

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Промышленная электроника
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему _____ Детектор порчи пищевых продуктов _____

Обучающийся

М.Е. Мельник

(Инициалы Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель

И.И. Золотов

_____ (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Название бакалаврской работы "Детектор порчи пищевых продуктов".

Работа состоит из пояснительной записки на 54 страницах, включающей 51 рисунок, список литературы из 20 наименований, в том числе 5 иностранных источников, 3 приложения и графическую часть на 6 листах формата А1.

Целью выполнения данной выпускной квалификационной работы является обеспечение автоматизации процедур контроля качества и свежести продуктов питания на складских помещениях по средствам разработки и проектирования программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего необходимый автоматический контроль и сбор данных о состоянии продуктов

В первой части выпускной квалификационной работы рассмотрены основные причины порчи продуктов питания, их классификация, химические и физические процессы, проходящие в них, а также способы их отслеживания.

Во второй части выпускной квалификационной работы рассматривается вся необходимая для реализации проекта компонентная база и выбранная аппаратная платформа системы управления. Представлена схема разработанного преобразователя напряжения AC-DC 220-5 В для питания разработанного устройства от бытовых сетей электроснабжения.

В третьей части выпускной квалификационной работы рассматривается программная реализация основных составляющих системы управления детектора порчи пищевых продуктов и настройка облачного сервера мониторинга данных, полученных с датчиков

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является готовый пакет документации для реализации программно-аппаратного комплекса, реализующего функции детектора порчи пищевых продуктов и системы мониторинга микроклимата на складских помещениях.

Abstract

The title of the bachelor's thesis is "Food Spoilage Detector".

The work consists of an explanatory note on 54 pages, including 51 figures, a list of literature of 20 titles, including 5 foreign sources, 3 applications and a graphical part on 6 sheets of A1 format.

The purpose of this graduate qualification work is to provide automation of procedures for quality and freshness control of food products in warehouses by means of development and design of hardware-software complex, which provides the necessary automatic control and data collection on the state of products

In the first part of the graduate qualification work considered the main causes of food spoilage, their classification, chemical and physical processes occurring in them, as well as ways to track them.

The second part of the final qualification work considers all the necessary component base and the selected hardware platform of the control system for the realization of the project. The scheme of the developed AC-DC 220-5 V voltage converter for powering the developed device from household power supply networks is presented.

The third part of the final qualification work considers the software implementation of the main components of the control system of the food spoilage detector and setting up a cloud server for monitoring the data received from the sensors

The result of the final qualification work is a ready package of documentation for the implementation of hardware-software complex that realizes the functions of food spoilage detector and microclimate monitoring system in warehouses.

Содержание

Введение	5
1 Состояние вопроса	6
1.1 Обзор существующих технологий и решений.....	6
1.1.1 Общие понятия о преждевременной порче продуктов питания.....	6
1.1.2 Методы и способы мониторинга качества и порчи продуктов.....	9
1.1.3 Анализ данных по проекту и определение его концепции....	14
2 Разработка детектора порчи пищевых продуктов.....	17
2.1 Аппаратное обеспечение системы управления детектора порчи пищевых продуктов	17
2.2 Аппаратное обеспечение системы детектирования порчи пищевых продуктов.....	21
2.3 Аппаратное обеспечение системы мониторинга микроклимата.....	25
2.4 Аппаратная часть системы визуализации результатов мониторинга данных	28
2.5 Схема питания детектора порчи пищевых продуктов.....	35
3 Разработка программного обеспечения системы управления.....	45
3.1 Настройка сервера удаленного мониторинга данных	48
Заключение	52
Список используемой литературы.....	53
Приложение А Перечень элементов к схеме электрической принципиальной преобразователя напряжения.....	55
Приложение Б Перечень элементов к схеме электрической подключения детектора порчи пищевых продуктов.....	56
Приложение В Управляющая программа.....	57

Введение

В современном мире наблюдается огромный и стабильный оборот разнообразных продуктов питания. Каждый из продуктов имеет свои условия и сроки хранения, а также требования, предъявляемые к их свежести и параметрам качества. В условиях наличия большого количества товаров на производственных складах, базах, а также непосредственно на складах магазинов бывает проблематично отследить качество и степень свежести хранящейся продукции. Регулярные ручные ревизии требуют, как больших временных затрат, так и существенных затрат человеческого ресурса.

Автоматические системы контроля оборота продукции не в состоянии предоставить исчерпывающую и корректную информацию о свежести продуктов, хранящихся на складе. Это связано с тем, что данные системы фиксируют общие данные с штрих-кодов или двумерных маркировок, нанесенных на палеты с товаром при их отправке и соответственно приемке. По полученным данным можно отследить лишь дату изготовления, упаковки, отправки и приемки товара, исключая факторы, привносимые в общее качество продукции при транспортировке груза и последующем хранении на складском помещении заказчика.

Для отслеживания качества и степени свежести продукции, с учетом этих факторов, необходимо использовать специализированные системы контроля, устанавливаемые в кузов транспорта или в месте хранения продуктов, подверженных быстрой утрате перечисленных выше качеств [19,20].

Целью выполнения данной выпускной квалификационной работы является обеспечение автоматизации процедур контроля качества и свежести продуктов питания на складских помещениях по средствам разработки и проектирования программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего необходимый автоматический контроль и сбор данных о состоянии продуктов.

1 Состояние вопроса

1.1 Обзор существующих технологий и решений

1.1.1 Общие понятия о преждевременной порче продуктов питания

Порча пищевых продуктов является сложным и комплексным процессом, который приводит к неприемлемости или нежелательности употребления такого продукта в качестве пищи и проявляющийся в различных аспектах, таких как изменение вкуса, запаха, пищевой ценности или внешнего вида продукта [1].

Процессы, приводящие к порчи пищевых продуктов, подразделяют на три основных категории:

- физические;
- химические;
- микробиологические.

Физические факторы, влияющие на качество продукции, могут заключаться в условиях транспортировки, хранения, непосредственном физическом воздействии и проявлении влияния окружающей среды[2].

Химические факторы, влияющие на качество продукции, могут заключаться в разнообразных химических процессах, видоизменяющих состав продукта на молекулярном уровне и как правило не связанные с органикой.

Микробиологические процессы разложения разнообразных органических веществ, или же биодеградация (ферментация) с участием микроорганизмов, являются неотъемлемой частью своеобразного круговорота в мире органических веществ [9,10]. На рисунке 1 представлены некоторые микроорганизмы, вызывающие порчу пищевых продуктов.

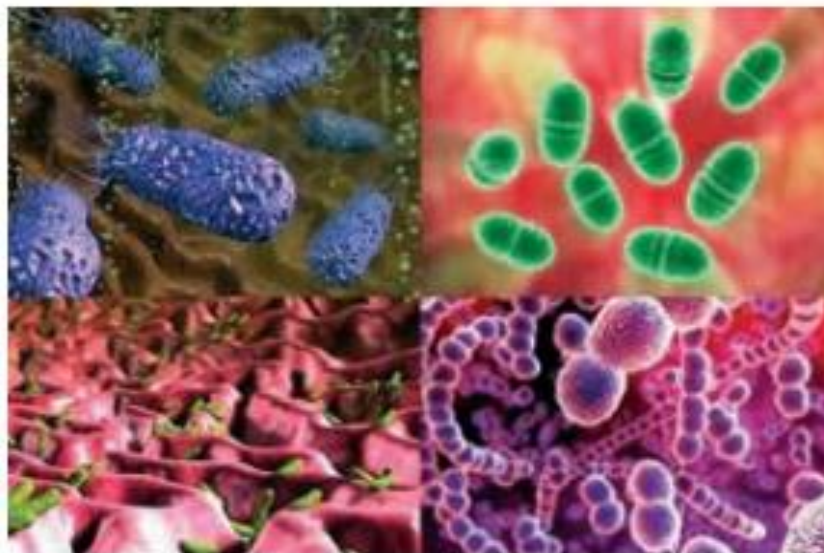


Рисунок 1 – Микроорганизмы, вызывающие порчу пищевых продуктов

Ориентируясь на вышесказанное можно утверждать, что любое изменение пищевого продукта, делающее его неприемлемым для потребления человеком и не зависящее от его природы, является порчей.

Общий экономический ущерб из-за порчи пищевых продуктов питания, достаточно сложно оценить в полной мере и степени точности, однако, по некоторым оценкам и найденным данным, из-за пагубной деятельности микроорганизмов и прочих неблагоприятных факторов теряется вплоть до четверти всей произведенной мировой пищевой продукции. Стоит отметить, что данные потери начинаются уже на стадии сельскохозяйственного производства и заготовок. Таким образом, для некоторых видов продукции потери до момента поступления в оборот в качестве готового к употреблению продукта составляют до 50% (овощи, фрукты) [3]. Помимо этого, микробиологическая порча является одной из главнейших проблем таких продуктов, как мясо, мясопродукты, молоко, свежие фрукты и овощи, хлебобулочные изделия, соки и еще некоторый ряд продуктов питания.

Причины микробиологической порчи пищевых продуктов питания можно условно разделить на внутренние, внешние, технологические и неявные.

Внутренними факторами принято считать такие свойства ПП как структурные и физико-химические, к которым обычно относят активность воды, а также содержание питательных и антимикробных веществ. К внешним факторам относят температуру, влажность и состав окружающей газовой среды. К технологическим же относят способы обработки пищевого сырья или готового продукта. Неявные факторы рассматривают как симбиотические, синергические и антагонистические взаимодействия микроорганизмов [1]. На рисунке 2 представлен список некоторых микроорганизмов, вызывающих преждевременную порчу пищевых продуктов.

Наименование микроорганизма	Пороговые условия роста			Пищевые продукты
	T, °C	A _w	pH	
Микроорганизмы порчи				
Галофильные бактерии	-	0,75	4,5	Соленая рыба
Молочнокислые бактерии	4	0,94	3,5	Фрукты и овощи, пиво, молоко, мясо в вакуумной упаковке
Микрококки	4	0,9	5,0	Свежее и вяленое мясо
<i>Acetobacter</i> spp.	5	0,95	2,6	Фрукты, пиво, вино
<i>Acinetobacter</i> spp.	1	0,96	5,5	Свежее мясо, птица, молоко
<i>Alternaria</i> spp.	1	0,75	2,7	Фрукты и овощи, пораженные черной гнилью, крупы
<i>Aspergillus niger</i>	0	0,8	1,2	Фрукты и овощи, пораженные черной гнилью, продукты мясопереработки
<i>Aspergillus</i> spp.	0	0,64	2,0	Крупы, фрукты и овощи, орехи
<i>Bacillus subtilis</i>	5	0,95	4,2–5	Овощи, свежее мясо и птица, молоко, хлеб
<i>Botrytis cinerea</i>	-2	0,93	2,5	Фрукты и овощи, пораженные черной гнилью, продукты мясопереработки
<i>Candida</i> spp.	0	0,7	1,3	Мясо, птица, молочные продукты, морепродукты
<i>Enterobacter aerogenes</i>	2	0,95	4,4	Свежее мясо, птица
<i>Fusarium</i> spp.	-3	0,87	2,2	Овощи, пораженные сухой гнилью, фрукты, крупы
<i>Mucor</i> spp.	0	0,8	3,0	Фрукты, овощи, сыр
<i>Penicillium</i> spp.	-6	0,78–0,9	1,9	Мясо, фрукты, овощи, крупы
<i>Pseudomonas</i> spp.	<0	0,97	5,5	Овощи, пораженные гнилью, мясо, птица, яйца
<i>Rhizopus stolonifer</i>	5	0,93	2,5	Хлеб, овощи, пораженные мягкой гнилью, свежее мясо
<i>Trichosporon</i> spp.	0	0,87	2,0	Морепродукты, мясо, молочные продукты, фрукты
<i>Bacillus cereus</i>	10	0,92	4,9	Рыба, свежее мясо, вода

Рисунок 2 – Микроорганизмы, вызывающие преждевременную порчу пищевых продуктов

Стоит понимать, что в зависимости от вида, природы и химического состава каждый отдельный продукт питания имеет индивидуальную уязвимость к тем или иным микроорганизмам, химическим и физическим процессам, а также требования, предъявляемые к условиям производства, хранения и реализации продукции. Из этого следует, что для проверки каждой отдельно взятой группы пищевой продукции могут существовать свои уникальные методы проверки и мониторинга качества и свежести, ориентированные на отслеживание того или иного индикатора порчи, свойственного выбранной группе, ввиду особенности физических и химических процессов, протекающих в них [15].

1.1.2 Методы и способы мониторинга качества и порчи продуктов

К существующим способам мониторинга качества пищевой продукции, помимо систем, отслеживающих изменение в структуре, химическом и биологическом составе, являются также разнообразные системы, отслеживающие наличие инородных тел в уже фасованных или неупакованных продуктах питания. Такие системы, как правило внедряются и применяются непосредственно при самом технологическом процессе изготовления продукции.

Одним из видов такого контроля являются рентгеновские системы. Несмотря на то, что современные технологии производства всячески направлены на устранение физических загрязнений и инородных объектов в пищевых продуктах, нельзя полностью исключить факт сбоя в производственном цикле, что потенциально может привести к загрязнению продукта. Рентгеновские системы помогают защитить конечного потребителя и обеспечивают достойный уровень детектирования различных физических загрязнений продукта, независимо от их размера, формы или местоположения, внутри упакованных и неупакованных продуктов [4]. К оборудованию такого типа можно отнести пищевые X-RAY детекторы. На рисунке 3 представлен пищевой детектор от компании МП Технологии.



Рисунок 3 – Пищевой X-RAY детектор

На рисунках 4 и 5 представлены результаты работы данной рентгеновской системы контроля.



Рисунок 4 – Наличие инородного объекта внутри продукта

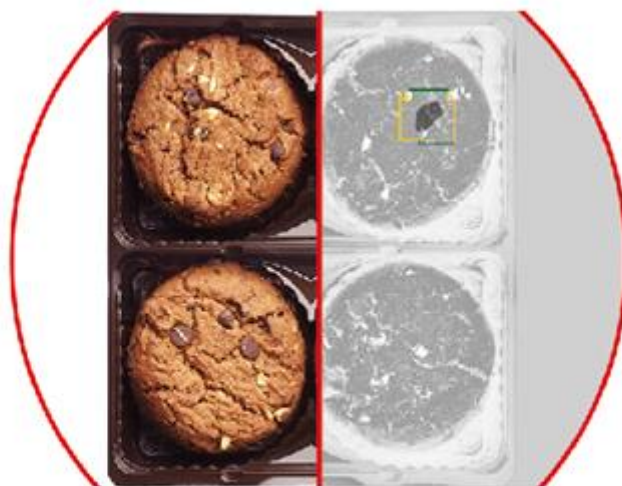


Рисунок 5 – Наличие инородного объекта внутри пищевой упаковки

Другой вид систем контроля качества продуктов питания направлен на определение в них степени содержания вредных веществ, например, нитратометры. На рисунке 6 представлен нитратометр.



Рисунок 6 – Нитратометр

Согласно описанию, данный прибор позволяет определить содержание вредных для человеческого организма солей азотной кислоты в исследуемом продукте, являющихся остаточным пагубным фактором при использовании производителем азотных удобрений. Принцип его работы основан на электропроводимости измеряемого объекта, соли азотной кислоты являются хорошим проводником и продукты с их повышенным содержанием гораздо лучше проводят электрический ток, что и фиксирует прибор. Однако более доступные для использования устройства, ориентируясь на сложность и масштабность конструкции, а также ценовой диапазон имеют значительную погрешность измерения, составляющую порядка 15 – 30 %. Из чего можно сделать вывод, что для точности исследования качества продуктов питания по данному индикатору необходимо использование целой отдельной химической лаборатории со всем необходимым оборудованием и ответственность за данные тесты должен брать на себя непосредственный производитель или поставщик продукции.

Системы контроля, более приближенные к условиям использования на складских помещениях, отслеживают условия окружающей среды и ее газовый состав, помогая работникам в автоматическом режиме отслеживать и выставлять необходимые параметры микроклимата, а также получать сигналы об изменении газового состава воздуха, свидетельствующего о начале изменения химического состава и процессов в некоторых продуктах. Данные системы уже можно отнести к полноценными представителями АСУ, ввиду сложной и затратной программной и аппаратной составляющей, а также необходимости наличия дополнительных квалифицированных кадров для обслуживания и ремонта данных систем. Введение данных систем целесообразно только на продуктовых складах, крупных фирм, предназначенных для промышленного оборота продукции. На рисунке 7 представлен пример автоматизированной системы контроля на складском помещении.

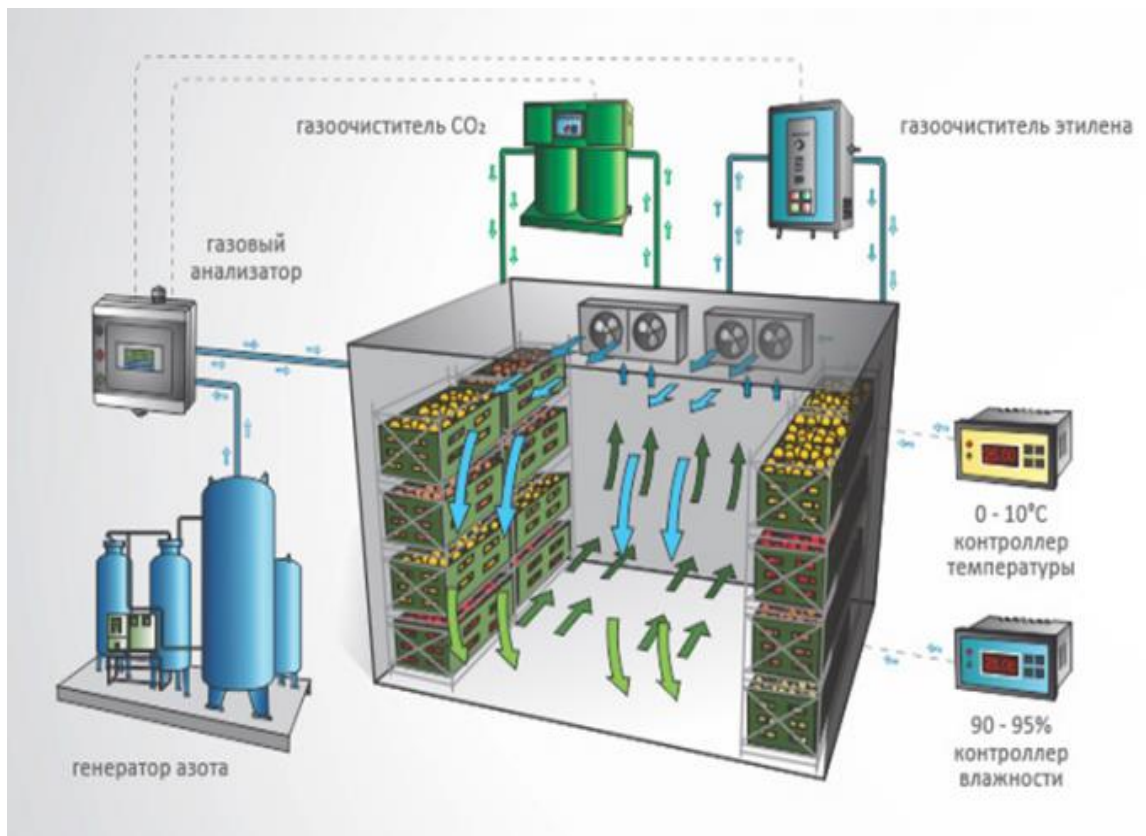


Рисунок 7 – Система контроля микроклимата складского помещения

Еще одним способом контроля качества и своевременной фиксации факта порчи пищевой продукции являются регулярные ревизии ручным способом с привлечением человеческих ресурсов. Однако данным метод является крайне затратным, как в отношении временных ресурсов, так и в отношении человеческих. Помимо того, ручная проверка далеко не всегда способна принести должный результат и в полной мере выполнить свою функцию ввиду наличия человеческого фактора и особенностей процесса приемки и маркировки товара, которые не учитывают многие факторы, негативно влияющие на срок хранения и свежесть продуктов питания.

1.1.3 Анализ данных по проекту и определение его концепции

Перед непосредственным выполнением содержательной части выпускной квалификационной работы и проектировании детектора порчи пищевых продуктов, были исследованы данные о природе такого явления, как порча пищевой продукции, а также ее разновидностях и степени влияния на отдельные виды продукции. Были исследованы разнообразные методы и способы отслеживания качества и факта порчи пищевых продуктов, ориентированные на проверку данных показателей по разным индикаторам и направлениям.

Ориентируясь на техническое задание, разрабатываемый детектор порчи пищевых продуктов должен содержать в составе системы управления микроконтроллер с напряжением номиналом в 5 В, как для логических и аналоговых цепей управления, так и для цепей питания.

Проведя анализ готовых решений в интересующей нас области и доступных в данный момент времени на открытом рынке специализированного оборудования было решено, что в рамках выполнения выпускной квалификационной работы необходимо спроектировать устройство, считающую в себе примитивную систему мониторинга микроклимата на складском помещении и систему детектирования порчи пищевых продуктов.

Изучив основные положения о порче пищевых продуктов, химических, физических и биологических процессах, протекающих в них, а также проанализировав способы их фиксации на уровне датчиков и детекторов как в модульном исполнении, так и отдельных существующих схемотехнических решений, было решено выделить конкретную группу пищевых продуктов питания, на работу с которыми будет направлено наше разрабатываемое устройство.

При выборе группы продуктов питания предпочтение было отдано фруктам и ягодам, ввиду понятного и доступного алгоритма фиксации изменений, протекающих в них. Подавляющее большинство фруктов и ягод

содержат сахарозу, являющуюся природным сахаром. Так же на поверхности плодов образуется естественный налёт природных дрожжей. Наличие сахара в плодах является благоприятной и питательной средой для размножения дрожжевых бактерий. По этой причине в определённый момент фрукты или ягоды начинают бродить. В результате брожения и соответствующих химических реакций сахароза преобразуется в этиловый спирт, наличие паров которого можно детектировать при помощи специализированных датчиков, связанных с системой управления разрабатываемого устройства. На рисунке 8 представлен процесс преобразования сахарозы в этиловый спирт на химическом уровне.

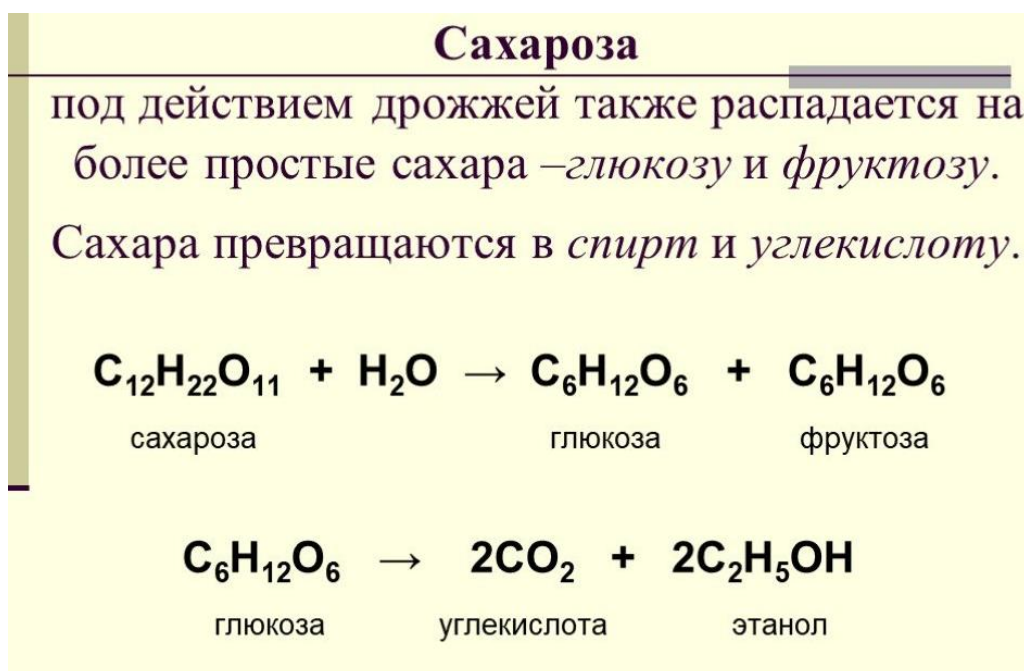


Рисунок 8 – Образование этилового спирта

В ходе выбора микроконтроллера для аппаратной составляющей системы управление предпочтения решено было отдавать устройствам AVR архитектуры [5-7]. Выбор основывался на таких параметрах как доступность, цена, функциональность, наличие специализированной среды для разработки программного обеспечения, а также простота освоения, проектирования и дальнейшей эксплуатации разработанного устройства.

Проанализировав все вышеупомянутые данные и условия нами был выведен список задач, подлежащих выполнению для достижения поставленной цели:

- проектирование структуры и функций устройства, реализующего детектирование порчи продуктов питания;
- разработка и выбор компонентной базы детектора порчи пищевых продуктов;
- разработка электрических связей в проектируемом устройстве на физическом уровне;
- разработка программного обеспечения системы управления.

Выводы по разделу

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы была поставлена цель и определен ряд задач, выполнение которых необходимо для ее достижения. Были исследованы темы, связанные с порчей и изменением качества пищевых продуктов, и способов мониторинга этого процесса. Была выбрана узкая группа пищевой продукции с которой будет в последующем вестись работа. Определилась основная концепция разрабатываемого детектора, в соответствии с которой в последующем будет вестись разработка схемотехнической и программной частей. По результатам проделанной работы была разработана структурная схема детектора порчи пищевых продуктов.

2 Разработка детектора порчи пищевых продуктов

2.1 Аппаратное обеспечение системы управления детектора порчи пищевых продуктов

На данном этапе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо было подобрать все необходимые составные компоненты разрабатываемого устройства, разработать и спроектировать электрические связи внутри устройства и между его составными частями, а также полностью укомплектовать аппаратную составляющую комплексного решения.

Решено было начать с подбора именно аппаратной составляющей системы управления детектора порчи пищевых продуктов, как наиболее важной составляющей части, ввиду того, что последующий подбор составных элементов будет отталкиваться от специфики выбранной платформы.

Основными факторами при выборе аппаратного обеспечения для системы управления являются:

- наличие необходимой для выполнения предполагаемых задач вычислительных мощностей и характеристик устройства управления;
- доступность получения и ценовые параметры устройства управления;
- удобство и гибкость систем разработки, поставляемых с аппаратной платформой.

Учитывая все вышеперечисленные факторы, предпочтение в выборе устройства управления для разрабатываемого устройства было отдано аппаратной платформе от компании Arduino и ее аналогам от производителей из других стран. Отладочные платы Arduino и их аналоги активно и повсеместно используются при проектировании разнообразных систем управления и электронных устройств, а также их макетов и прототипов. Системы и устройства, спроектированные на базе данной аппаратной платформы, могут активно применяться как в бытовой, так и в промышленной сфере [16].

Рассматриваемая аппаратная платформа предоставляет своим пользователям огромный встроенный инструментарий, направленный на обработку дискретных и аналоговых сигналов, работу с таймерами и специализированными программными блоками, а также наличие обширной базы готовых библиотек для работы с разнообразными модульными устройствами.

В текущий момент на рынке присутствует широкий спектр совместимых с Arduino датчиков, устройств, плат расширения и разнообразных модулей, что кратно увеличивает сложность и функциональность систем, которые можно построить на базе этой аппаратной платформы. Также в ходе анализа рынка было замечено, что помимо периферии существует также огромное множество разновидностей и реализаций самой отладочной платы, отличающихся габаритными размерами, производительностью, техническими характеристиками, форм-фактором и наличием функциональных выводов.

По окончании анализа найденных и отмеченных как наиболее удовлетворяющие выдвигаемым требованиям отладочных плат для построения системы управления детектором порчи пищевых продуктов была выбрана отладочная плата Arduino UNO, как полностью подходящая для работ, выполняемых в рамках выпускной квалификационной работы. На рисунке 9 представлена информация о выводах выбранной отладочной платы.

Arduino UNO R3 Pinouts

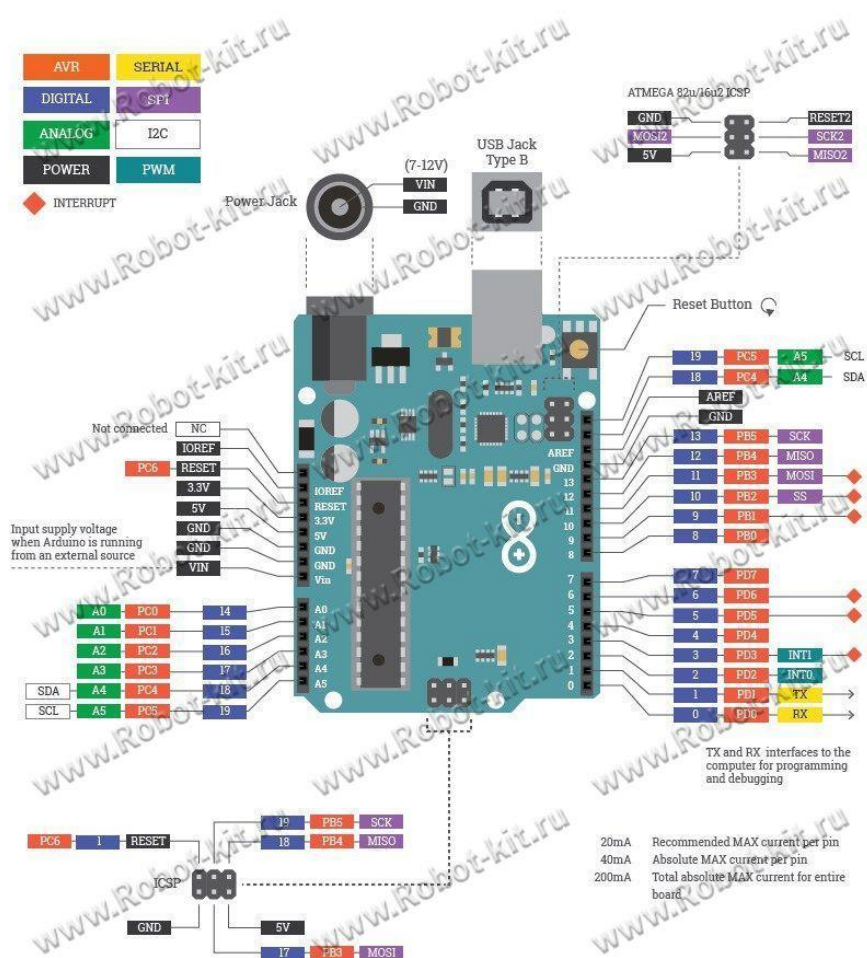


Рисунок 9 – Отладочная плата Arduino UNO

Отладочная плата Arduino UNO сконструирована на базе микроконтроллера ATmega328. Данный чип представляет собой 8-и битный микроконтроллер AVR архитектуры и поддерживает максимальную рабочую тактовую частоту 20 МГц [12]. В рассматриваемой плате установлена вариантное исполнение микроконтроллера в корпусе DIP-28N, имеющая 28 выводов штыревого типа и представленная на рисунке 10.

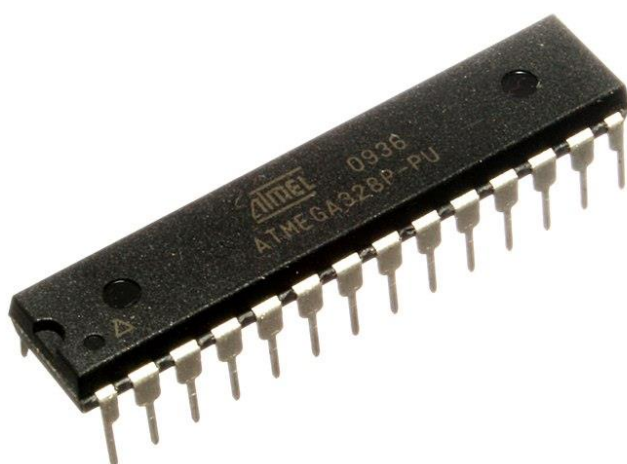


Рисунок 10 – ATmega328 DIP-28N

На рисунке 11 представлены некоторые технические характеристики данного микроконтроллера, заявляемые заводом изготовителем.

Parameter	Value
CPU type	8-bit AVR
Maximum CPU speed	20 MHz
Performance	20 MIPS at 20 MHz ^[2]
Flash memory	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Package pin count	28 or 32
Capacitive touch sensing channels	16
Maximum I/O pins	23
External interrupts	3
USB interface	No

Рисунок 11 – Технические характеристики ATmega328

Сама же плата Arduino на базе микроконтроллера ATmega328 проектируется и поставляется с наличием 14 цифровых портов типа вход/выход. Шесть цифровых портов поддерживают работу с ШИМ. Помимо этого, предусмотрено наличие 6 портов для работы с аналоговыми сигналами. В данной плате реализована поддержка связи по интерфейсам USB и SPI, питание платы и всех ее функциональных элементов осуществляется при подаче постоянного напряжения номиналов 5 В через USB или напрямую на специализированные порты. На рисунке 12 представлены основные технические характеристики Arduino UNO.

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы <u>ШИМ</u>)
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Флеш-память	32 Кб (ATmega328) из которых 0.5 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактовая частота	16 МГц

Рисунок 12 – Технические характеристики Arduino UNO

2.2 Аппаратное обеспечение системы детектирования порчи пищевых продуктов

Как было описано выше, в ходе определения общей концепции разрабатываемого устройства и выбора группы продуктов с которой будет работать наше устройство, выбор пал на фрукты и овощи и отслеживание химических процессов гниения в них, ориентируясь на выделяемые в ходе данных химических реакций паров этилового спирта [11,13].

Исходя из выбора аппаратной платформы Arduino был проанализирован рынок датчиков и анализаторов газовой среды, совместимых с аппаратной

платформой Arduino. По результатам исследования был выбран совместимый с Arduino датчик паров спирта MQ3, представленный на рисунке 13.



Рисунок 13 – Датчик паров спирта MQ3

Выбранный датчик способен определить содержание паров спирта в выдыхаемом воздухе и окружающей газовой среде. MQ3 представляет собой полупроводниковый прибор, принцип работы которого основан на явлении изменения сопротивления специального тонкопленочного слоя диоксида олова при контакте с определенными молекулами, входящими в состав общей газовой смеси [8]. Чувствительный элемент данного датчика состоит из керамической трубки, покрытой оксидом алюминия и нанесенной на нее чувствительной пленки из диоксида олова. Внутри вышеупомянутой трубки располагается нагревательный элемент, подогревающий чувствительный слой до температуры, необходимой для начала ее взаимодействия с искомыми молекулами газа. Чувствительность к разного рода газам может варьироваться

и достигается путем изменения состава примесей в чувствительном слое. На рисунках 14 и 15 представлены некоторые технические характеристики, заявляемые заводом изготовителем и схема электрическая принципиальная датчика MQ3 соответственно.

Диапазон измерений

- Алкоголь: 0,05 мг/л–10 мг/л

Характеристики

- Напряжение питания нагревателя: 5 В
- Напряжение питания датчика: 3,3–5 В
- Потребляемый ток: 150 мА
- Габариты: 25,4×25,4 мм

Рисунок 14 – Технические характеристики MQ3

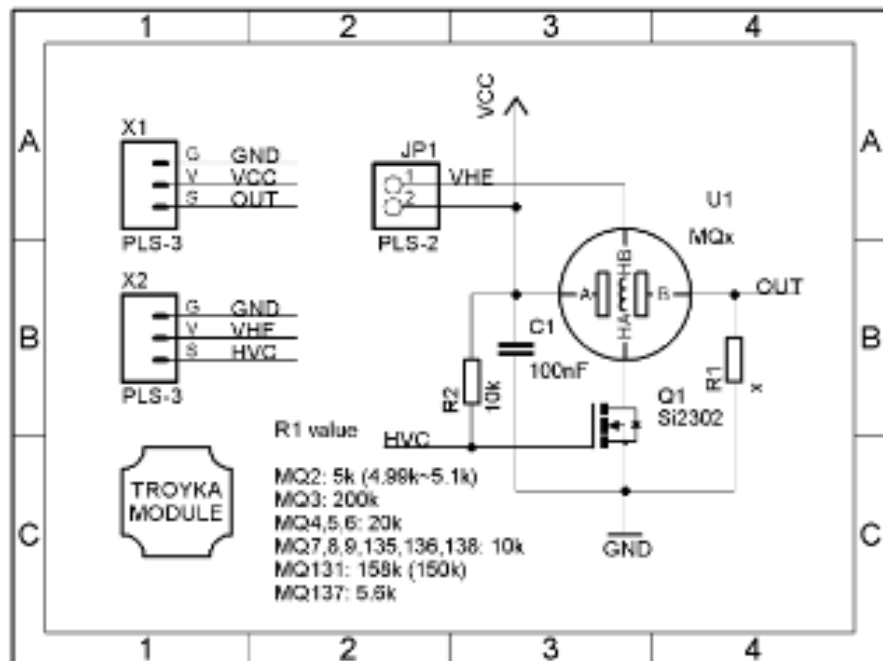
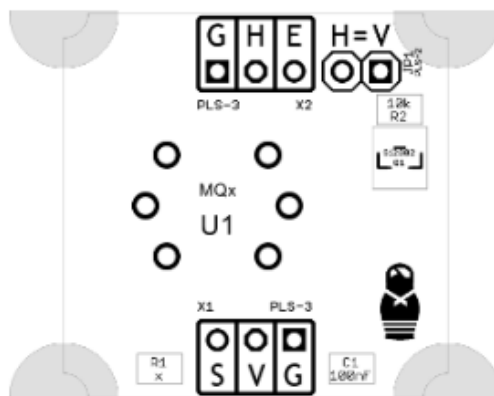


Рисунок 15 – Схема электрическая принципиальная MQ3

В данном датчике предусмотрено два режима работы нагревательного элемента. В первом случае нагревательный элемент в трубке постоянно включен, что позволяет использовать для подключения устройства один шлейф, состоящий из трех проводов. Во втором случае возможна реализация программного управления нагревательным элементом с изменением схемы подключения. На рисунке 16 представлена монтажная схема датчика с отображением назначения входов/выходов.

1 группа

- Сигнальный (S) – Выходной сигнал сенсора. Подключите к аналоговому входу микроконтроллера.
- Питание (V) – Питание датчика. Соедините с рабочим напряжением микроконтроллера.
- Земля (G) – Соедините с пином GND микроконтроллера.



2 группа

- Сигнальный (E) – Управление питанием нагревателя. Подключите к цифровому пину микроконтроллера.
- Питание (H) – Питание нагревателя. Соедините с пином 5V
- Земля (G) – Соедините с пином GND микроконтроллера.

Рисунок 16 – Монтажная схема MQ3

На рисунке 17 представлен вариант физического подключения данного вариативного исполнения датчика к плате аналогу Arduino UNO от компании Амперка.

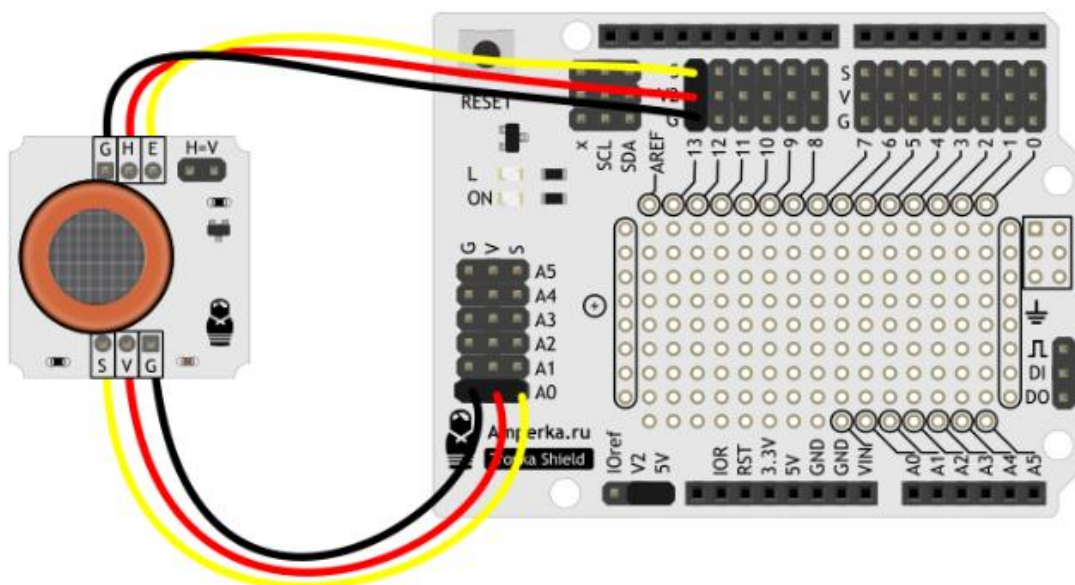


Рисунок 17 – Подключение датчика к плате

2.3 Аппаратное обеспечение системы мониторинга микроклимата

В ходе определения общей концепции разрабатываемого устройства было решено совместить в нем как систему детектирования факта порчи пищевых продуктов, так и примитивную систему мониторинга микроклимата на складском помещении. Ведь такие показатели как температура и влажность окружающей среды способны напрямую влиять на качество и срок хранения фруктов и овощей. При дальнейшей доработке данной системы и введения в ее состав таких объектов управления как холодильное, обогревательное и вентиляционное оборудование можно превратить данную структуру в систему контроля микроклимата, однако в рамках данной выпускной квалификационной работы мы ограничимся лишь мониторингом.

При анализе рынка и выбора подходящих схемотехнических решений под необходимые нам задачи был выбран совместимый с Arduino датчик температуры и влажности DTH-11, представленный на рисунке 18.

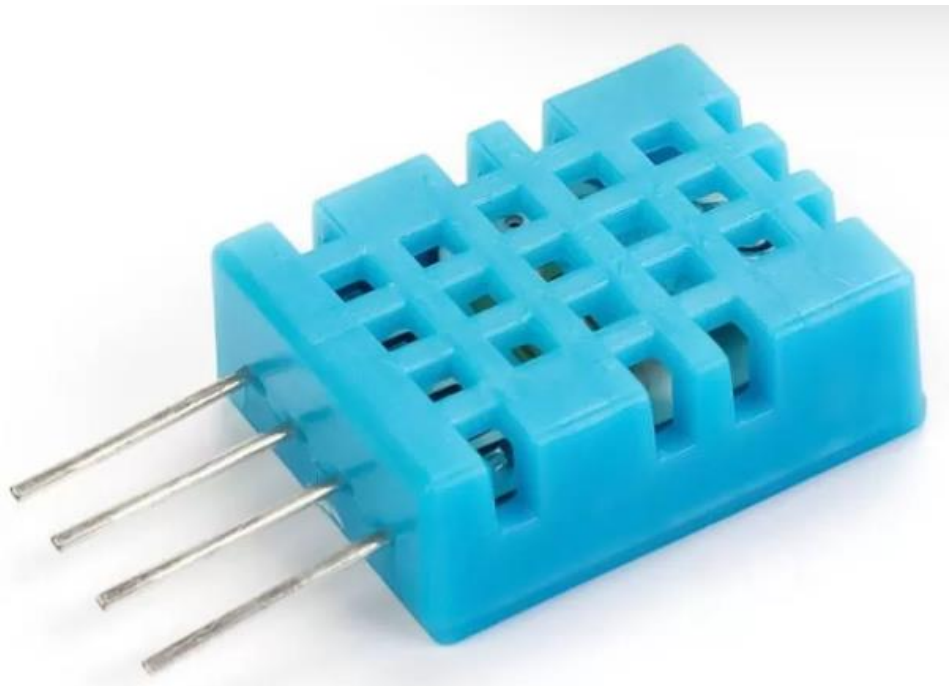


Рисунок 18 – Датчик DHT-11

Выбранный датчик состоит из двух функциональных частей, а именно, емкостного датчика температуры и гигрометра, а находящийся внутри чип способен выполнять аналого-цифровое преобразование полученных данных и выдавать цифровой сигнал, который считывается по средствам использования микроконтроллера.

В большинстве случаев DHT-11 и другая его вариация DHT-22 доступны в двух вариантных исполнениях. В первом случае это отдельный датчик с пластиковым корпусом и металлическими контактами. Во втором случае это уже готовый модуль с датчиком и припаянными элементами обвязки. Стоит отметить, что второй вариант гораздо проще использовать в реальных проектах. На рисунках 19 и 20 представлены некоторые технические характеристики выбранного датчика DHT-11 и его вариации DHT-22 соответственно.

- Потребляемый ток – 2,5 мА (максимальное значение при преобразовании данных);
- Измеряет влажность в диапазоне от 20% до 80%. Погрешность может составлять до 5%;
- Применяется при измерении температуры в интервале от 0 до 50 градусов (точность – 2%)
- Габаритные размеры: 15,5 мм длина; 12 мм ширина; 5,5 мм высота;
- Питание – от 3 до 5 Вольт;
- Одно измерение в единицу времени (секунду). То есть, частота составляет 1 Гц;
- 4 коннектора. Между соседними расстояние в 0,1 ".

Рисунок 19 – Технические характеристики DHT-11

- Питание – от 3 до 5 Вольт;
- Максимальный ток при преобразовании – 2,5 мА;
- Способен измерять влажность в интервале от 0% до 100%. Точность измерений колеблется от 2% до 5%;
- Минимальная измеряемая температура – минус 40, максимальная – 125 градусов по Цельсию (точность измерений – 0,5);
- Устройство способно совершать одно измерение за 2 секунд. Частота – до 0,5 Гц;
- Габаритные размеры: 15,1 мм длина; 25 мм ширина; 5,5 мм высота;
- Присутствует 4 коннектора. Расстояние между соседними – 0,1 ";

Рисунок 20 – Технические характеристики DHT-22

Из рисунков, представленных выше, очевидно понятно, что при использовании в сочетании с Arduino датчика температуры и влажности DHT-11 будут получены менее точные и достоверные значения, чем при использовании DHT-22. Аналог поддерживает более широкий диапазон измерений, однако имеет один цифровой выход, что свидетельствует о том, что показания с него можно снимать не чаще, чем один раз в 1-2 секунды, как и на датчике DHT-11. В свою очередь датчик DHT-22 более дорогой в сравнении с DHT-11, поэтому для выполнения данной выпускной квалификационной работы было решено использовать именно DHT-11. На рисунке 21 представлена схема подключения датчика к плате Arduino с указанием наименования выводов.

Датчик DHT22/DHT11	Arduino
+	+5V
out	например, 2
-	GND

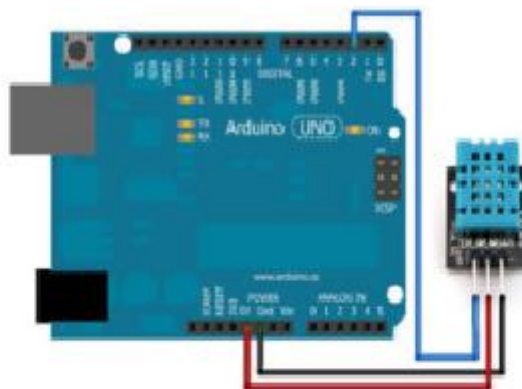


Рисунок 21 – Подключение датчика DHT-11

Помимо этого, в систему мониторинга микроклимата на складском помещении было решено добавить фоторезистор (LDR), для определения интенсивности излучаемого в помещении освещения, что тоже может оказывать влияние на качество продукции.

2.4 Аппаратная часть системы визуализации результатов мониторинга данных

Данные, полученные с датчиков и обработанные устройством управления, необходимо визуализировать и передавать на удаленные посты контроля для упрощения эксплуатации разрабатываемого устройства и удобства контроля работниками складских помещений. Исходя из этого было решено спроектировать примитивный НМИ, обеспечивающий контроль

данных о состоянии помещения и хранящихся продуктах в удобочитаемой форме непосредственно на рабочем месте и параллельную пересылку данных в облачное хранилище для удаленного мониторинга.

Для визуализации данных на рабочем месте решено было использовать совместимый с Arduino LCD дисплей, представленный на рисунке 22.



Рисунок 22 – LCD 1602

Дисплей LCD 1602, или Liquid Crystal Display 1602, представляет собой текстовый жидкокристаллический дисплей, способный отображать 16 символов в две строки. Он оснащен подсветкой и контрастной настройкой, что делает его удобным для чтения в различных условиях освещения. Выбранный дисплей отличается относительной надежностью, доступностью и функциональностью, достаточной для реализации нашего проекта.

На рисунке 23 представлено соотношение выводов LCD дисплея и выводов платы Arduino, к которым их необходимо подключить.

Пин LCD 1602	Пин Arduino UNO
VSS (GND)	GND
VDD (5V)	5V
VO (Contrast)	Средний вывод потенциометра
RS	Пин 12
RW	GND (подтянут к нулю)
E	Пин 11
D4	Пин 2
D5	Пин 3
D6	Пин 4
D7	Пин 5
A (Anode)	5V
K (Cathode)	GND

Рисунок 23 – Соотношение выводов LCD и Arduino

На рисунке 24 представлен пример непосредственного физического подключения дисплея к отладочной плате Arduino UNO.

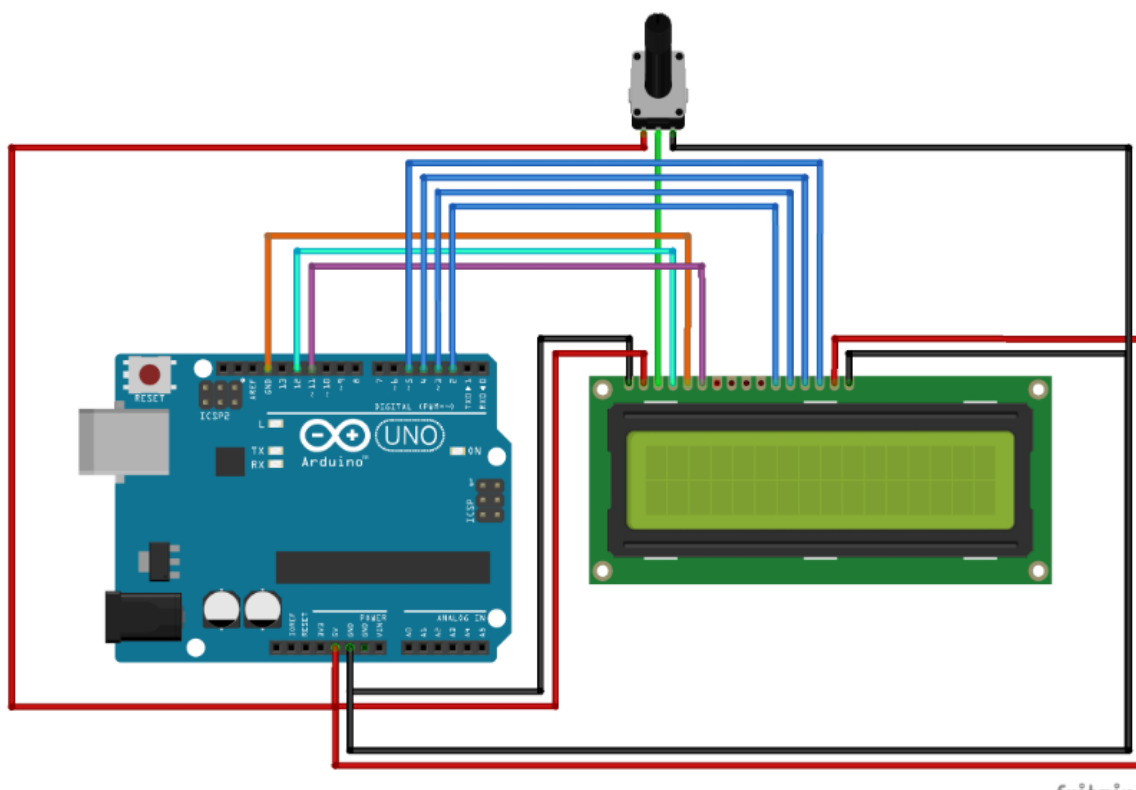


Рисунок 24 – Физическое подключение дисплея к Arduino UNO

В представленной выше схеме подключения переменный резистор используется в качестве инструмента настройки яркости и контрастности изображения, выводимого на экран дисплея.

Для уменьшения количества физических проводников и изменении протокола и интерфейса связи дисплея с контроллером существует специализированная интерфейсная плата I2C PCF8574. На рисунке 25 представлено вариативное исполнение дисплея LCD 1602 с установленной интерфейсной платой I2C.

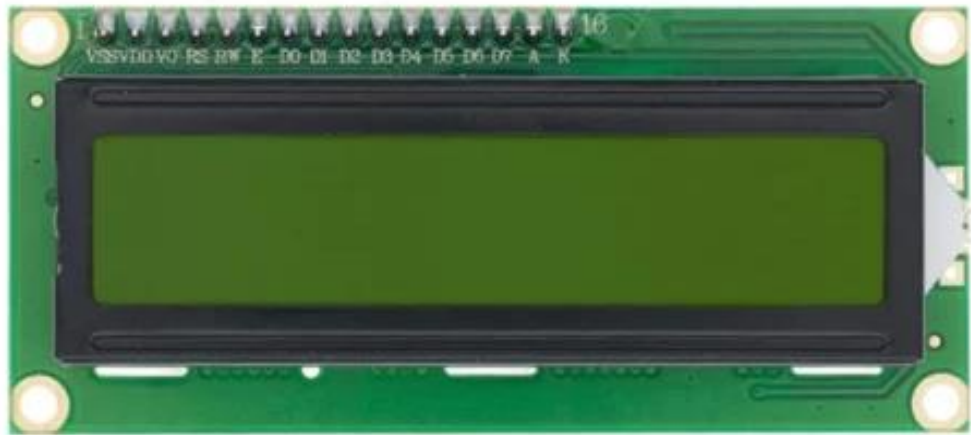


Рисунок 25 – LCD 1602 с платой I2C

Таким образом, использование интерфейсной платы I2C позволяет управлять визуализацией информационных сообщений при помощи всего четырех физических проводников. На рисунке 26 представлена схема подключения платы I2C на базе PCF8574 к дисплею LCD 1602.

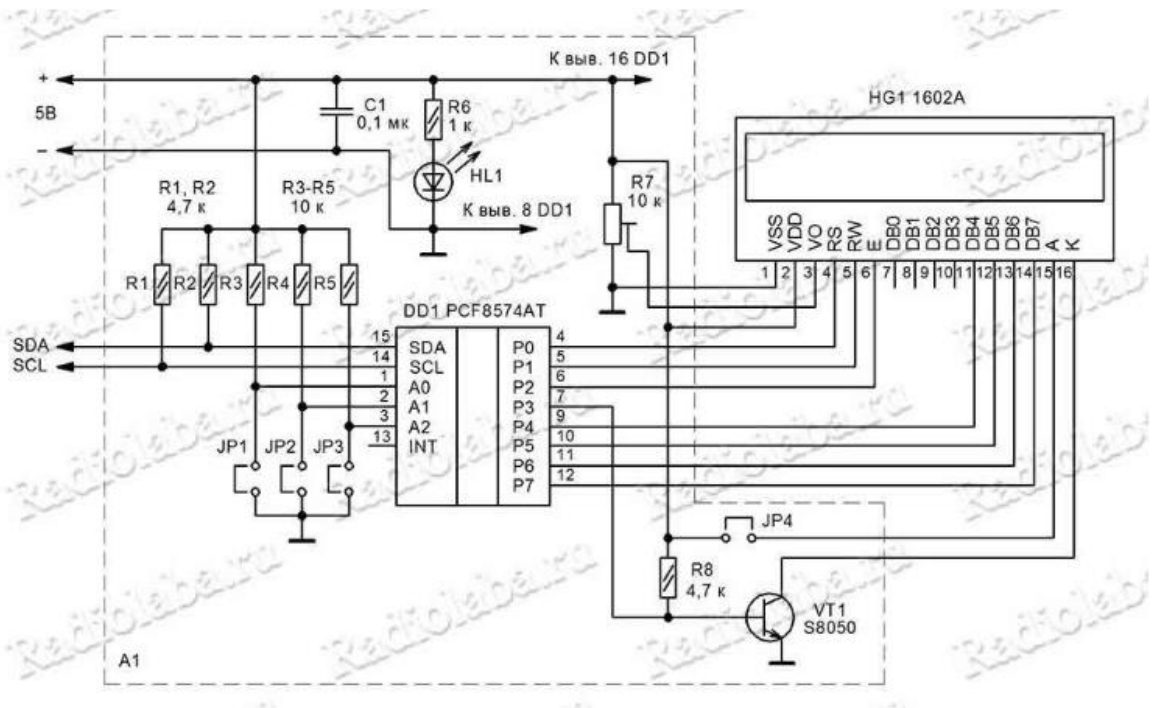


Рисунок 26 – Схема подключения платы I2C к дисплею

Для реализации процесса передачи данных на облачное хранилище и последующего их мониторинга решено было использовать плату ESP8266, реализующую возможность приема и передачи данных через сеть Wi-Fi. На рисунке 27 представлена плата ESP8266.

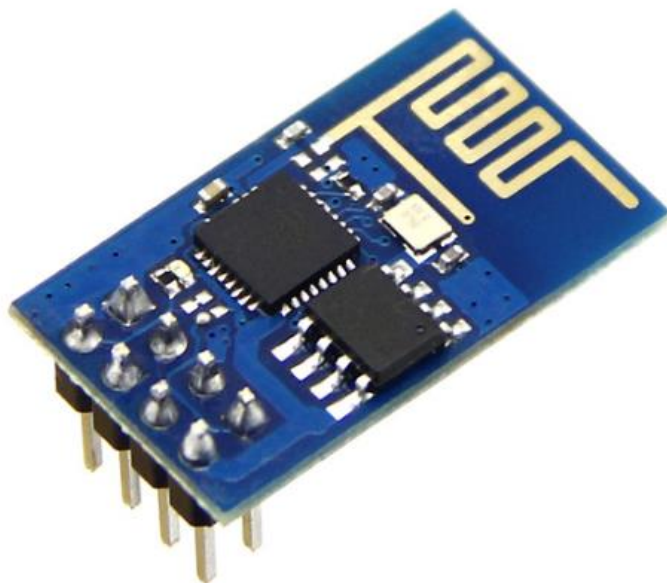


Рисунок 27 – Wi-Fi модуль ESP8266

На рисунке 28 представлены основные технические характеристики данного модуля.

- Напряжение питания: 3.3V (2.5-3.6V)
- Ток потребления: 300 мА при запуске и передаче данных, 35 мА во время работы, 80 мА в режиме точки доступа
- Максимальный ток пина – 12 мА.
- Flash память (память программы): 1 МБ
- Flash память (файловое хранилище): 1-16 МБ в зависимости от модификации
- EEPROM память: до 4 кБ
- SRAM память: 82 кБ
- Частота ядра: 80/160 МГц
- GPIO: 11 пинов
- ШИМ: 10 пинов
- Прерывания: 10 пинов
- АЦП: 1 пин
- I2C: 1 штука (программный, пины можно назначить любые)
- I2S: 1 штука
- SPI: 1 штука
- UART: 1.5 штуки
- WiFi связь

Рисунок 28 – Технические характеристики платы на базе ESP8266

На рисунке 30 представлена информация о выводах выбранного модуля в вариативном исполнении ESP-01.

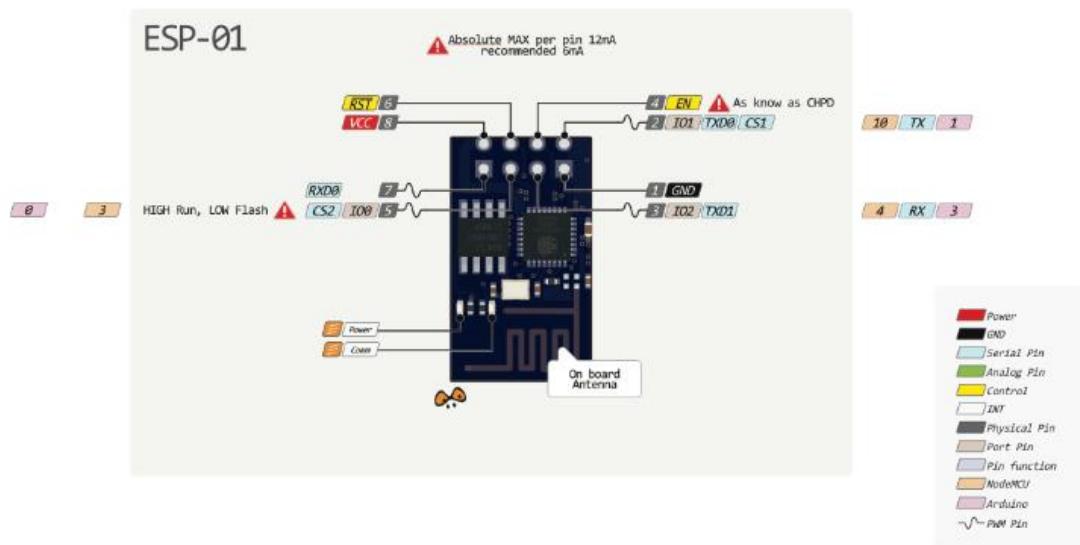


Рисунок 30 – Информация о выводах ESP-01

2.5 Схема питания детектора порчи пищевых продуктов

Для корректной работы всех систем разрабатываемого устройства необходимо обеспечить подачу постоянного напряжения номиналов 3.3 и 5 В, что может быть проблематично в условиях эксплуатации на складских и любых других помещениях, предназначенных для использования данного устройства. Это связано с тем, что при проектировании и строительстве помещений наличие таких источников напряжения как правило не предполагается, за исключением особых узкоспециализированных помещений. Ввиду этого, необходимо было разработать преобразователь напряжения штатных и доступных повсеместно 220 В переменного тока в постоянное напряжение необходимых нам номиналов.

При разработке цепи питания для детектора порчи пищевых продуктов и проверки ее работоспособности была использована программа для моделирования работы электронных цепей Micro-Cap 12. Данный программный продукт отличается большой функциональностью, широким спектром встроенных инструментов анализа и обширной библиотекой пассивных и активных компонентов.

Первым этапом в разработке питающей схемы необходимо было снизить входное переменное напряжение 220 В до более низких значений, являющихся оптимальными для дальнейшего выпрямления и подачи на составные элементы нашего устройства, к примеру 18 В.

Для определения необходимого нам трансформатора напряжения необходимо было прибегнуть к понятию коэффициента трансформации, который определяется из соотношения количества витков первичной и вторичной обмотки трансформатора или из соотношения входного и выходного напряжения, как показано на рисунке 31.

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$K < 1$ - Повышающий трансформатор

$K > 1$ - Понижающий трансформатор

$$K = 220/18 = 12.2$$

Рисунок 31 – Определение коэффициента трансформации

Как видно из рисунка выше под наши задачи подойдет понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации порядка 12,2. Для проверки работоспособности первичного участка преобразователя и рассчитанного коэффициента трансформации в среде Micro-Cap 12 была собрана схема, представленная на рисунке 32.

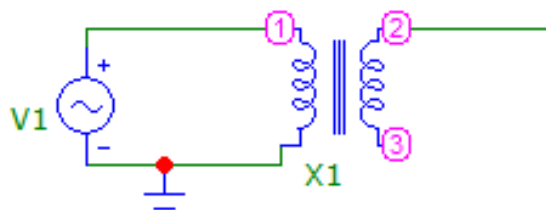


Рисунок 32 – Входная цепь преобразователя напряжения

Было замечено, что настройка коэффициента трансформации в Micro-Cap имеет свою особенность и простое указание рассчитанного коэффициента трансформации приведет к неверным результатам. Для данной системы моделирования коэффициент трансформации равняется отношению выходного напряжения к входному. Из этого следует, что коэффициент трансформации для модели, используемой нами при моделировании разрабатываемого преобразователя должен составлять порядка 0,081. Установили это значение в соответствующую ячейку настройки, как показано на рисунке 33.

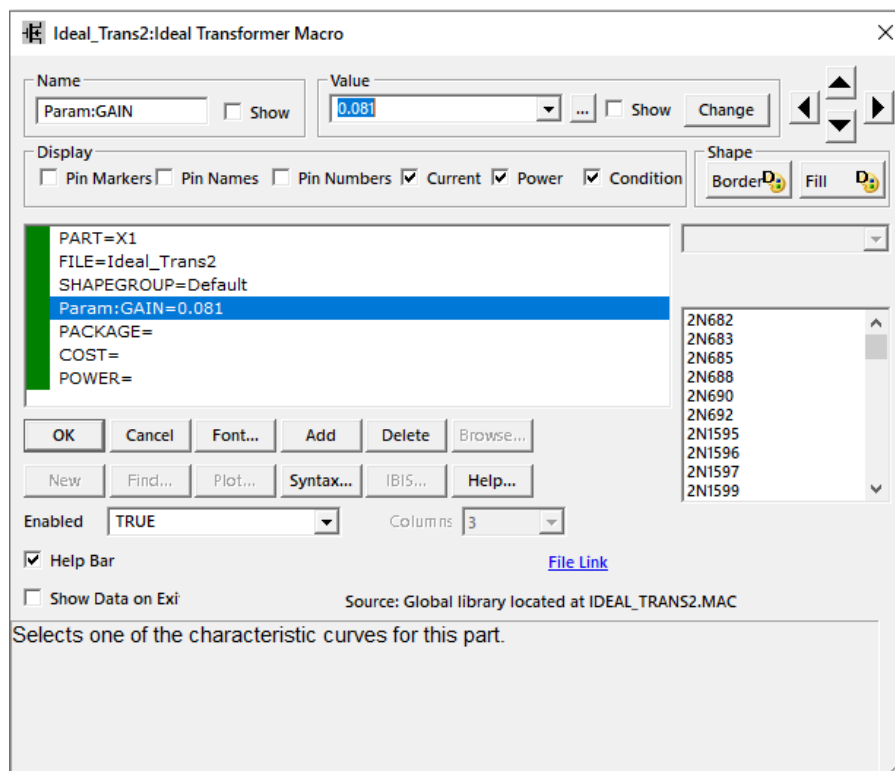


Рисунок 33 – Установка коэффициента трансформации

После завершения настройки трансформатора были сняты осциллограммы входного и выходного сигнала первичного узла преобразования, представленные на рисунке 36.

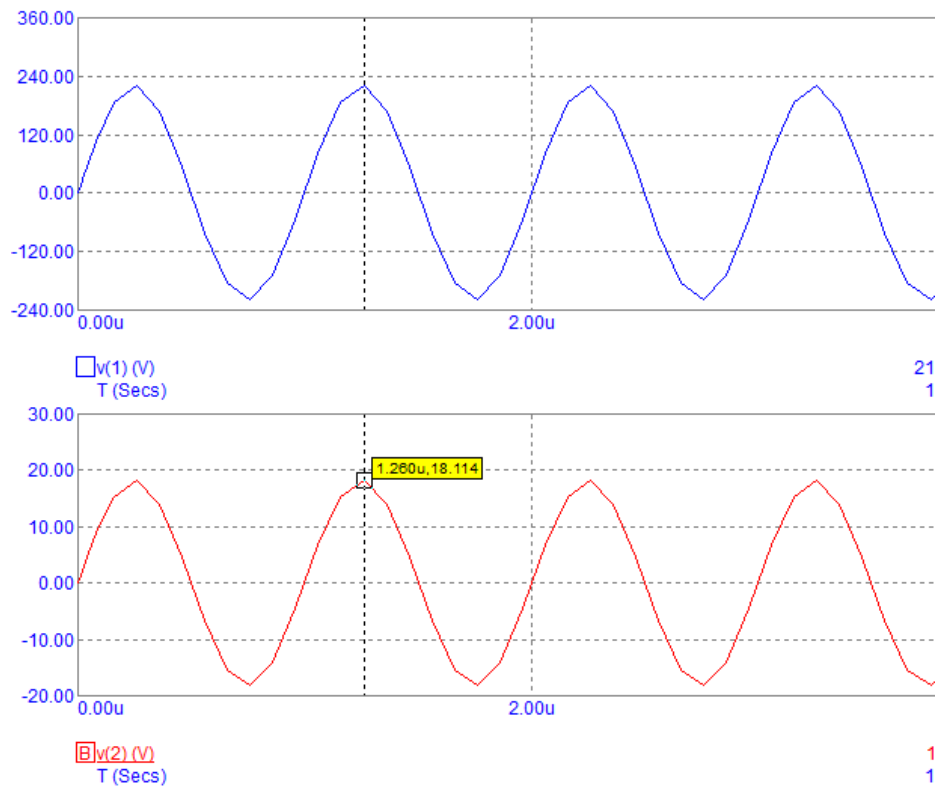


Рисунок 36 – Осциллограммы входного и выходного сигнала

Исходя из полученных результатов, в качестве реальных объектов, которые можно установить в разрабатываемый преобразователь, могут выступать, к примеру, тороидальный трансформатор ТТП-10-18В или ТПК-1, представленные на рисунке 37.

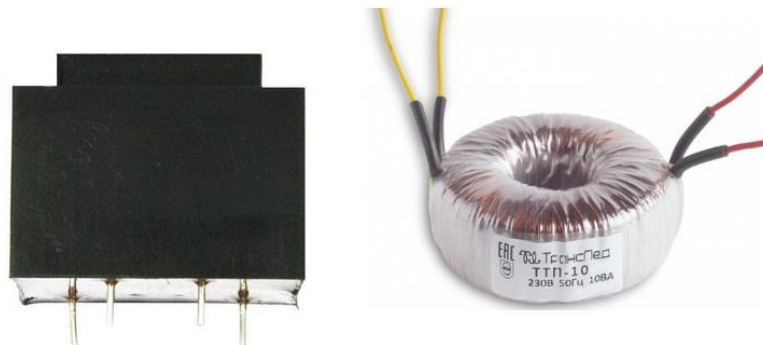


Рисунок 37 –Подходящие модели трансформаторов

После настройки трансформатора необходимо было преобразовать полученное переменное напряжение в постоянное того же номинала, для чего в схему был включен полный диодный мост. Исследуемая схема, после добавления диодного моста представлена на рисунке 38.

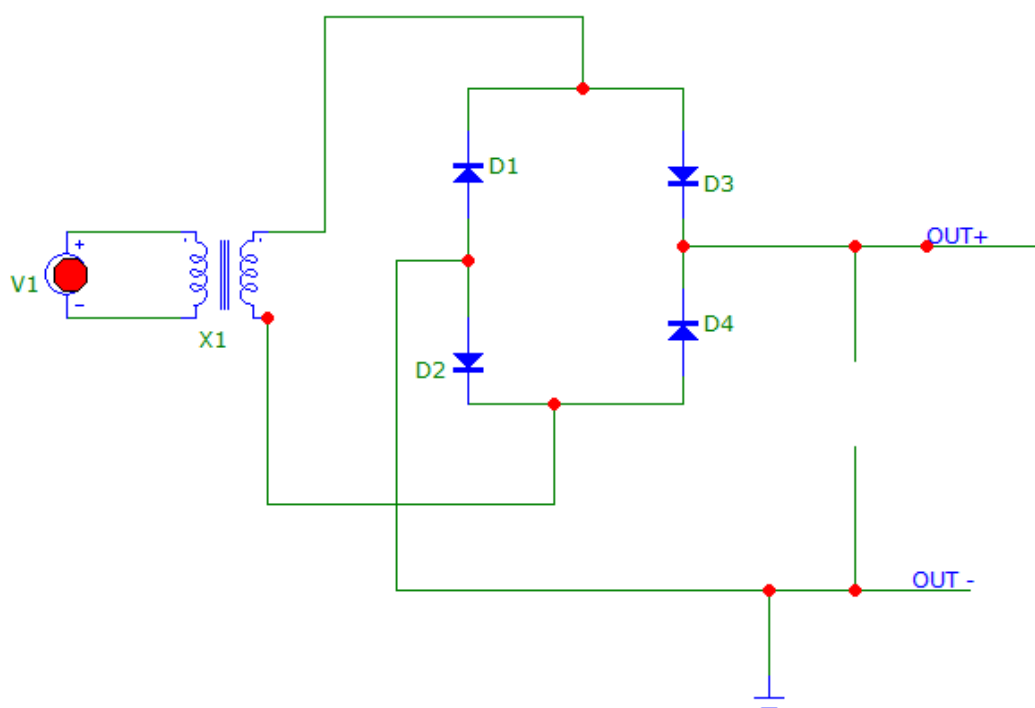


Рисунок 38 – Преобразователь напряжения с диодным мостом

На рисунке 39 представлена осциллограмма выходного напряжения полученной схемы.

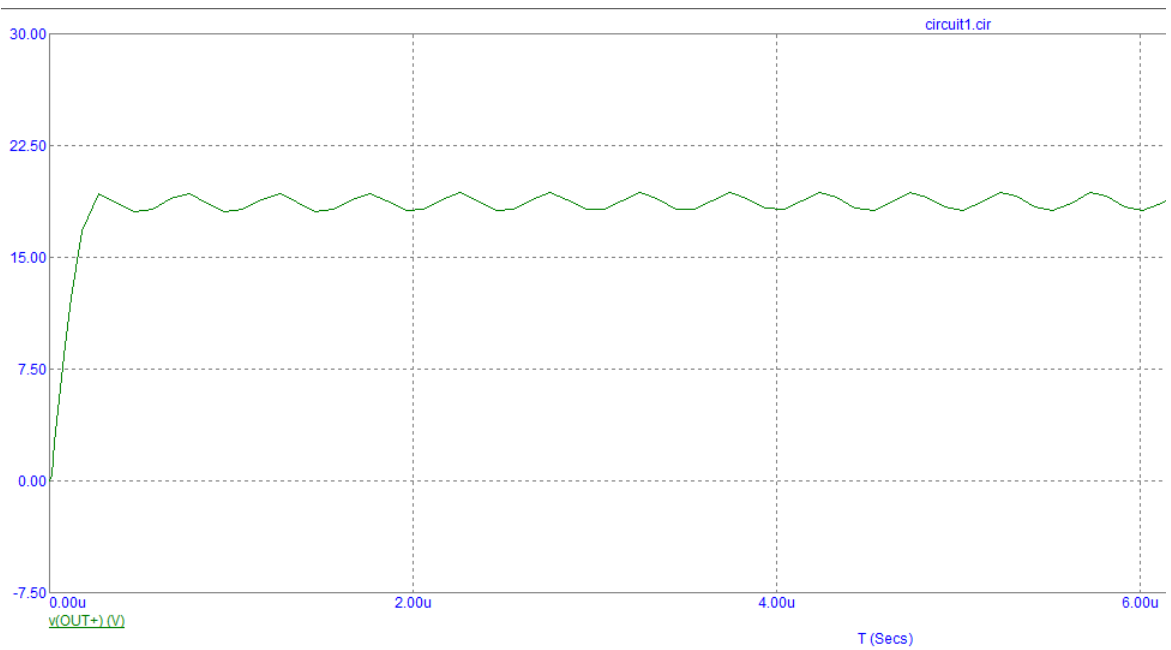


Рисунок 39 – Осциллограмма выходного сигнала

Как видно из рисунка выше, выходной сигнал с преобразователя напряжения в данный момент имеет небольшие колебания номиналом порядка 2 В. Для того, чтобы устранить данные пульсации выходного напряжения и стабилизировать сигнал ближе к требуемому постоянному уровню напряжения было решено добавить в выходную цепь фильтрующий конденсатор. На рисунке 40 представлена видоизмененная схема преобразователя напряжения.

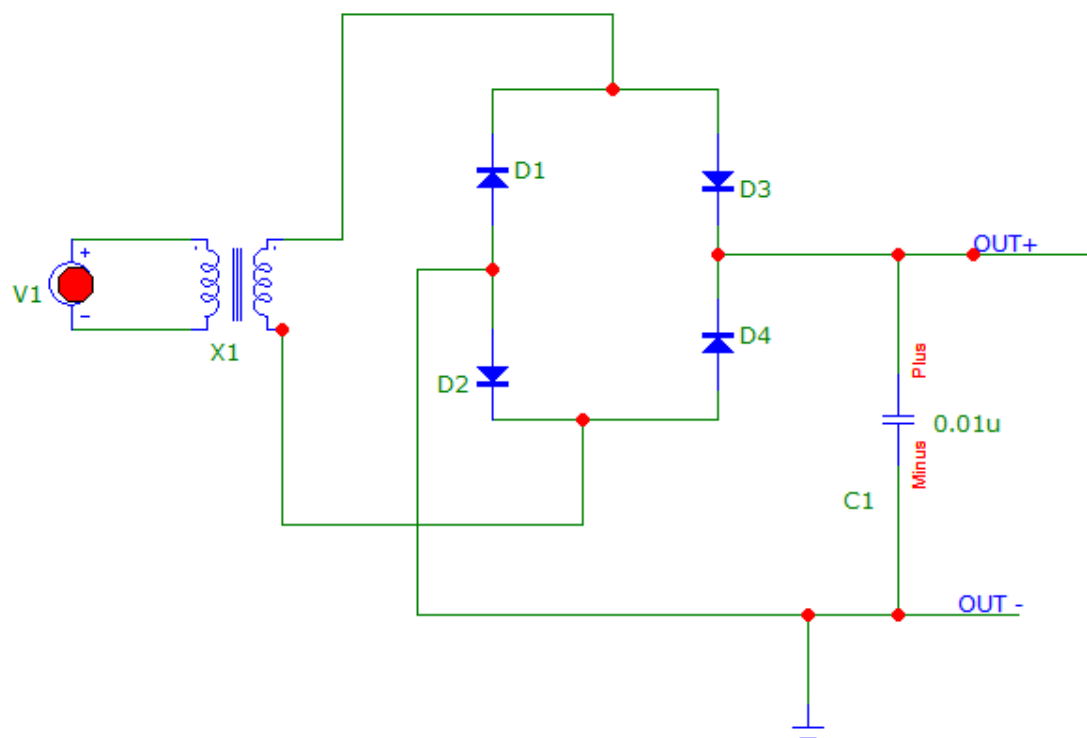


Рисунок 40 – Видоизмененная схема преобразователя

Номинал емкости фильтрующего конденсатора был подобран опытным путем, исходя из формы выходного сигнала и влияния емкости конденсатора на время переходных процессов в схеме, и составил 0,01 мкФ, что соответствует номиналу существующих и доступных к покупке конденсаторов. На рисунке 41 представлена осциллограмма выходного напряжения разрабатываемого преобразователя после введения в схему фильтрующего конденсатора.

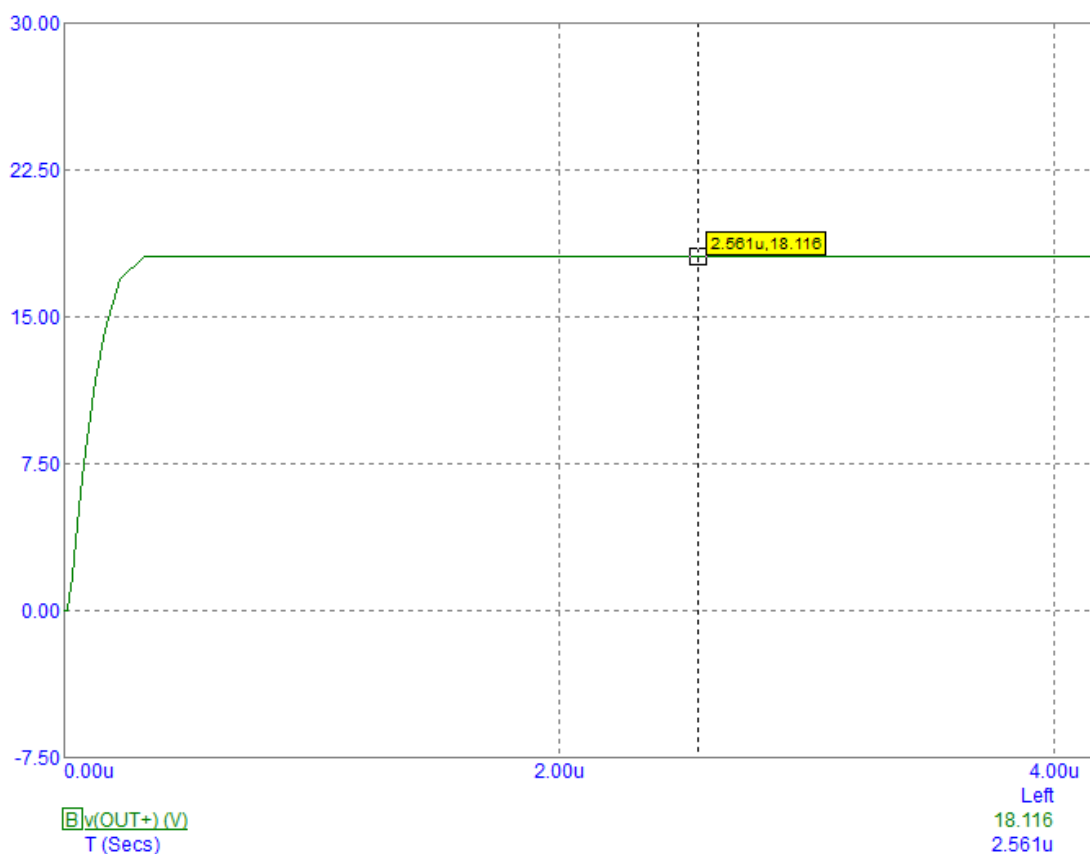


Рисунок 41 – Осциллограмма выходного сигнала с конденсатором C1

Для того, чтобы преобразовать полученное постоянное напряжение номиналом в 18 В, в необходимые нам 5 В для питания логики детектора порчи пищевых продуктов решено было добавить в выходную цепь разрабатываемого преобразователя стабилизатор напряжения. На рисунке 42 представлен стабилизатор напряжения L7805CV-DG, выбранный нами для решения данной задачи.



Рисунок 42 – Стабилизатор напряжения L7805CV-DG

На рисунке 43 представлены основные технические характеристики выбранного стабилизатора напряжения, заявляемые заводом изготовителем.

Технические параметры

Полярность	Положительная
Тип выхода	Фиксированный
Количество выходов	1
Выходное напряжение, В	5
Максимальный ток нагрузки, А	1.5
Падение напряжения при I _{вых} , В (А)	2(1)
Максимальное входное напряжение, В	35
Рабочая температура, °С	0...+125
Корпус	to-220
Вес, г	2.5

Рисунок 43 – Технические характеристики L7805CV-DG

Таким образом, разработанная схема преобразователя способна обеспечить функционирование всех составных систем детектора от штатного сетевого напряжения 220 В.

Выводы по разделу

В данном разделе была рассмотрена выбранная аппаратная составляющая системы управления и ее основные технические характеристики, удовлетворяющие требованиям, необходимым для реализации проекта. Подобрана и рассмотрена аппаратная составляющая для системы детектирования порчи пищевых продуктов, системы визуализации данных и системы мониторинга микроклимата на складском помещении. Помимо того, была разработана схема преобразователя напряжения АС-DC 220-5 В, обеспечивающая возможность подключения детектора порчи пищевых продуктов к стандартным бытовым электрическим сетям, без использования сторонних модульных устройств преобразования. По полученным результатам была составлена схема электрическая принципиальная преобразователя напряжения для детектора порчи пищевых продуктов и перечень необходимых элементов к ней, а также схема подключения составных систем разрабатываемого устройства с перечнем элементов.

3 Разработка программного обеспечения системы управления

Для разработки управляющей программы детектора порчи пищевых продуктов использовалась универсальная для данного типа аппаратных платформа среда программирования Arduino IDE [17]. На рисунке 44 представлена обобщенная структура любой программы, разрабатываемой для Arduino.



Рисунок 44 – Обобщенная структура программы Arduino

Разработка программного обеспечения для аппаратной платформы Arduino начинается с блока предварительных установок и настроек, где, как правило, прописываются общие необходимые переменные, служебные функции и библиотеки. Затем, в структуре void setup прописываются действия, которые необходимо выполнить только один раз за цикл работы устройства, к примеру, назначение входов и выходов, инициализация объектов и устройств, объявление скорости передачи данных и ее настройка. Далее прописываются циклически выполняемые действия, структуры и алгоритмы, как стандартные,

так и пользовательские [18]. Полный листинг разработанной управляющей программы представлен в приложении Б.

Более подробно разберем некоторые основные функциональные участки разработанного программного кода. Разработанная программа (Arduino sketch) обеспечивает управление сбором данных с датчиков разных систем, таких как DHT-11, MQ3 и LDR. После чего преобразовывает значения, полученные с датчиков в информационную строку, отображающуюся на символьном ЖК-дисплее, после чего передает данные на удаленный сервер для дальнейшего мониторинга.

Первым этапом импортируется стандартная библиотека Arduino с открытым исходным кодом для сопряжения DHT11 и программная последовательная библиотека для последовательной связи с модулем Wi-Fi, инициализируются контактные соединения для считывания данных датчика, как показано на рисунке 45.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <dht.h>

LiquidCrystal lcd(10, 9, 5, 4, 3, 2);

dht DHT;

float t=0;
float h=0;

#define DHT11_PIN 8
#define LDR_PIN A1
#define MQ3_PIN A0

char data = 0;
int ldr_read = 0;
int gas_read = 0;
```

Рисунок 45 – Участок программного кода

Следующим этапом вызывается функция `setup ()`, в которой скорость передачи данных в бодах для последовательной связи с Wi-Fi-модемом устанавливается равной 9600. Режим Wi-Fi и подключение к сети устанавливаются с помощью команд AT с некоторыми задержками. Задержка должна указываться в соответствии со временем, необходимым для подключения к сети. Участок программного кода, реализующий данные функции представлен на рисунке 46.

```
void setup()
{
    ser.begin(9600);
    lcd.begin(16,2);

    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("**SmarT Food**");

    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print("MonitorinG");

    Serial.begin(9600);

    ser.println("AT");
    delay(1000);
    ser.println("AT+GMR");
    delay(1000);
    ser.println("AT+CWMODE=3");
    delay(1000);
    ser.println("AT+RST");
}
```

Рисунок 46 – Настройка передачи данных

С помощью функции `esp8266 ()` передаются команды AT для установления TCP-соединения на удаленный сервер мониторинга, а затем выдается API-ключ ThingSpeak для передачи данных по зарегистрированному каналу. Каждые 16 секунд данные обновляются по установленному каналу. Программный код, реализующий данную функцию представлен на рисунке 47.

```

void esp_8266()
{

    String cmd = "AT+CIPSTART=4,\"TCP\", \"\"";
    cmd += "184.106.153.149"; // api.thingspeak.com
    cmd += "\",80";
    ser.println(cmd);
    Serial.println(cmd);
    if(ser.find("Error"))
    {
        Serial.println("AT+CIPSTART error");
        return;
    }

    String getStr = "GET /update?api_key=";
    getStr += apiKey;
    getStr += "&field1=";
    getStr +=String(t);
    getStr += "&field2=";
    getStr +=String(h);
    getStr += "&field3=";
    getStr +=String(ldr_read);
    getStr += "&field4=";
    getStr +=String(gas_read);
}

```

Рисунок 47 – Передача данных на удаленный сервер мониторинга

3.1 Настройка сервера удаленного мониторинга данных

Как было описано выше, все данные контроля, получаемые с датчиков дублируются на облачный сервер для мониторинга. В качестве сервера для удаленного мониторинга полученных данных был использован ThingSpeak.

Таким образом, общий алгоритм работы устройства выглядит следующим образом. Arduino собирает данные со всех датчиков и преобразует значения в строки. Данные датчика, завернутые в соответствующие строки, передаются на символьный ЖК дисплей для отображения. Модуль Wi-Fi ESP8266, подключенный к Arduino, загружает данные на сервер ThingSpeak. Для отображения и мониторинга данных, загружаемых на сервер ThingSpeak, необходима либо цифровая панель мониторинга, либо data broker. В этом проекте использовалась цифровая панель мониторинга под названием Freeboard.io, обеспечивающая визуальный онлайн-мониторинг данных

датчиков. Freeboard.io использует файл JASON для визуализации данных ThingSpeak.

Данная система предлагает три инструмента для создания информационной панели:

- Источники данных получающие данные из внешних источников. Этими внешними источниками могут быть сервисы data broker, приложения JavaScript или файлы JSON, получающие содержимое с HTTP-сервера. В рамках реализации выпускной квалификационной работы источником данных является файл JSON, который получает данные с сервера ThingSpeak.

- Виджеты, помогающие отображать данные в текстовой или графической форме. В Freeboard.io доступно множество виджетов, таких как текст, график, датчик и т.д.

- Панели, используемые для организации виджетов.

Для работы на платформе Freeboard.io потребуется регистрация, после чего будет открыт доступ к основному инструментарию, работе с виджетами и созданию объектов. Также для разработки тестового графического интерфейса для системы удаленного мониторинга использовался облачный сервис LibreNMS, результаты работы с данным сервисом отображены в графическом плакате, прилагаемым к данной выпускной квалификационной работе.

Для мониторинга температуры, влажности, интенсивности света и концентрации газообразного этанола в ThingSpeak созданы четыре необходимо создать четыре виджета, отображающих данные с датчика. Примерный вид специализированных виджетов представлен на рисунке 48.



Рисунок 48 – Виджеты мониторинга

Для создания каждого из элементов визуального отображения данных с датчика в режиме реального времени необходимо в первую очередь создать необходимый функциональный элемент и выбрать тип данных, в нашем случае это JASON, как показано на рисунке 49.

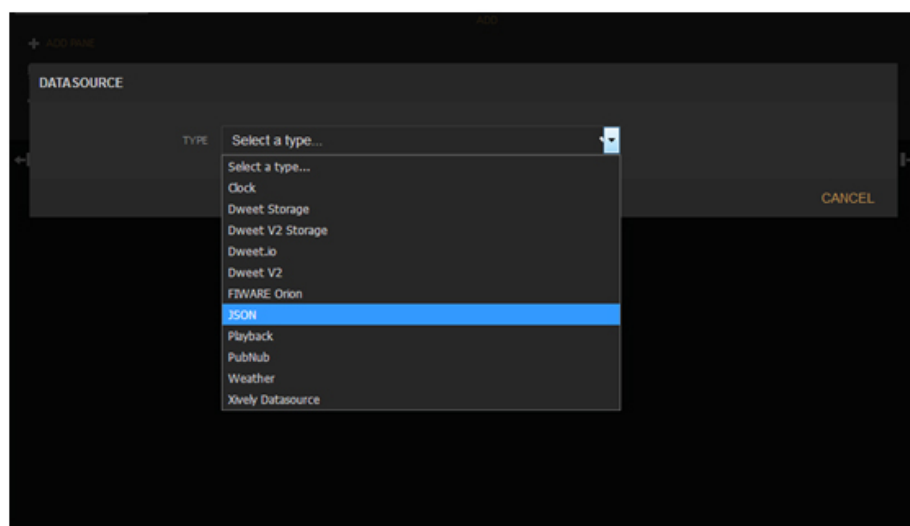


Рисунок 49 – Выбор типа данных

После выполнения данной операции необходимо настроить идентификатор канала связи в строке URL, как показано на рисунке 50.

A datasource to load JSON data from a url.

TYPE: JSON

NAME: Food Monitoring System

URL: https://thingspeak.com/channels/392797/feed/last.json

TRY THINGPROXY: YES

REFRESH EVERY: 5 SECONDS

METHOD: GET

BODY: (empty)

The body of the request. Normally only used if method is POST

Рисунок 50 – Инициализация канала обмена данными

Далее при выборе объекта инициализации в строке добавления виджетов необходимо указать, что данная система является датчиком. Заключительные настройки, необходимые для добавления виджета отображения данных с датчика представлены на рисунке 51.

WIDGET

TYPE: Gauge

TITLE: Temperature

VALUE: datasources["Food Monitoring System"]["field1"]

UNITS: °C

MINIMUM: 0

MAXIMUM: 100

Buttons: + DATASOURCE, ✕ JS EDITOR, SAVE, CANCEL

Рисунок 51 – Создание виджета

Выводы по разделу

В данном разделе была рассмотрена программная реализация основных составляющих системы управления детектора порчи пищевых продуктов и настройка облачного сервера мониторинга данных, полученных с датчиков.

Заключение

В рамках выполнения данной выпускной квалификационной работы были выполнены все поставленные задачи, необходимые для разработки детектора порчи пищевых продуктов.

Была представлена вся необходимая информация, которая может быть использована при дальнейшей физической реализации детектора порчи пищевых продуктов и его составных систем.

Был выделен класс продуктов, для работы с которыми предназначено разработанное устройство и триггер отслеживания их качества.

Была подобрана вся необходимая компонентная база для выделенных составных систем детектора порчи пищевых продуктов.

Разработана структурная схема, схема электрическая принципиальная и схема электрическая соединений для детектора порчи пищевых продуктов.

Представлена программная реализация системы управления и мониторинга данных для разработанного устройства.

Устройство, разработанное в рамках выполнения выпускной квалификационной работы, при условии его практической реализации, доработки программной и аппаратной составляющей, а также расширения рабочего спектра классов продуктов, подлежащих контролю, может быть использовано на реальных складских помещениях.

Список используемых источников

1. Григорьев, С. В., & Данилов, Д. В. (2014). Метанол и этиловый спирт в составе дизельного топлива: методы определения, проблемы, решения. Вестник Казанского технологического университета, 17(7), 287-291.
2. Григорьев Д.А., Никитин В.В. "Ультразвуковые методы детекции порчи пищевых продуктов". Журнал "Фундаментальные исследования", 2019, №2, с. 75-80.
3. Козлова О.Н., Гаврилова Л.И. "Биохимические методы исследования порчи пищевых продуктов". Журнал "Пищевая промышленность", 2018, №8, с. 40-45.
4. Лебедева А.К. "Бактериологические аспекты порчи мясных продуктов". Москва: Издательство "Эксперт", 2016, 120 с.
5. Марков, А.Ю., Маркин, А.В. Программирование на языке Assembler в среде AVR Studio. - М.: ЗАО ЦНИИ "Элтех", 2005. - 328 с. ISBN 5-91431-015-8.
6. Медведев, А. Ф. Программирование микроконтроллеров AVR в среде BASCOM. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 160 с. ISBN 978-5-94074-644-8.
7. Наумов, О., Косянко, В. Программирование микроконтроллеров Atmel Studio 6 на языке C: базовый курс: [учебник для вузов]. - СПб: Питер, 2016. - 352 с. ISBN 978-5-496-01891-4.
8. Никитин, Е. Д., & Цикунов, Д. В. (2009). Параметрический датчик для измерения концентрации спиртов в газах. Современные научные исследования и инновации, 7. [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2009/12/9972> (дата обращения: 15.03.2024)
9. Петрова Е.И., Смирнов А.В. "Флора и фауна, вызывающие порчу пищевых продуктов". Москва: Издательство "Наука", 2020, 250 с.
10. Соколова Н.П. "Микробиология пищевых продуктов: идентификация микроорганизмов, вызывающих порчу". Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2017, 180 с.

11. Смирнов, Д. Б., и др. (2018). Исследование датчика спирта на основе наночастиц ZnO. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2(102), 15-20.
12. Чернецов, М.А. Программирование микроконтроллеров AVR в среде Atmel Studio 7: Учебное пособие. - Брянск: БГТУ, 2018. - 201 с.
13. Чертихин, В. В., & Сорокина, И. С. (2016). Разработка электрохимического датчика для мониторинга содержания спирта в дыхании. Вестник Кемеровского государственного университета, 4(60), 143-149. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/razrabotka-elektrohimicheskogo-datchika-dlya-monitoringa-soderzhaniya-spirta-v-dyhani> (дата обращения: 20.01.2024)
14. Шапошников, В. В. Программирование микроконтроллеров AVR на языке C: с использованием библиотеки avr-libc. - СПб.: БХВ-Петербург, 2013. - 448 с. ISBN 978-5-9775-0820-4.
15. Иванов С.С. "Методы определения порчи пищевых продуктов". Журнал "Химия и жизнь", 2015, №3, с. 55-59.
16. «Arduino oficial store» [Электронный ресурс] // «Arduino UNO» URL: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3> (дата обращения: 20.02.2021).
17. «Arduino IDE» [Электронный ресурс]. «Download the Arduino IDE» URL: <https://www.arduino.cc/en/main/software> (дата обращения: 20.02.2021).
18. James A. Langbridge. «Arduino Sketches. Tools and Techniques for Programming Wizardry», 2015. 480p. ISBN 9781118919606
19. «Detection of Spoilage Organisms in Food » // MERCK [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ijraset.com/research-paper/iot-based-food-spoilage-detector> (дата обращения: 27.02.2024).
20. «IoT Based Food Spoilage Detector» // iJRASET [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ijraset.com/research-paper/iot-based-food-spoilage-detector> (дата обращения: 20.02.2024).

Приложение В

Управляющая программа

```
// Подключение библиотек
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <dht.h> // include dht sensor library

LiquidCrystal lcd (10, 9, 5, 4, 3, 2); // Инициализация дисплея
dht DHT; // инициализация датчика температуры/влажности

// Объявление служебных переменных
float t=0;
float h=0;
char data = 0;
int ldr_read = 0;
int gas_read = 0;

// Объявление портов передачи данных
#define DHT11_PIN 8
#define LDR_PIN A1
#define MQ3_PIN A0

// Установка thingspeak API key
String apiKey = "[API KEY FROM THINGSPEAK]";

// Программный UART (порты RX и TX)
SoftwareSerial ser(12,13); // RX, TX

void setup()

{
  ser.begin(9600); // Установка скорости обмена данными по программному UART
  lcd.begin(16,2); // Инициализация и запуск работы дисплея LCD 1602
```

Продолжение Приложения В

```
// Объявление режима работы портов
pinMode(LDR_PIN, INPUT);

pinMode(MQ3_PIN, INPUT);
lcd.setCursor(1,0); // Установка курсора
lcd.print("Food control"); // Вывод текстового изображения
lcd.setCursor(3,1); // Установка курсора
lcd.print("Monitoring"); // Вывод текстового изображения
Serial.begin(9600); // Установка скорости обмена данными для монитора порта

// Вывод информации о состоянии удаленного подключения
ser.println("AT");
delay(1000);
ser.println("AT+GMR");
delay(1000);
ser.println("AT+CWMODE=3");
delay(1000);
ser.println("AT+RST");
delay(5000);
ser.println("AT+CIPMUX=1");
delay(1000);
String cmd="AT+CWJAP="[YOUR SSID]","[PASSWORD]";
ser.println(cmd);
delay(1000);
ser.println("AT+CIFSR");
delay(1000);
}

// Запуск цикла
void loop()
{
  lcd.clear(); // Отчистка дисплея
```

Продолжение Приложения В

```
ldr_read = analogRead(LDR_PIN); // Считывание данных с фоторезистора
lcd.setCursor(0,0); // Установка курсора
lcd.print("LDR-"); // Вывод текстового сообщения
lcd.setCursor(4,0); // Установка курсора
lcd.print(ldr_read); // Вывод информации с датчика LDR (фоторезистор)

lcd.setCursor(0,1); // Установка курсора
lcd.print("MQ3-"); // Вывод текстового сообщения
gas_read = analogRead(MQ3_PIN); // Считывание данных с датчика паров
этилового спирта
lcd.setCursor(4,1); // Установка курсора
lcd.print(gas_read); // Вывод информации с датчика паров этилового спирта
int chk = DHT.read11(DHT11_PIN); // Считывание данных с датчика
температуры/влажности
t = DHT.temperature; // Перенос данных в переменную
lcd.setCursor(8,0); // Установка курсора
lcd.print("Tem-"); // Вывод текстового сообщения
lcd.setCursor(12,0); // Установка курсора
lcd.print(t); // Вывод температуры
Serial.println(t);
h = DHT.humidity; // Перенос данных о влажности
lcd.setCursor(8,1); // Установка курсора
lcd.print("Hum-"); // Вывод текстового сообщения
lcd.setCursor(12,1); // Установка курсора
lcd.print(h); // Вывод влажности
Serial.println(h);
esp_8266();
}

void esp_8266() // Запуск цикла работы с удаленным сервером
{
    // TCP connection с указанием IP адреса и портов подключения
```

Продолжение Приложения В

```
String cmd = "AT+CIPSTART=4,\"TCP\", \"\";
cmd += "192.168.1.125"; // api.thingspeak.com
cmd += "\",80\";
ser.println(cmd);
Serial.println(cmd);
if(ser.find("Error")) {
  Serial.println("AT+CIPSTART error");
  return; }
// Отправка и обновление считанных с датчиков данных
String getStr = "GET /update?api_key="
getStr += apiKey;
getStr += "&field1=";
getStr +=String(t);
getStr += "&field2=";
getStr +=String(h)
getStr += "&field3=";
getStr +=String(ldr_read);
getStr += "&field4=";
getStr +=String(gas_read);
getStr += "rnrn";
cmd = "AT+CIPSEND=4, ";
cmd += String(getStr.length());
ser.println(cmd)
Serial.println(cmd);
delay(1000);
ser.print(getStr);
Serial.println(getStr);
// задержка для обновления сервиса
delay(3000);

}
```