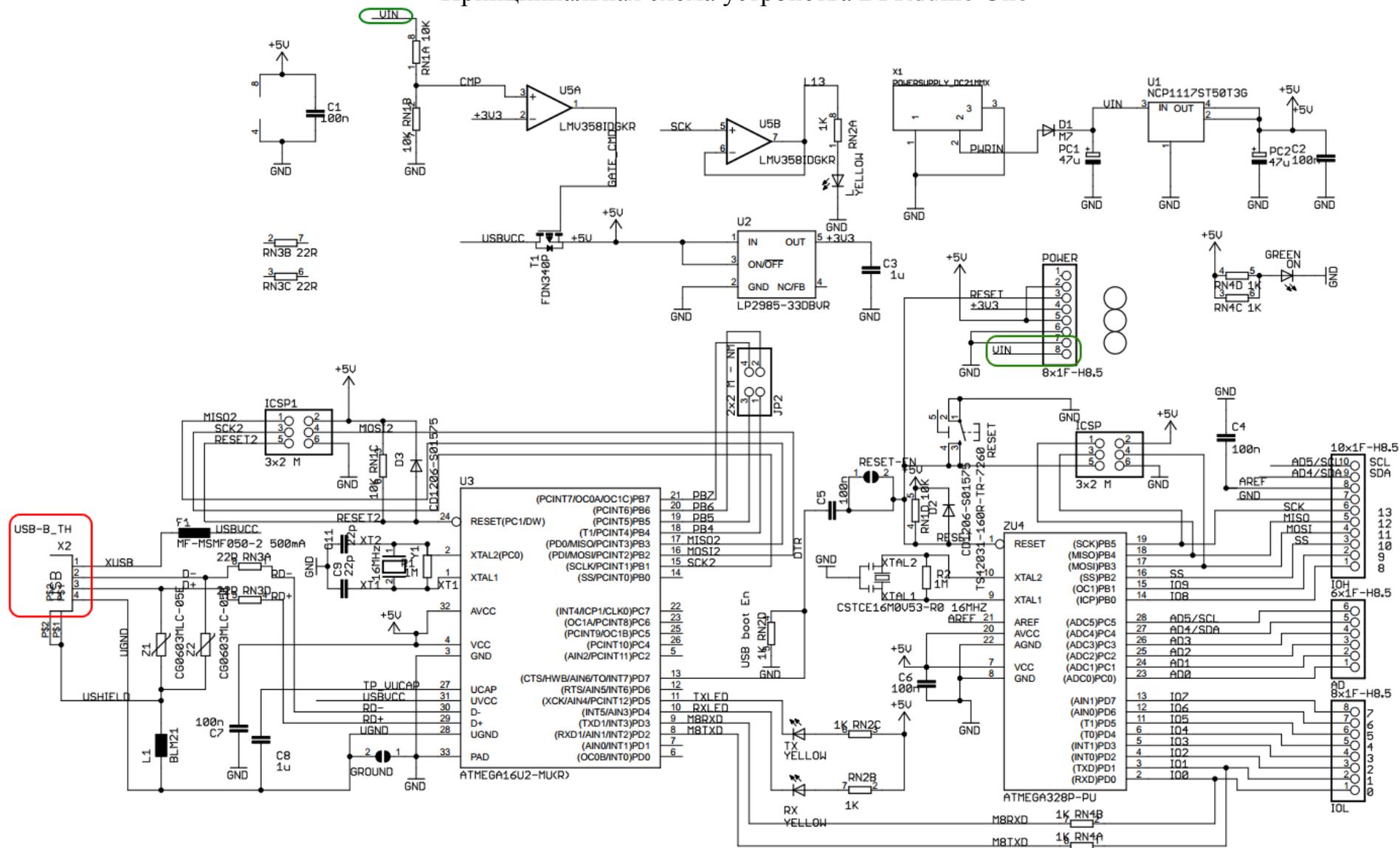
to the threshold moisture content of the soil. The reference voltage is adjusted exactly according to the requirement related to a particular culture by means of a potentiometer that is connected to the sensor signal processing circuit. Analog output of the comparator is connected to one of the analog input ports of the Arduino Uno board, which has an analog-to-digital converter (ADC), which converts this digital value in the range from 0 to 1023.

The Arduino Uno is launched by a program using Arduino software. The program reads the input value and compares it with the value of the moisture threshold level corresponding to the crop. The threshold moisture level for each crop must be obtained experimentally. If the value is above the threshold, it means that the soil is dry and the engine must activate the irrigation pump and, consequently, the water supply to the soil. According to this, Arduino Uno will output "1" (high level) or "0" (low level) on the output pin.

The output pin of the Arduino board is connected wirelessly to the smart phone via Bluetooth (the HC-05 chip system). There is an application called S2 Terminal on a smart phone that displays the readings received from HC-05. As soon as the button on the terminal is pressed, the user sees 1 or 0, which appears on the screen at certain intervals, depending on the time period specified in the code. The user has an option to turn the engine on or not by messages "Y" (yes) or "N" (no). This response is fed back to the Arduino board via HC-05. The code downloaded in the Arduino board checks the response received from the phone. If the answer is "yes", it sends a high level signal (1) to the output contact that is connected to the engine power controller. On the other hand, if the answer is "no", it sends a low level signal (0) to the output terminal wired to the power controller. The power controller turns on / off the engine, which starts the irrigation operation [9].

Приложение Б (справочное)

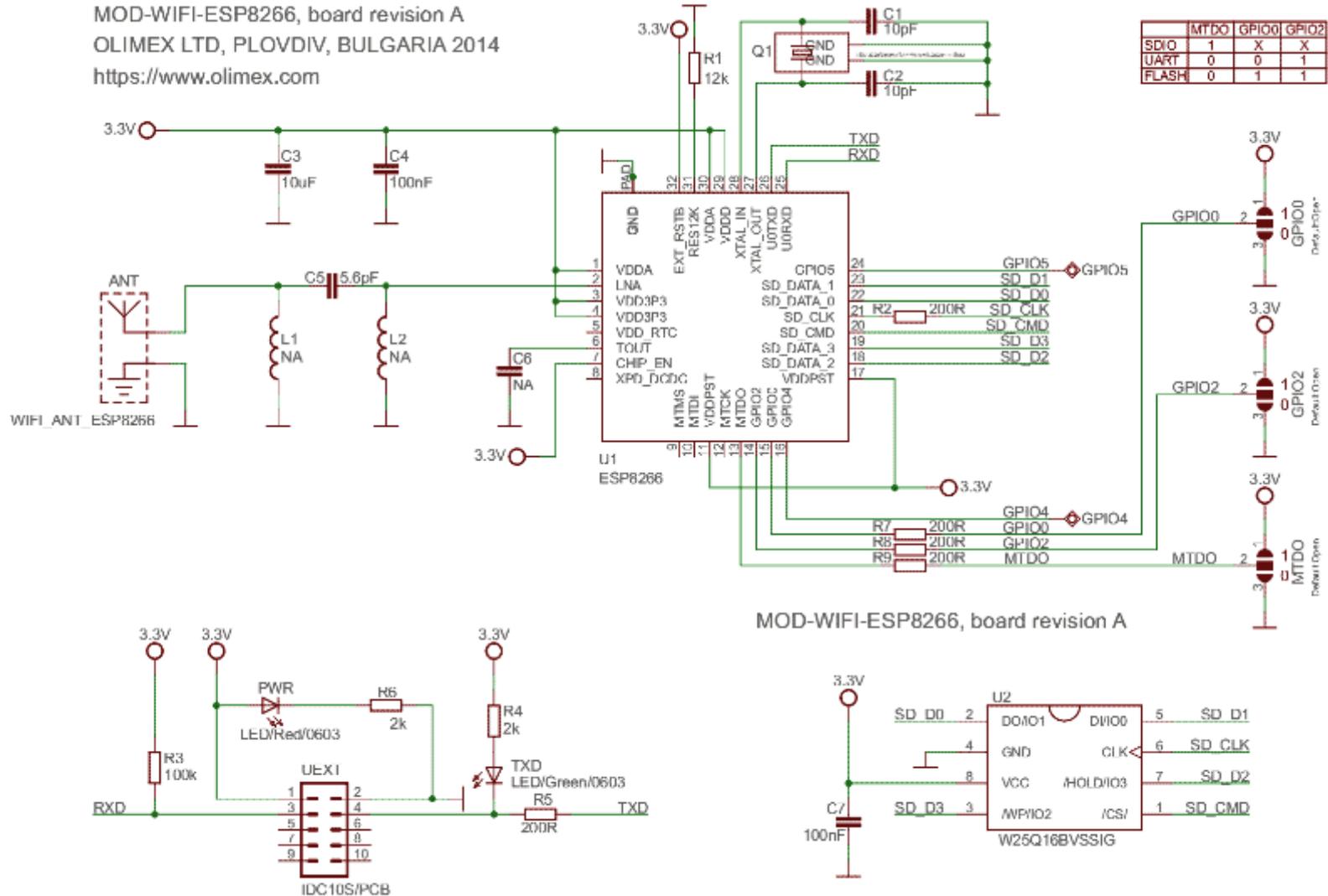
Принципиальная схема устройства DFRduino Uno



Приложение В (справочное)

Принципиальная схема устройства ESP8266 ESP01

MOD-WIFI-ESP8266, board revision A
OLIMEX LTD, PLOVDIV, BULGARIA 2014
<https://www.olimex.com>



This hardware design by Olimex LTD is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported License.

Приложение Г (справочное)

Листинг программы подсчета импульсов

```
#define ANACOMP_LED_PIN 12 // светодиод "состояние компаратора"
volatile bool updateLed = false; // начальное состояние светодиода ANACOMP_LED
volatile bool anacompState = false; // начальное состояние аналогового компаратора
volatile long N=0; //показания счетчика
unsigned long duration=0; //длина импульса в мс
unsigned long start_=0; //начало импульса в мс
unsigned long stop_=0; //конец импульса в мс
// Настройка скетча
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ANACOMP_LED_PIN, OUTPUT); // светодиод ANACOMP_LED в режим вывода
  interrupts(); // Разрешение прерываний
  anaCompSetup(); // Настройка аналогового компаратора
  N=0;
}
// Итерация основного цикла программы
void loop()
{
  if (updateLed) { // Если произошло прерывание аналогового компаратора
    updateLed = false; // Отметить, что данное событие обработано
    if (anacompState) // И если компаратор в состоянии логической единицы
    {
      start_ = millis(); // время начало импульса
      digitalWrite(ANACOMP_LED_PIN, HIGH); // включить светодиод ANACOMP_LED
    }
    else { // В противном случае
      digitalWrite(ANACOMP_LED_PIN, LOW); // выключить светодиод ANACOMP_LED
      stop_=millis(); // время конца импульса
      duration += (stop_-start_); // время импульса
      if( duration>500) { // если длительность импульса больше 500
        N++; // добавить единицу к счетчику импульсов
        duration=0; // обнулить длительность прошедшего импульса
        Serial.println(N); // вывести количество импульсов на экран
      }
    }
  }
}
// Настройка аналогового компаратора
void anaCompSetup()
{
  ACSR |= _BV(ACIE); // Разрешить прерывание аналогового компаратора
  DIDR1 |= _BV(AIN1D) | _BV(AIN0D); // Выключить цифровые входы контактов Digital 6 и 7 (для
снижения энергопотребления)
}
// Обработчик прерывания аналогового компаратора
ISR(ANALOG_COMP_vect)
{
  anacompState = ACSR & _BV(ACO); // Запомнить состояние аналогового компаратора
  updateLed = true; // Обновить состояние светодиода ANACOMP_LED
}
```

Приложение Д (справочное)

Принципиальная схема соединения ESP8266 ESP01 и DFRduino Uno

