

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Филиал федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)» в г. Миассе
Факультет «Электротехнический»
Кафедра «Автоматика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ С.С. Голощапов
_____ 2019 г.

Автоматизированная система учета параметров термической обработки мясной
продукции

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 27.03.04.2019.379 ПЗ ВКР

Руководитель проекта
_____ Е. А. Канашев
« ____ » _____ 2019 г.

Автор проекта
студент группы МиЭт-468
_____ В. В. Вавилов
« ____ » _____ 2019 г.

Нормоконтролер
кафедры АиУ
_____ Т.А. Барбасова
« ____ » _____ 2019 г.

Миасс 2019

АННОТАЦИЯ

Вавилов В.В. Автоматизированная система учета параметров термической обработки мясной продукции – Миасс: Филиал «ФГАОУ ВО ЮУРГУ (НИУ)», ЭТ; 2019, 88 с., 39 ил., библиогр. список – 72 наим., 4 листа чертежей ф. А4.

В выпускной квалификационной работе представлена разработка устройства и программного обеспечения для автоматизированной системы учета параметров термической обработки мясной продукции. На основе требований технического задания был произведен выбор необходимого оборудования для функционирования системы.

Необходимость создания данной системы связана с требованием к повышению качества мясной продукции и повышению эффективности технологических процессов протекающих при термической обработке мясных изделий. Новизна состоит в использовании современной концепции интернета вещей для реализации системы.

Работа содержит в себе разработанную структурную схему устройства и электрическую принципиальную схему. Также описан алгоритм работы программы и создан макет устройства, которое позволяет передавать информацию о параметрах термической обработки.

Пояснительная записка оформлена в MS Word 2016.

					27.03.04.2019.379 ПЗ			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Вавилов В.В.</i>				<i>Автоматизированная система учета параметров термической обработки мясной продукции</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Канашев Е.А.</i>						3	88
<i>Реценз.</i>						<i>ЮУрГУ (НИУ)</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Барбасова Т.А.</i>					<i>Кафедра "Автоматика"</i>		
<i>Утверд.</i>	<i>Голощапов С.С.</i>							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИЗ ЗАДАЧ И ПРОБЛЕМ.....	12
1.1 Введение в технологический процесс	12
1.2 Обзор аналогов.....	21
1.3 Архитектура разрабатываемой системы	22
2 АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	27
2.1 Составление списка необходимых компонентов	27
2.2. Контроллер	27
2.3 Радиопередатчик и радиоприемник.....	29
2.5 Элементы питания	31
2.6 Построение электрической принципиальной и структурной схемы	32
3 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	33
3.1 Структура проекта	33
3.2 Настройка тактирования	34
3.3 Работа с датчиком DS18B20.....	35
3.3 Работа с термопарой через MAX31855	37
3.4 Работа с Rak811	37
3.5 Построение блок схемы алгоритма программы конечного устройства	38
4 СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА И ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ	39
4.1 Постановка задачи прототипирования	39
4.2 Электронные компоненты и программное обеспечение	40
4.3 Макетная плата	40

4.4 Монтажные изделия и корпус	41
4.6 Тестирование прототипа.....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	88

ВВЕДЕНИЕ

Основной отраслью пищевой промышленности является мясное производство. В России оно является самым крупным сектором продовольственного рынка, представляет собой рынок мяса и мясных продуктов [1]. Среди населения мясные изделия пользуются популярностью и по данным Nielsen, так или иначе употребляют мясные изделия или пищу животного происхождения около 96-97% населения страны. Для многих российских граждан одной из важных характеристик хорошего продуктового магазина является наличие качественного мясного отдела [2].

Для увеличения выпуска мяса и мясопродуктов ежегодно реконструируются и вводятся мясоперерабатывающие предприятия. Например одной из предпосылок для этого является то, что в настоящее время российское свиноводство развивается высокими темпами, в том числе благодаря принятым мерам по адаптации российского АПК, в частности свиноводства, и разработанной стратегии развития мясного животноводства в России на период до 2020 г. (приказ Минсельхоза РФ от 10 августа 2011 г. № 267) [3].

Роль этого рынка определена не только растущим производством, спросом и потреблением мясных продуктов, но и значимостью мяса в качестве основного источника белков животного происхождения, жиров, витаминов, минеральных и экстрактивных веществ для рациона человека [4].

Современное состояние мясной промышленности характеризуется требованием к усовершенствованию существующих технологий позволяющих получить продукцию высокого качества, с минимальными потерями, то есть комплексной переработки сырья. Постоянно происходит техническая перестройка и оснащение предприятий мясной отрасли страны современным технологическим оборудованием, новейшей техникой. Все больше используется вычислительная техника. Проводится большая работа по повышению качества, улучшению и обогащению ассортимента мясных продуктов [1].

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Для того чтобы улучшить качество и объем производства во многих компаниях прибегают к автоматизации технологических процессов на своих фабриках/заводах. Системы управления и автоматизация проникают даже на мелкие предприятия, так как это позволяет значительно увеличить скорость изготовления продукции. Чем выше уровень автоматизации – тем выше уровень производства [5]. Суть автоматизации заключается в том, что на линии производства рабочий процесс и некоторые его компоненты (операции) выполняются не людьми, а спецтехникой или информационными системами. Считавшееся новшеством 21 века, уже сегодня автоматизированное производство может полностью заменить человека на многих видах работ [6]. В современной действительности, получили распространение устройства Интернета вещей – устройства, имеющие доступ к сети Интернет, способные взаимодействовать друг с другом или с внешней средой, используемые при этом в том числе и для автоматизации. Их внедрение носит цель соединять вещи, которые раньше были несовместимы и получать пользу от такого взаимодействия, при этом зачастую роль человека в данных процессах минимизируется [7].

Мясо легко и быстро портится. Сохранение его свойств одна из важнейших задач мясной отрасли.

Для сохранения мяса и мясных продуктов широко применяется обработка холодом, которая является одним из наиболее эффективных, распространенных, удобных и надежных способов консервирования. При снижении температуры до определенных температур бактерии, грибы, дрожжи и другие пагубно влияющие на мясо микроорганизмы (за исключением некоторых наиболее устойчивых к низким температурам видов плесени) прекращают свою деятельность в мясном изделии, так как вода необходимая для жизнедеятельности превращается в лед. Ферментативные процессы при низких температурах резко замедляются и, поэтому порча мяса практически исключена. Так же при обработке холодом при низких температурах в процессе длительного холодильного хранения мясные изделия сохраняют без изменения свои натуральные (первоначальные) свойства и при этом обеспечивается

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

минимальные изменения пищевой ценности и вкуса. По сравнению с другими видами обработки (например - тепловой стерилизацией) при таком виде хранения более низкие энергозатраты [8].

Предприятия мясной промышленности в условиях нестабильности поставок сырья предпринимает меры, направленные на снижение спада производства и рациональное использование имеющихся мясных ресурсов. При таком подходе в результате накопленного опыта в России и в некоторых других странах мира для хранения замороженных изделий наметились основные тенденции для развития, например понижение температурного уровня хранения замороженного мяса до минус 25 - 30°C. Преимущества низкотемпературного хранения исследованы и подтверждены на практике на ряде холодильников [9].

Мясо хранится и термически обрабатывается обычно в виде полутуш. К основным технологическим процессам, которые происходят на холодильниках и других мясных предприятиях, можно отнести замораживание, охлаждение, хранение или перевозку при определенных температурах, размораживание мясных изделий. Вне зависимости от рода и способа проведения термического технологического процесса необходимо считывать температуры мясных туш. Чтобы мясное изделие не теряло своих свойств после обработки холодом, нужно доводить (или удерживать) температуру мясных изделий до требуемых значений за определенный промежуток времени, то есть соблюдать требуемый технологический процесс.

Цель данной работы: повышение эффективности термической обработки и качества хранения мясных изделий

Для контроля и учета температуры требуется определенное оборудование, в частности конечные устройства для измерения температуры. Предложенное в работе автономное устройство будет измерять температуру в автоматическом режиме находясь непосредственно на мясном изделии. Данные о температуре с устройства будут передаваться на приемник-сервер (станцию оператора) по беспроводному каналу связи, что в дальнейшем может использоваться для

автоматизации протекающего в данный момент технологического процесса и для предоставлении информации непосредственно оператору предприятия или технологу о протекании того или иного процесса, происходящего с мясным изделием в реальном времени [10].

Задачи ВКР:

- разработка архитектуры системы
- обзор существующих решений
- разработка конечного устройства системы
- выбор оборудования и компонентов
- разработка алгоритма программы для устройства
- разработка макета и тестирование

В настоящее время снятие показаний температуры обычно периодически осуществляют работники предприятий, используя показывающие приборы (игольчатые термометры), только в определенные моменты времени (до начала технологического процесса, в конце технологического процесса). Так же, например при разморозке, важно знать температуру непосредственно внутри мясной туши в самой толстой ее части, чтобы определить до конца ли разморозилась мясная туша. На данный момент измерять температуру внутри туши непосредственно во время разморозки нельзя или очень сложно и обычно измеряют температуру снаружи. Используется зачастую при этом проводная система передачи информации, что не всегда возможно и удобно [11].

Наряду с такими технологиями мясной индустрии как манипулятор для поднятия мясных туш, шоковая заморозка, автоматизированные подвесные пути предложенная в работе система является новой технологией в мясной индустрии, призванной сделать технологический процесс эффективным, и является логическим эволюционным шагом и продолжением существующих решений. Данное решение полностью соответствует доктрине интернета вещей на данный момент – интеллектуальное устройство передает данные по беспроводному каналу связи на базовую станцию без помощи людей [10]. Таким образом это позволяет постоянно

отслеживать температуру и автоматизировать этап процесса на предприятии используя меньшее количество персонала, что отражает более организованный подход нежели записывать показания на бумажные носители или использовать различные самописцы, для контроля изменения температуры во времени, с записью в собственную память с последующей выгрузкой в компьютер. Сейчас похожее решение пытаются внедрить в сферу с ЖКХ, где данные с теплосчетчиков будут автоматически передаваться по беспроводному каналу связи, а не записываться в бумажные носители, что является очень перспективным направлением и находит поддержку в отрасли. Использование беспроводного канала связи обусловлено относительной подвижностью мясных туш, которые перемещаются между камерами заморозки/разморозки и камерами хранения и даже могут привозиться в спецтранспорте в замороженном виде, что обеспечивает мобильность предложенной системы в целом. Так же в пользу беспроводной передачи данных выступает повышенная интеграция в производство, так как нет необходимости прокладывать провода. От вышеперечисленного достоинства следует и экономическое обоснование выбора беспроводной передачи, так как медь и соответственно проводные каналы связи в настоящее время дорожает, а стоимость вычислительной техники, как микроконтроллеры становится все ниже. Предложенное решение может повлиять на тонность и гибкость регулирования технологического процесса, так как в устройство может снимать показания температуры как в близи самой туши, так и внутри при помощи специальной игольчатой термопары [11]. Это позволит точно определить разморозилась ли полностью мясное изделие или нет, что актуально так как органические объекты могут быть не однообразны. Такое изменение в производстве позволит получать продукцию более высокого качества и повысить сохранность мясных изделий во время длительного хранения.

Предложенная система является так же очень гибкой в области своего применения. Ее возможно применять в промышленности, где требуется измерение температуры. Например, если требуется добавить еще одну точку для измерения

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

температуры, а возможности прокладки проводов на уже существующем объекте практически нет и затраты на прокладку проводов велики, то данное решение выглядит очень выигрышным. Так же можно применить данное решение в теплицах для мониторинга микроклимата.

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1 АНАЛИЗ ЗАДАЧ И ПРОБЛЕМ

1.1 Введение в технологический процесс

На мясных комбинатах и холодильниках мясные изделия готовят в виде туш и полутуш для хранения и обработки. Значительная часть мясных туш идет на длительное хранение [12]. Перемещаются и хранятся туши на специальных подвесных путях, что изображено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Полутуши на подвесных путях

За исключением некоторых наиболее устойчивых к низким температурам видов плесени, бактерии (при температуре ниже -5°C), дрожжи и грибы (при температуре ниже -10°C) и другие микроорганизмы прекращают свою жизнедеятельность при заморозке, так как вода тканевой жидкости (необходимая для этой самой жизнедеятельности) превращается в лёд. Ферментативные процессы при низких температурах резко замедляются [13]. Поэтому при -18°C и ниже порча мяса практически исключена. На рисунке 2 показан мазок свежего мяса, а на рисунке 3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

12

замороженного. Можно делать вывод, что чем меньше бактерий населяет тушу тем дольше она сохраняется [8].

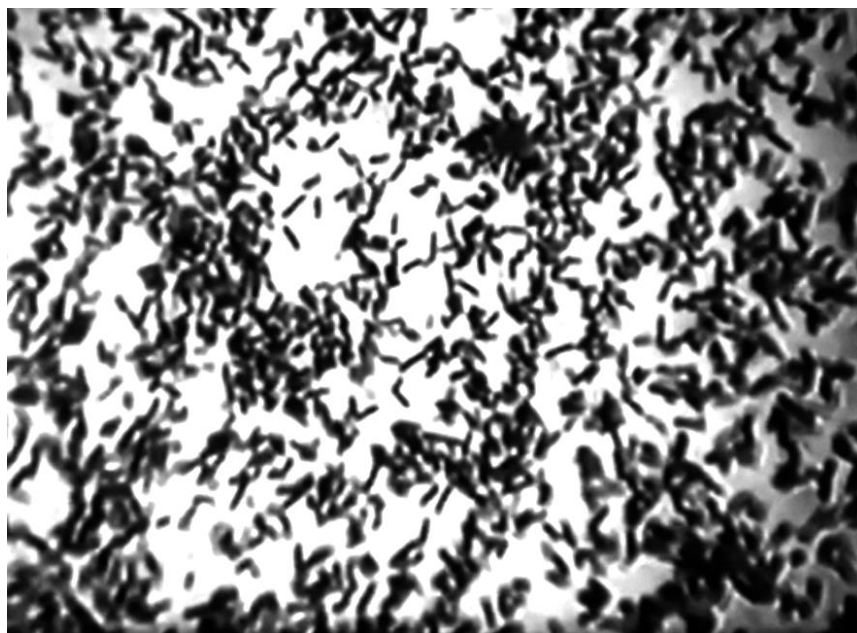


Рисунок 2 – Мазок свежего мяса



Рисунок 3 – Мазок замороженного мяса

Для контроля технологического процесса на мясоперерабатывающих производствах возникает потребность измерения температуры мяса и мясопродуктов условно на четырех стадиях:

Измерение температуры мяса (мясных блоков, полутуш и пр.) до начала технологических процессов (при приходе на предприятие)

Измерение температуры мясного сырья при переработке (во время технологических процессов)

Измерение температуры готовности изделий из мяса и мясопродуктов по окончании технологического процесса

Измерение температуры изделий из мяса при отгрузке, транспортировке. [12]

Есть несколько видов мяса по степени охлаждения. В продажу поступает охлажденное, подмороженное и замороженное мясо [14]. Парное сохраняет свои свойства (температуру в пределах +35...38°C, аромат, упругость) только в течение 1,5 часов после убоя скота, потому в холодильную камеру не помещается. Все остальные категории хранятся при нижеследующих условиях.

Температура охлажденного мяса колеблется в диапазоне 0...+4°C. Мясо полностью сохраняет свои изначальные свойства, мышечная масса достаточно упругая – не глубокая, слегка подмерзшая корочка препятствует испарению влаги [16]. До того состояния продукт доводится в холодильной камере с температурой не ниже 0°C. Корочка образуется при хранении на охлаждаемых стеллажах.

Подмороженное мясо изначально ненадолго помещается в морозильную камеру, где производится промерзание туши не более 25% от ее объема. Далее отправляется на хранение в холодильник. Возможен вариант приготовления и хранения подмороженного мяса с использованием одной камеры с широким температурным диапазоном [17]. Сначала в ней опускается температура для промерзания туши, а затем повышается до оптимальных для хранения значений.

Замороженный мясной объект представляет собой продукт глубокой заморозки с температурой мышечной массы не выше -8°C. Целую или предварительно

разделанную тушу сразу помещают в морозильник, где она и хранится. Для этой цели используются низкотемпературные камеры [18].

На мясоперерабатывающих комбинатах обустраиваются камеры охлаждения и заморозки для хранения целых и разделанных туш. Их габариты, конструкция, комплект охлаждающего оборудования подбираются в зависимости от обрабатываемого объема и типа продукции. К примеру, мясо крупного рогатого скота замораживается при более низких температурах, чем мясо птицы, требует большого объема, наличия специальных вешалок и стеллажей [19].

Существуют несколько методов заморозки и охлаждения мяса.

Перед помещением в холодильник тушу обязательно подвергают первичной санитарной обработке. Далее целые, разделанные пополам или на четверти туши подвешиваются на крюки в холодильной камере [20]. Температура должна быть одинаковой во всех точках. Застой воздуха исключен – его равномерное движение и обдув обязательны.

Для обустройства холодильных камер, в которых мясо охлаждается, но не подвергается интенсивной заморозке, используются среднетемпературные холодильные агрегаты [21]. Они подбираются в зависимости от объемов камеры и перерабатываемой продукции. Обязательным условием ее правильной эксплуатации является заполнение в строгом соответствии с габаритами – перегруз ведет к повышению температуры и ухудшению вентиляции. Это моментально сказывается на качестве продукта. Параметры микроклимата выставляются в зависимости от скорости охлаждения.

При медленном охлаждении время обработки 30-36 часов, оптимальная влажность 87-97%, скорость движения воздуха – 0,1-0,3м/с. При этих условиях мясо доводится до температуры мышечной массы +2...4°C. Усушка составляет от 0,8 до 2,6% в зависимости от способа разделки туши [22].

При ускоренном понижении температуры до 0°C и повышении скорости движения воздуха до 0,5м/с существенно ускоряет процесс. Ускоренное охлаждение

при этих условиях занимает 24 часа, но усушка составляет не менее 1,5% изначального объема [22].

При интенсивном охлаждении в туннельных холодильных камерах создается температура от -3 до -12°C и скорость движения воздуха от 0,8 до 2м/с. При таких условиях туши охлаждаются за 6-12 часов. Время обработки напрямую зависит от объема партии, температуры внутри камеры и готового продукта [22].

Заморозка мяса в промышленных условиях производится в морозильных камерах, оснащенных мощными низкотемпературными агрегатами. Существует два способа заморозки мяса – одно- и двухфазный. В первом случае туши после первичной обработки сразу помещают в низкотемпературный морозильник. Во втором мясо предварительно охлаждают до +4°C, а затем замораживают [23].

Рассмотрим подробнее однофазную заморозку. Замораживают парное мясо без предварительного его охлаждения и после его размораживания процесс созревания мяса во многом аналогичен созреванию не мороженого мяса, что положительно сказывается на вкусовых качествах мяса – оно нежное, ароматное, вкусное. Потери массы составляют 1,6 – 2,1% [24].

А теперь рассмотрим двухфазную заморозку. Замораживают уже остывшее, прошедшее посмертное окоченение, либо предварительно охлажденное мясо. После размораживания такое мясо теряет много мясного сока, что не всегда приводит к достаточной нежности мяса. Потери массы 2-2,6% [24].

Замораживание мяса производят в подвешенном состоянии в морозильных камерах (по циклическому графику) или туннелях (непрерывно). Продолжительность процесса заморозки зависит от размеров мяса и вида заморозки. Разделяют:

быстрое замораживание – 18 часов при температуре -30 ... -35°C, скорость движения воздуха 0,1-0,2 м/с;

интенсивное замораживание - 28 часов при температуре -23 ... -30°C, скорость движения воздуха 0,5-0,8 м/с;

медленное замораживание – 35-40 часов при температуре -18 ... -23°C, скорость движения воздуха 1-4 м/с.

Относительная влажность воздуха для всех процессов заморозки одинакова – 90-95% [25].

При быстром замораживании лёд образуется не только в межклеточном пространстве, но и в самих клетках в виде мелких, равномерно распределенных кристаллов и таким образом распределение воды (в замороженном виде) мало отличается от ее изначального (в не замороженном виде) распределения, что практически не вызывает изменений в тканях. Такое мясо имеет розовый оттенок, а после оттаивания теряет мало мясного сока и похоже на охлажденное по вкусу и свойствам. Но минимальное повреждение клеток при очень быстром замораживании имеет и побочный эффект – около 10% клеток остаются живыми, что подвергает мясо риску порчи из-за оставшихся активными микроорганизмов и ферментов [26].

При медленном замораживании клетки оказываются обезвоженными, а лёд образуется в виде крупных кристаллов в межклеточном пространстве, что не только изменяет первоначальное распределение влаги в тканях, но и подвергает мышечные волокна риску разрыва крупными кристаллами льда [27]. Но как раз при медленном замораживании мяса до температуры -6 ...-12°C происходит максимальное повреждение микробных клеток [28].

Поэтому приобретает популярность использование шоковой заморозки, которая позволяет: ускорить замораживание продуктов от 3 до 5 раз; сохранять высокое качество мяса в течение длительного времени и как следствие сохранить вкус и запах мясных продуктов и полуфабрикатов; уменьшить технологические потери мясной продукции [29].

Многолетний опыт использования шоковой заморозки мяса показал, что – это, пожалуй, единственный способ, позволяющий обеспечить длительное его хранение без каких-либо серьезных изменений. В самом деле, после размораживания мясо сложно будет отличить от свежего [30].

Скоростная заморозка мяса предполагает максимальное сохранение полезных веществ, содержащихся в продукте [31]. Кроме этого, использование такого способа позволяет минимизировать количество вредоносных бактерий, которые в таких условиях, не могут развиваться [32].

Срок хранения замороженного мяса зависит не только от вида мяса и способа его заморозки, но и от температуры воздуха в камере хранения – чем ниже температура воздуха в камере хранения, тем он больше. Туши-полутуши свиньи и бараньи при температуре -25°C могут храниться до года, а говяжьи - до полутора лет. (Действующий норматив «Сроки реализации, температура и условия хранения основных продовольственных товаров в торговых организациях (предприятиях) системы Министерства торговли РСФСР»). Более полная информация о сроках хранения мяса представлена на рисунке [33].

Вид мяса	Температура воздуха в камере, $^{\circ}\text{C}$	Предельные сроки хранения, мес., не более
Говядина в полутушах	минус 12	8
	минус 18	12
	минус 20	14
	минус 25	18
Баранина в тушах	минус 12	6
	минус 18	10
	минус 20	11
	минус 25	12
Свинина в полутушах	минус 12	3
	минус 18	6
	минус 20	7
	минус 25	12

Рисунок 4 – Сроки хранения замораживаемых мясных изделий

Существуют также несколько методов разморозки мясных изделий. В зависимости от температуры размораживание может быть медленным, ускоренным и быстрым. Теплоносителями могут служить воздух, паро-воздушная смесь, вода, различные растворы. Наихудшими теплофизическими свойствами обладает воздушная среда, затем паро-воздушная смесь, а лучшими – рассол и вода [34].

При медленном размораживании в воздушной среде температура вначале должна быть 0-3 °С, затем ее повышают до 6-8 °С; при этом относительная влажность воздуха 90-95 %, скорость его движения 0,2-0,3 м/с. В конце размораживания температуру снижают до 0 °С, а относительную влажность до 70 %. Продолжительность размораживания говяжьих полутуш составляет при этом методе 3-5 суток в зависимости от массы туш и упитанности [35].

Ускоренное размораживание в воздушной среде проводят при температуре в камере 16-20 °С, относительной влажности 90-95 % и скорости движения воздуха 0,2-0,5 м/с в течение 24-30 ч.

Быстрое размораживание достигается в паро-воздушной среде при ее температуре 20-25 °С, относительной влажности 90-95 %, скорости движения 1-2 м/с в течение 12-16 ч. [37]

Обычно в технологической практике под размораживанием понимают отепление мяса до температуры -1+4°С в глубине наиболее толстой части. Процесс замораживания по своей природе обратен процессу замораживания [38].

При размораживании происходит восстановление свойств мяса, которыми оно обладало до замораживания. Однако, в связи с тем, что при замораживании и хранении мясо подвергается необратимым изменениям, полное восстановление его первоначальных свойств невозможно. Способы и режимы размораживания мяса должны обеспечить, возможно, большую обратимость процесса. Удерживание клеточной жидкости при размораживании мяса в значительной степени зависит от способности белков задерживать свободную воду и от состояния белков миофибрилл. Значительное снижение ВСС происходит уже при небольших денатурационных изменениях белков миофибрилл и их дегидратации. Таким

образом, образование и выделение мясного сока при размораживании обусловлено тем, что часть воды, образующаяся при таянии кристаллов льда, не успевает мигрировать внутрь клеток и вступить в связь с белками клеток. Она растворяет вещества, находящиеся в межклеточном пространстве, образуя так называемый мясной сок, и переполняет систему капилляров в структуре мяса. Часть мясного сока оттекает из мяса во время размораживания, большая часть теряется в процессе обработки мяса (обвалки, жиловки) под давлением ножа. С мясным соком теряется некоторое количество белковых и экстрактивных веществ, составляющих до 9 % мясного сока, а также до 12 % витаминов группы В [39].

При медленном размораживании в мышечной ткани повышается концентрация тканевых растворов, что способствует денатурации и разрушению коллоидных систем, что сопровождается увеличением выделения мясного сока [40].

При высокой скорости размораживания концентрация минеральных солей тканевых растворов увеличивается в меньшей степени, что приводит к снижению выделения мясного сока. В связи с этим качество мяса снижается в большей степени, если медленное размораживание сочетается с медленным замораживанием [41].

Качество и состав мясного сока, вытекающего из размороженного мяса, зависит от глубины биохимических изменений, скорости замораживания, продолжительности и температуры хранения в замороженном виде, способа размораживания, а также от размера отрубов мяса. При больших скоростях замораживания потери мясного сока при размораживании снижаются. При увеличении срока хранения и уменьшения размера отрубов потери мясного сока возрастают [42].

Потери мясного сока при размораживании зависят также от вида мяса и возраста животного. Максимальные потери наблюдаются у говядины, более низкие в телятине и баранине и совсем низкие у свинины.

Во время размораживания масса мяса изменяется не только в связи с потерями мясного сока, но и вследствие испарения воды с поверхности, если её температура выше точки росы, или наоборот, конденсации влаги, когда температура поверхности

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

ниже точки росы [38]. Следовательно, масса мяса может увеличиваться. Также при выборе способа размораживания необходимо учитывать, что при повышенных температурах размораживания активизируется деятельность тканевых ферментов и микрофлоры, что может привести к резкому ухудшению качества мяса.

1.2 Обзор аналогов

Для мясоперерабатывающей отрасли в основном характерно использование контрольно-измерительных приборов для измерения температуры мяса на этапах его приемки, хранения и транспортировки. Например, используется Термометр цифровой ИТ-17 от компании «ЭКСИС» – современный прибор для измерения температуры мяса и прочих продуктов питания с щупом различной длины из нержавеющей стали. Данное решение крайне распространено, но оно позволяет измерять температуру только в эпизодических моментах времени, и крайне неудобно или не возможно использовать данный метод контроля температуры для автоматизации термических технологических процессов [43].

В быту также получают распространения решения интернета вещей такие как беспроводной термометр с щупом для жарки мяса, позволяющий контролировать процесс приготовления мяса на расстоянии. Состоит из двух частей – передатчик с щупом для измерения температуры мяса и приемник, который принимает сигнал о готовности – достижении нужной температуры в мясном изделии. Основная особенность в том, что умный прибор оповестит вас в зависимости от заданной программы о готовности разных мясных блюд и при этом вам не обязательно постоянно следить за процессом приготовления, а заняться другими делами. Система проста, но идеологически и практически схожа с предложенным мной решением несмотря на то, что используется в кулинарии. [44]

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21



Рисунок 5 - Термометр для мяса / термощуп электронный

Также для контроля и автоматизации технологических процессов используются целые наборы различных приборов. Рассмотрим технические решения, которые обзорекает компания Замер [11].

Для измерения температуры при приемке, разгрузке, выгрузке из холодильника применяются термометры щупы, или термометры с проводом, такие как: термометр электронный с проводом Замер-1 исп.1, термометр электронный щуп миниЗамер-Б (с дюралевым корпусом), термометр электронный щуп CheckTemp, термометр электронный с утолщенным щупом HI-145Термометр щуп Velleman [11].

1.3 Архитектура разрабатываемой системы

Исходя из технологических процессов, которые протекают при термической обработке мясных изделий можно определить функции проектируемой системы.

Так как в ходе термической обработки очень учащены измерения температуры – при отгрузке, перед технологическими процессами, во время протекания технологических процессов, во время хранения даже во время перевозки, было оправдано использовать беспроводную автономную технологию передачи данных о термических параметрах. Также оправдывает использование беспроводной технологии факт подвижности мясных изделий. С точки зрения ввода системы в эксплуатацию также выигрывает беспроводная технология [45]. Данное решение диктует более организованный подход к учету параметров.

Также требование к точности, которая предъявляется к заморозке и разморозке мясных изделий для достижения более длительных сроков консервирования и улучшения качества мясных изделий, которые были разморожены после длительного хранения, необходимо использование игольчатой термопары, которая может измерять температуру внутри мясного изделия, что очень полезно при автоматизации технологического процесса. Также по-прежнему актуально будет знать наружную температуру мясного изделия для создания лучшей гибкости при регулировании.

Такая система накладывает жесткие требования к техническим средствам реализации, например необходимо использовать специальные морозостойкие аккумуляторы в жестких условия технологического процесса. Все остальное оборудование должно выдерживать высокие перепады температур.

Так как мясные изделия могут храниться в течение длительного промежутка времени (говядина может храниться до двух лет), то накладывается дополнительное требование к экономичности энергопотребления устройства. Уже сейчас можно сделать выбор протокола передачи данных. Протокол беспроводной передачи данных LoRa прекрасно подходит для решаемой задачи, так как имеет низкое энергопотребление, а также высокую дальность связи. Недостатки данного протокола в виде маленького размера посылки и низкой скорости передачи данных незначительны, так как технологически процесс протекают относительно долго

(быстрая разморозка длится 18 часов), а необходимости в передачи больших данных у системы нет [46].

На рисунке 6 представлена архитектура предлагаемой системы учета.



Рисунок 6 – Архитектура системы учета

В представленной системе разработанные конечные устройства по беспроводному протоколу Lora передают данные о температуре туш на базовую станцию, за которой работает оператор [46].

На рисунке 7 представлено конечное устройство на мясной туше.



Рисунок 7 – Конечное устройство на мясной туше

В конечное устройство входит контроллер, радиопередатчик Lora, элементы питания, датчик температуры, измеряющий температуру вблизи мясной туши, игольчатая термопара, измеряющая температуру внутри мясного изделия. Данное устройство может находиться непосредственно на туше с момента ее поступления на предприятия и до окончания хранения и технологических процессов [47].

На рисунке 8 можно наблюдать концептуальный прототип интерфейса оператора. В нем оператор может определять тушу по уникальному номеру, который предположительно будет нанесен на самом устройстве. Так же есть возможность просматривать графики и журнал событий. Устройства можно группировать по группам. Есть оповещение о превышении заданных границ параметров.

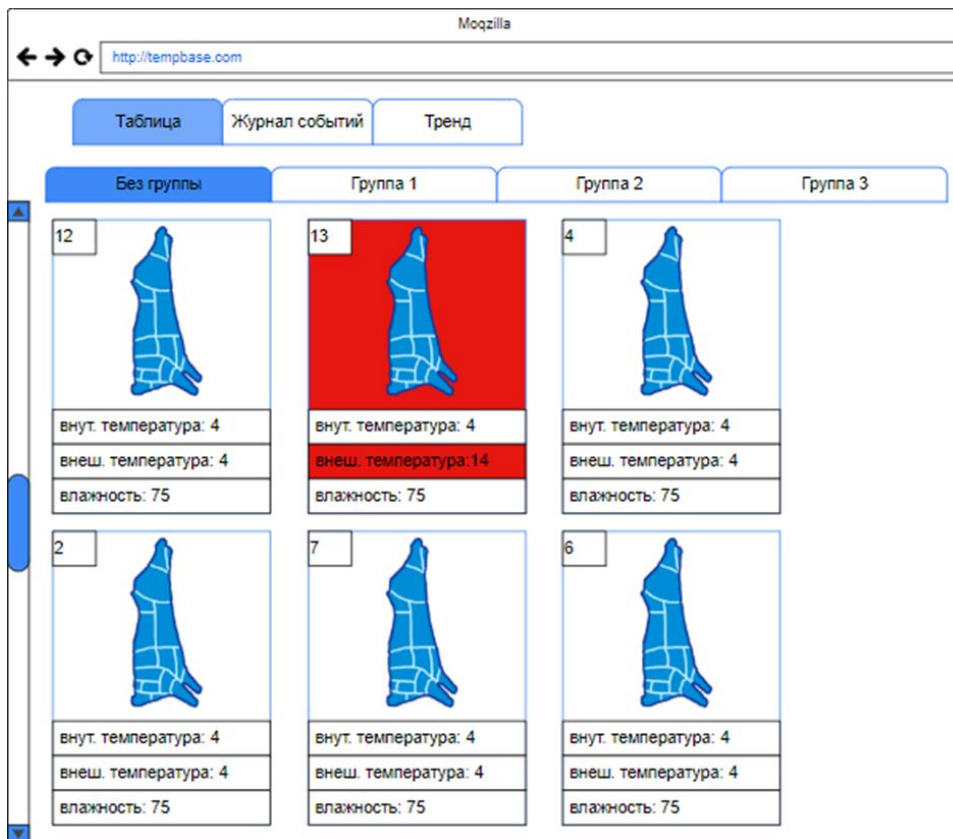


Рисунок 8 – Интерфейс оператора

2 АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

2.1 Составление списка необходимых компонентов

Необходимым элементов разрабатываемого устройства является контроллер, который отвечает за логику поведения устройства. Радиопередатчик с технологией LoRa, который используется для передачи показаний температуры. Датчики температуры для измерения термических параметров мясных изделий. Для автономного питания понадобится аккумулятор. Понадобится усилитель сигнала термопары с термопары, так как сигнал очень слабый.

2.2. Контроллер

Для реализации конечного устройства для измерения температуры необходимо использование микроконтроллера с Uart, портами ввода вывода. Так же микроконтроллер должен входить в рамки температур для работы в системе.

Данным требованиям удовлетворяет микроконтроллер stm32f103c8t6 семейства ARM, технические характеристики представлены на рисунке 9 [48].

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Серия	stm32 f1
Ядро	arm cortex-m3
Ширина шины данных	32-бит
Тактовая частота	72 мгц
Количество входов/выходов	37
Объем памяти программ	64 кбайт(64k x 8)
Тип памяти программ	flash
Объем RAM	20k x 8
Наличие АЦП/ЦАП	ацп 10x12b
Встроенные интерфейсы	can, i2c, irda, lin, spi, uart, usb
Встроенная периферия	dma, pwm, pdr, por, pvd, pwm, tempsensor, wdt
Напряжение питания	2...3.6 в
Рабочая температура	-40...+85с
Корпус	lqfp-48

Рисунок 9 – Технические характеристики stm32f103c8t6

На рисунке 10 изображен микроконтроллер stm32f103c8t6.

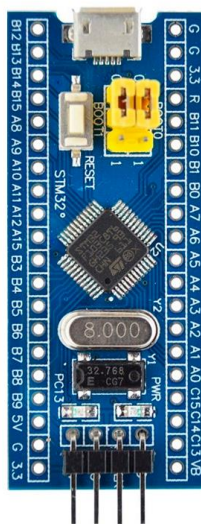


Рисунок 10 - Микроконтроллер stm32f103c8t6

2.3 Радиопередатчик и радиоприемник

В качестве радиопередатчика и радиоприемника будем использовать Rak811 (рисунок 11), так как он имеет протокол передачи LoRa и входит в температурный диапазон для системы. Так же он может общаться с ПК и микроконтроллером по UART интерфейсу. На рисунке 12 изображены характеристики Rak811 [49].



Рисунок 11 – Rak 811

Model Name	RAK811
Dimension	L x W x H: 22 x 14 x 1.7 mm
Interface	UART1, GPIOs
Operating temperature	-40°C to 85°C
Storage temperature	-40°C to 85°C

Рисунок 12 – Характеристики Rak 811

2.4 Датчик температуры

Датчик температуры ds18b20 (рисунок 10) может измерять температуру в диапазоне температур системы. Так же передача осуществляется по протоколу 1 wire, что обеспечивает низкое электропотребление. Так же датчик не требует

какого-либо специального интерфейса – его можно подключать к портам ввода вывода. Характеристики датчика представлены на рисунке 13 [50].

- Температурный диапазон измерений лежит в пределах от -55 С до +125 С.
- Датчик питается напряжением от 3,3В до 5В.
- Можно программно задать максимальную разрешающую способность до 0,0625С, наибольшее разрешение 12 бит.
- Присутствует функция тревожного сигнала.
- Каждое устройство обладает своим уникальным серийным кодом.
- Не требуются дополнительные внешние элементы.
- Можно подключить сразу до 127 датчиков к одной линии связи.
- Информация передается по протоколу 1-Wire.
- Для присоединения к микроконтроллеру нужны только 3 провода.

Рисунок 13 – Характеристики ds18b20

На рисунке 14 изображен датчик температуры ds18b20. К нему выбирался резистор номиналом 4.7 кОм (CF-125 (C1-4) 0.125 Вт, 4.7 кОм, 5%)



Рисунок 14 – Датчик температуры ds18b20

В качестве термопары выберем термопару типа К [51]. Для усиления сигнала с термопары будет использована микросхема MAX31855 [52].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

30

2.5 Элементы питания

Для питания конечного устройства будет использован морозостойкий литиевый аккумулятор LP103454LC-PCM-LD на 2000 Ач (рисунок 15). Он может выдерживать низкие температуры с потерей емкости до 70%. К нему выбран стабилизатор напряжения LP2950ACZ-3.3/NOPB для стабилизации на 3.3 В. Также были вместе с стабилизатором выбраны конденсаторы керамические конденсатора номиналом 0,33 мкФ (K10 – 17Б Н50), а на выходе 0,1 мкФ (K10 – 17Б Н50) (схема стабилизатора представлена на рисунке 1). Для снижения влияний помех используется два электролитических конденсатора (K50-35 –100 мкФ).



Рисунок 15 – Литиевый аккумулятор LP103454LC-PCM-LD

На рисунке 16 представлены характеристики LP103454LC-PCM-LD [53].

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Типоразмер	призма
Напряжение, В	3.70 В
Ёмкость	2.00 Ач
Ширина (диаметр), мм	34.00 мм
Высота, мм	10.00 мм
Мин. температура, °С	-40.00 °С
Макс. температура, °С	60.00 °С
Химия элемента	Li-Pol
Тип элемента	Аккумулятор
Контакты	провода + схема защиты
Длина, мм	54.00 мм

Рисунок 16 – Характеристики LP103454LC-PCM-LD

2.6 Построение электрической принципиальной и структурной схемы

В приложении Б приведены построенные по выбранным элементам электрическая принципиальная схема 27.03.04.2019.379.01 ЭЗ для конечного устройства, структурная схема для конечного устройства 27.03.04.2019.379.01 С1, а также структурная схема для базовой станции 27.03.04.2019.379.02 С1.

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

3 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

3.1 Структура проекта

На рисунке 17 изображена структура проекта в среде разработки keil. Из рисунка видно, что в ходе разработки программного алгоритма была использована библиотека имен регистров CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard) [54].

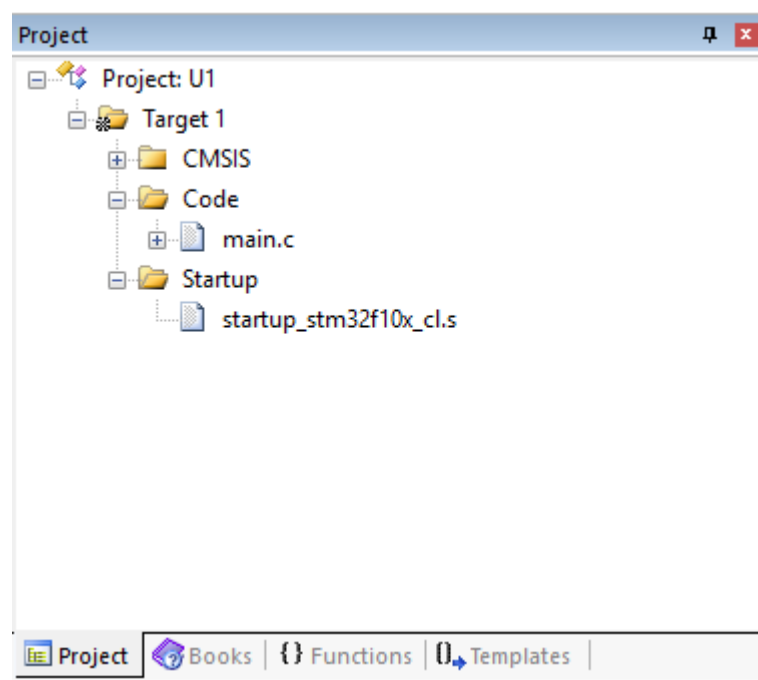


Рисунок 17 – Структура проекта

Общение со всеми периферийными устройствами микроконтроллера и всеми его настройками осуществляется с помощью чтения и записи по заданному адресу.

Данные адреса, которые могут отражать все что может контроллер, называются регистрами [55].

Например, чтобы указать контроллеру, входом или выходом является эта ножка – нам надо записать соответствующие значения в соответствующие биты по адресу 0x40020000. Так как человеку не очень удобно работать с числами, то для

микроконтроллеров на ядре Cortex-M существует библиотека CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard), самый важный компонент которой для нас – заголовочный файл, описывающий имеющиеся в конкретном контроллере регистры и дающий им относительно понятные обозначения для человека [56].

Но несмотря на то, что имена регистров понятнее числовых значений, в данный момент компании стали выпускать вспомогательные библиотеки, собирающие наборы обращений к регистрам в функции, что снижает вероятность возникновения ошибок в коде и делает код более читабельным.

Важный момент в понимании работы микроконтроллера: абсолютно всё, что не является вычислительными операциями, за которые отвечает само ядро процессора, осуществляется с помощью записи или чтения того или иного регистра. Какие бы библиотеки не были наворочены в вашей программе сверху – в конечном итоге всё сводится к регистрам.

Полный код программы можно просмотреть в приложении А в листингах А.1 и А.2. Схему программы также можно просмотреть в приложении Б. В листингах почти каждая строчка кода пояснена комментарием.

3.2 Настройка тактирования

Для того, чтобы лучше понять систему тактирования stm32f103 обратимся к схеме из кодогенератора CUBE MX, которая изображена на рисунке 18.

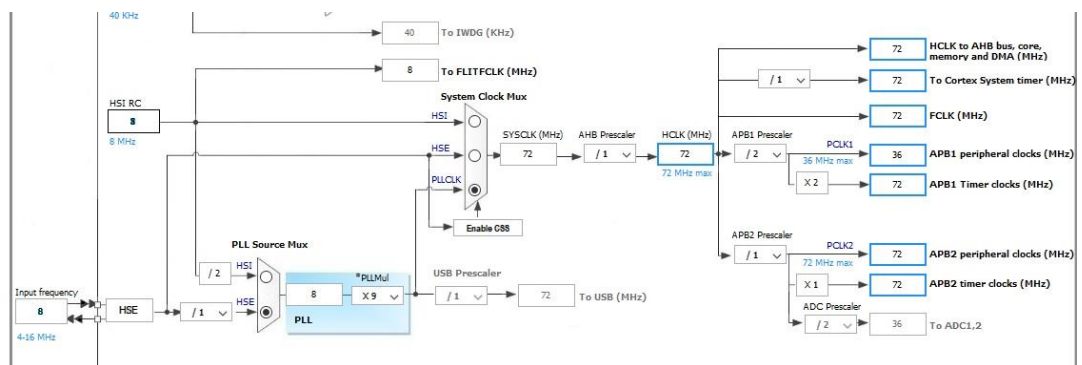


Рисунок 18 – Схема тактирования stm32f103

При помощи умножителей и делителей мы устанавливаем нужную нам частоту. В разработанной нами программе контроллер будет настраиваться на частоту 72 МГц, что не является оптимальным с точки зрения энергопотребления и не оправданным повышением мощности чипа, но на этапе разработке данная настройка может считаться не критичной и может позволить быстрее работать с контроллером и позволит быстрее разобраться с задачами.

Существуют 3 источника импульсов тактовой системной частоты (SYSCLK) микроконтроллеров STM32 [57]. Например, можно использовать механический источник HSE с внешним кварцевым резонатором, который является внешним источником тактовых импульсов. Также микроконтроллер всегда стартует с RC-генератора HSI с частотой 8 МГц. Мы используем PLL (Phase Locked Loop) – умножитель частоты HSI или HSE на основе генератора с ФАПЧ, который позволит наиболее гибко настраивать систему тактирования [58].

Для установки частоты 72 МГц перейдем на внешний кварцевый резонатор и включим умножитель на множитель 9, а для шин AHB и APB2 выставим делитель 1. Для шины APB2 выставим делитель 2.

3.3 Работа с датчиком DS18B20

Несмотря на все достоинства данного датчика, и то что он может подключаться всего по двум проводам, намного труднее с ним работать, так как чем больше проводов тем легче считать данные, а чем меньше проводов, тем сложнее организовать передачу данных [59].

Данный датчик подключается посредством шины 1-WIRE, то есть передача данных осуществляется и в ту и в другую сторону всего по одному проводу, что ясно из названия шины, которая является упрощенным вариантом шины i2c.

Диапазон измерений — от -55 0С до +125 0С, но наивысшая точность показаний достигается в диапазоне от -10 0С до +85 0С.

Погрешность данного датчика — 0,5 градуса.

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Дискретность измерения — от 9 до 12 бит данных.

Зависящая от установленной дискретности (разрешения) длительность измерения температуры — от 93,75 миллисекунд до 750 миллисекунд.

Уникальный 64-битный последовательный код, благодаря которому и можно использовать на одной шине несколько таких датчиков.

У выбранного нами контроллера нет аппаратной поддержки шины 1-wire, что не является причиной неудачи, так мы используем оперативное переключение ножек портов [60].

Так как мы будем использовать только один датчик, то мы будем к нему обращаться другим способом, не используя ROM.

Мы подаём на датчик команду 44h последовательным кодом, тем самым заставляя датчик конвертировать температуру.

Регистры, в которых хранится значение температуры после преобразования изображены на рисунке 19 [61].

Figure 2. Temperature Register Format

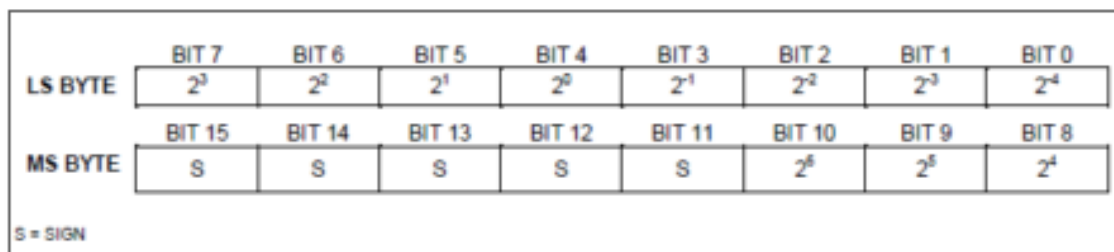


Рисунок 19 – Регистр температуры ds18b20

Как видно из рисунка за знак отвечают 15-11 биты, а абсолютное значение температуры получается суммированием двоек в разных степенях, помноженных на соответствующие биты регистра.

В коде программы нам для инициализации достаточно лишь настроить нужные ножки на питание и на открытый коллектор.

Мы создаем функции чтения и записи байтов и битов, а также обращаемся к регистрам в режиме без идентификатора для старта обновления температуры и для

снятия данных. В этих функциях большую роль играет соблюдение задержек – только так можно эффективно общаться по одному проводу.

3.3 Работа с термопарой через MAX31855

Микросхема MAX31855 позволяет считывать данные с термопары по SPI. Для того чтобы считать температуру необходимо подать тактовый сигнал и послать пустой пакет и дождаться ответа. SPI1 был настроен на режим мастера и двух линий, 16-битную посылку, прием байт по спадающему фронту со сдвигом [63].

На рисунке 20 изображена карта регистра температуры и она аналогично той, что в датчике ds18b20, только в данном случае мы можем принимать данные о температуре холодного спая [MAX31855 Thermocouple-to-Digital Converter – <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX31855.pdf>].

Table 2. Memory Map—Bit Weights and Functions

BIT	14-BIT THERMOCOUPLE TEMPERATURE DATA				RES	FAULT BIT	12-BIT INTERNAL TEMPERATURE DATA				RES	SCV BIT	SCG BIT	OC BIT
	D31	D30	...	D18	D17	D16	D15	D14	...	D4	D3	D2	D1	D0
VALUE	Sign	MSB 2^{10} (1024°C)	...	LSB 2^{-2} (0.25°C)	Reserved	1 = Fault	Sign	MSB 2^6 (64°C)	...	LSB 2^{-4} (0.0625°C)	Reserved	1 = Short to V _{CC}	1 = Short to GND	1 = Open Circuit

Рисунок 20 – Регистр температуры MAX31855

3.4 Работа с Rak811

Чтобы использовать Rak811 для беспроводной передачи данных по протоколу LoRa необходимо настроить его по одному из нескольких интерфейсов UART. Данный радиопередатчик понимает синтаксис AT команд, которые можно посмотреть в его документации.

Для настройки Rak811 выберем режим point to point, зададим частоту передачи и другие параметры передачи с контроллера. отошлем команду на передачу сообщения с необходимыми данными. При этом Rak811 передает данные только в

шестнадцатеричной форме. Заметим, что настройка скорости передачи данных по UART у обоих устройств должна быть одинаковая [62].

Фактически взаимодействие с Rak811 сводится к 3 м командам. Две из них инициализируют устройство. Третья команда пересылает данные и имеет следующий формат "at+txc=1,10000,% hex data \r\n" .

3.5 Построение блок схемы алгоритма программы конечного устройства

Алгоритм работы программы конечного устройства представлен в документе 27.03.04.2019.379.01 Д23 (Приложение А) [63,64,65,66].

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

4 СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА И ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

4.1 Постановка задачи прототипирования

Для начала создания прототипа устройства нам необходимо быть знакомыми с самими понятиями прототипа и прототипирования.

Прототип – это работающая модель, опытный образец устройства, механизма или детали [67].

Прототипирование это быстрая реализация базовой функциональности для анализа работы системы в целом. На этапе прототипирования малыми усилиями создается работающая система (возможно неэффективно, с ошибками, и не в полной мере) [67].

Теперь давайте разберемся зачем мы создаем прототип, основываясь на вышеперечисленных понятиях. Мы создаем прототип или опытный образец для проверки свойств устройства, которых может быть несколько.

Опытный образец представляет собой переход виртуальной модели в физический мир. При этом переходе обязательно всплывают проблемы, которые нельзя выявить в среде разработки. Их нужно выловить до того, как начнётся процесс подготовки корпуса или изделия к серийному производству. Из перечисленных умозаключений делаем вывод, что создание прототипа может быть очень полезным, так как позволяет избавить серийное устройство от неявных проблем путем их обнаружения и корректировки структуры и свойств устройства [68].

Также стоит отметить, что реально работающее устройство даже с ошибками и не самой большой эффективностью имеет демонстративный эффект, что может позволить продвинуть свой проект или идею на новый уровень.

Прототип устройства состоит из электронных компонентов, макетной платы, монтажных изделий, установленного программного обеспечения и корпуса [69].

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

При разработке прототипа мы пройдемся по всем вышеперечисленным частям прототипа.

4.2 Электронные компоненты и программное обеспечение

Мы выбирали электронные компоненты в разделе 2, а программное обеспечение было разработано в разделе 3.

4.3 Макетная плата

Макетная плата, как и следует из названия служит для создания макетов-прототипов. Она будет служить основой для соединения электронных компонентов.

В качестве макетной платы мы можем взять печатную плату, образец которой можно видеть на рисунке 21 или контактную макетную плату.



Рисунок 21 – Печатная плата

Выбираем в качестве макетной платы контактную макетную плату, которую можно видеть на рисунке 22. Такая плата подходит идеально под создание и тестирование электроники, так как позволяет быстро собрать схему и быстро

сменить исправить или поменять ее. Отсюда следует то, что ее можно использовать многократно в отличие от печатной платы, которая чаще всего из-за паечного способа установки компонентов носит одноразовый характер и уступает также в скорости монтажа [70].

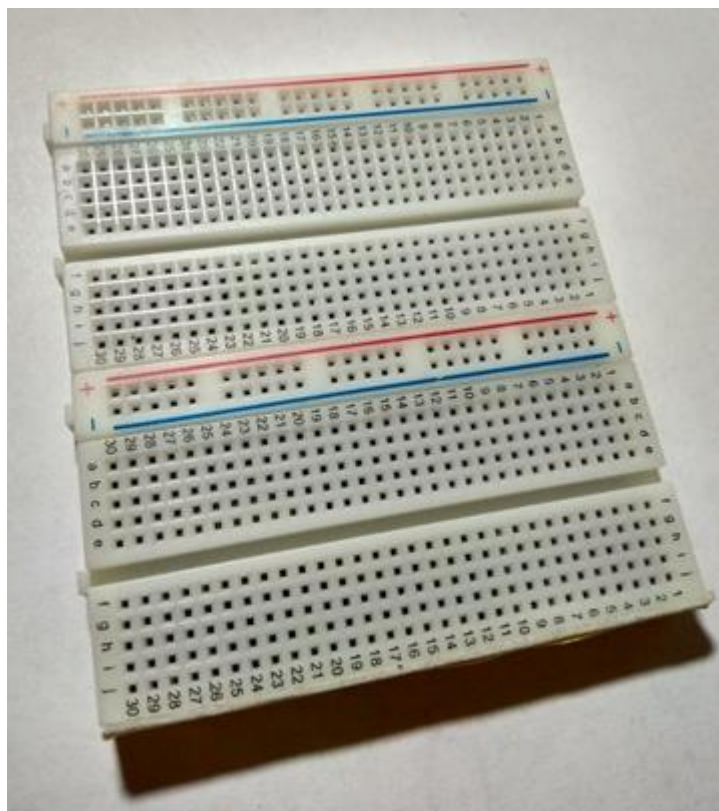


Рисунок 22 – Контактная макетная плата

Соединять элементы на данном виде плат можно перемычками и проводами, а также установкой элементов на определенных контактных дорожках.

4.4 Монтажные изделия и корпус

Корпус выбираем исходя из размеров макетной платы и электронных компонентов. Нам подходит корпус 100x100x40 мм с крышкой 100x100.

Корпус изображен на рисунке 23.



Рисунок 23 – Корпус для устройства

В качестве крепления устройства к мясной туше будем использовать ремень от сумки.

4.5 Сборка прототипа

При сборке прототипа наша цель разместить компоненты устройства так, чтобы они друг другу не мешали. Поэтому сборку будем осуществлять поэтапно в соответствии с принципиальной схемой из раздела 3.

На первом этапе прикрепляем ремень ко дну корпуса устройства с внешней стороны, как показано на рисунке 24.



Рисунок 24 – Крепление ремня

Далее проделываем отверстия для выхода проводов датчиков температуры, антенны и делаем засечку на крышке для открытия, как показано на рисунке 25.

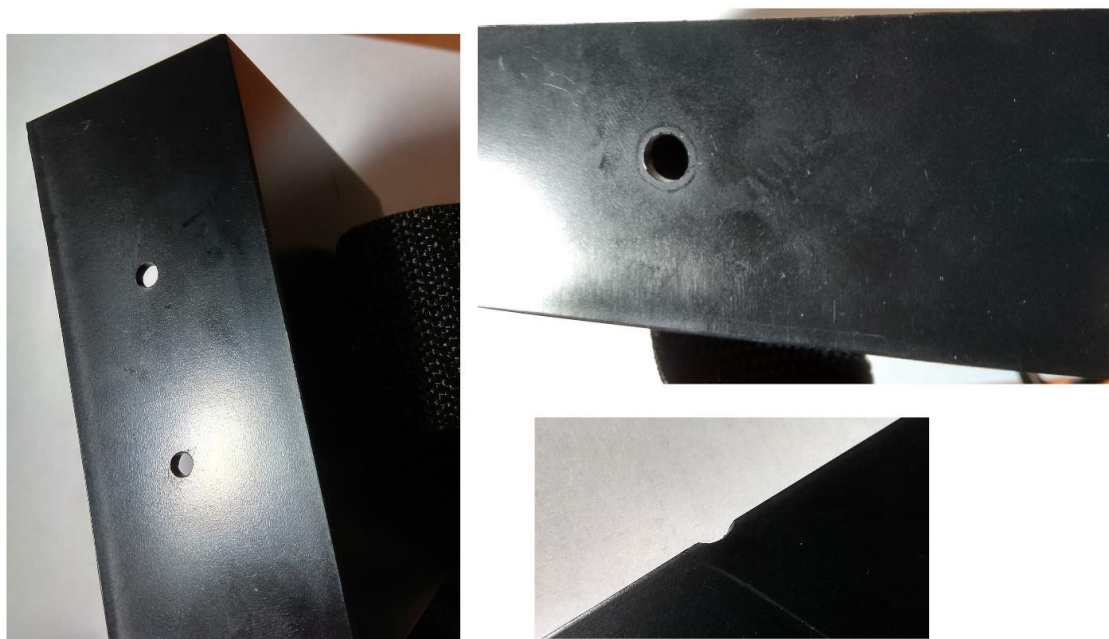


Рисунок 25 – Отверстия и засечка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

43

Делаем следующий шаг и прикрепляем компоненты устройства на макетную плату и устанавливаем ее в корпус, как показано на рисунке 26.

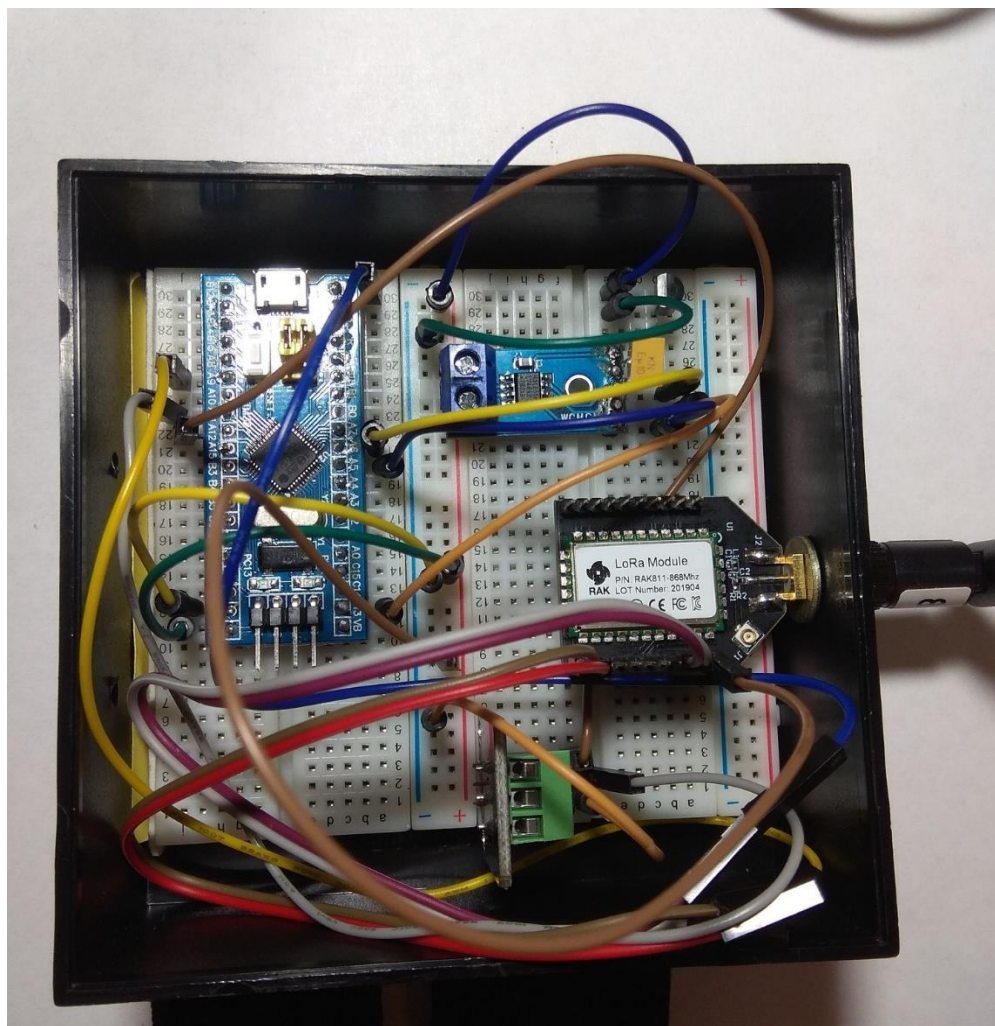


Рисунок 26 – Установка элементов на плату в корпус

Прокладываем провода датчиков температуры через отверстия и подсоединяем к клеммам, как на рисунке 27.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

44

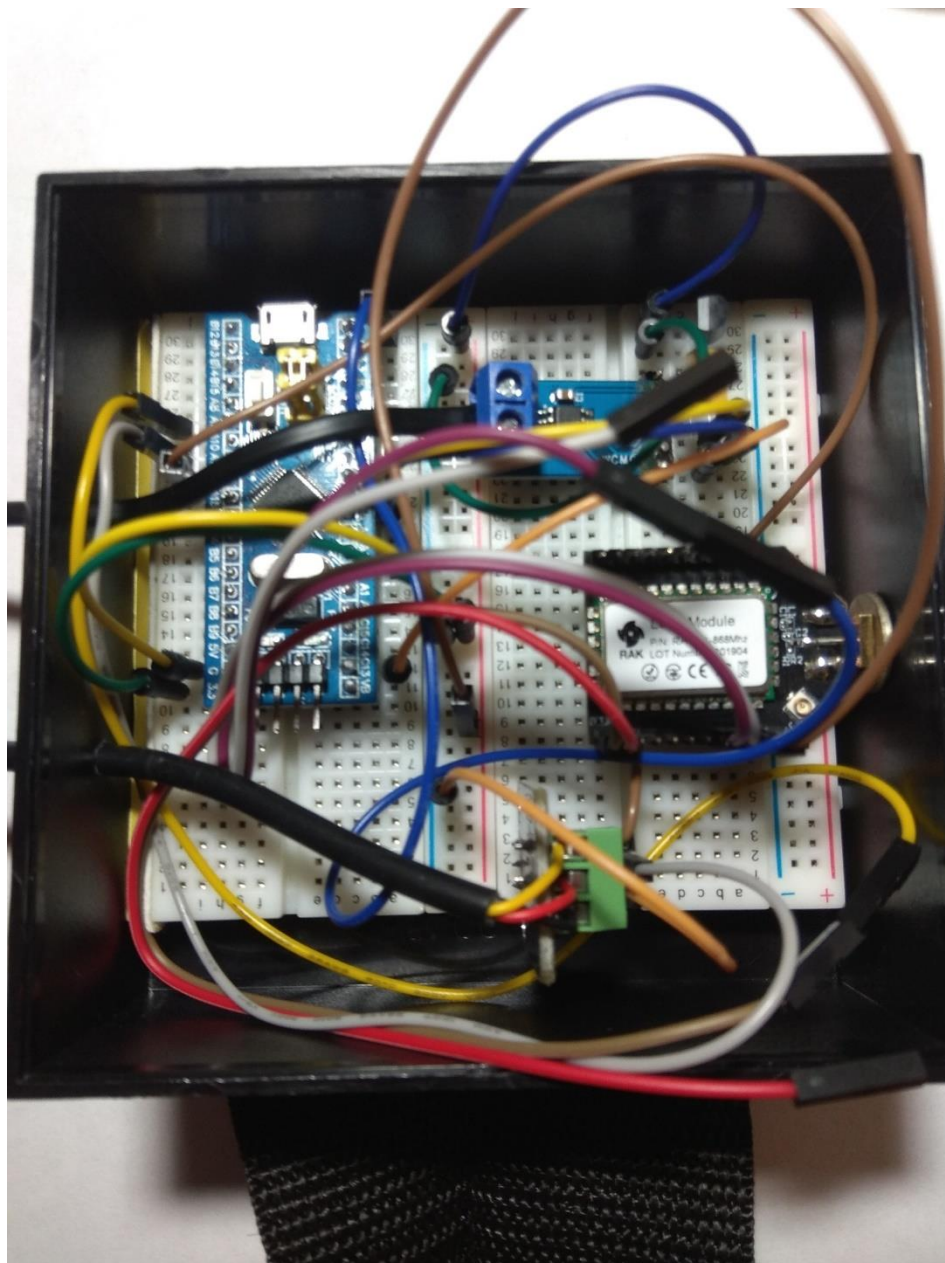


Рисунок 27 – Установка датчиков температуры

Теперь устанавливаем литиевый аккумулятор и подключаем к схеме, как на рисунке 28.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

45

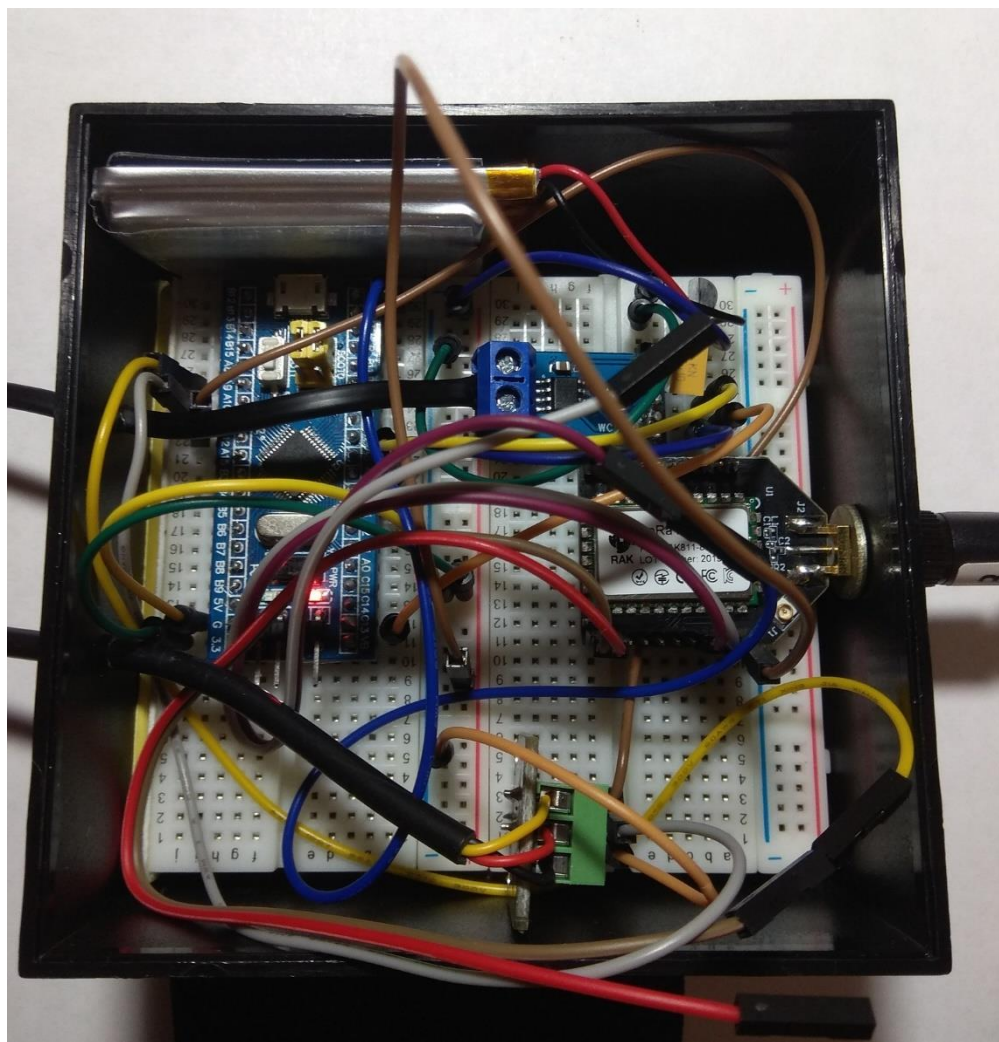


Рисунок 28 – Установка аккумулятора

В завершении сборки закрываем корпус крышкой, как на рисунке 29.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

46



Рисунок 29 – Закрытый корпус

На рисунке 30 изображен прототип устройства для учета термических параметров мясной продукции.

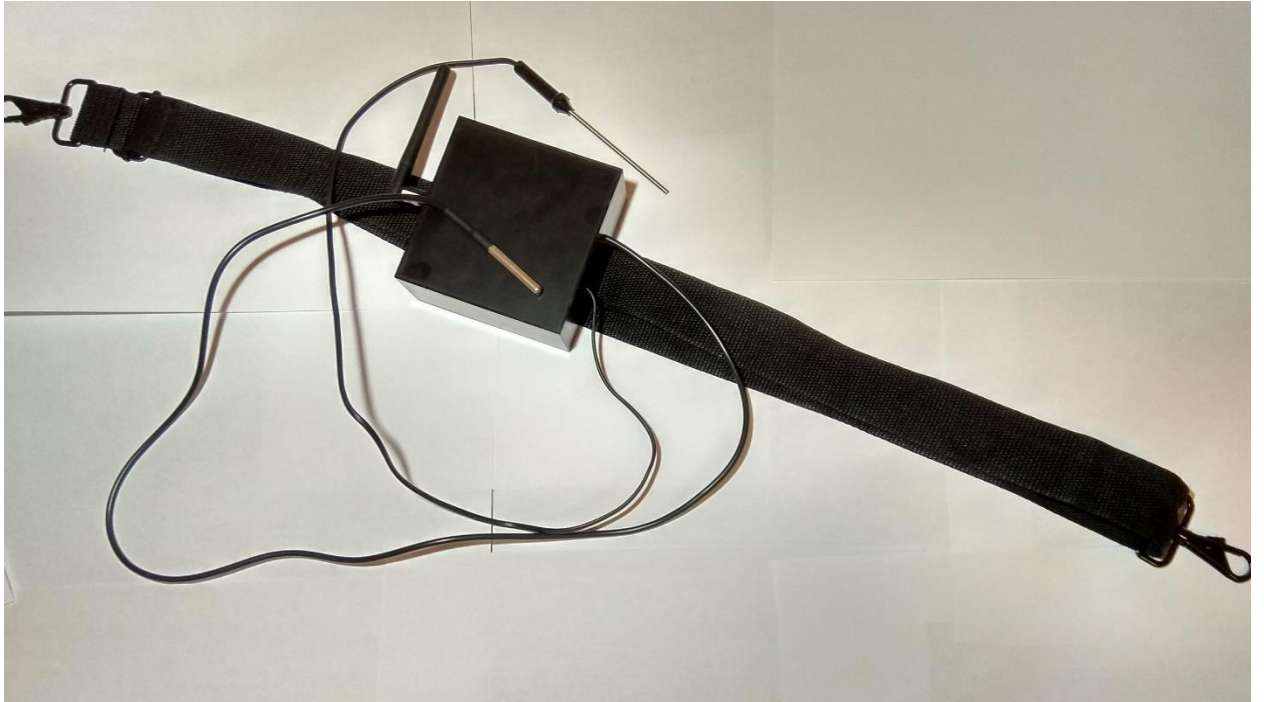


Рисунок 30 – Конечное устройство для учета термических параметров

4.6 Тестирование прототипа

Финальный этап создания электронного продукта — серийное производство, именно оно в конечном итоге определяет качество устройства. Пользователь не сможет оценить идеальную программную и аппаратную платформу новой электроники, если на сборочном конвейере произойдет сбой, поэтому контроль функциональности и тестирование сборки — обязательные этапы массового производства [71].

При тестировании созданного прототипа мы будем придерживаться теории маленьких шагов, то есть будем разбивать общую задачу передачи данных о термических параметрах на подзадачи [72]. Произведем поэтапное тестирование от тестов отдельных функций устройств и его отдельных компонентов до тестирования системы в целом.

Проверим работу нескольких приемопередатчиков Lora Rak811. На рисунке 31 показано, что мы устанавливаем соединение с Rak811. Также показано, что устройство отвечает подтверждениями на настроечные команды.

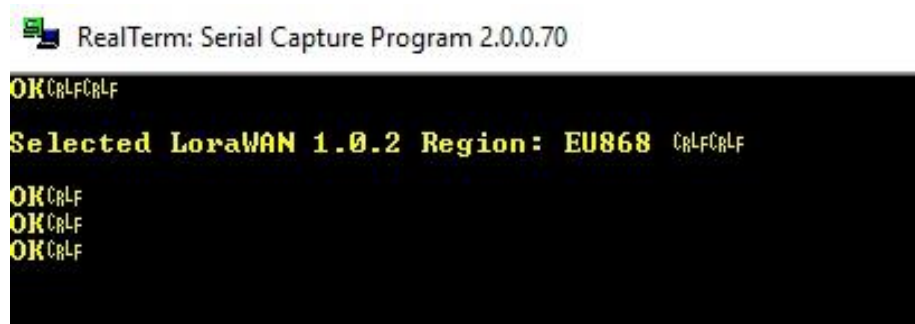


Рисунок 31 – Подключение к Rak811

Проведем испытания приемника и нескольких передатчиков. На рисунке x представлен прием в терминальной программе данных с двух передатчиков и соответственно формат посылки от радиопередатчика. Последними в посылке передаются данные. На рисунке 32 один из передатчиков отправляет 6700, а другой 8888 с разными интервалами. Таким образом мы протестировали работоспособность радиопередатчиков Rak811 по интерфейсу UART, через UART-преобразователи при помощи персональных компьютеров.

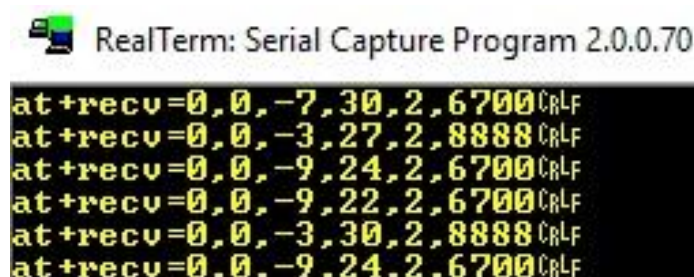


Рисунок 32 – Прием двух разных чисел от передатчиков

Затем была протестирована передача температуры от радиопередатчика к радиоприемнику под управлением микроконтроллера. Результат можно видеть на рисунке 33.


```

at+recv=0,0,-3,30,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-2,30,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,31,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,31,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,30,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,30,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,30,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,31,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,28,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,31,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,30,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,31,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-4,29,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-4,28,4,3800649e CRLF
at+recv=0,0,-3,28,4,3800649e CRLF

```

Рисунок 33 – Передача данных о температуре

Значение температуры на рисунке передалось в виде числа 0x38, что при 9 битном разрешении переводится в градусы Цельсия путем перевода в десятичную систему и делением на 2. Получаем температуру 28 °С, которую выдал ds18b20. Таким образом мы протестировали взаимодействие микроконтроллера, датчика температуры и радиопередатчика в одном тесте. При этом мы протестировали обмен по протоколу 1-wire и работоспособность датчика температуры и микроконтроллера.

В режиме отладки считываем температуру с микросхемы MAX31855 и получаем результат на рисунке 34. В массиве представлены данные о двух температурах – на конце иглы термопары и температуры самого чипа MAX31855. Таким образом нам удалось проверить работоспособность микросхемы MAX31855 и игольчатой термопары, а также осуществить общение по SPI интерфейсу с микроконтроллером.

receiveData		0x2000001C receiveData
[0]		0x022C
[1]		0x1C30
[2]		0x0403
[3]		0x0002
[4]		0x0002
[5]		0x0F00

Рисунок 34 – Считывание данных с MAX31855

В качестве отладчика выступал микроконтроллер stm32f3, который изображен на рисунке 35. Данный микроконтроллер также использовался для реализации и тестирование некоторых алгоритмов.

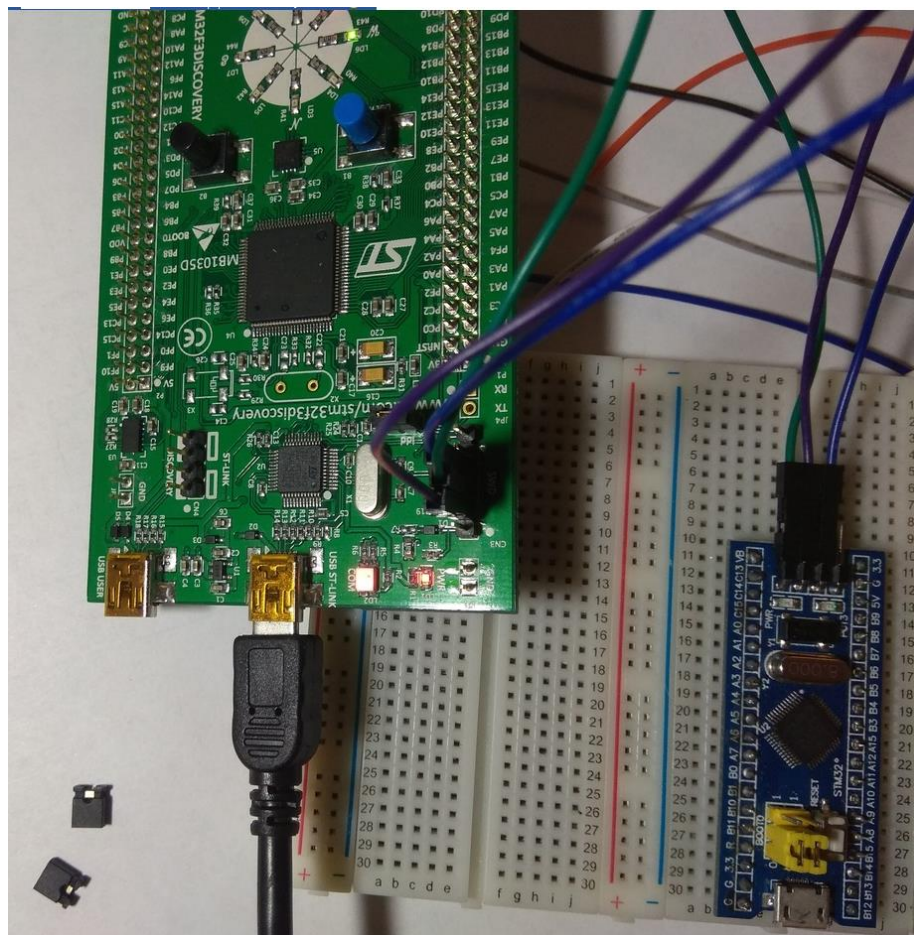


Рисунок 35 – Отладчик

В режиме отладки получим преобразованную температуру в градусах Цельсия, что подтверждает рисунок 36. Полученная температура составила 34°C, что соответствует температуре в сжатом кулаке.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

51

Name	Value
xd	<cannot evaluate>
xs	<cannot evaluate>
Status	0x0000
t1	34.75
t1Result	0x0000
k	<cannot evaluate>

Рисунок 36 – Считывание температуры с МАХ31855 в °С

Далее считаем данные внутри морозильной камеры также в режиме отладки. Полученные данные представлены на рисунке 37. Температура составила -12.5°С.

xs	<cannot evaluate>	uchar
Status	0x0000	unsign...
t1	-12.5	float
t1Result	0x0000	unsign...

Рисунок 37 – Температура в морозильнике

На рисунке 38 изображен результат считывания температуры сразу с двух датчиков и вывод на экран по UART интерфейсу. В ходе испытания переходный режим термопары длился быстрее, чем у ds18b20.

```

RealTerm: Serial Capture Program 2.0.0.70
at+txc=1,10000,28.500000 29.437500 CRLF
at+txc=1,10000,29.000000 29.437500 CRLF
at+txc=1,10000,29.000000 29.375000 CRLF
at+txc=1,10000,28.500000 29.125000 CRLF
at+txc=1,10000,29.250000 29.312500 CRLF
at+txc=1,10000,29.000000 29.812500 CRLF
at+txc=1,10000,29.500000 30.312500 CRLF
at+txc=1,10000,30.500000 30.500000 CRLF
at+txc=1,10000,31.000000 30.687500 CRLF
at+txc=1,10000,31.500000 30.750000 CRLF
at+txc=1,10000,31.500000 30.937500 CRLF
at+txc=1,10000,31.500000 31.062500 CRLF
at+txc=1,10000,32.000000 31.312500 CRLF
at+txc=1,10000,31.750000 31.500000 CRLF
at+txc=1,10000,32.000000 31.500000 CRLF

```

Рисунок 38 – Чтение двух датчиков температуры

В заключении получим данные с двух датчиков по протоколу LoRa. Результат можно наблюдать на рисунке 39.

```
at+recv=0,0,-5,6,4,bb010184\r\n\r\nat+recv=0,0,-7,22,4,b9010180\r\n\r\nat+recv=0,0,-6,3,4,bb010180\r\n\r\nat+recv=0,0,-8,-14,4,bb010180\r\n\r\nat+recv=0,0,-12,-34,4,ba010180\r\n\r\nat+recv=0,0,-10,-23,4,bb010180\r\n\r\nat+recv=0,0,-12,-24,4,bb010180\r\n\r\nat+recv=0,0,-6,4,4,bb010184\r\n\r\nat+recv=0,0,-6,33,4,b9010180\r\n\r\nat+recv=0,0,-7,33,4,bc010180\r\n\r\nat+recv=0,0,-6,15,4,bb010184\r\n\r\nat+recv=0,0,-6,22,4,bb010188\r\n\r\nat+recv=0,0,-6,24,4,bb0101ac\r\n\r\nat+recv=0,0,-7,22,4,b90101c4\r\n\r\nat+recv=0,0,-5,28,4,bb0101c4\r\n\r\n
```

Рисунок 39 – Получении посылки с температурой двух датчиков

Таким образом прототип успешно прошел все испытания в различных условиях, как по отдельным функциям, так и как система в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выпускной квалификационной работы были получены навыки программирования, работы с устройствами передачи данных на расстояние по беспроводному каналу связи, работы с датчиком температуры. Была разработана структурная и электрическая принципиальная схема устройства. На основе требований ТЗ был произведен выбор оптимального оборудования для необходимой работоспособности.

Работа содержит в себе описание и практическую реализацию алгоритмов для работы устройства. Алгоритм был испытан на созданном прототипе устройства.

Результатом проделанной работы является прототип устройства, которое передает термические параметры мясного изделия на базовую станцию. Данный опыт работы можно использовать для автоматизации технологических процессов на предприятиях мясной индустрии.

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Мясная индустрия – https://spravochnick.ru/ekonomika/myasnaya_promyshlennost/.
- 2 Рынок мяса: что предпочитают потребители в России и мире? – <https://milknews.ru/longridy/rynok-myasa-potrebleniye.html>.
- 3 Организация технологического процесса на предприятиях убоя и первичной переработки свиней – <https://meat-expert.ru/articles/94-organizatsiya-tekhnologicheskogo-protssessa-na-predpriyatiyakh-uboaya-i-pervichnoy-pererabotki-sviney>.
- 4 Введение в мясную промышленность – <https://mylektsii.ru/11-20985.html>.
- 5 Тенденции систем автоматического управления, которые нельзя игнорировать – <https://elenergi.ru/4-tendencii-sistem-avtomaticheskogo-upravleniya-kotorye-nelzya-ignorirovat.html>.
- 6 Современные системы автоматизации производства – <https://wiseadvice-it.ru/o-kompanii/blog/articles/sovremennye-sistemy-avtomatizacii-proizvodstva/>.
- 7 Контроль состояния и положения устройств интернет вещей – <http://elib.spbstu.ru/dl/2/v16-1307.pdf/download/v16-1307.pdf>.
- 8 Просто о мясе. Заморозка полутуш – <http://meatkings.ru/articles/prosto-o-miasie-zamorozka-polutush>.
- 9 Криштафович В. И. Холодильная обработка и сохраняемость мяса и мясных продуктов / В. И. Криштафович. – М. : 2006. – 172 с.
- 10 Аккадемия интернета вещей – <https://iot-academy.ru/>.
- 11 Термометры для мяса – http://www.zamer.ru/info/meat_term.
- 12 Handbook of Frozen Food Processing and Packaging – https://www.researchgate.net/publication/245052799_Handbook_of_frozen_food_processing_and_packaging.
- 13 Structure and Development of Meat Animals and Poultry – <https://books.google.ru/books?id=AaZCjA4nvv8C&printsec=frontcover&dq=Structure+and+Development+of+Meat+Animals+and+Poultry&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEWjG>

zuyW1OfiAhW- wcQBHVdEDC8Q6AEIKTAA#v=onpage&q=Structure% 20and% 20
Development% 20of% 20Meat% 20Animals% 20and% 20Poultry&f=false.

14 Термическое состояние мяса – <https://studfiles.net/preview/405269/page:3/>.

15 Мясо парное – <http://fb.ru/article/295282/myaso-parnoe---chto-eto>.

16 Microbiology of Meat and Poultry – [https://books.google.ru/books?id=w3adQSPS
rD8C&pg=PA149&dq=The+temperature+of+chilled+meat&hl=ru&sa=X&ved=0ahUK
EwiMx6qk1- fiAhWxlosKHQR7AkQQ6AEIOjAC#v=onpage&q=The% 20temperatur
e% 20of% 20chilled% 20meat&f=false](https://books.google.ru/books?id=w3adQSPS rD8C&pg=PA149&dq=The+temperature+of+chilled+meat&hl=ru&sa=X&ved=0ahUK EwiMx6qk1- fiAhWxlosKHQR7AkQQ6AEIOjAC#v=onpage&q=The% 20temperatur e% 20of% 20chilled% 20meat&f=false).

17 Подмораживание мяса, его цель и режимы – [https://studfiles.net/preview/57097
78/page:9/](https://studfiles.net/preview/57097 78/page:9/).

18 Compact ultra - low temperature chamber – [https://www.espec.co.jp/english/produ
cts/env-test/mc/](https://www.espec.co.jp/english/produ cts/env-test/mc/).

19 Методы заморозки и хранение мяса – [http://msk-
holod.ru/info/articles/zamorozka-i-khranenie-myasa/](http://msk- holod.ru/info/articles/zamorozka-i-khranenie-myasa/).

20 Камера хранения охлажденных полутуш – [http://ki- 24.ru/myasnaya- promyshl
ennost/kamera-hraneniya-ohlazhdennyh-polutush](http://ki- 24.ru/myasnaya- promyshl ennost/kamera-hraneniya-ohlazhdennyh-polutush).

21 KHZ ZB Condensing Units for Medium Temperature Refrigeration – [https://climate.emerson.com/en-sg/shop/1/copeland-khz-zb-condensing-units-en-
sg?fetchFacets=true#facet:&facetLimit:&productBeginIndex:0&orderBy:&pageView:
&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&](https://climate.emerson.com/en-sg/shop/1/copeland-khz-zb-condensing-units-en- sg?fetchFacets=true#facet:&facetLimit:&productBeginIndex:0&orderBy:&pageView: &minPrice:&maxPrice:&pageSize:&).

22 Охлаждение мяса, субпродуктов – [http://xn- d1anchbdh6b.xn- plai/publikacii/o
xlahzdenie-myasa/](http://xn- d1anchbdh6b.xn- plai/publikacii/o xlahzdenie-myasa/).

23 Техника охлаждения мяса (продолжение) – [http://www.vhoz.ru/index.php?opti
on=com_content&task=view&id=1045](http://www.vhoz.ru/index.php?opti on=com_content&task=view&id=1045).

24 Гармаш И.И. Автоматизация технологических процессов в мясной промышл енности / И.И. Гармаш. – Киев, Техника. 1985. – 280с.

25 Заморозка полутуш – <http://wellmarkm.com/?p=4087>.

26 Механизм повреждений при заморозке – [https://studopedia.ru/10_60706_meha
nizm-povrezhdeniy-pri-zamorozke.html](https://studopedia.ru/10_60706_meha nizm-povrezhdeniy-pri-zamorozke.html).

					27.03.04.2019.379 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

- 27 Сущность замораживания – <https://studfiles.net/preview/2568340/page:9/>.
- 28 Механизм образования кристаллов льда – <https://allrefrs.ru/4-17667.html>.
- 29 Воздействие низких температур на клетки, ткани и организмы – <http://www.xiron.ru/content/view/30147/28/>.
- 30 Технологии шоковой заморозки – <http://www.xiron.ru/content/view/31400/28/>.
- 31 Охлажденка и заморозка: сухая, шоковая, глубокая – <http://meatkings.ru/articles/prosto-o-miasie-okhlazhdiienka-i-zamorozka-sukhaia-shokovaia-ghlubokaia>.
- 32 Шоковая заморозка – <https://www.fastcold.ru/articles/shokovaya-zamorozka-myasa.html>.
- 33 Актуальные проблемы длительного хранения мяса в замороженном виде – https://rosreserv.ru/Konsultativnij_sovet/Obmen_opitom/Aktualnie_problemi_dlitelnog_o_hranenija.
- 34 Процессы, происходящие в мясе при охлаждении – <https://lektsia.com/3x2a1e.html>.
- 35 Обработка продуктов. Обработка мяса – <http://www.xn----7sbbhn4brhhfdm.xn--p1ai/razmorajivanie-myasa.html>.
- 36 Размораживание (дефростация) – <https://studfiles.net/preview/6398578/page:42/>.
- 37 Способы и режимы размораживания мяса – <http://allrefing.ru/poleznoe/holodilnye-tehnologii/myaso/razmorazhivanie-myasa>.
- 38 Дефростация – промышленное размораживание мяса – <http://meatkings.ru/articles/prosto-o-miasie-diefrostatsiia-promyshliennoie-razmorazhivaniie-miasa>.
- 39 О продукции – <http://zmktver.ru/about/sausages/>.
- 40 Технология мяса и мясных продуктов – <https://pandia.ru/text/77/323/45530-5.php>.
- 41 Замораживание мяса и мясопродуктов – http://nashaucheba.ru/v18588/%D0%B%D0%B5%D1%86%D0%B5%D0%BB%D0%B0%D1%88%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B8_%D0%B4.%D0%B2._%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%BC%D1%8F%D1%81%

D0%B0_%D0%B8_%D0%BC%D1%8F%D1%81%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%B2_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C_1-3?page=4.

42 Отопление мяса – <http://www.activestudy.info/razmorazhivanie-myasa>.

43 Цифровые измерители температуры ИТ-17 для мониторинга качества мясной продукции – <https://www.eksis.ru/materials/articles/tsifrovye-izmeriteli-temperature-ity-17-dlya-monitoringa-kachestva-myasnoy-produktsii.php>.

44 Термометр для мяса / термощуп электронный – <https://2emarket.ru/izmeritelnye-pribory/553-termometr-dlya-myasa-termoshup-elektronnyy.html>.

45 Технологии и стандарты, применяемые в современных промышленных беспроводных сетях – <https://controlengrussia.com/besprovodny-e-tehnologii-tehnologii-i-standarty-wireless/>.

46 LPWAN – <https://en.wikipedia.org/wiki/LPWAN>.

47 Сеть беспроводных устройств на Arduino – <https://habr.com/ru/post/182068/>.

48 STM32F103x8 – <https://www.st.com/resource/en/datasheet/CD00161566.pdf>.

49 Rak811 – <https://ru.aliexpress.com/item/RAK-811-LoRa-Spread-spectrum-3000-meter-wireless-communication-module-UART-serial-port-the-AT-command/32789662365.html>.

50 ds18b20 – <https://ru.aliexpress.com/popular/ds18b20-temperature-sensor.html>.

51 41700105 термопара, -40 +1000°C – <https://www.chipdip.ru/product/41700105-temp-probe>.

52 MAX31855 – <https://ru.aliexpress.com/item/MAX31855-Module-K-Type-Thermocouple-temp-Sensor-new-Temperature-measurement-module/32304110140.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.4b8e33ednOpCW3>.

53 LP103454LC-PCM-LD - <https://chlb.terraelectronica.ru/product/1905464>.

54 Программирование современных микроконтроллеров: лекция 1 – <https://habr.com/ru/company/samsung/blog/411143/>.

55 Урок 2. Регистры микроконтроллера. Порты ввода/вывода – <https://hamlab.net/mcu/training/ports.html>.

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

- 56 Cortex Microcontroller Software Interface Standard – <https://developer.arm.com/tools-and-software/embedded/cmsis>.
- 57 Тактовая частота – <https://ergoz.ru/programmirovanie-stm32-chast-2-sistema-taktirovaniya-stm32/>.
- 58 STM32: CMSIS + FreeRTOS - Урок 3. Настройка системы тактирования (RCC) – https://www.youtube.com/watch?v=BYOjcg9ffzM&list=PLUYH9oDZsrZ3TqCQg88m6N11_hxTsUIIS&index=4&t=1293s.
- 59 Датчик температуры DS18B20 часть 1 – <http://narodstream.ru/stm-urok-92-datchik-temperature-ds18b20-chast-1/>.
- 60 1 wire – <https://www.youtube.com/watch?v=p1qDhMUetHQ&t=2s>.
- 61 Ds18b20 – <http://avr.ru/int/Files/Datasheet/ds18b20.pdf>.
- 62 RAK811 – <https://www.compel.ru/series/RAK/RAK811>.
- 63 ГОСТ 19.701-90. ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 22 с.
- 64 ГОСТ 19.003-80. ЕСПД. Схемы алгоритмов и программ. Обозначение условные графические. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
- 65 8 ГОСТ 2.701-2008. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 16 с.
- 66 9 ГОСТ 19.002-80. ЕСПД. Схемы алгоритмов и программ. Правила выполнения. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
- 67 Прототипирование – <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5>.
- 68 Создание прототипа – <https://habr.com/ru/post/437950/>.
- 69 Макет электронного устройства – <https://habr.com/ru/company/promwad/blog/188536/>.
- 70 Макетные платы – <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fwww.ruselectronic.com%2Fbjespajchnaja-makjetnaja-plata%2F&d=1>.

71 Как тестировать электронику на производстве: анализ современных технологий – <https://habr.com/ru/company/promwad/blog/185356/>.

72 Теория маленьких шагов – <https://romankalugin.com/teoriya-malenkix-shagov/>.

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Приложения

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Листинги

Листинг А.1 – Файл main.c

```
#include "stm32f10x.h"
#include "main.h"
#include "stdio.h"
#include "math.h"

//stdio.h
#define TIMEOUT_TIME          0x1000 // время ожидания
#define DUMMY                 0x00 // пустая посылка

uint16_t receiveData[6];
uint16_t timeout = 0;
uint16_t tempByte = 0x1;
uint16_t Status = 0;

float t1 = 0;
float t2 = 0;
volatile uint8_t u;
uint16_t t1Sign; // знак
uint16_t t2Sign;
uint16_t t1Result;
uint16_t t2Result;
```

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

```
uint8_t dt[8];

float per = 100;
float k = 0.07;

#define SKIP_ROM 0 // пропускать идентификатор

#define NO_SKIP_ROM 1

// разрешение температуры

#define RESOLUTION_9BIT 0x1F

#define RESOLUTION_10BIT 0x3F

#define RESOLUTION_11BIT 0x5F

#define RESOLUTION_12BIT 0x7F

char str1[60];

void SPI1_init(void){

    // Включаем тактирование
```

```
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN; // тактирование порта а
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_AFIOEN; // тактирование альт.ф
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_SPI1EN; // тактирование спий
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPCEN; // тактирование порта с

// особенности спий
volatile uint32_t tmp;

tmp = RCC->APB2ENR;

(void)tmp;

// Настраиваем порты ввода/вывода

GPIOC->CRH |= GPIO_CRH_MODE13; // 13 пин - чип селект
GPIOC->CRH &= ~GPIO_CRH_CNF13;
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_MODE3;
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF3;
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_MODE5; // 5 пин тактовый импульс
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_CNF5_1;
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_MODE6; // 6 - вход для мастера
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_CNF6_1;
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_MODE7; // 7 - выход мастера
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_CNF7_1;

// настраиваем SPI
SPI1->CR1 &= ~SPI_CR1_BIDIMODE; // дуплекс
//SPI1->CR1 &= ~SPI_CR1_BIDIOE; // тк BIDIMODE set то выбираю
режим только чтение (линия miso)
```

```
SPI1->CR1 &= ~SPI_CR1_CRCEN; // без контрольной суммы
SPI1->CR1 &= ~SPI_CR1_RXONLY; // бит отключает выход - для
режима для чтения
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_SSM; // в режиме включается программный
слейв селект
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_SSI; // этот бит в режиме должен быть
SPI1->CR1 &= ~SPI_CR1_LSBFIRST; // первый бит старший

// скорость 101: fPCLK/64
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_BR_0;
SPI1->CR1 &= ~SPI_CR1_BR_1;
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_BR_2;

SPI1->CR1 |= SPI_CR1_MSTR; //мастер
SPI1->CR1 &= ~SPI_CR1_CPOL; // по восходящему
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_CPHA; // со сдвигом

// размер данных 1111: 16-bit
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_DFF;

//SPI1->CR2 |=SPI_CR2_FRXTH;

//SPI1->CRCPR = 0x07;

SPI1->CR1 |= SPI_CR1_SPE;
```

```
        GPIOC->ODR |= GPIO_ODR_ODR13;
    }

void readmax31855()
{
    GPIOC->ODR &= ~GPIO_ODR_ODR13;
    timeout = TIMEOUT_TIME;
    // выжидаем пока буфер передачи опустеет
    while (!(SPI1->SR & SPI_SR_TXE) & (timeout != 0))
    {
        timeout--;
    }

    // посылаем пустышку в регистр данных
    *(uint16_t *)&SPI1->DR = 0x0;
    // ждем ответа
    timeout = TIMEOUT_TIME;
    while (!(SPI1->SR & SPI_SR_RXNE) & (timeout != 0))
    {
        timeout--;
    }

    // считываем регистр данных
    receiveData[0] = SPI1->DR;

    // считываем следующую посылку

    timeout = TIMEOUT_TIME;
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

65


```
while (!(SPI1->SR & SPI_SR_TXE)) & (timeout != 0)

{
timeout--;
}

*(uint16_t *)&SPI1->DR = 0x0;

timeout = TIMEOUT_TIME;
while (!(SPI1->SR & SPI_SR_RXNE)) & (timeout != 0)
{
timeout--;
}

receiveData[1] = SPI1->DR;
GPIOC->ODR |= GPIO_ODR_ODR13;

delay (100000);

}

void convertmax31855ds18b20()
{
```

```
// записываем из буфера регистр с данными о показаниях
термопары
t1Result = receiveData[0];

// данные о температуре с датчика ds18b20 содержатся в двух
байтах
t2Result = dt[0] | (dt[1]<<8);

// t1

if ((t1Result & 0x8000) == 0)
{
    // Переменная xSign равняется 1, если вращение в
"отрицательном"
// направлении, и 0, если вращение в "положительном"
направлении

    t1Sign = 0;
    t1Result = t1Result>>2;
}
else
{
    t1Sign = 1;
    t1Result &= 0x7FFF;
    t1Result = 0x8000-t1Result;
    t1Result = t1Result>>2;
}

if (t1Sign == 0){
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

67

```
t1=0;
float k = -2;
t1 = t1 + (0x1&(t1Result))*powf(2,k);
for(uint32_t i=0;i<16;i++)
{
    k++;
    t1Result = t1Result>>1;

t1 = t1 + (0x1&(t1Result))*powf(2,k);
}
}
else
{
    t1=0;
    float k = -2;
    t1 = t1 - (0x1&(t1Result))*powf(2,k);
    for(uint32_t i=0;i<16;i++)
    {
        k++;
        t1Result = t1Result>>1;
        t1 = t1 - (0x1&(t1Result))*powf(2,k);
    }
}

//t2
```

```
        if ((t2Result & 0x8000) == 0)
        {

            t2Sign = 0;

        }

else
    {

        t2Sign = 1;
        t2Result &= 0x7FF;

    }

if (t2Sign == 0)
{

    t2=0;
    float k = -4;
    t2 = t2 + (0x1&(t2Result))*powf(2,k);
    for(uint32_t i=0;i<16;i++)
    {

        k++;
        t2Result = t2Result>>1;
        t2 = t2 + (0x1&(t2Result))*powf(2,k);

    }

}

else
{

    t2=0;
```

```
float k = -2;
t2 = t2 - (0x1&(t2Result))*powf(2,k);
for(uint32_t i=0;i<16;i++)
{
    k++;
    t2Result = t2Result>>1;

t2 = t2 - (0x1&(t2Result))*powf(2,k);
}
}

void delay (uint32_t time){

    /*uint32_t i;

    for (i=0; i<time*2; i++){
    }    */

    time *= (SystemCoreClock / 1000000) / 9;

    /* Wait till done */

    while (time--);
}
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

70

```
volatile uint8_t u;
void USART1_Send(char chr)
{
    while(!(USART1->SR & USART_SR_TC));
    USART1->DR = chr;
}

void USART1_Send2(float f)
{
    while(!(USART1->SR & USART_SR_TC));
    USART1->DR = f;
}

void USART1_Send3(uint16_t h)
{
    while(!(USART1->SR & USART_SR_TC));
    USART1->DR = h;
}

void USART1_Send_String(char *str)
{
    uint8_t i =0;
    //while(!(USART1->ISR & USART_ISR_TC));
    while(str[i])
        USART1_Send(str[i++]);
}
```

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

```
}

void USART1_IRQHandler(void)
{

    if((USART1->SR & USART_SR_RXNE) !=0)
    {

        u = USART1->DR;
        if(u == '1')
        {

            GPIOE->ODR ^= GPIO_ODR_ODR13;
            USART1_Send_String("It is working/r/n");

        }

    }

}

void InitTIM2 (void) {

    RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_TIM2EN;
    // Enable clock TIM2
```

```
TIM2->PSC = 24-1;
    // Prescaler
    //TIM2->ARR = per-1;
        // Period
    TIM2->CR1 |= TIM_CR1_OPM;
    //TIM2->DIER |= TIM_DIER_UIE;
    // Enable interrupt
    //TIM2->CR1 |= TIM_CR1_CEN;
    // Enable counter

//NVIC_EnableIRQ(TIM2_IRQn);
    // Interrupt

}

void Delay(uint64_t value)
{
    TIM2->ARR = value-1;           //загрузить значение задержки
    TIM2->CNT = 0;
    TIM2->CR1 |= TIM_CR1_CEN;     //запустить таймер
    while((TIM2->SR & TIM_SR_UIF)==0){} //дождаться конца задержки
    TIM2->SR &= ~TIM_SR_UIF;      //сбросить флаг
}
```



```
void USART1_init(void)

{
//RCC->AHBENR |= RCC_AHBENR_GPIOAEN;
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;
//RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_SYSCFGEN;
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_AFIOEN;

RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_USART1EN;

GPIOA->CRH |= GPIO_CRH_MODE9;
GPIOA->CRH |= GPIO_CRH_CNF9_1;

GPIOA->CRH |= GPIO_CRH_MODE10;
GPIOA->CRH |= GPIO_CRH_CNF10_1;

USART1->BRR = 0x271; // 72 mgz & 115200 -> 625

USART1->CR1 |= USART_CR1_TE;
USART1->CR1 |= USART_CR1_RE;
USART1->CR1 |= USART_CR1_UE;
```

```
USART1->CR1 |= USART_CR1_RXNEIE;

NVIC_EnableIRQ(USART1_IRQn);

}

uint8_t ds18b20_Reset(void)
{

    uint16_t status;

    GPIOA->ODR &= ~GPIO_ODR_ODR12;//низкий уровень

    delay(485);//задержка как минимум на 480 микросекунд

    GPIOA->ODR |= GPIO_ODR_ODR12;//высокий уровень

    delay(65);//задержка как минимум на 60 микросекунд

    status = GPIOA->IDR & GPIO_IDR_IDR12;//проверяем уровень

    delay(500);//задержка как минимум на 480 микросекунд

    //на всякий случай подождём побольше

    if(status == 0)
    {

        GPIOC->ODR |= GPIO_ODR_ODR13;}

}
```

```
    return (status ? 1 : 0); //вернём результат
}

uint8_t ds18b20_ReadBit(void)
{
    uint8_t bit = 0;

    GPIOA->ODR &= ~GPIO_ODR_ODR12; //низкий уровень

    delay(2);

    GPIOA->ODR |= GPIO_ODR_ODR12; //высокий уровень

    delay(13);
    bit = (GPIOA->IDR & GPIO_IDR_IDR12 ? 1 : 0); //проверяем уровень
    delay(45);

    return bit;
}

uint8_t ds18b20_ReadByte(void)
{

```

```
uint8_t data = 0;

for (uint8_t i = 0; i <= 7; i++)

data += ds18b20_ReadBit() << i;

return data;

}

void ds18b20_WriteBit(uint8_t bit)

{

GPIOA->ODR &= ~GPIO_ODR_ODR12;

delay(bit ? 3 : 65);

GPIOA->ODR |= GPIO_ODR_ODR12;

delay(bit ? 65 : 3);

}

void ds18b20_WriteByte(uint8_t dt)

{
```

```
for (uint8_t i = 0; i < 8; i++)

{

    ds18b20_WriteBit((dt >> i )& 1);

    //Delay Protection

    delay(5);

}

}

uint8_t ds18b20_init()

{

    if(ds18b20_Reset()) return 1;

    ds18b20_WriteByte(0xCC);

    //WRITE SCRATCHPAD

    ds18b20_WriteByte(0x4E);

    //TH REGISTER 100 градусов
```

```
ds18b20_WriteByte(0x64);

//TL REGISTER - 30 градусов

ds18b20_WriteByte(0x9E);

//Resolution 12 bit
ds18b20_WriteByte(RESOLUTION_12BIT);

return 0; }

void ds18b20_MeasureTemperCmd()

{

ds18b20_Reset();

ds18b20_WriteByte(0xCC);

//CONVERT T

ds18b20_WriteByte(0x44);

}
```

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

```
void ds18b20_ReadStratcpad(uint8_t *Data)

{

uint8_t i;

ds18b20_Reset();

ds18b20_WriteByte(0xCC);

ds18b20_WriteByte(0xBE);

for(i=0;i<8;i++)

{

Data[i] = ds18b20_ReadByte();

}

}

void InitRCC (void) {

RCC->CR |= ((uint32_t)RCC_CR_HSEON);

// Enable HSE
```

```
while (!(RCC->CR & RCC_CR_HSERDY));
    // Ready start HSE

FLASH->ACR = FLASH_ACR_PRFTBE | FLASH_ACR_LATENCY;
    // Clocclk Flash memory

RCC->CFGR |= RCC_CFGR_HPRE_DIV1;
    // AHB = SYSCLK/1

RCC->CFGR |= RCC_CFGR_PPRE1_DIV2;
    // APB1 = HCLK/1

RCC->CFGR |= RCC_CFGR_PPRE2_DIV1;
    // APB2 = HCLK/1

RCC->CFGR &= ~RCC_CFGR_PLLMULL;
    // clear PLLMULL bits

RCC->CFGR &= ~RCC_CFGR_PLLSRC;
    // clearn PLLSRC bits

RCC->CFGR &= ~RCC_CFGR_PLLXTPRE;
    // clearn PLLXTPRE bits

/*RCC->CFGR |= RCC_CFGR_PLLSRC_PREDIV1;
    // source HSE

RCC->CFGR |= RCC_CFGR_PLLXTPRE_PREDIV1_Div2;
    // source HSE/2 = 4 MHz*/

RCC->CFGR |= RCC_CFGR_PLLSRC_HSE;
    // source HSE

//RCC->CFGR |= RCC_CFGR_PLLXTPRE_HSE_Div2;
    // source HSE/2 = 4 MHz
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

81


```
RCC->CFGR |= RCC_CFGR_PLLXTPRE_HSE;
    // source HSE/2 = 4 MHz

//RCC_CFGR_PLLXTPRE_HSE_Div2
RCC->CFGR |= RCC_CFGR_PLLMULL9;
                                                // PLL x6: clock = 4 MHz * 6 = 24
MHz

RCC->CR |= RCC_CR_PLLON;
    // enable PLL

while((RCC->CR & RCC_CR_PLLRDY) == 0) {}
    // wait till PLL is ready

RCC->CFGR &= ~RCC_CFGR_SW;
    // clear SW bits

RCC->CFGR |= RCC_CFGR_SW_PLL;
    // select source SYSCLK = PLL

while((RCC->CFGR & RCC_CFGR_SWS) != RCC_CFGR_SWS_1) {}
// wait till PLL is used
}

void init_ds18b20_gpio()
{
    // включаем тактирование порта А

RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;

    // ножка питания
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2019.379 ПЗ

Лист

82

```
GPIOA->CRH |= GPIO_CRH_MODE11;
GPIOA->CRH &= ~GPIO_CRH_CNF11;

// ножка дергания

GPIOA->CRH |= GPIO_CRH_MODE12;
GPIOA->CRH |= GPIO_CRH_CNF12_0;

// высокий уровень на шине lwire

GPIOA->ODR |= GPIO_ODR_ODR11;

}

void Rak811_init()
{
    // настраиваем режим поинт ту поинт

    USART1_Send_String("at+mode=1\r\n");
    USART1_Send_String("at+mode=1\r\n");

    // конфигурируем, анстравимем частоту

    USART1_Send_String("at+rf_config=867700000,10,0,1,8,14");
    USART1_Send_String("at+rf_config=867700000,10,0,1,8,14");

    // формат сообщения для отсылки посылки
```

```
//USART1_Send_String("at+txc=1,10000,2000\r\n");

}

int main(void){

    // переменные
    uint8_t status = 2;

    uint16_t raw_temper;

    float temper;

    char c;

    // инициализации

    // настройка системы тактирования

    InitRCC();

    // конфигурация светодиода

    /*RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPCEN;
    GPIOC->CRH |= GPIO_CRH_MODE13;
    GPIOC->CRH &= ~GPIO_CRH_CNF13;*/

    // инициализация ножек для ds18b20
```

```
init_ds18b20_gpio();

//InitTIM2 ();

// конфигурация юарт
USART1_init();

// конфигурация спий

SPI1_init();

// проверка линии 1-wire
//ds18b20_Reset();

// режим одного датчика, работа без идентификатора

status = ds18b20_init();

// вывод в юарт статуса

/*sprintf(str1,"Init Status: %d\r\n",status);
USART1_Send_String(str1);*/

// инициализация радиопередатчика
Rak811_init();
```

```
//delay(5000000);

//ds18b20_Reset();

while(1)
{
    // запуск измерения температуры

    ds18b20_MeasureTemperCmd();

    Delay(800000);

    // считывание температуры с регистра данных
    ds18b20_ReadStratcpad(dt);

    // считывание показаний термодпары

    readmax31855();

    // конвертация температуры во флоат
    convertmax31855ds18b20();
    Delay(150000);

    //упаковка данных о температуре в посылку для передачи
    радиомодулем
```

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

```
    sprintf(str1, "at+txc=1,10000,%02X%02X%04X\r\n", dt[0], dt[1], receiveData[0]);

    // передача данных о температурах

    USART1_Send_String(str1);
}
}
```

Листинг А.2 – Файл main.h

```
void InitTIM2 (void);
void USART1_init(void);
uint8_t ds18b20_ReadBit(void);
uint8_t ds18b20_ReadByte(void);
uint8_t ds18b20_Reset(void);
void ds18b20_WriteBit(uint8_t bit);
void ds18b20_WriteByte(uint8_t dt);
uint8_t ds18b20_init();
void ds18b20_ReadStratcpad(uint8_t *Data);
void ds18b20_MeasureTemperCmd();
void Delay(uint64_t value);
void InitRCC (void);
void delay (uint32_t time);
void USART1_Send3(uint16_t h);
void readmax31855();
void SPI1_init(void);
void Rak811_init();
void init_ds18b20_gpio();
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схемы и алгоритмы

					27.03.04.2019.379 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88