

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАО ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Миассе
Факультет «Электротехнический»
Кафедра «Автоматика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ С.С. Голощанов
_____ 2018 г.

АСУ микроклиматом в теплице

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 270304.2018.349 ПЗ ВКР

Руководитель проекта
ст. преп. кафедры АиУ
_____ Е.А. Канашев
_____ 2018г.

Автор проекта
студент группы МиЭТ-482
_____ А.М. Юнусов
_____ 2018 г.

Нормоконтролер
кафедры АиУ
_____ Т.А. Барбасова
_____ 2018г.

Миасс 2018

АННОТАЦИЯ

Юнусов А.М. АСУ микроклиматом в теплице – Челябинск: ЮУрГУ (НИУ), ВШЭКН; 2018, 92 с, 22 ил., библиогр. список – 70 наим., 2 прил., 2 листа схем ф. А2
2 листа схем ф. А3

В выпускной квалификационной работе разрабатывается автоматическая система управления микроклиматом в теплице. Рассмотрена актуальность данной системы. Выбраны основные элементы системы. Разработана программа управления под конкретный микроконтроллер для данной системы.

В настоящее время существует немало систем централизованного управления микроклиматом в промышленных теплицах, принадлежащих как отечественным разработчикам, так и зарубежным.

Данная система осуществляет контроль за температурно-влажностным режимом, их визуализацию, позволяет устанавливать разные типы микроклимата при выращивании различных культур. Система принимает с датчиков необходимые данные и на их основе формирует выходные сигналы для запуска исполнительных устройств полива, нагрева, проветривания.

Выпускная работа содержит пояснительную записку и графическую часть.

Графическая часть проекта состоит из четырех листов: функциональная схема (1 лист формата А2), структурная схема (1 лист формата А3), схема электрическая принципиальная (1 лист формата А2), схема алгоритмов управления (1 лист формата А3).

| | | | | | | | | | | |
|------------|-------------|----------------|----------------|-------------|------------------------------------|--|--|------------------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349. ПЗ ВКР | | | | | |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | | | |
| Разраб | | Юнусов А.М | | | АСУ микроклиматом в теплице | | | | | |
| Пров | | Канашев Е.А.. | | | | | | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| | | | | | | | | | 6 | 89 |
| Н. Контр. | | . | | | | | | ЮУрГУ (НИУ) Кафедра АиУ | | |
| Утв | | Казаринов Л.С. | | | | | | | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|--|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 9 |
| 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ..... | 11 |
| 1.1 Обзор предыдущих разработок | 11 |
| 1.2 Выводы по разделу..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АСУ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦЕ | 14 |
| 2.1 Формирование требований к системе | 14 |
| 2.2 Основные функции системы | 16 |
| 2.3 Основные модули..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.4 Алгоритм работы системы управления микроклиматом..... | 18 |
| 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ..... | 19 |
| 3.1 Выбор модели микроконтроллера | 19 |
| 3.2 Описание структуры микроконтроллера ATmega8535..... | 24 |
| 3.2.1 Описание выводов микроконтроллера ATmega8535 | 28 |
| 3.3 Ключевые элементы..... | 31 |
| 3.4 Схема питания микроконтроллера ATmega8535 | 33 |
| 4 ВЫБОР ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ..... | 39 |
| 4.1 Датчик температуры | 39 |
| 4.2 Датчик влажности | 44 |
| 4.3 Семисегментные индикаторы..... | 45 |
| 4.4 Исполнительные устройства..... | 48 |
| 4.5 Кнопочные переключатели..... | 50 |
| 5 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМ..... | 52 |
| 5.1 Разработка функциональной схемы | 52 |
| 5.2 Разработка электрической принципиальной схемы | 53 |
| 6 РЕАЛИЗАЦИЯ В ИНТЕГРАЛЬНЫХ СРЕДАХ РАЗРАБОТКИ..... | 57 |
| 6.1 Интегрирующие среды разработки прикладных программ..... | 57 |
| 6.2 Анализ работы в моделирующей программе..... | 61 |
| 6.3 Листинг программы для микроконтроллера..... | 65 |

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 7 |

| | |
|--|----|
| 6.4 Симуляция процесса работы микроконтроллера | 66 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 68 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 69 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 76 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 81 |

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 8 |

ВВЕДЕНИЕ

На значительной территории нашей страны из-за продолжительной, зачастую суровой зимы и короткого, не всегда теплого лета условия для выращивания теплолюбивых растений в открытом грунте являются неблагоприятными.

С целью расширения возможностей выращивания растений и обеспечения людей свежими продуктами питания, в частности, овощами, в неблагоприятное время года используют разнообразные сооружения защищенного грунта, где искусственно можно создать условия, требуемые для развития и роста растений. По степени удовлетворения потребности растений в факторах жизнеобеспечения и по технологической сложности все сооружения защищенного грунта делятся на теплицы, утепленный грунт и парники.

В данных сооружениях нужно стремиться создать оптимальные параметры условий выращивания. В наиболее простых теплицах на приусадебных участках в условиях солнечного обогрева часто этому не уделяется должное внимание. Поэтому растения в данных теплицах стабильно находятся в условиях стресса: ночью переохлаждаются, днем перегреваются. Особенно сильно усугубляется неблагоприятное воздействие в теплицах, которые расположены на садово-огородных участках, сильно удаленных от места постоянного проживания владельцев. В данных теплицах, посещаемых обычно только в выходные дни, отсутствует возможность быстро вмешаться в формирование климата, что впоследствии приводит к значительному уменьшению урожайности. Оптимальный тепловой режим в теплице дает возможность увеличить урожайность в 2-3 раза.

Разработано большое количество систем автоматизированного управления микроклиматом теплиц. Подобного рода системы поставляются различными фирмами («Агротем», «Фито», «Схемотехник») и обычно включают полный комплекс управления микроклиматом:

- автоматизированная система открытия/закрытия форточек,
- система отопления (включение обогревателя)

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 9 |

- система досвечивания растений, позволяющая выращивать культуру круглый год
- система капельного полива, (со встроенными капельницами, емкостью для полива, насосом),
- микропроцессорные контроллеры,
- установки по приготовлению растворов минеральных удобрений с собственной аппаратурой управления,
- система, следящая за концентрацией CO₂.

Данные системы, безусловно, эффективны и хороши, но имеют вполне ощутимый недостаток – высокая стоимость. Применение их в промышленной агротехнике оправдано: территория теплиц огромная, а система помогает экономить на персонале, получать большой урожай, что увеличивает прибыль и окупает систему.

Особенность агротехники нашей страны заключается в том, что 70% населения самостоятельно обеспечивают себя овощами в осенний и летний периоды с помощью выращивания культур на приусадебных участках. В данных условиях человек не способен регулярно обеспечивать контроль микроклимата в теплице, однако возможность покупать дорогостоящую систему также отсутствует. Некоторые дачники применяют подручные, но далеко не всегда эффективные и надежные устройства – гидроцилиндры с автоматическим открыванием форточек при очень высокой температуре, бочка с маленьким отверстием для полива и так далее. Данные приспособления не являются дорогими, но в то же время малоэффективны и ненадежны (гидроцилиндры постоянно выходят строя, масло течет, уплотнительные кольца быстро становятся негодными, температура открывания форточки измеряется эмпирически и так далее). В связи с этим очень важно создать простую систему управления главными параметрами микроклимата, которыми являются температура и влажность.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| | | | | | | 10 |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | |

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо, чтобы система управления микроклиматом отвечала следующим требованиям:

1. максимально простая и недорогая,
2. понятная система управления, не требующая специальных знаний и навыков,
3. возможность реконфигурирования микроклимата под конкретную выращиваемую культуру,
4. отсутствие особых требований к конструкции теплицы, максимальная независимость от нее,
5. надежная и устойчивая работа каждого элемента системы.

1.1 Обзор предыдущих разработок

Проведенный патентный поиск выявил сходные схемы, направленные на управление микроклиматом : [1]

1. Система автоматического управления температурным режимом в теплице. Технический результат данного изобретения - увеличение точности поддержания температуры воздуха в теплице. С этой целью отопительная система разделяется на 2 группы таким образом, что мощность нагревателей первой группы непрерывно рассчитывается как разность потерь через ограждение теплицы и мощности потока солнечной радиации. Мощность нагревателей второй группы составляет 20-25% от максимальной мощности первой группы, а ее текущее значение находится в зависимости от изменения оптимальной температуры, наружной температуры, мощности потока солнечной радиации, коэффициента теплопотери, возраста растений и длительности светового периода. Это учитывается путем наличия таймера вычислительного устройства, который подключается к исполнительному механизму через аналого-цифровой преобразователь и усилитель мощности. Нагреватели второй группы управляются по отклонению и подключаются через исполнительный элемент и

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 11 |

усилитель к входу сравнивающего устройства, с которым связан датчик внутренней температуры и выход блока вычисления оптимальной температуры.

Номер патента: 2128425

Классы патента: A01G9/24, A01G9/26, G05D23/00, G05D23/19

Номер заявки: 94028500/13

2. Устройство для создания микроклимата в зоне комфорта относится к системам нагрева или охлаждения локального воздуха полуоткрытого или закрытого пространства и предназначается для создания установленного температурного режима в комфортной зоне размещения. Над зоной комфорта устанавливается прозрачный теплоизолирующий экран, а между ними размещаются как минимум один тепловой насос, основной вентилятор, блок питания, регулятор и управляющий переключатель. Тепловой насос содержит термоэлектрический модуль Пельтье, вентилятор и теплообменники. Техническим результатом является обеспечение наиболее комфортных условий и расширение сферы применения устройства.

Номер патента: 2161287

Классы патента: F24F5/00, F25B21/02

Номер заявки: 99114911/06

Причины, по которым данные системы не отвечают нашей поставленной задаче:

1. система предназначается для отопления теплиц в холодное время года и специализируется на обслуживании больших промышленных теплиц.
2. отсутствует система проветривания.
3. система сложная и занимает большое количество места.
4. отсутствует система полива растений.
5. необходима установка большого числа дополнительного оборудования, что является причиной повышения цены системы и сложности монтажа системы.

Проведенный анализ наглядно показывает, что отсутствует аналог, полностью удовлетворяющий поставленной задаче, имеется большое количество недостатков,

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 12 |

значительно влияющих на надежность и стоимость системы и не удобных при использовании в личном подсобном хозяйстве.

1.2 Выводы по разделу

В ходе анализа предыдущих разработок, мы определили, что нашей задачей является разработка системы автоматизированного контроля микроклимата теплицы, которая должна поддерживать температуру и влажность в определенном диапазоне для выращивания выбранной культуры.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 13 |

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АСУ МИКРОКЛИМАТОМ В ТЕПЛИЦЕ

2.1 Формирование требований к системе

Назначение системы:

1. Контролировать температуру и влажность в теплицах
2. Управлять микроклиматом в теплицах
3. Устанавливать разные типы микроклимата в теплицах при выращивании различных культур.

Цель создания системы:

1. Повышение урожайности путем точного соблюдения условий выращивания культур.
2. Автоматизация процессов полива и проветривания, которые не требуют непосредственного участия человека в выращивании культур.
3. Контроль изменения микроклимата теплиц для защиты культур от неблагоприятного воздействия (засуха, резкое изменение температуры).

Значение показателей.

Режимы работы:

1. Режим включения системы: анализ текущих показателей климата.
2. Режим установки параметров: выбор типа выращиваемой культуры.
3. Режим проветривания теплицы: при температуре в теплице выше, чем рабочая температура.
4. Режим нагрева теплицы: при температуре в теплице ниже, чем рекомендуемая температура.
5. Режим полива: при влажности воздуха ниже, чем рекомендуемая влажность.
6. Режим индикации температуры и номера установленного в теплице режима.

Входными данными нашей системы являются:

1. Фактическая температура в теплице
2. Фактическая влажность в теплице
3. Установленная температура для выбранной культуры

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 14 |

4. Установленная влажность для выбранной культуры.

5. Сигнал нажатия кнопок управления.

Выходными данными являются:

1. Сигнал индикации температуры.

2. Сигнал индикации влажности в теплице.

3. Сигнал на исполнительные устройства для полива, нагрева и проветривания.

Требования по электропитанию.

1. Питание от сети 220 В.

2. Малое потребление энергии.

3. Работа элементов системы в «спящем» режиме.

4. Защита элементов системы от агрессивного климатического воздействия среды.

Метрологические требования.

1. Диапазон измеряемой температуры: от 0°C до +50°C .

2. Точность индикации: $\pm 1^\circ\text{C}$.

3. Погрешность измерений: $\pm 1^\circ\text{C}$, $\pm 1\%$.

4. Измерения производятся ежечасно.

Технические требования

1. Встраивание системы в любой корпус теплицы.

2. Централизованный принцип управления.

3. Удобство и простота использования.

4. Использование современной элементной базы.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 15 |

2.2 Основные функции системы.

После включения системы осуществляется выбор культуры для выращивания. После этого температура считывается, выводится на индикатор и анализируется. Если необходимо, проводится корректировка (проветривание, включение нагревателя), затем считывается влажность, анализируется и принимается решение о необходимости полива.

Для каждого режима характерны свои параметры, представленные в таблице 1. [2–5]

Таблица 1 – Параметры режимов

| Режим | Выращиваемая культура | температура | воздух | проветривание | влажность |
|-------|-----------------------|-------------|--------|---------------|-----------|
| 1 | ПОМИДОРЫ | 16 | 22 | сквозное | 30-60 |
| 2 | ОГУРЦЫ | 19 | 23 | одностороннее | 60-80 |
| 3 | ПЕРЦЫ | 18 | 21 | одностороннее | 35-65 |
| 4 | РОЗЫ | 21 | 24 | одностороннее | 70-90 |
| 5 | ЗЕЛЕНЬ | 22 | 31 | сквозное | 38-63 |

Для того, чтобы разработать структурную схему системы контроля микроклимата теплицы приведем краткое описание функций, которые необходимо выполнять разрабатываемой системе:

1. Начальный запуск системы
2. Выбор нужного микроклимата.
3. Прием данных с датчиков и их обработка по алгоритму.
4. Вывод текущих параметров микроклимата.
5. Формирование выходных сигналов для включения исполнительных устройств полива, нагрева, проветривания.

2.3 Основные модули

Согласно требованиям технического задания и функций, которые необходимо выполнять разрабатываемой системе, следует выделить основные составляющие модули вычислительной системы.

- Датчики

Датчики – это неотъемлемая часть системы, используемая для того, чтобы система в реальном времени реагировала на внешние изменения согласно заранее разработанного алгоритма. На данный момент на рынке представлено множество разнообразных типов датчиков, некоторые из которых – узкоспециализированные.

Поскольку мы проектируем систему для использования в небольших теплицах, можно ограничиться одним датчиком температуры и одним датчиком влажности. Но в ходе выбора устройства управления необходимо учитывать вариант подключения дополнительных датчиков для уточнения данных и для увеличения функциональных возможностей.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 17 |

- Устройство управления

Устройство управления – это главная часть системы, необходимая, чтобы собирать и обрабатывать информацию, которая поступает с датчиков, вырабатывать управляющие сигналы для исполнительных устройств и выводить информацию на устройство индикации. [7]

- Пульт управления и устройств2 индикации данных.

Пульт управления и устройство индикации данных предназначены для выбора микроклимата, визуального вывода текущих температуры и влажности в теплице.

Соответственно определенным выше функциям определим общую структуру работы системы. Структурная схема системы представляется в приложении к данной пояснительной записке (схема № 2). Устройство управления получает от датчика температуры, датчика влажности и кнопок управления данные, преобразует их по алгоритму работы и выдает на индикаторы с целью отображения влажности и температуры, а также, если необходимо, передает сигналы на ключевые элементы, которые дают возможность включать или выключать исполнительные устройства в порядке, установленном алгоритмом.

2.4 Алгоритм работы системы управления микроклиматом

Алгоритм работы системы приведен на схеме № 1 в приложении к данной пояснительной записки. С его помощью можно устанавливать критические параметры соответственно выбранным режимам, регулировать температуру и влажность в теплице с учетом особенностей конкретной культуры.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 18 |

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ

3.1 Выбор модели микроконтроллера

Решено взять микроконтроллер из семейства AVR фирмы Microchip (ранее Atmel), так как оно имеет высокое быстродействие, хороший показатель функциональность/цена и большое количество моделей разной функциональности. Данные микроконтроллеры также имеют широкое распространение, удобные среды разработки и множество документации на различных языках, включая русский. [11]

Корпорация Microchip хорошо известна и на мировом, и на российском рынке электронных компонентов. Фирма входит в признанные мировые лидеры в области разработки и производства сложных изделий микроэлектроники.[12] К ним относятся устройства энергонезависимой памяти высокого быстродействия и минимального удельного энергопотребления, микроконтроллеры общего назначения и микросхемы программируемой логики.

Одно из наиболее активно развиваемых направлений в корпорации – это линия восьмиразрядных высокопроизводительных RISC (Reduced Instruction Set Computers) микроконтроллеров общего назначения, которые объединены общей маркой AVR. [13]

Они являются мощным инструментом в создании современных высокопроизводительных и экономичных многоцелевых контроллеров, включая и встраиваемые контроллеры. В настоящее время соотношение «цена – производительность – энергопотребление» для AVR является одним из лучших на мировом рынке восьмиразрядных микроконтроллеров.

В настоящий момент в производстве у компании имеются три семейства AVR – «tiny», «classic», «mega».

Области применения AVR разнообразны. Для «tiny» AVR это инфракрасные пульты дистанционного управления, бытовая техника, детекторы дыма и огня, зарядные устройства, контроллеры защиты доступа в мобильных телефонах, материнские платы ПК, игровые приставки, игрушки, интеллектуальные

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 19 |

автомобильные датчики. Для «classic» AVR это различные модемы, материнские платы ПК, мобильные телефоны нового поколения, зарядные устройства, спутниковые системы навигации, устройства класса Smart Cards и устройства чтения для них, сложная бытовая техника, сетевые карты, пульта дистанционного управления, и различные промышленные системы управления и контроля. Для «mega» AVR это аналоговые (NMT, ETACS, AMPS) и цифровые (GSM, CDMA) мобильные телефоны, контроллеры аппаратов факсимильной связи и ксероксов, принтеры и ключевые контроллеры для них, контроллеры современных дисковых накопителей и CD – ROM и так далее. [14]

Специалисты нашей страны уже успели по достоинству оценить высокую скорость работы и мощную систему команд AVR, наличие 2 видов энергонезависимой памяти на одном кристалле и активно развивающуюся периферию. Большую роль играет Atmel Corporation в развитии и распространении доступных средств поддержки разработок. Это дает возможность производителям и разработчикам электронной техники сохранять полноценную поддержку для перспективного семейства микроконтроллеров, закладывая AVR в новые изделия.

Микроконтроллер семейства AVR фирмы Microchip – это однокристалльная микро-ЭВМ с упрощенной (сокращенной) системой команд – RISC.

Большая часть команд, которые входят в систему команд, за один такт выбираются из памяти и за один такт работы микроконтроллера выполняются. В ходе выполнения последовательности данных команд выборка из памяти очередной команды во времени совмещается с исполнением выбранной до этого команды (двухступенчатый конвейер). Число команд, которые выполняются за одну секунду, совпадает с тактовой частотой работы микроконтроллера.

Микроконтроллеры изготавливают по высококачественной CMOS технологии, они содержат энергонезависимые запоминающие устройства хранения данных и программы, которые выполняются по EEPROM и Flash технологиям, и характеризуются низким энергопотреблением при высокой тактовой частоте. Запись исходных данных и программы в память можно выполнять после установки

| | | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--|--------------------------|------|
| | | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| | | | | | | | 20 |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | | |

микроконтроллера в аппаратуре, где он будет работать (ISP, In-System Programmable).

В семейство AVR входят микроконтроллеры 3 серий – AT90(«classic»), ATtiny(«tiny»), ATmega(«mega»). В каждую серию входят несколько типов микроконтроллеров. Микроконтроллеры AT90 по своим структурным характеристикам (периферийные устройства, объем памяти) близки к микроконтроллерам семейств MCS-51 фирмы Intel и AT89 фирмы Atmel. По своим вычислительным возможностям они занимают промежуточное положение между микроконтроллерами ATtiny и ATmega. Микроконтроллеры серии ATtiny имеют наименьшие вычислительные возможности в семействе AVR, а микроконтроллеры серии ATmega – наибольшие.

Микроконтроллеры одного типа выпускают в нескольких вариантах, которые различаются по диапазону допустимых значений напряжения питания, максимальному допустимому значению тактовой частоты, типу корпуса и диапазону допустимых значений окружающей температуры.

Microchip выпускает аппаратные и программные средства поддержки разработок на базе микроконтроллеров семейства AVR.

В настоящее время микроконтроллеры серии «classic» семейства AVR снимаются с производства, поскольку в наличии есть микроконтроллеры серии «tiny», сопоставимые по вычислительной мощности и имеющие меньшую стоимость. В связи с этим выбор микроконтроллера производится из серий «mega» и «tiny» семейства AVR.

Сравнительная характеристика микроконтроллеров отражена в таблице 2.
[15]

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 21 |

Таблица 2 – Сравнительная характеристика микроконтроллеров

| Наименование | Flash ROM | EEPROM | RAM | I/O | 8/16-bit Timer | | N-канальный АЦП 10-bit | Внутренний RC-генератор | Vcc (V) | Тактовая частота, МГц |
|--------------|-----------|--------|-------|-----|----------------|---|------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|
| ATtiny13 | 1 КВ | 64 В | 64 В | 6 | 1/- | 2 | 4 | • | 1.8-5.5, 2.7-5.5 | 0-10, 0-20 |
| ATtiny26 | 2 КВ | 128 В | 128 В | 16 | 2/- | 2 | 11 | • | 2.7-5.5, 4.5-5.5 | 0-8, 0-16 |
| ATtiny28 | 2 КВ | | | 20 | 1/- | | | • | 1.8-5.5, 2.7-5.5 | 0-1, 0-4 |
| ATtiny2313 | 2 КВ | 128 В | 128 В | 18 | 1/1 | 4 | | • | 1.8-5.5, 2.7-5.5 | 0-8, 0-20 |
| ATtiny85 | 8 КВ | 512 В | 512 В | 6 | 2/- | 2 | 4 | • | 1.8-5.5, 2.7-5.5 | 0-8, 0-20 |
| ATmega8 | 8 КВ | 512 В | 1 КВ | 23 | 2/1 | 3 | 6/8 | • | 2.7-5.5, 4.0-5.5 | 0-8, 0-16 |
| ATmega88 | 8 КВ | 512 В | 1 КВ | 23 | 2/1 | 6 | 8 | • | 1.8-5.5 | 0-10, 0-20 |
| ATmega8515 | 8 КВ | 512 В | 512 В | 35 | 1/1 | 3 | | • | 2.7-5.5, 4.5-5.5 | 0-8, 0-16 |
| ATmega8535 | 8 КВ | 512 В | 512 В | 35 | 2/1 | 4 | 8 | • | 2.7-5.5, 4.5-5.5 | 0-8, 0-16 |

В таблице № 2 представлены наиболее характерные и подходящие к выполняемой задаче представители серий «mega» и «tiny». Видно, что серия «tiny» не способна справиться с поставленными задачами, поскольку количество выводов у данных микроконтроллеров невелико (максимальное количество выводов у ATtiny2313 – 20), а для выполнения работы необходимо гораздо большее количество.

Требуется около 25 выводов:

- 12 выводов - организация матрицы индикации на основе двух семисегментных индикаторов (двухразрядный и трехразрядный),
- 3 вывода - подключение датчиков,
- 5 выводов - подключение кнопок управления,
- 5 выводов - управление исполнительных устройств.

Из этого следует, что выбор микроконтроллера должен быть осуществлен из серии «mega». Исходя из таблицы № 2, оптимальным является микроконтроллер ATmega8535, поскольку он имеет достаточный объем памяти, нужное количество выводов, высокое быстродействие и хороший набор периферии (таймеры, АЦП, внутренний RC-генератор TWI-интерфейс). [17]

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 23 |

3.2 Описание структуры микроконтроллера ATmega8535

В этом микроконтроллере АЛУ подключается к 32 рабочим регистрам, которые объединены в регистровый файл. С помощью этого АЛУ в течение одного машинного цикла выполняет одну из операций (чтение данных в регистрах, выполнение операции и запись результата обратно в регистровый файл).

В микроконтроллерах AVR реализуется Гарвардская архитектура, для которой характерна отдельная память данных и программ, каждая из которых имеет свои шины доступа. Подобная организация дает возможность работать одновременно и с памятью программ, и с памятью данных. В отличие от RISC-микроконтроллеров прочих фирм, в микроконтроллерах AVR используется двухуровневый конвейер, и длительность машинного цикла составляет лишь один период кварцевого генератора.

Схема структуры микроконтроллера представлена на рисунке 3.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 24 |

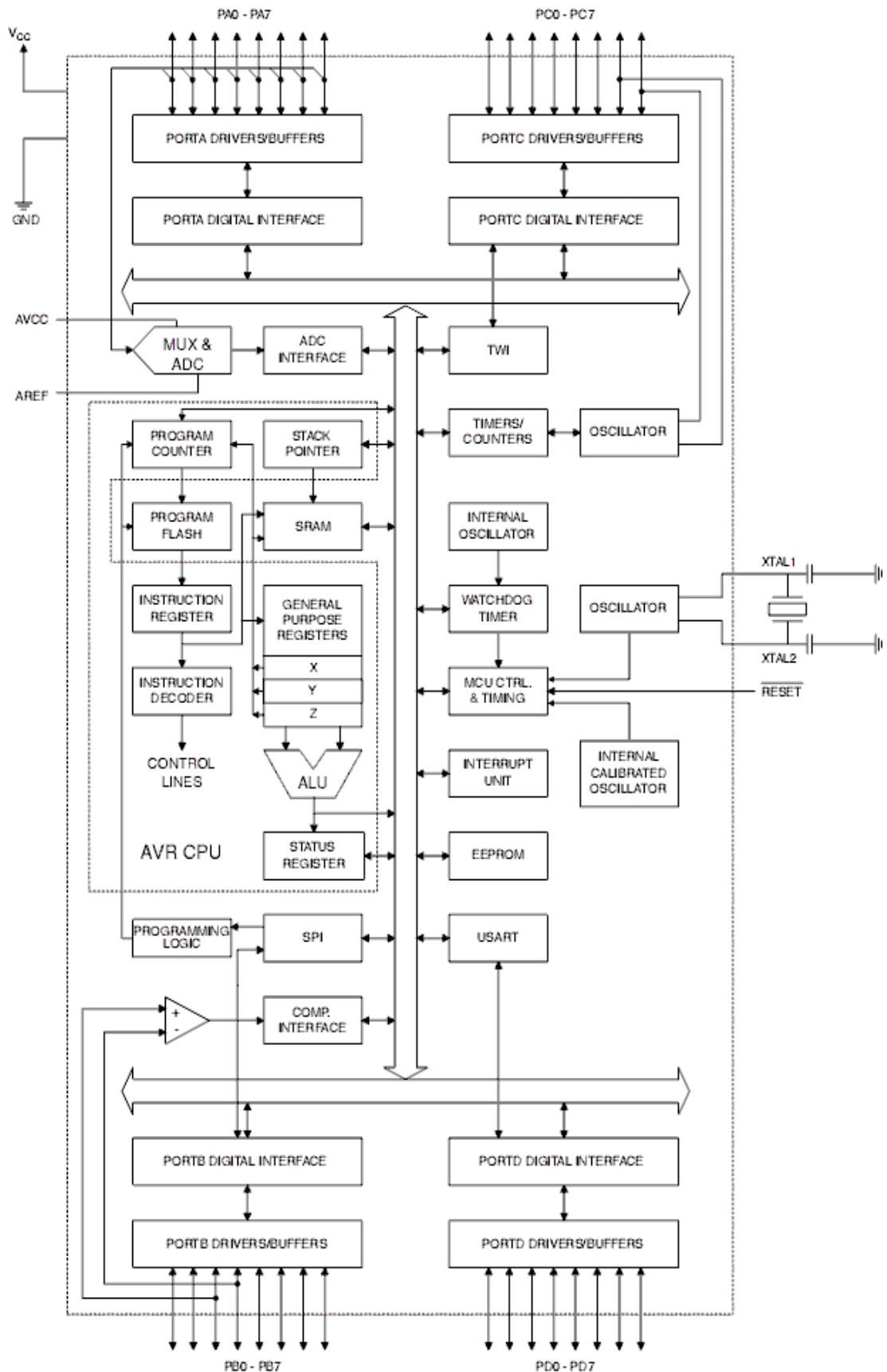


Рисунок 3 – Структура ATmega8535

| | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |

27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР

Счетчик команд. Размер счетчика команд - 12 разрядов. Напрямую (то есть как регистр) из программы счетчик команд недоступен.

При правильном выполнении программы содержимое счетчика команд в течение каждого машинного цикла увеличивается автоматически на 1 или 2 (зависит от выполняемой команды). Данный порядок может нарушаться, если выполняются команды перехода, вызова, возврата из подпрограмм и возникают прерывания.

При включении питания и сбросе микроконтроллера в счетчик программ автоматически загружается значение \$000. По данному адресу обычно расположена команда перехода (RJMP) к инициализационной части программы.

Если возникает прерывание, в счетчик команд загружается адрес вектора прерывания (\$001 - \$014). Если прерывание используется в программе, по этому адресу должна быть размещена команда относительного перехода к подпрограммам обработки прерывания. В обратном случае главная программа может начинаться с адреса \$001.

Регистры общего назначения микроконтроллера.

Все 32 регистра общего назначения непосредственно доступны АЛУ, что отличает их от микроконтроллеров остальных фирм. Каждый регистр общего назначения можно использовать во всех командах как в качестве операнд-источника, так и в качестве операнд-приемника. Исключение составляют только пять логических и арифметических команд, которые выполняют действия между константой и регистром (SBCI, SUBI, CPI, ANDI, ORI), и команда загрузки константы в регистр (LDI). Данные команды обращаются лишь ко второй половине регистров (R16-R31).

Старшие регистры формируют 16-разрядный индексный регистр Z, используемый как указатель при косвенной адресации памяти данных и памяти программ. Поскольку объем адресуемой памяти составляет только 32 байт, применяется младший байт (R30). Содержимое старшего байта индексного регистра (R31) при косвенной адресации памяти данных очищается процессором автоматически.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | | 26 |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | | | | | | |

Регистры ввода/вывода микроконтроллера располагаются в так называемом пространстве ввода/вывода, размер которого 64 байт. Выделяют 2 группы регистров ввода/вывода:

- служебные регистры микроконтроллера,
- регистры, которые относятся к периферийным устройствам (включая порты ввода/вывода).

Размер всех регистров составляет 8 бит.

Сторожевой таймер применяется с целью защиты от аппаратных сбоев, к примеру, при переходе программы в бесконечный цикл.

Регистр команд включает команду, выбираемую из FLASH-памяти программ для выполнения.

Если необходимо, к генератору микроконтроллера может быть подключен внешний тактовый генератор на основе кварца. Если данная необходимость отсутствует, используется встроенный генератор.

Начальная синхронизация производится после прихода сигнала RESET на вход синхронизатора.

Печатный узел системы предназначен для обработки цифровых сигналов, соответственно все применяемые микросхемы в схеме тоже цифровые. Состояния цифровых микросхем описываются двумя цифрами: «0» и «1». В качестве логических состояний цифровых микросхем печатного узла условились воспринимать напряжение на их входе и выходе. При этом высокое напряжение считается единицей, а низкое напряжение нулем. [17]

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 27 |

3.2.1 Описание выводов микроконтроллера ATmega 8535

Выводы микроконтроллера приведены на рисунке 4.

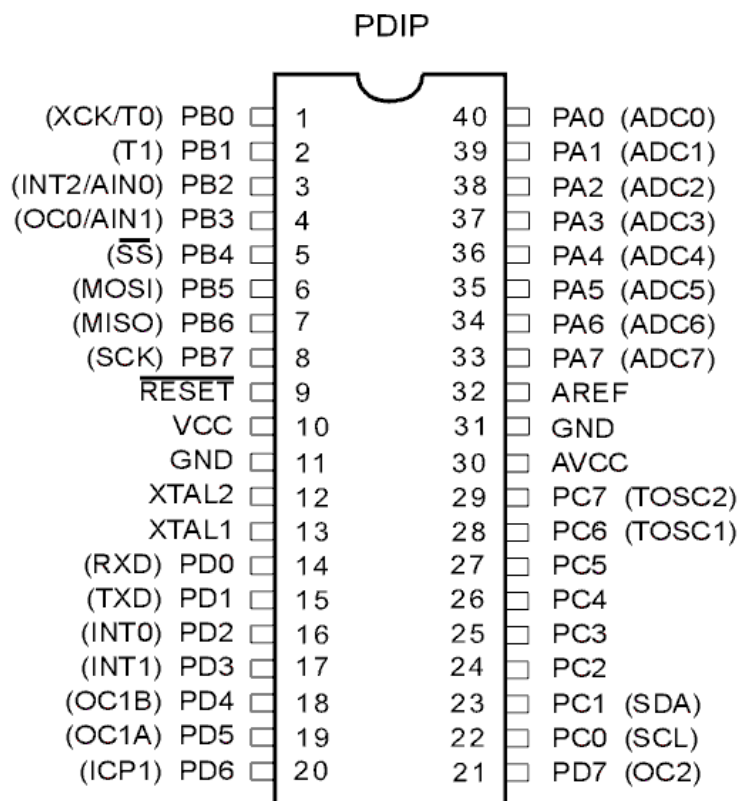


Рисунок 4 – Выводы микроконтроллера ATmega 8535

Описание выводов микроконтроллера ATmega 8535 отражено в таблице 3.

Таблица 3 – Назначение выводов микроконтроллера ATmega8535

| Обозначение | Номер вывода | Тип вывода | Описание |
|-----------------|--------------|------------|--|
| XTAL1 | 13 | I | Вход тактового генератора |
| XTAL2 | 12 | O | Выход тактового генератора |
| RESET | 9 | I | Вход сброса |
| PA0 (ADC0) | 40 | I/O | 0-й разряд порта А |
| PA 1 (ADC 1) | 39 | I/O | 1-й разряд порта А |
| PA 2 (ADC 2) | 38 | I/O | 2-й разряд порта А |
| PA 3 (ADC 3) | 37 | I/O | 3-й разряд порта А |
| PA 4 (ADC 4) | 36 | I/O | 4-й разряд порта А |
| PA 5 (ADC 5) | 35 | I/O | 5-й разряд порта А |
| PA 6 (ADC 6) | 34 | I/O | 6-й разряд порта А |
| PA 7 (ADC 7) | 33 | I/O | 7-й разряд порта А |
| PB0(XCK/T0) | 1 | I/O | 0-й разряд порта В (вход внешнего опорного сигнала для USART/вход внешнего тактового сигнала таймера/счетчика 0) |
| PB 1 (T1) | 2 | I/O | 1-й разряд порта В (вход внешнего тактового сигнала таймера/счетчика 1) |
| PB2 (INT2/AIN0) | 3 | I/O | 2-й разряд порта В (вход внешнего прерывания 2/положительный вход компаратора) |
| PB3 (OC0/AIN1) | 4 | I/O | 3-й разряд порта В (выход сравнения таймера/счетчика 0/отрицательный вход компаратора) |
| PB 4 (SS) | 5 | I/O | 4-й разряд порта В (Вход выбора ведомого SPI) |
| PB 5 (MOSI) | 6 | I/O | 5-й разряд порта В (выход ведущего/вход ведомого SPI) |
| PB 6 (MISO) | 7 | I/O | 6-й разряд порта В (вход ведущего/выход ведомого SPI) |
| PB 7 (SCK) | 8 | I/O | 7-й разряд порта В (опорная частота SPI) |
| PC0 (SCL) | 22 | I/O | 0-й разряд порта С (линия опорной частоты для Two-wire Serial Bus) |
| PC 1 (SDA) | 23 | I/O | 1-й разряд порта С (линия входа/выхода для Two-wire Serial Bus) |
| PC 2 | 24 | I/O | 2-й разряд порта С |

| | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |

27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР

Лист

29

Продолжение таблицы 3

| | | | |
|-----------------|----|-----|---|
| PC 3 | 25 | I/O | 3-й разряд порта C |
| PC 2 | 26 | I/O | 4-й разряд порта C |
| PC 2 | 27 | I/O | 5-й разряд порта C |
| PC 2 (TOSC1) | 28 | I/O | 6-й разряд порта C Выход для подключения резонатора к таймеру T2 |
| PC 7 (TOSC1) | 29 | I/O | 7-й разряд порта C Выход для подключения резонатора к таймеру T2 |
| PD 0 (RXD) | 14 | I/O | 0-й разряд порта D Вход USART |
| PD 1 (TXD) | 15 | I/O | 1-й разряд порта D Выход USART |
| PD 2 (INT0) | 16 | I/O | 2-й разряд порта D |
| PD 3 (INT1) | 17 | I/O | 3-й разряд порта D |
| PD 4 (OC1B) | 18 | I/O | 4-й разряд порта D |
| PD 5 (OC1A) | 19 | I/O | 5-й разряд порта D |
| PD 6 (ICP1) | 20 | I/O | 6-й разряд порта D |
| PD 7 (OCR2) | 21 | I/O | 7-й разряд порта D |

3.3 Ключевые элементы

Поскольку мы коммутируем силовую высоковольтную цепь (220 В), которую вырабатывают исполнительные устройства, а контроллер низковольтный (5В), т.е. контроллер не может коммутировать такое большое напряжение на прямую. Необходим некий посредник. Решено было собрать полупроводниковый ключ переменного напряжения, который включает в себя симистор и оптопару. Симистор является ключом переменного напряжения, но для того чтобы управлять симистором необходима гальваническая развязка. Выберем симисторный ключ переменного напряжения МОС3061 (схема включения – рисунок 7). Это устройство предназначено для коммутации силовых цепей переменного тока от входного сигнала ТТЛ уровня (выкл - 0В и вкл - 5 В) Помехи по питанию при включении и выключении не возникнут. В самом оптодрайвере сигнал подает светодиод, следовательно, можно зажигать его от ножки микроконтроллера. [18]

Для коммутации индуктивных нагрузок - следует параллельно в нагрузку внедрить конденсатор. Такого рода схема достаточно компактна, применяется в основном для включения и выключения силовых приборов (освещение, вентилятор, акустическая система и т.д.)

Характеристики симисторного оптодрайвера представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики симисторного оптодрайвера МОС3061

| | |
|---------------------------------------|-------|
| Максимальный ток нагрузки | 1.8 А |
| Максимальное коммутируемое напряжение | 250 В |
| Напряжение управления (ТТЛ уровень) | 5 В |
| Ток управления | 10 мА |

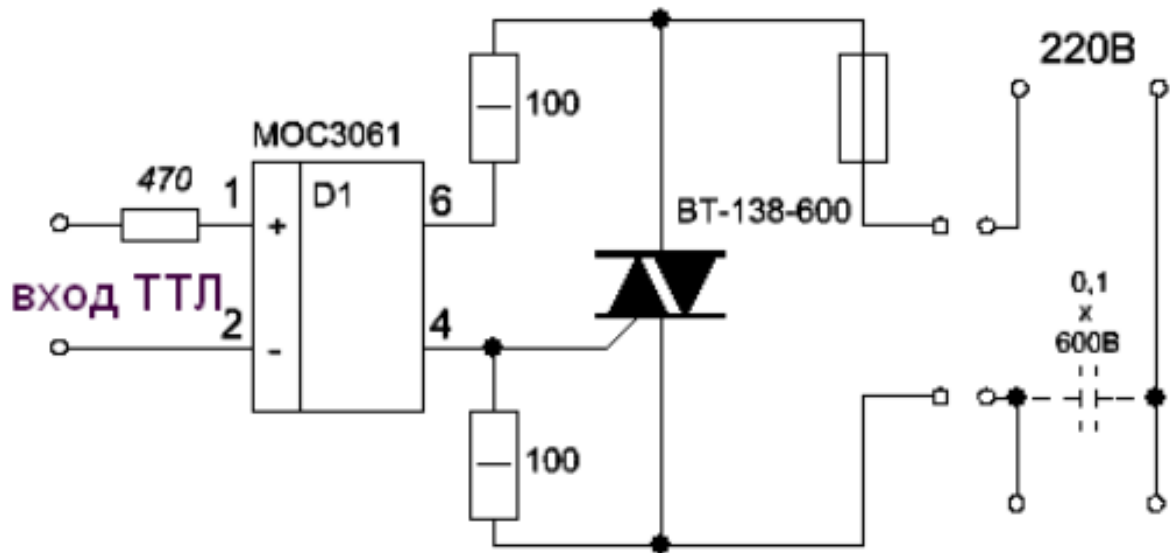
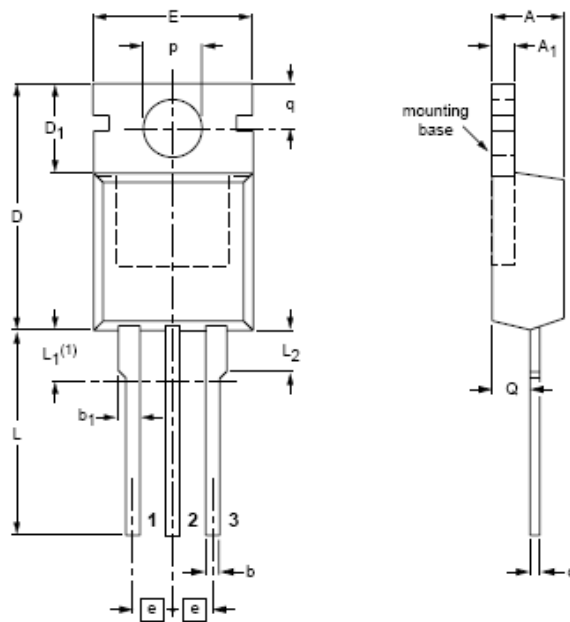


Рисунок 5 – схема включения оптодрайвера MOS3061

В качестве симистора взят BT 138 (рисунок 6). [28]



| UNIT | A | A ₁ | b | b ₁ | c | D | D ₁ | E | e | L | L ₁ (1) | L ₂ max. | p | q | Q |
|------|------------|----------------|------------|----------------|------------|--------------|----------------|-------------|------|--------------|--------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| mm | 4.5 4.1 | 1.39 1.27 | 0.9 0.6 | 1.3 1.0 | 0.7 0.4 | 15.8 15.2 | 6.4 5.9 | 10.3 9.7 | 2.54 | 15.0 13.5 | 3.30 2.79 | 3.0 | 3.8 3.6 | 3.0 2.7 | 2.6 2.2 |

Рисунок 6 – Симистор BT 138

Параметры симистора представлены в таблице 5.

| | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |
|------|------|-----------|---------|------|

27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР

Лист

32

Таблица 5 – Параметры симистора BT 138

| | |
|--|-------|
| Максимальное напряжение в закрытом состоянии | 600 В |
| Максимальное среднеквадратическое значение тока в открытом состоянии | 12 А |
| Напряжение удержания | 1,5 В |
| Ток удержания | 40 мА |
| Время включения | 2 мкс |

3.4 Схема питания микроконтроллера

Для питания микропроцессора от сети 220 В требуется схема согласования, поскольку процессор питается от постоянного напряжения в 5 В. Используем понижающий трансформатор Б3822. [25] Он подходит по всем параметрам, главным из которых является максимальный ток и мощность нагрузки.

Рассчитаем мощность микроконтроллера, необходимую для дальнейшего выбора элементов, по формуле (1):

$$P = I \cdot U, \quad (1)$$

где I – ток, потребляемый микроконтроллером;

U – необходимое напряжение микроконтроллера.

При подстановке необходимых значений результат находим по формуле (2):

$$P = 0.0035 \cdot 5 = 0,018 \text{ (Вт)} \quad (2)$$

Параметры трансформатора представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Параметры трансформатора БЗ822

| | | | |
|-------------------------------|----------------------------|--|--|
| Тип | ОСМ Т 220/12, тороидальный | | |
| Напряжение первичной обмотки: | 220 В. | | |
| Напряжение вторичной обмотки: | 12 В (переменное). | | |
| Мощность | 0.1 кВА | | |
| Максимальный ток нагрузки | 1 А | | |
| Степень защиты: | IP 20. | | |
| Масса | 0,4 кг | | |

В качестве диодного моста используем схему DB157S [27]. Это устройство, которое служит для выпрямления переменного тока. Схема подходит по всем параметрам, главными из которых является максимальный допустимый ток, и рабочая температура эксплуатации. Параметры диодного моста представлены в таблице 7, а внешний вид – на рисунке 7.

Таблица 7 – Параметры диодного моста DB157S

| | |
|---|------------------|
| Производитель | JANGJIE |
| Максимальное постоянное обратное напряжение | 1000 В |
| Среднеквадратичное обратное напряжение | 700 В |
| Максимальный прямой выпрямленный ток | 1,5 А |
| Максимальный допустимый прямой импульсный ток | 50 А |
| Максимальный обратный ток | 50 мкА |
| Максимальное прямое напряжение | 1.1 В |
| Рабочая температура | от -55 до 150 °С |
| Способ монтажа | в отверстие |
| Корпус | DB-1 |
| Количество фаз | 1 |

DB-1

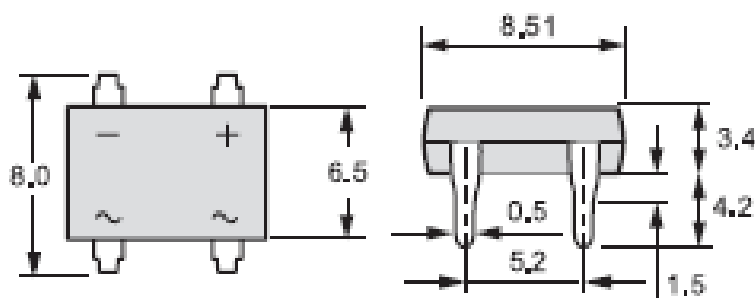


Рисунок 7 – Диодный мост DB157S

Стабилизатор является важным звеном в любом источнике питания. [28] Для выбора стабилизатора рассчитаем необходимую мощность.

Используем формулу (3):

$$P_{\text{стаб.}} = P_{\text{потр.}} \cdot \frac{220}{V_{\text{мин.}}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{потр.}}$ – максимальная мощность потребителей;

$V_{\text{мин.}}$ – минимальное сетевое напряжение.

При подстановке необходимых значений результат вычислений находим по формуле (4):

$$P_{\text{стаб.}} = 0,018 \cdot \frac{220}{175} = 0,03 \text{ (Вт)} \quad (4)$$

Исходя из выше данных, можно сделать вывод, что необходимо выбрать стабилизатор напряжения мощностью не менее 0,03 Вт.

Мы используем стабилизатор напряжения LM340AT-5.0 (рисунок 8).
Выбор также осуществили по таким параметрам, как максимальное входное напряжение и по выходному току.

Параметры отражены в таблице 8, схема подключения на рисунке 9.

Таблица 8 – Параметры стабилизатора напряжения LM340AT–5.0

| | |
|----------------------------------|--------------------------|
| Максимальное входное напряжение: | 35 В |
| Тип выхода | фиксированный |
| Допуск выходного напряжения: | ±5 % |
| Потребляемый ток: | 8 мА макс. |
| Выходной ток | |
| Минимальный: | 5 мА |
| Максимальный: | 1 А |
| Мощность | 0,5 Вт |
| Температура эксплуатации | 0 °С – 70 °С |
| Тепловое сопротивление: | 4 °С/Вт (переход-корпус) |

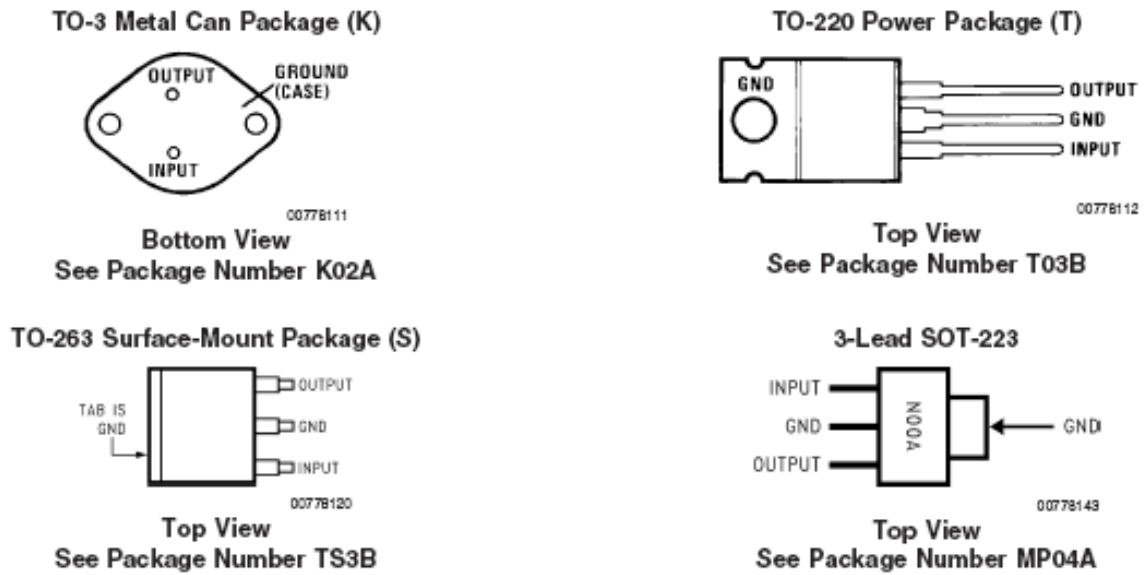


Рисунок 8 – Стабилизатор напряжения LM340AT–5.0

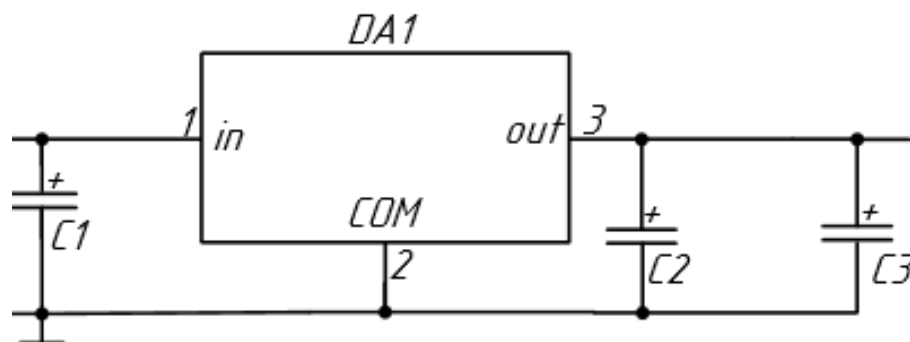


Рисунок 9 – Подключение стабилизатора LM340AT–5.0

Рассчитаем значение конденсаторов, обеспечивающих низкий коэффициент пульсаций:

Используем формулу (5):

$$C = \frac{3200 \cdot I}{U_{вх}}, \quad (5)$$

где I – необходимый выходной ток на блоке питания;

$U_{вх}$ – входное напряжение на блоке питания.

При подстановке необходимых значений результат вычислений находим по формуле (6):

$$C = \frac{3200 \cdot 0,0036}{220} = 0,052 \text{ (мкФ)} \quad (6)$$

Выберем конденсаторы небольшой емкости 0,056 мкФ.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| | | | | | | 38 |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | |

4. ВЫБОР ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ.

4.1 Датчик температуры

Необходим датчик, который бы определял температуру в широком диапазоне, имел погрешность ± 1 °С, также необходимо чтобы данные считывались через I2C/SMBus последовательную шину.

DS1621 позволяет определять температуру окружающей среды в диапазоне от - 50 до + 125 С и получать данные в виде цифрового сигнала по I2C протоколу. В его основе лежит принцип нестабильности частоты колебаний при измерении температуры.

Для реализации этого принципа измерения в структуру микросхемы включены два генератора.

Первый из них обладает высокой температурной стабильностью. Его рабочая частота соответствует температуре - 55 гр. Цельсия и фактически не изменяется. Рабочая частота же второго генератора, напротив, меняется соразмерно изменению температуры. Особые счетчики совершают подсчет импульсов за равный промежуток времени и на базе разности, производится расчет текущей температуры, который представлен в виде 9-разрядного двоичного кода.

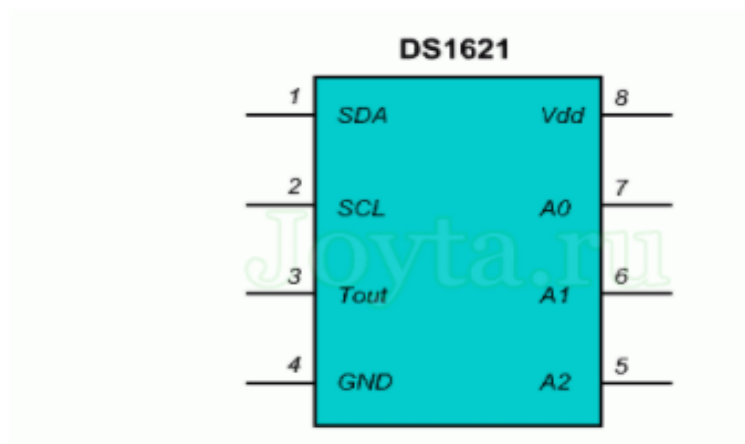
Данные делятся на старший и младший байты. Если для каких-либо целей необходимо целое значение температуры, то нужно использовать, лишь старший байт. Младший же байт обладает только одним информационным битом - LSB, который реализует дискретность в 0,5 гр. Цельсия. Оставшиеся биты младшего байта постоянно равны нулю.

Главные преимущества:

- Прямое преобразование температуры в цифровой код, без дополнительных АЦП
- Передача данных через однопроводной и двухпроводной интерфейс
- Адресация нескольких датчиков на одной шине
- Заводская калибровка и встроенная коррекция нелинейности, не требуется дополнительная подстройка

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 39 |

- Большой диапазон измерения температуры (от -55 до +125°C)
- Высокое быстродействие (время преобразования от 0,5 до 2 секунд)
- Защита от агрессивного воздействия



- *SDA* - вывод данных шины I2C.
- *SCL* - вывод тактового сигнала шины I2C.
- *Tout* - выход термостата.
- *Vdd* - вывод питания, плюс.
- *GND* - вывод питания, минус.
- *A0..A2* - линия младших битов.

Рисунок 10 – Датчик температуры DS1621

Микросхема DS1621 располагает несколькими режимами работы. Настройка и контроль данных режимов осуществляется с помощью регистра состояний. Существуют следующие биты:

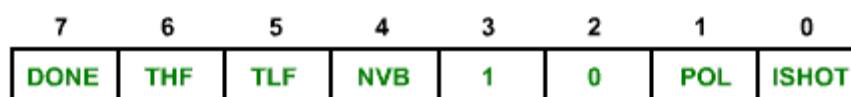


Рисунок 11 – Регистры состояний

DONE - флаг завершения преобразования. Устанавливается по окончании преобразования.

THF - флаг «высокая температура». Устанавливается при увеличении температуры выше порога TH. Флаг сбрасывается программно или выключением питания.

TLF - флаг «низкая температура». Устанавливается при уменьшении температуры ниже порога TL. Флаг сбрасывается программно или выключением питания.

NVB - флаг записи данных в энергонезависимую память датчика. Установленный флаг указывает о том, что запись не завершена. Приблизительное время записи данных в ячейки составляет 10 мс.

POL - выбор полярности выхода Tout. Высокое значение отвечает прямой полярности, низкое означает обратную полярность. Данный бит энергонезависим.

ISHOT - бит управления циклом измерений. Однократное измерение происходит при высоком логическом уровне данного бита. Его обычно применяют при создании энергосберегающих систем. Низкий же логический уровень данного бита, позволяет выполнение преобразования в постоянном режиме. Бит этот энергонезависим.

Для работы с DS1621 могут использоваться следующие команды:

22h – «Остановка преобразования» - команда производит завершение работы схемы преобразования температуры. Дополнительных данных для работы не требуется;

AAh – «Чтение температуры» - Результатом работы команды являются два байта данных, содержащих значение измеренной температуры;

A1h – «Доступ к TH» - команда установки верхнего порога срабатывания термостата. Если бит R/w = "0", то после этой команды После данной команды требуется передача двух байтов значения порога;

A2h - «Доступ TL» - команда установки нижнего порога срабатывания термостата.

После данной команды требуется передача двух байтов значения порога;

A8h – «чтение температурного счетчика». Команда работает только на чтение и позволяет считать данные счетчика, частота работы которого зависит от температуры;

A9h - «чтение стабильного счетчика». Команда работает только на чтение и позволяет считать данные счетчика, частота работы которого не зависит от температуры;

ACh – «Регистр конфигурации». В зависимости от состояния бита R/W производится запись или чтение регистра конфигурации. Формат используемых данных – байт;

EЕh – «Старт счетчика» - команда начала измерения температуры. Дополнительных данных не требуется.

У DS1621 предусмотрено измерение температуры с повышенной точностью. Для этого пользователю доступны значения счетчиков стабильного N[A9h] и температурно–зависимого N[A8h] генератора. Зная измеренное значение температуры [AAh] и значения температуры счетчиков можно воспользоваться формулой (4.7):

$$T_{\text{точн}} = T[\text{AAh}] - 0.25 + (N[\text{A9h}] - N[\text{A8h}] \div N[\text{A9h}]), \quad (7)$$

где T[AAh] – измеренное значение температуры, ° С;

N[A9h] – значение счетчиков стабильного генератора;

N[A8h] – значение счетчиков температурно–зависимого генератора.

Технические характеристики датчика температуры представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики датчика DS1621

| | |
|--|---------------------------|
| Погрешность | ±0,5 ° C |
| Время преобразования | 1 секунда |
| Разрешение | 9 бит (расширяемое до 12) |
| Интерфейс | 2W (I2C) |
| Корпус | DIP8, SO8 |
| Диапазон рабочего питающего напряжения | 2.7-5.5 В |

Рассчитаем подтягивающие резисторы, необходимые для датчика.

Используем формулу (8):

$$R_p = \frac{V_{cc} - 0.4}{I_d}, \quad (8)$$

где I_d – необходимый ток датчика;

V_{cc} – напряжение микроконтроллера.

При подстановке необходимых значений результат вычислений находим по формуле (9):

$$R_p = \frac{V_{cc} - 0.4}{I_d} = 0,92 \text{ (кОм)} \quad (9)$$

Выберем резисторы по 1кОм.

Температурный датчик следует установить так, чтобы прямые солнечные лучи и вода во время полива на него не попадали, при этом стремясь по максимуму уменьшить удаленность от шкафа с микроконтроллером.

4.2 Датчика влажности.

Необходим датчик влажности, который обладал бы высокой точностью и температурной устойчивостью, надежностью и имел сравнительно небольшую стоимость.

Выберем датчик влажности НИН 4000-003, обеспечивающий широкий диапазон измерений, высокую надежность и низкую цену в ходе использования микроэлектронной технологии. [26] Это дает возможность производить тонкопленочным методом планарные емкости. С помощью этого у нас есть миниатюрные габариты чувствительного элемента, возможность имплементации на кристалле специализированной интегральной схемы обработки сигнала. Технологичность и высокий выход годных кристаллов объясняют низкую стоимость данной продукции. Параметры датчика влажности представлены в таблице 10. Существует возможность прямого подключения микроконтроллера к АЦП с помощью стандартного размаха выходного сигнала (от 1 до 4 В). Установить датчик нужно так, чтобы при поливе капли воды на него не попадали, также необходима защита от попадания прямых солнечных лучей для избежания нарушения точности измерения.

Таблица 10 – Параметры датчика влажности НИН 4000-003

| Параметр | Значение |
|-------------------------------|----------------|
| Диапазон измерения | 0-100 % RH |
| Повторяемость | 0,5 ±% RH |
| U питания | 4,0-5,8 В |
| Ток потребления | 0,2 мА |
| T раб., °С | от 40 до 85 °С |
| Время отклика | 15 с |
| Встроенный датчик температуры | – |

4.3 Семисегментные индикаторы

В системе нам нужно визуально отображать текущую температуру в теплице и выбранный режим работы. С этой целью используем семисегментные индикаторы. Есть вероятность, что в теплице будет отрицательная температура, в связи с этим с целью визуализации текущей температуры необходимо взять трехразрядный семисегментный индикатор. Основных режимов работы – пять, значит, для отображения режима будем использовать одноразрядный семисегментный индикатор.

Используем индикаторы CA56-11 SRWA фирмы KingBrigth [29] и LDD3054 фирмы LIGI [30]. Технические характеристики представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики индикаторов

| | |
|---|----------|
| Цвет сечения | красный |
| Максимальное прямое напряжение(ток 20 мА) | 2,5 В |
| Максимальный прямой ток | 30 мА |
| Максимальное обратное напряжение | 5В |
| Обратный ток (напряжение 5В) | 10 мкА |
| Мощность рассеивания | 150 мВт |
| Максимальный импульсный прямой ток | 155 мА |
| Рабочая температура °С | -40...85 |

Устройства индикации и схемы их включения приведены на рисунках 12,13,14.

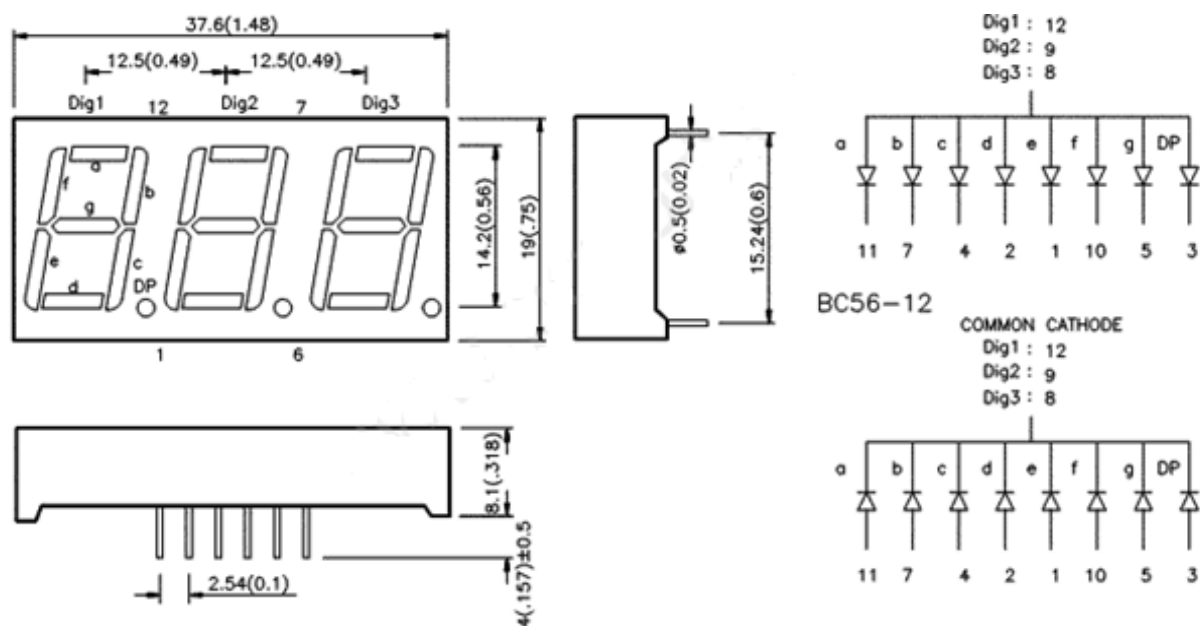


Рисунок 12 – Трехразрядный семисегментный индикатор

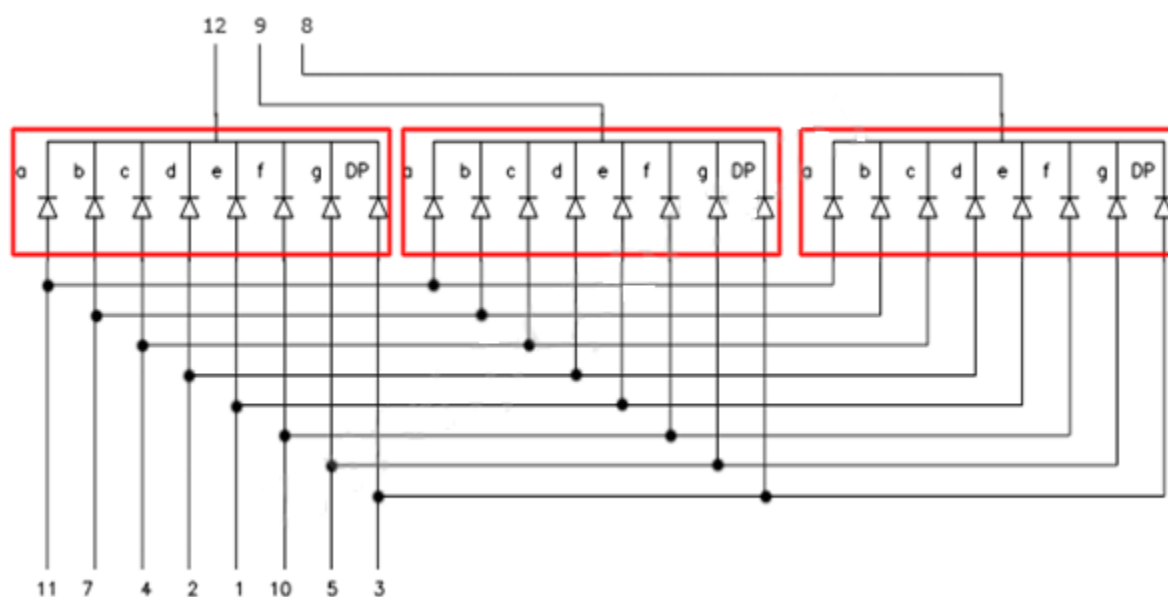


Рисунок 13 – Схема подключения индикатора

| | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |

27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР

Лист

46

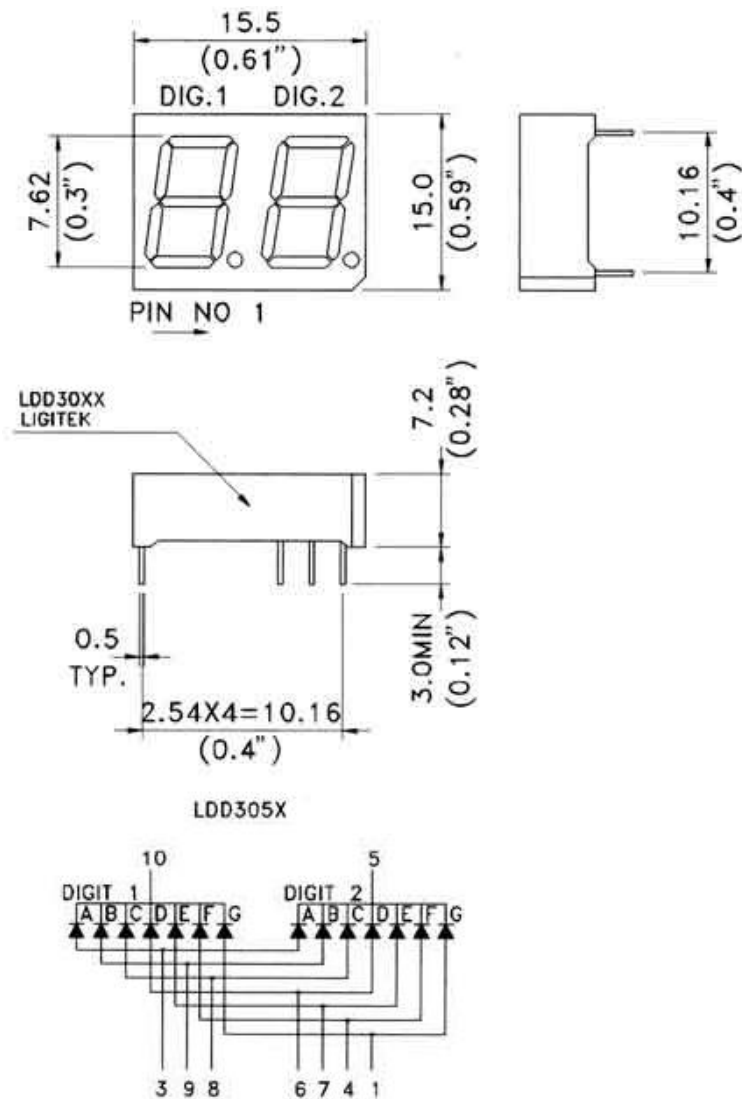


Рисунок 14 – Двухразрядный семисегментный индикатор и схема подключения

Для управления семисегментными индикаторами в схеме нужно использовать 5 транзисторов.

Схема работы: при высоком уровне на базе транзистора, транзистор открыт, и на выходе ключа уровень будет низкий. При наличии низкого уровня напряжения на базе транзистора транзистор закрыт, и на выходе ключа уровень будет высокий, определяясь уровнем напряжения, подключенного к коллектору транзистора. Так, транзистор всегда или разомкнут, или замкнут, его потребляемая мощность почти нулевая, и нам подходит почти любой транзистор. Выбираем транзистор КТ3102, так как он удовлетворяет требуемым параметрам, распространен и имеет невысокую стоимость. Его характеристики представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Характеристики транзистора КТ3102

| | |
|--|---------|
| Рабочая частота: | 250 МГц |
| Коэффициент усиления по току: | 100-250 |
| Максимальный ток коллектора: | 0.1 А |
| Максимальное напряжение коллектор–эмиттер: | 25В |
| Максимальный импульсный ток коллектора | 0.2 А |
| Максимальная мощность коллектора: | 0,25 Вт |
| Максимальная рабочая частота | 150 МГц |
| Коэффициент шума транзистора | 10 ДБ |

4.4 Исполнительные устройства

В системе микропроцессору необходимо управлять открытием дверей/фрамуг, поливом и обогреванием теплицы.

Для полива используем капельную систему, состоящую из капельниц, труб и водного электроклапана. Электромагнитный клапан необходим для включения и выключения подачи газа или жидкости в трубопроводе после подачи электрического сигнала. Используем клапан 2W21 (рисунок 15).

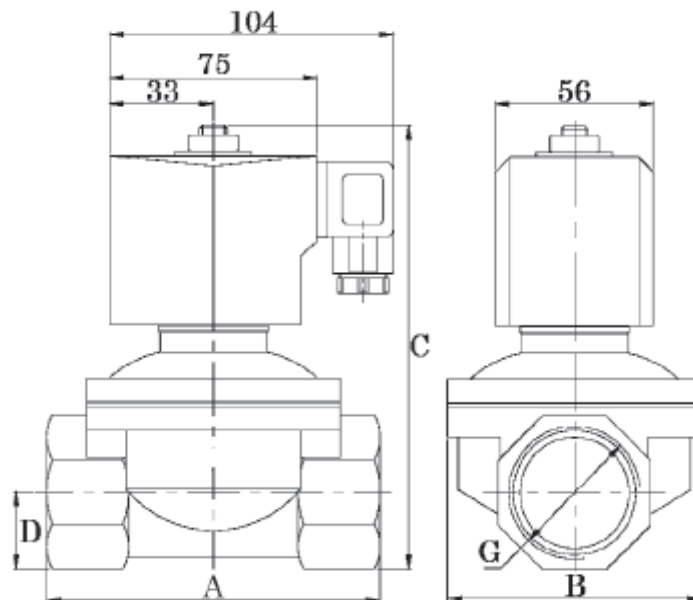


Рисунок 15 – Клапан 2W21

Размеры клапана представлены в таблице 13. [32]

Таблица 13 – Размеры клапана 2W21

| Размер | |
|--------|---------|
| A | 116 мм |
| B | 87 мм |
| C | 149 мм |
| D | 26 мм |
| G | 1 ¼" мм |

Данный электроклапан используем при подаче горячей воды в трубу при отоплении теплицы.

Для проветривания теплицы нужно на дверь и фрамуги установить 3 мотор-редуктора – для открытия и закрытия. Используем мотор редуктор типа IG32p-41 [34]. Параметры мотор-редуктора представлены в таблице 13.

| | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |

27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР

Лист

49

Таблица 13 – Параметры мотор-редуктора IG32p-41

| | |
|-------------------------------------|------------------|
| Диаметр | Ø 37 мм |
| Частота вращения выходного вала | 122 об/мин. |
| Максимальный крутящий момент | 1.6 Нм |
| Тип редуктора | планетарный |
| Напряжение питания | 12 В |
| Мощность | 14 Вт |
| Температурный диапазон эксплуатации | -15 °С до +50 °С |
| Передаточное отношение | 5-721 |

4.5 Кнопочные переключатели

С целью установки и выбора режима требуется пять кнопочных переключателей. Для этого используем переключатели MPS-800 (рисунок 16), его параметры переключателя представлены в таблице 14.

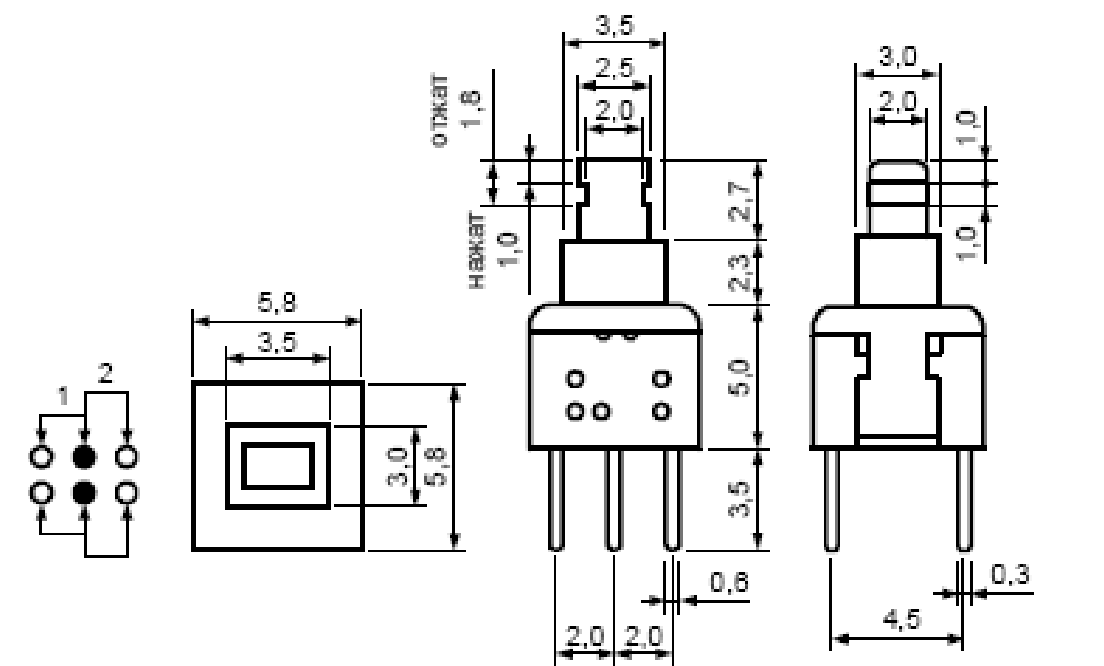


Рисунок 16 – Переключатель кнопочный MPS-800

Таблица 14 – Параметры переключателя MPS-800

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| Серия | MPS |
| Параметры: | 30В пост. 0,1А |
| Максимальное сопротивление контактов: | 0.05 Ом |
| Минимальное сопротивление изоляции: | 100 МОм |
| Фиксация | есть |
| Ресурс | 10000 циклов |
| Сопротивление изоляции: | >100Мом пост. 125В |
| Механический ресурс: | 100000 циклов |
| Предельное напряжение: | 250 В перем. Тока в теч. 1 мин. |
| Рабочая температура: | от -25°С до +75°С |
| Способ монтажа | В отверстие на плату |

Перед кнопками необходимо поставить резисторы, чтобы гарантировать отсутствие напряжения при разомкнутой цепи.

Выберем резисторы номиналом 200 Ом.

Рассчитаем рассеиваемую мощность резистора по формуле (10):

$$P = U \cdot I \quad (10)$$

где I – ток;

U – напряжение.

При подстановке необходимых значений результат вычислений находим по формуле (11):

$$P = 5 \cdot 0,05 = 0,25 \text{ (Вт)} \quad (11)$$

5 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМ

5.1 Разработка функциональной схемы.

Функциональная схема отражена на схеме № 3 в приложении к данной пояснительной записке. Температурный датчик работает по интерфейсу I2C, который имеет достаточную скорость передачи данных и поддерживается микроконтроллером, то есть дополнительные средства согласования и управления не требуются. [38] Обмен информацией поддерживается программно за счет выходов PC0, PC1, а в ходе подключения датчика требуется поставить только 2 резистора по 1кОм. Датчик влажности имеет аналоговый выход, в связи с этим необходимо использовать АЦП, встроенный в Atmega 8535, используя PA2. Передача поддерживается программно. Ключевые элементы и кнопки управления подключают к порту В, а порт D используют для семисегментной индикации.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 52 |

5.2 Разработка электрической принципиальной схемы.

Электрическая принципиальная схема представлена на схеме № 4 в приложении к данной пояснительной записке. Питание системы осуществляется от стандартной сети 220В, 50 Гц. Для питания микропроцессора и прочих элементов схемы требуется постоянное напряжение 5 В.

Используем схему: трансформатор понижает переменное сетевое напряжение до 12 В. Диодный мост VD1...4 выпрямляет сетевое напряжение. Интегральный диодный мост DB157S коммутирует токи до 1 А. В качестве стабилизатора напряжения включена микросхема интегрального стабилизатора

U1 – LM340AT–5.0, схема включения – стандартная.

Данные с температурного датчика считываются микропроцессором по интерфейсу I2C, который способен передавать данные со скоростью 100 кбит/сек, что удовлетворяет требованиям, а данные с датчика влажности – через АЦП. Переключение каналов АЦП, обработка данных с температурных датчиков, выработка сигналов на исполнительные устройства, вывод информации на устройство индикации производится программно при помощи средств микроконтроллера.

С целью вывода визуальной информации об установленной температуре и влажности в теплице будем использовать двухразрядный и трехразрядный семисегментные светодиодные индикаторы.

Принцип индикации заключается в следующем. Каждые 16 миллисекунд загорается цифра индикатора. С целью определения цифры в программе микроконтроллера существует счетчик (указатель индикатора), считающий от 0 до 2. Восмиразрядный счетчик запрограммирован таким образом, что каждые 16 миллисекунд происходит прерывание. То есть каждые 16 миллисекунд горит одна цифра. В следующую миллисекунду эта цифра гаснет, и загорается следующая. Человеческий глаз воспринимает это таким образом, словно горят все цифры одновременно.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 53 |

В ходе включения питания микроконтроллер принимает сигнал RESET, определяющий начальную синхронизацию встроенного калибруемого генератора. Узел программирования получает от синхронизатора сигналы синхронизации и управляет работой счетчика команд и FLASH–памятью программ.

Регистр команд содержит команду, выбираемую из FLASH–памяти программ. Дешифратор команд по коду операции определяет команду, которая должна быть выполнена. Затем производится последовательная выборка и исполнение команд соответственно алгоритму работы.

В момент нажатия на кнопки управления возникает прерывание, и управление передается обработчику прерывания, в котором в соответствии с алгоритмом осуществляется установка необходимого режима. Заданное значение температуры и значение влажности сохраняются в соответствующих регистрах общего назначения при выборе режима работы.

Подключение устройств к портам микроконтроллера ATmega 8535 указаны в таблице 16.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 54 |

Таблица 16 – Подключение устройств к портам микроконтроллера Atmega8535

| № вывода | Порт: разряд | Подключенное устройство |
|----------|-----------------|---|
| | Порт А | |
| 40 | 0 | Кнопка выбора «1» |
| 39 | 1 | Кнопка выбора «2» |
| 38 | 2 | Кнопка выбора «3» |
| 37 | 3 | Кнопка выбора «4» |
| 36 | 4 | Кнопка выбора «5» |
| 35 | 5 | датчик влажности НН 4000-003 |
| 34 | 6 | симистор управления клапаном для полива |
| | Порт В | |
| 1 | 0 | двухразрядный индикатор (младшая цифра) |
| 2 | 1 | трехразрядный индикатор (первая цифра) |
| 3 | 2 | симистор для обогрева теплицы |
| № вывода | Порт: разряд | Подключенное устройство |
| | Порт В | |
| 4 | 3 | симистор для управления фрамуг на крыше |
| 5 | 4 | симистор для управления фрамуг боковых |
| 6 | 5 | симистор для управления дверью |
| 7 | 6 | трехразрядный индикатор (вторая цифра) |
| 8 | 7 | трехразрядный индикатор (третья цифра) |

Продолжение таблицы 16

| № вывода | Порт С | Подключенное устройство |
|----------|--------|--|
| 22 | 0 | Датчик температуры DS1621 |
| 23 | 1 | Датчик температуры DS1621 |
| | Порт D | |
| 14 | 0 | Сегмент индикатора (выход) |
| 15 | 1 | Сегмент индикатора (выход) |
| 16 | 2 | Сегмент индикатора (выход) |
| 17 | 3 | Сегмент индикатора (выход) |
| 18 | 4 | Сегмент индикатора (выход) |
| 19 | 5 | Сегмент индикатора (выход) |
| 20 | 6 | Сегмент индикатора (выход) |
| 21 | 7 | двухразрядный индикатор (вторая цифра) |

6 РЕАЛИЗАЦИЯ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ СРЕДАХ РАЗРАБОТКИ

6.1 Интегрированные среды разработки прикладных программ

CodeVisionAVR – интегрированная среда разработки программного обеспечения для AVR микроконтроллеров.

Достоинствами данной среды является то, что она поддерживает многие семейства микроконтроллеров AVR, имеет достаточно удобный интерфейс, формирует продуктивный и емкий программный код.

CodeVisionAVR записывает созданную программу непосредственно в память микроконтроллера. Модуль прошивки способен взаимодействовать напрямую со программаторами (AVR, PIC, STM8, HC68, STK200/300 и другие).

Среда также позволяет работать с несколькими проектами одновременно, регулировать время автоматического сохранения результатов, есть возможность размещать закладки.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 57 |

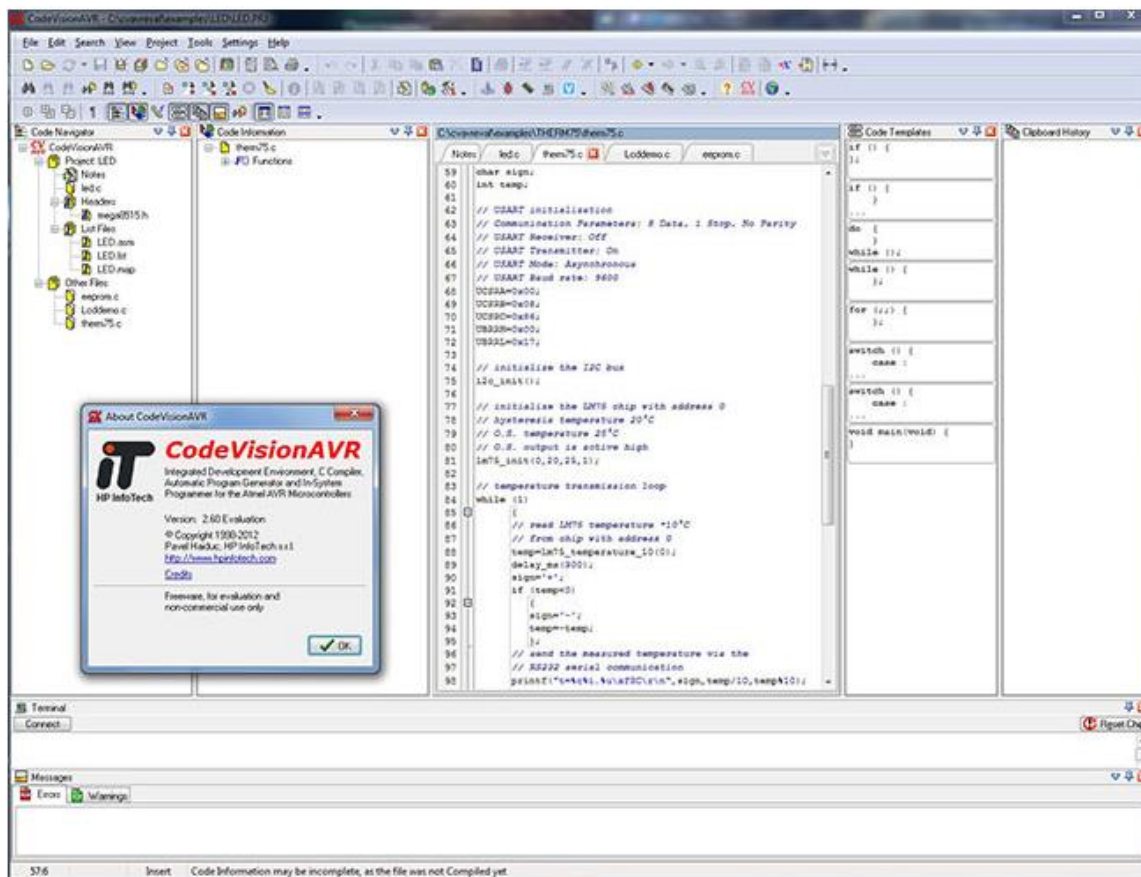


Рисунок 16 – Рабочее окно CodeVisionAVR

Основными модули CodeVisionAVR :

- трансляторы программ, которые используют язык СИ или ассемблер, и преобразуют в машинный код (форматы hex и др.) для CodeVisionAVR
- элементы для инициализации периферийных устройств;
- модуль для работы с платой отладки STK-500;
- компоненты взаимодействия с внешними программаторами;
- редактор первоначального кода;
- терминальный модуль.

Результат работы в CodeVisionAVR представляется в виде HEX, ROM или BIN-файла для прямой прошивки микроконтроллера. Также программа может быть передана в формате COFF (файл отладчика) или OBJ. Число встроенных библиотек CodeVisionAVR увеличивается с каждой новой версией и включает в себя поддержку продукции от таких известных производителей как National Semiconductor, Philips и многих других.

CodeVisionAVR отличается от AVR – GCC синтаксисом, количеством поддерживаемых микроконтроллеров и быстродействием конечного кода.

Другим программным пакетом, используемым в данной работе является Visual Micro Lab.

Visual Micro Lab (VMLAB) – это программный пакет, рассчитанный для отладки программного обеспечения, а также моделирования работы радиоэлектронных устройств, например, AVR микроконтроллеры. VMLAB называют виртуальной лабораторией или эмулятором. Visual Micro Lab достаточно легко связывается с ассемблерными и СИ компиляторами, от которых выгодно отличается наличием:

- мощного многооконного текстового редактора;
- удобного отладчика;
- смешанного режима аналогово-цифрового моделирования;
- добротный контроля кода.

Программный пакет позволяет вам создавать разработки проектов на микроконтроллерах, в которых аппаратные средства и программное обеспечение вашего проекта моделируются вместе, что позволяет без единой пайки проверить работоспособность разрабатываемого устройства. Visual Micro Lab также решает проблемы по поиску ошибок в программном коде. Исходным файлом для VMLAB является непосредственно hex файл прошивки (возможно подключение файла ассемблера *.asm). Эмулятор позволяет использовать для проверки осциллограф, работать с светодиодами, изменять программно температуру в системе, частоту кристалла, и также параллельно наблюдать влияние всего этого на другие параметры (например, ток потребления), наблюдать что происходит в памяти EEPROM, следить за значением регистров периферийных устройств микроконтроллера.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 59 |

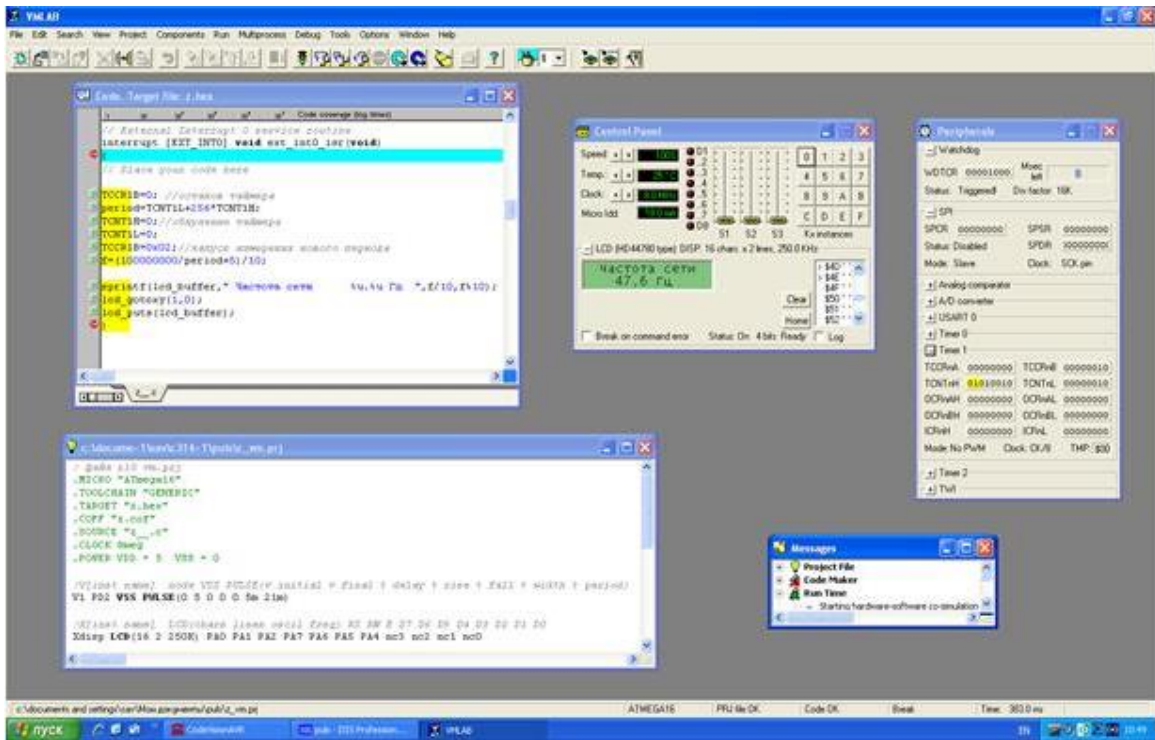


Рисунок 17 – Рабочее окно VMLAB

6.2 Моделирование системы в программной среде

Программа должна служить моделью микропроцессорной системы, иметь возможность задавать входные данные, соответствующие входным данным разрабатываемой микропроцессорной системы:

1. Выбранный режим работы
2. Текущая температура в теплице
3. Текущая влажность в теплице

Программа должна иметь возможность установки температуры и влажности.

Выходные данные моделирующей программы должны соответствовать выходным данным микропроцессорной системы:

1. Сигналы для исполнительных устройств.
2. Индикация температуры и режима работы.

Моделирование производится в среде Delphi7, поскольку она имеет удобные инструменты для создания и работы с окнами, стандартный системный таймер, средства для индикации и управления, а также проста в программировании.

При запуске программы требуется выбрать установленный режим и нажать кнопку «включение». В графах «ручное задание температуры» и «ручное задание влажности» нужно задать соответственно температуру и влажность. В верхней части отображаются текущая температура и выбранный режим. В графе «визуализация действий системы» отображается реакция системы на изменение параметров среды.

Листинг программы представлен в «Листинг Б.2». Основные операции осуществляются в процедуре Timer1 и позволяют циклически опрашивать датчики температуры и влажности и принимать решения о включении или выключении исполнительных устройств.

С целью анализа работоспособности системы приведем некоторые варианты параметров:

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 61 |

1) Режим – 1, температура – 14, влажность – 40. Реакция системы на эти входные параметры приведена на рисунке 18.

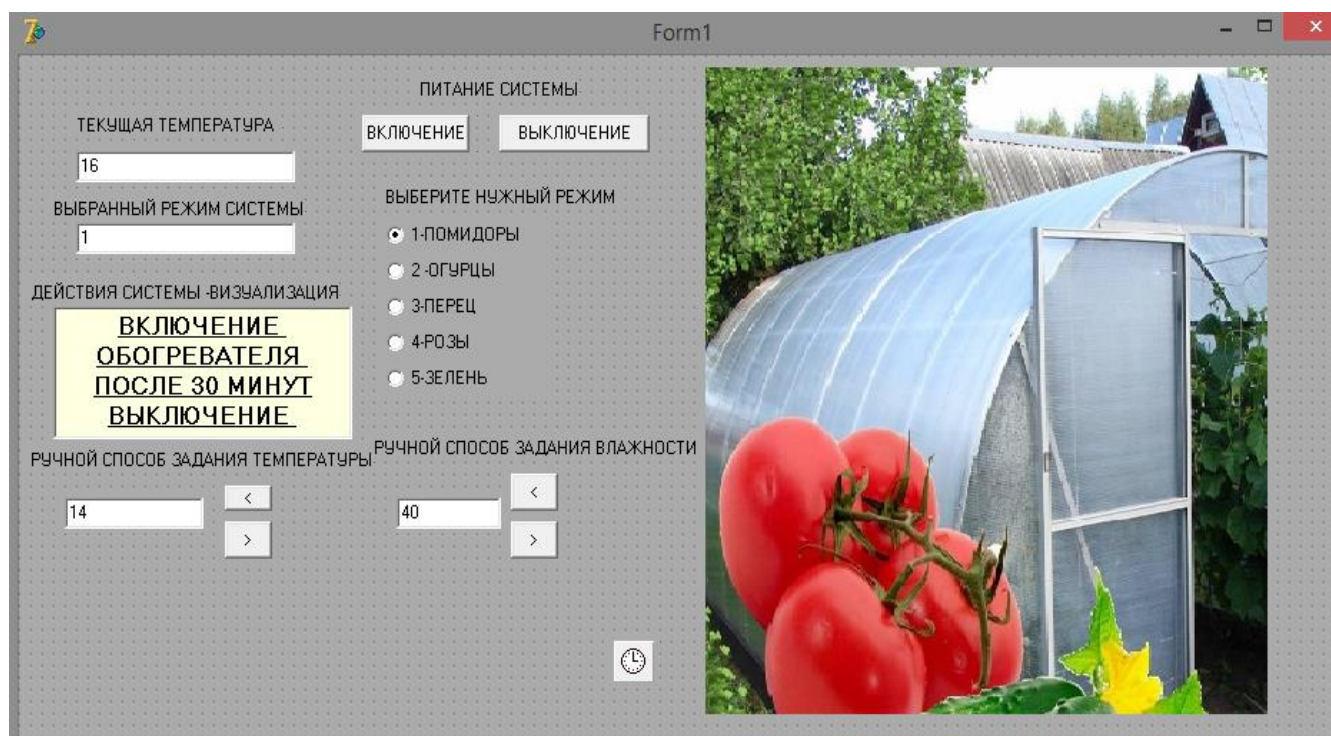


Рисунок 18 – Анализ работы системы

2) Режим – 2, температура – 35, влажность – 34.

Реакция системы на эти входные параметры приведена на рисунке 19.

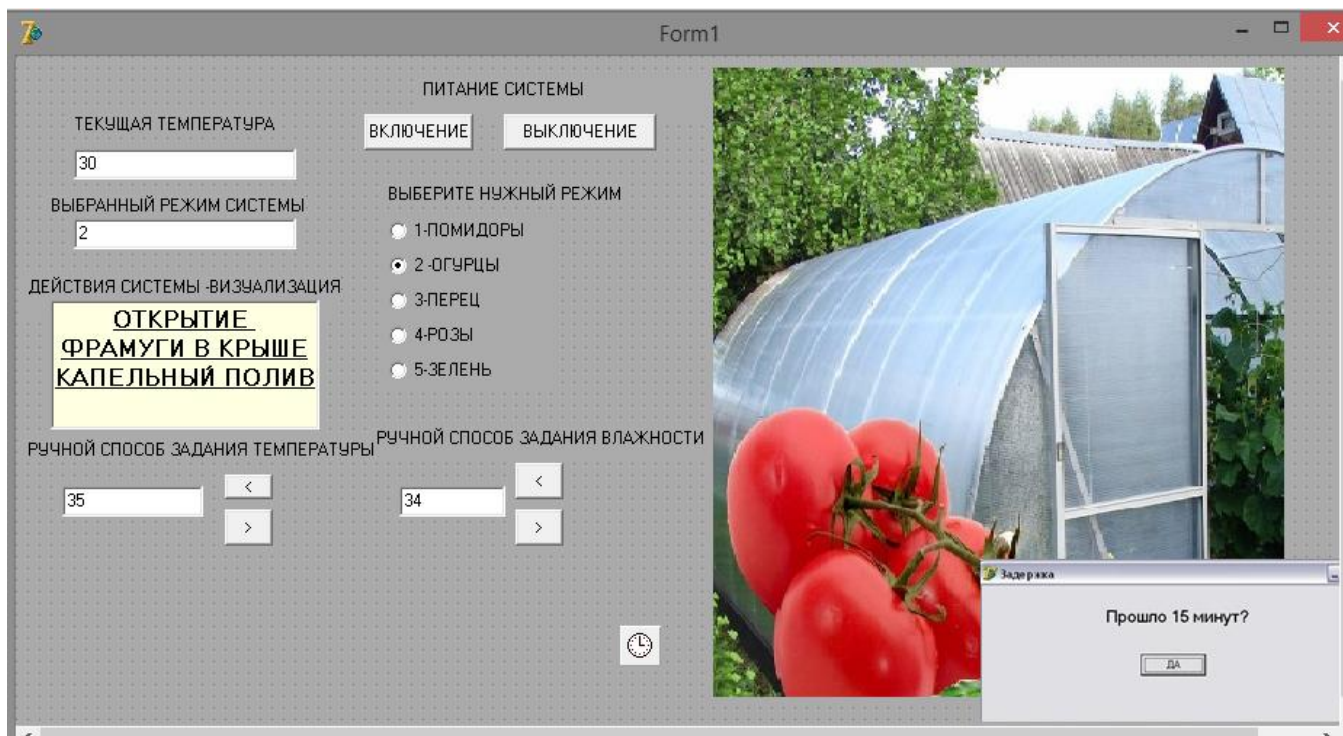


Рисунок 19 – Анализ работы системы

| | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |

27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР

Лист

63

3) Режим – 5, температура – 33, влажность – 40. Реакция системы на эти входные параметры приведена на рисунке 20.

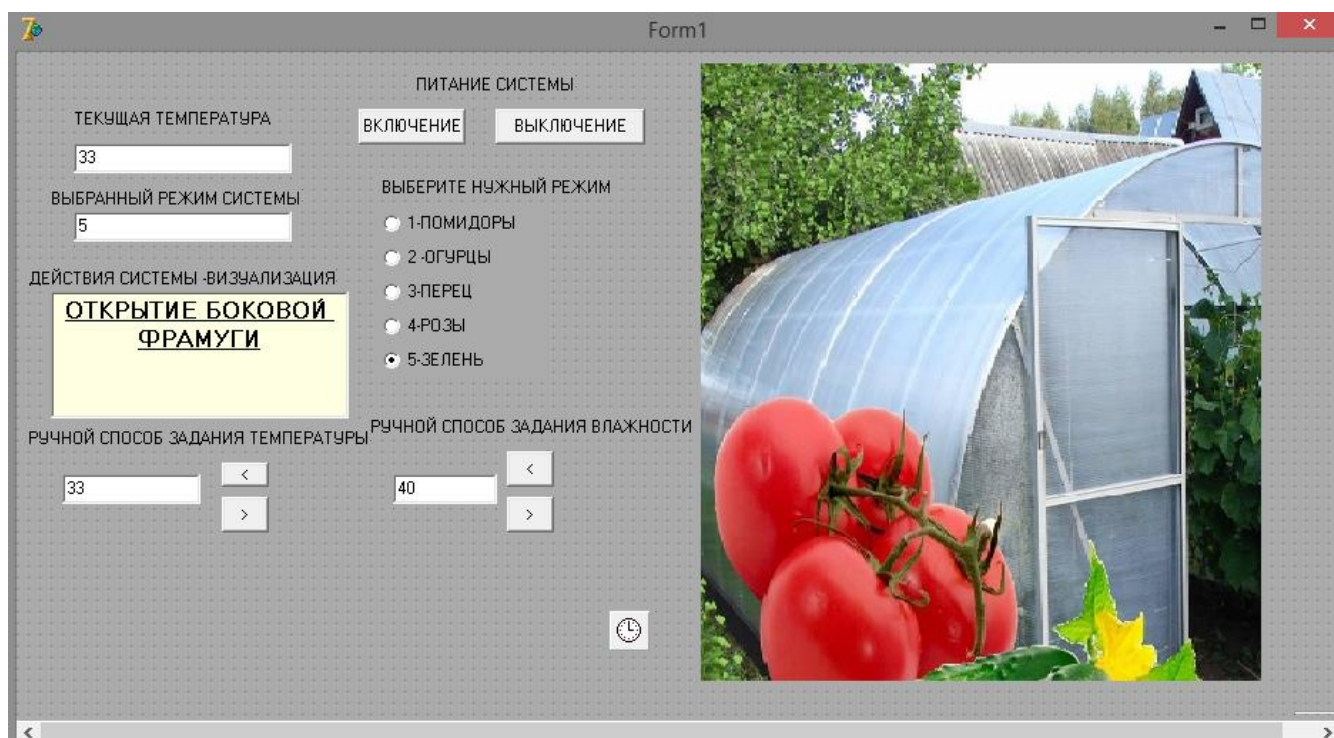


Рисунок 20 – Анализ работы системы

6.3 Листинг программы для микроконтроллера

Программу для микроконтроллера пишем на языке C, поскольку данная программа является более простой в написании, наглядной и не требует специальных знаний ассемблера и особенностей данного микроконтроллера. Программировать будем в CodeVisionAVR. Данная специально создана для работы с микроконтроллерами AVR, существуют библиотеки для всех микроконтроллеров (включая Atmega8535) и инструмент начального создания кода. Используя этот инструмент, можно настраивать порты ввода/вывода, работу по интерфейсу I2C, таймер и АЦП преобразователь.

Листинг программы для микроконтроллера представлен в приложении «Листинг Б.1».

Четыре стандартные процедуры: *main*, *read_adc*, *ds1621_temperature_10(0)*, *timer0_ovf_isr*.

- *read_adc* – считывание данных с датчика влажности, поддерживание связи с АЦП.
- *ds1621_temperature_10(0)* – обмен с датчиком ds1621 по интерфейсу i2c.
- *timer0_ovf_isr* – прерывание таймера по переполнению. Дает возможность отображать режим и температуру на семисегментных индикаторах так, чтобы не возникло мерцаний и пропаданий цифр с индикатора.
- *main* – главная процедура, в которую входят пользовательские процедуры:
- *zapolnen* – процедура, которая осуществляет запоминание критических параметров по выбранному режиму.
- *indikac, otobrag_chifr* – отображение цифр (данных) на семисегментных индикаторах, подача на выходы А–G и транзисторные ключи соответствующие сигналы.

В таблице 17 представлены коды для отображения цифр (данных) и знака «-»:

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 65 |

Таблица 17 – Коды для отображения цифр и знака минус «-»

| | d0 | d1 | d2 | d3 | d4 | d5 | d6 | код |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|------------|
| Цифра «1» | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0b00000110 |
| Цифра «2» | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0b01011011 |
| Цифра «3» | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0b01001111 |
| Цифра «4» | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0b01100110 |
| Цифра «5» | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0b01101101 |
| Цифра «6» | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0b01111101 |
| Цифра «7» | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0b00000111 |
| Цифра «8» | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0b01111111 |
| Цифра «9» | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0b01101111 |
| Цифра «0» | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0x00111111 |
| Минус «-» | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0x01000000 |
| | A | B | C | D | E | F | G | |

6.4 Симуляция процесса работы микроконтроллера.

Для подтверждения правильности работы нашей схемы и получения временных диаграмм работы системы требуется проведение симуляции работы микроконтроллера. Используем программу VMLAB, предназначенную для симуляции работы микропроцессоров AVR. Можно использовать программное обеспечение, написанное ранее на CodeVisionAVR, добавив один файл (« Листинг Б.3»), описывающий электрическую схему системы для симуляции. Получаем временные диаграммы реакции системы на пониженную и повышенную температуры (рисунок 21, 22).

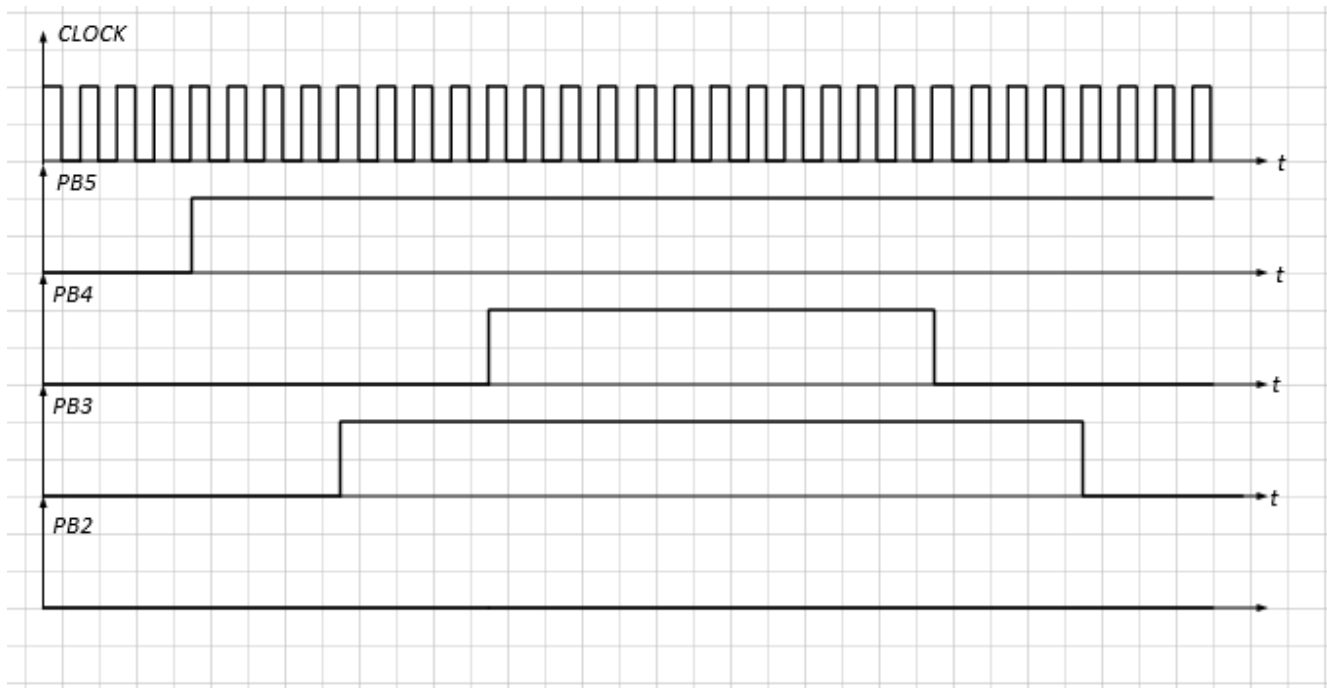


Рисунок 21 – Реакция системы на повышенную температуру

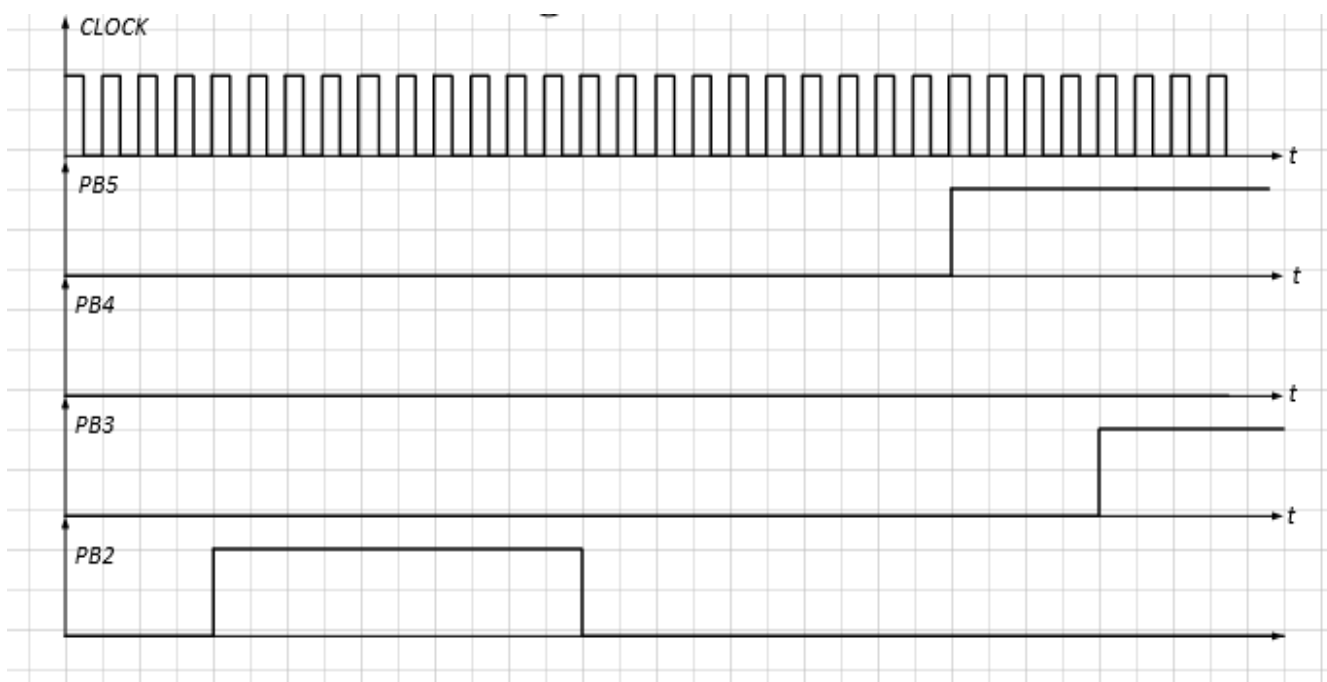


Рисунок 22 – Реакция системы на пониженную температуру

| | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |

27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная микропроцессорная система управления микроклиматом в теплице соответствует поставленным требованиям полностью. Осуществляются мониторинг и индикация температуры и влажности соответственно выбранному режиму работы, осуществляется управление фрамугами, капельным поливом и нагревателем.

Результаты моделирования на персональном компьютере продемонстрировали, что разработанная микропроцессорная система функционирует верно и выполняет задачи, которые на нее были возложены

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 68 |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 База патентов – <http://ru-patent.info>.
- 2 Тигранян, Р.Э. Микроклимат. Электронные системы обеспечения. – ИП. Радиософт, 2005г.
- 3 Баранов, В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. – М.Ж Издательский дом «Додэка XXI», 2004г.
- 4 Микушин, А.В. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие / А.В. Микушин, А.М. Сажнев, В.И. Сединин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 832 с.
- 5 Аппаратные и программные средства систем: учеб. пособие/ А.О. Ключев, Д.Р. Ковязин, П.В. Кустарев, А.Е. Платунов. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 290 с.
- 6 Кузьминов, А.Ю. Интерфейс I2C. Связь между компьютером и микроконтроллером / А.Ю. Кузьминов. – М.: Радио и связь, 2004. – 168 с.
- 7 Новиков, Ю.В. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие/ Ю.В. Новиков, П.К. Скоробогатов. – 4-е изд., испр. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; Бинوم. Лаборатория знаний, 2009. – 357 с.
- 8 Справочник по схемотехнике для радиолюбителя/ В.П. Боровский, В.И. Костенко, В.М. Михайленко, О.Н. Партала; под ред. В.П. Боровского – Киев: Техника, 1987. – 432 с.
- 9 Модуль интерфейсов модернизированный – http://kuwalda.fixmag.ru/tools/id_1000150267.html.
- 10 Коваленко, Ю.П. Автоматизированная система диспетчерского управления энергохозяйством предприятия/ Ю.П. Коваленко, 2003. – 9 с.
- 11 Мортон, Д. Микроконтроллеры AVR: ввод. курс: пер. с англ. / Д. Мортон. – М.: ДОДЭКА-21, 2006г.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 69 |

12 Программирование микроконтроллеров ATmega8535: методические указания к выполнению лабораторных работ / Р.З. Хусаинов, В.Б. Садов, Д.Н. Тагиров, А.А. Бунаков. – Челябинск, Изд-во ЮУрГУ, 2007г.

13 Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL / А.В. Евстифеев. – М.: издательский дом «ДОДЭКА-XXI», 2004г.

14 Трамперт, В. AVR-RISC микроконтроллеры: архитектура, аппаратные ресурсы, система команд, программирование, применение / В. Трамперт; пер. с нем. В.П. Репало и др. – Киев: МК-Пресс, 2006г.

15 Микроконтроллер ATmega 8535 – <http://html.alldatasheet.com/html-pdf/164169/ATMEL/ATMEGA8535/153/1/ATMEGA8535.html>.

16 Техническая документация – <https://datasheet.octopart.com/BT149D-Philips-datasheet-125717.pdf>.

17 Гребнев, В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel. – М.: ИП РадиоСофт, 2002г. – 176с.

18 Стабилизатор напряжения – <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/3067/MOTOROLA/LM340AT-5.0.html>.

19 Таблица температур и влажности – <http://www.teplitsa-urojaj.ru/rasta/ogurtsy> (дата обращения: 01.01.2018).

20 Выращивание культур в теплицах – <http://www.zooclub.ru/flora/green/14.shtml>.

21 Программное обеспечение для микроконтроллера – <http://www.chip-dip.ru/product0/874599444.aspx> (дата обращения: 13.02.2018).

22 Сопряжение компьютеров с внешними устройствами – <http://www.pcports.ru/articles/avr4.php>.

23 Микроконтроллеры фирмы Microchip – <http://www.gaw.ru>.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 70 |

24 Мотор редуктор IG-32pgm – <http://redmeh.ru/catalog/malogabaritnye-motor-reduktory-12-24v/motor-reduktory-shayang-ye-industrial/motor-reduktor-ig-32pgm-01-02-41-42-type>.

25 Кнопочный переключатель – <http://www.platan.ru/shop/part/MPS-800-G.html><http://chtz-uraltrac.ru/articles/categories/163.php>.

26 Коваленко, Ю.П. Система управления температурой / Ю.П. Коваленко, 2003г. – 9 с.

27 Автоматизированные системы управления микроклиматом: монография/ под ред. Л.А. Казанцева. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, издатель Т. Лурье, 2010г. – 228 с.

28 Баселаев, А. А. Автоматизированный энергоменеджмент тепличного комплекса / А.А. Баселаев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015г.

29 CodeVisionAVR – <http://cxem.net/software/codevisionavr.php>.

30 Михеев, В.А. Автоматизация процессов ОМД: электронное учебное пособие/ В. А. Михеев; Минобрнауки России – Самара, 2012. – 167 с.

31 Шандров Б.В. Технические средства автоматизации. Стандарт ISO 50001: учебное пособие / СПбГТУРП. СПб., 2013. – 36 с.

32 Втюрин Ю. П., Копцев Л. А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Основы АСУ ТП. – учебное пособие, 2010. – № 10. – С. 5–9.

33 Сенько В.В. Автоматизированные системы управления : учеб. пособие / В.В. Сенько. – Изд. 2-е. – Тольятти: ТГУ, 2011. – 48 с.

34 Правила установки стабилизаторов – <http://dokipedia.ru/document/1724750>.

35 Программа VMLab – <http://cxem.net/software/vmlab.php>.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 71 |

36 АСУ управления микроклиматом промышленных предприятий – <http://www.kemaskue.narod.ru/askue.html>.

37 О комплексе технических средств «Фито» – <http://www.energocontrol.ru>.

38 ПО Delphi7 – <http://www.studfiles.ru/preview/485095>.

39 Программирование микроконтроллеров – <http://easyelectronics.ru/avr-uchebnyj-kurs-programmirovanie-na-si-chast-1.html> (дата обращения: 18.04.2018).

40 Устройство – датчик температуры – <http://www.joyta.ru/3564-datchik-temperature-ds1621> (дата обращения: 23.04.2018).

41 Модуль интерфейсов I2C модернизированный – http://kuwalda.fixmag.ru/tools/id_1000150267.html.

42 Гуртовцев А.Л. О происхождении и значении термина “АСУ”, “Автоматизация в промышленности”/ А.Л. Гуртовцев. - 2003, №8.

43 Руководство по эксплуатации “Многофункциональный микропроцессорный счетчик электрической энергии типа ЕвроАЛЬФА ДЯИМ 411152.003 – 12 РЭ”, М: 2002 - 59 с.

44 СТО ЮУрГУ 21–2008 Стандарт организации. Система управления качеством образовательных процессов. Курсовая и выпускная квалификационная работа/Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, А.Е. Шевелев, Е.В. Шевелева. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 55 с.

45 Казаринов Л.С. Системы. Управление и познание: аналитические очерки/ Л.С. Казаринов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 496с.

46 ГОСТ 2.710–1981. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. – М. Изд-во стандартов, 1981. – 15 с.

47 ГОСТ 2.721–1974. ЕСКД. Обозначения общего применения. – М. Изд-во стандартов, 1974. – 23 с.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 72 |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | | | | | |

48 ГОСТ Р МЭК 870-5-1-95. Издание. Устройства и системы телемеханики. Протоколы передачи. Форматы передаваемых кадров. – М: Госстандарт России, 1995. – 39 с.

49 ГОСТ Р МЭК 870-5-2-95. Издание. Устройства и системы телемеханики. Протоколы передачи. Процедуры в каналах передачи. – М: Госстандарт России, 1995. – 49 с.

50 О комплексе технических средств «Агротех» – <http://www.energocontrol.ru>.

51 Понижающие трансформаторы «Штиль» – <http://www.ruselectric.ru/info/shop/transformatori/2084>.

52 Программирование микроконтроллеров AVR – <http://easyelectronics.ru/avr-uchebnyj-kurs-programmirovanie-na-si-chast-3.html>.

53 Устройство – датчик влажности – <http://www.joyta.ru/3564-datchik-vlagnosti-hh4000>.

54 Модуль интерфейсов для микроконтроллеров – http://mikro.fixmag.ru/tools/id_1000150267.html.

55 Ежевский, А. А., Черноиванов В. И., Федоренко В. Ф. – Современное состояние и тенденции развития сельскохозяйственной техники. – научно-аналитический обзор: (по материалам Международной выставки «SIMA- 2005»). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005г. – 222 с.

56 Егоров, Е. В. – О промышленных сетях – без формул и диаграмм // Автоматизация в промышленности. 2003г.

57 Катков, А. Ю., Ползунов И. В., Петрянин Д. Л. – Проблемы построения систем управления микроклиматом теплиц // Труды семинара Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2014г. С. 460–463.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| | | | | | | 73 |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | |

58 ГОСТ 2.723–1968. ЕСКД. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы, магнитные усилители. – М. Изд-во стандартов, 1968. – 48 с.

59 ГОСТ 2.727–1968. ЕСКД. Разрядники и предохранители. – М. Изд-во стандартов, 1968. – 15 с.

60 ГОСТ 2.730–1973. ЕСКД. Полупроводниковые приборы. – М. Изд-во стандартов, 1973. – 12 с.

61 ГОСТ 2.735–1968. ЕСКД. Антенны и радиостанции. – М. Изд-во стандартов, 1968. – 36 с
62 ГОСТ Р МЭК 870-5-2-95. Издание. Устройства и системы телемеханики. Протоколы передачи. Процедуры в каналах передачи. – М: Госстандарт России, 1995. – 49 с.

62 ГОСТ 2.745–1968. ЕСКД. Электронагреватели. Устройства и установки электротермические. – М. Изд-во стандартов, 1968. – 42 с.

63 ГОСТ 2.755–1987. ЕСКД. Устройства коммутационные и контактные соединения. – М. Изд-во стандартов, 1987. – 53 с.

64 ГОСТ 2.759–1982. ЕСКД. Элементы аналоговой техники. – М. Изд-во стандартов, 1982. – 23 с.

65 ГОСТ 2.764–1986. ЕСКД. Интегральные оптоэлектронные элементы индикации. – М. Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.

66 Кацман, М. М. Электрические машины и трансформаторы. Учебник для техникумов для электротехнических и энергетических специальностей. / М.М. Кацман. - Москва; «Высшая школа», 1971. - 416с.
67 ГОСТ Р МЭК 870-5-1-95. Издание. Устройства и системы телемеханики. Протоколы передачи. Форматы передаваемых кадров. – М: Госстандарт России, 1995. – 39 с.

68 Кислицын, А.Л. Трансформаторы: Учебное пособие по курсу «Электромеханика» / А.Л. Кислицын - Ульяновск: УлГТУ, 2001. — 76 с.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| | | | | | | 74 |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | |

69 Кузьминов, А.Ю. Интерфейс RS485. Связь между компьютером и микроконтроллером / А.Ю. Кузьминов. – М.: Радио и связь, 2004. – 168 с.

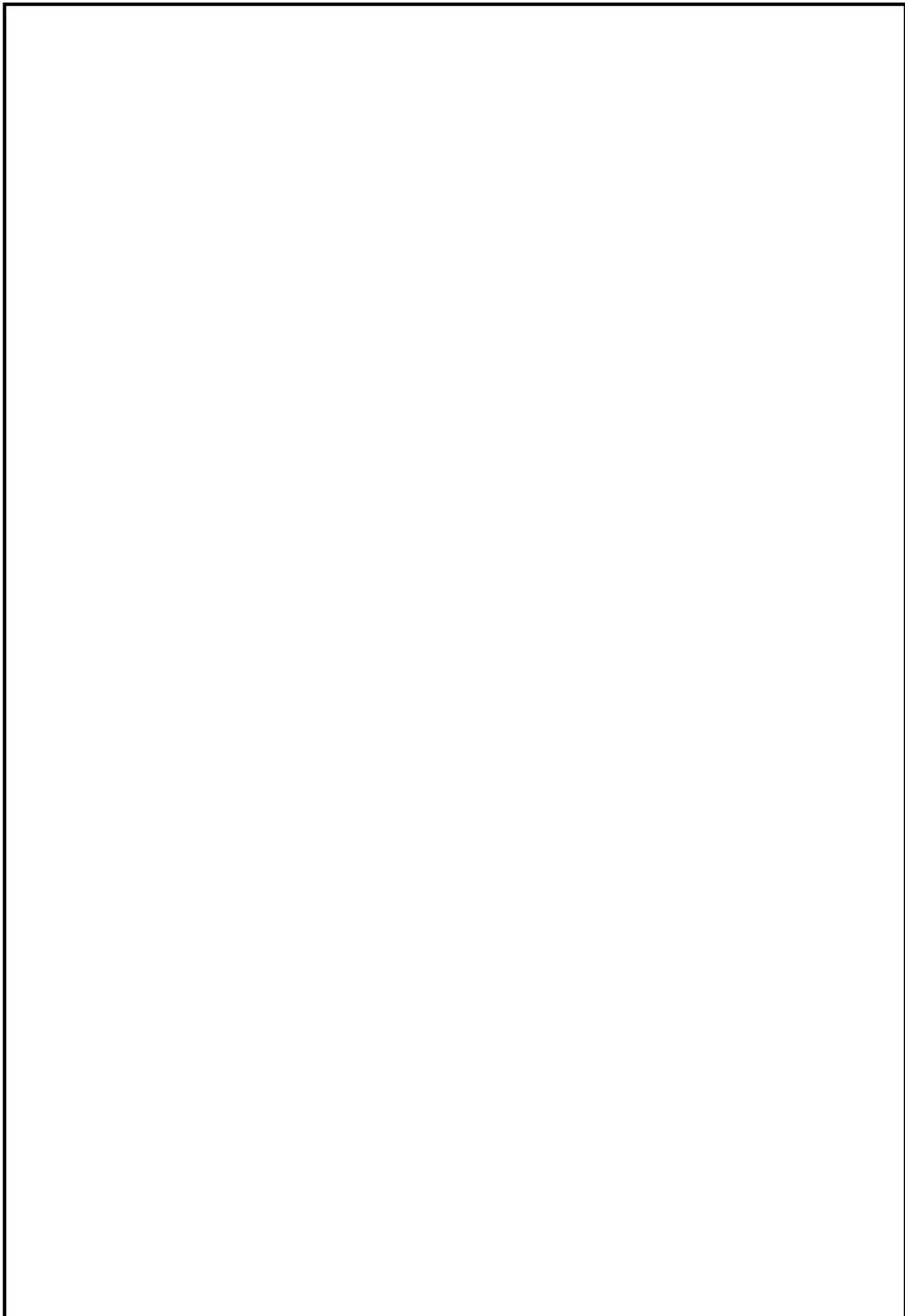
70 Микросхема 2011ВВ034. –
http://ic.milandr.ru/products/interfeysnye_mikroskhemy/2011vv034/.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 75 |

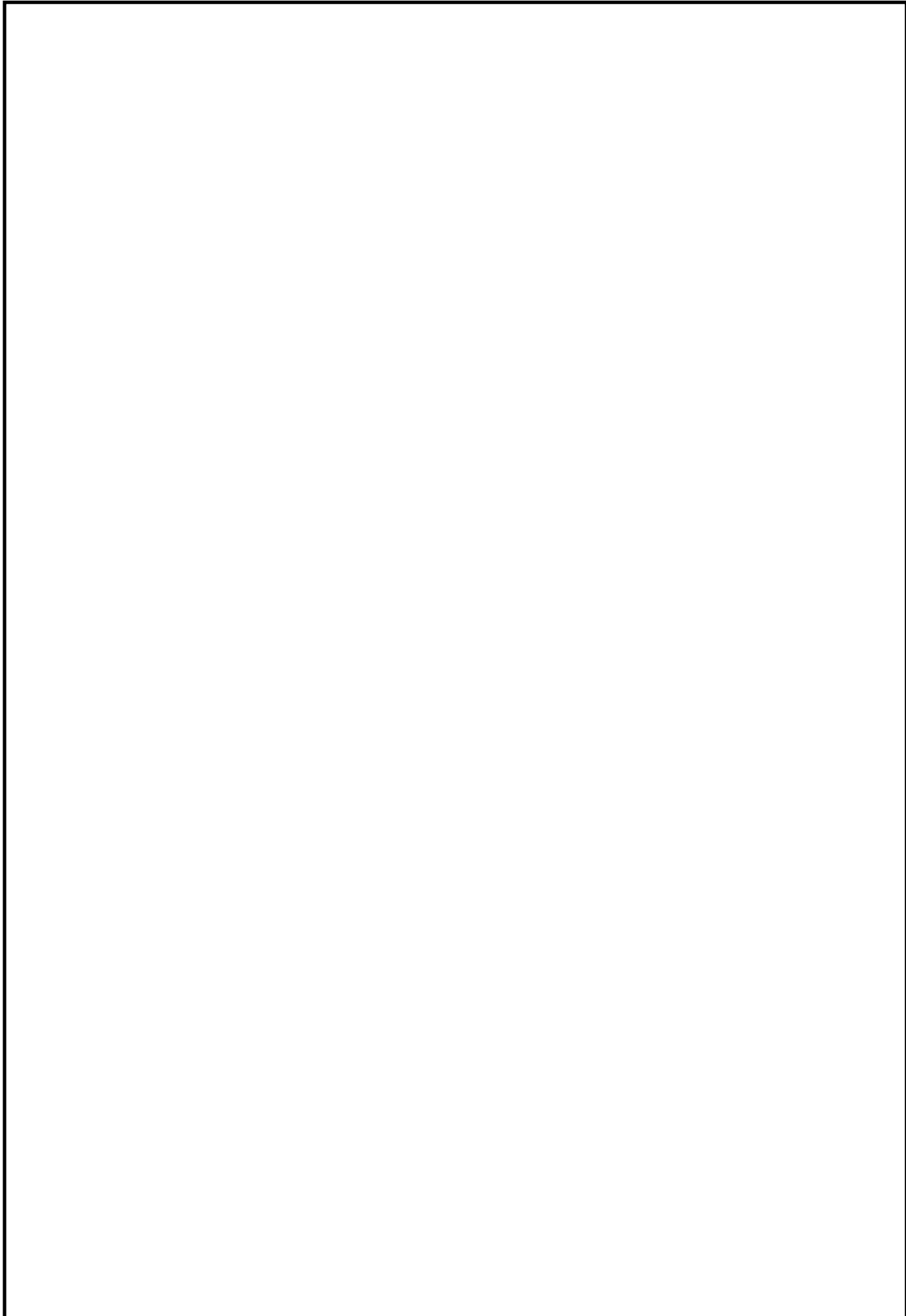
ПРИЛОЖЕНИЕ А

В приложении Б –ЛИСТИНГИ, ВНИЗУ

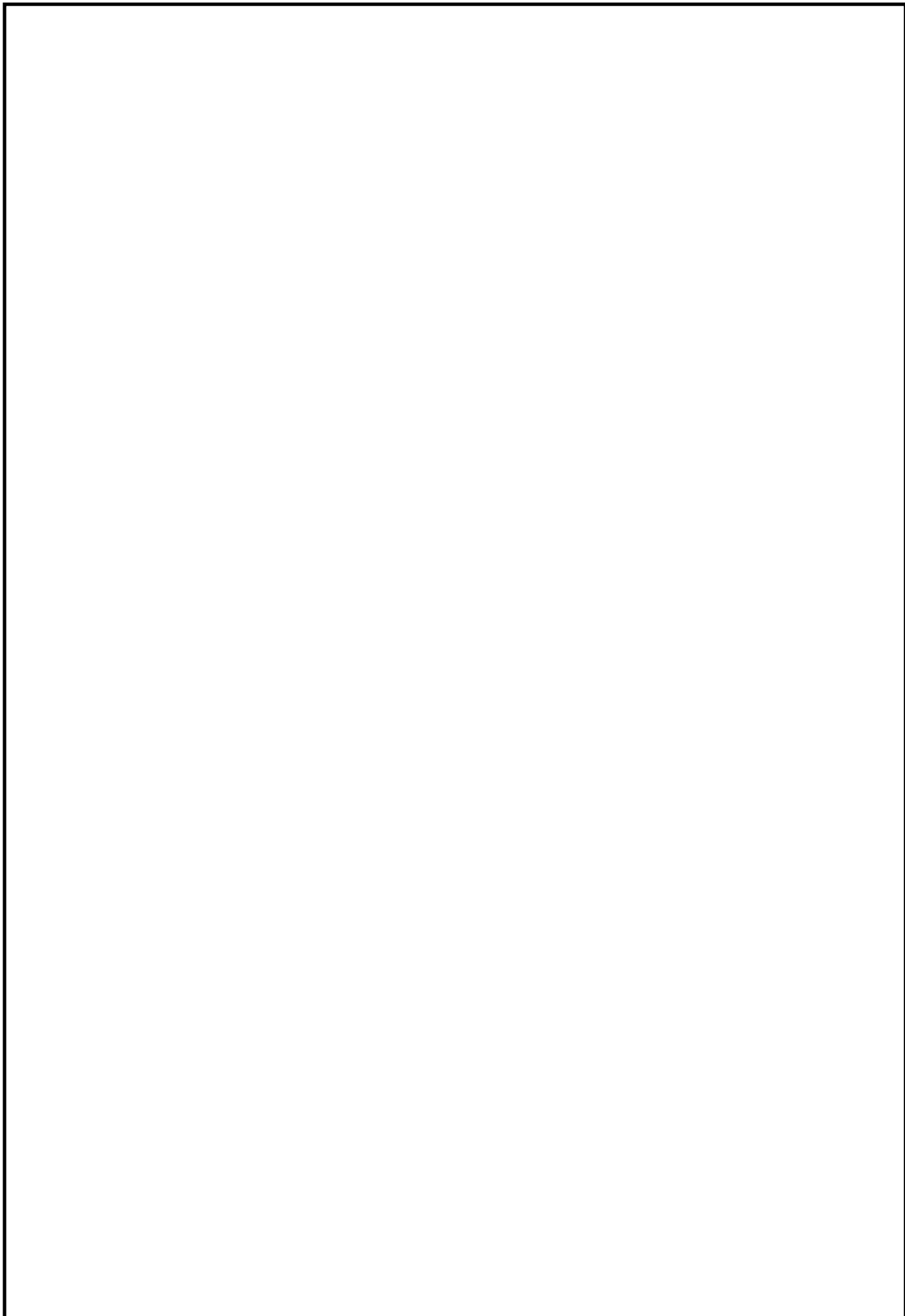
| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| | | | | | | 76 |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | |



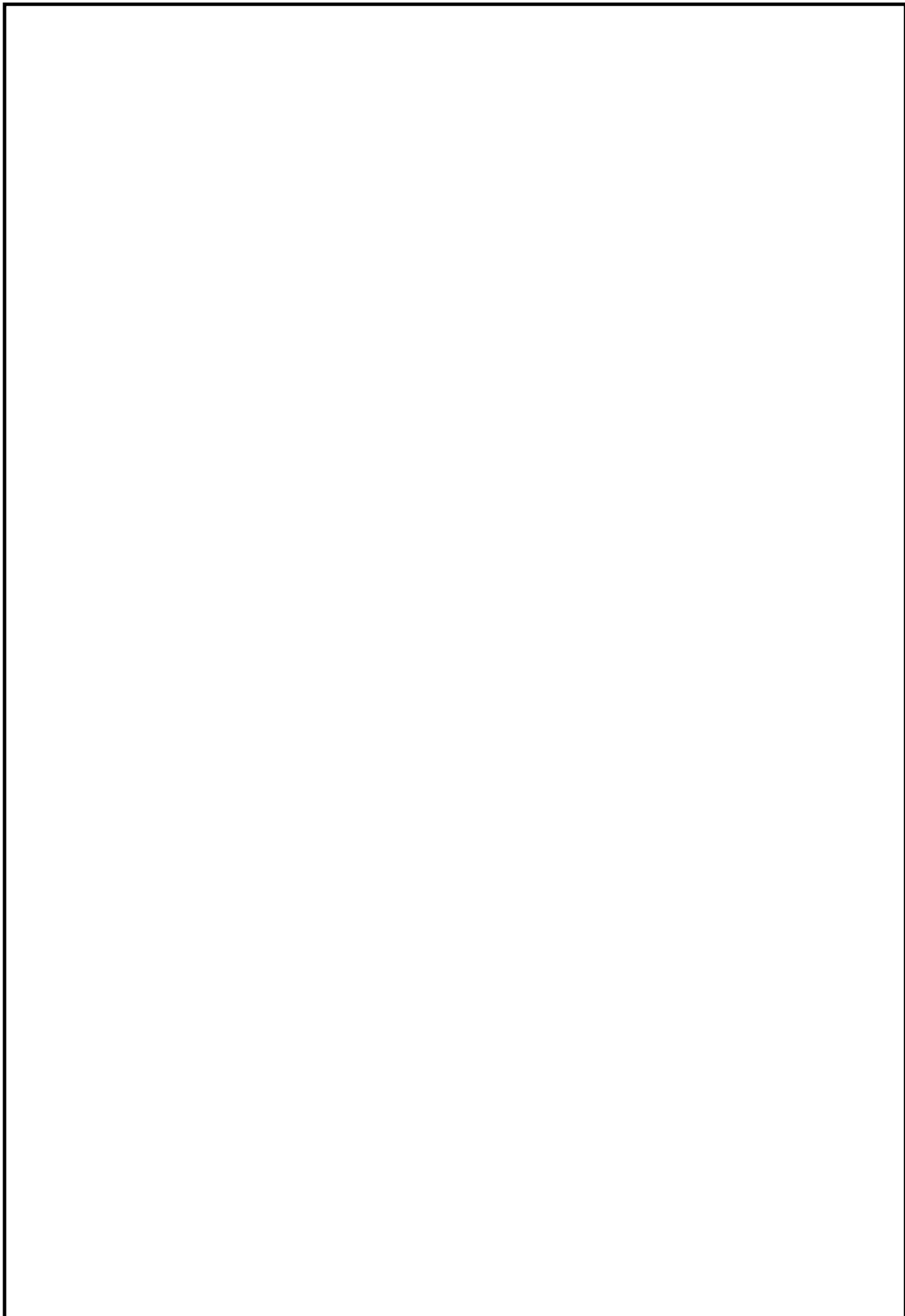
| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 77 |



| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| | | | | | | 78 |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | |



| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 79 |



| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 80 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Листинг Б.1 – Программа прошивки для микроконтроллера CodeVisioAVR

```
Chip type           : Atmega8535
Program type        : Application
AVR Core Clock frequency: 1,000000 MHz
Memory model        : Small
External RAM size   : 0
Data Stack size     : 128
GM
#include <mega8535.h>
#include <delay.h>

// I2C Bus functions -инициализация I2C модуля
// вставка ассемблеровского кода

#asm
    .equ __i2c_port=0x15 ;PORTC
    .equ __sda_bit=1
    .equ __scl_bit=0
#endasm

#include <i2c.h>
// объявление глобальных переменных
int temp_v, t_max, t_min, buf;
int i;
unsigned char w, w_max, w_min;
unsigned char rezim, pr;

// DS1621 Thermometer/Thermostat functions
#include <ds1621.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x20

// отображение цифры
void otobrag_chifr(int buf)
{
    switch (buf)
    {
        case 0:PORTD = 0b00111111;
        case 1:PORTD = 0b00000110;
        case 2:PORTD = 0b01011011;
        case 3:PORTD = 0b01001111;
        case 4:PORTD = 0b01100110;
        case 5:PORTD = 0b01101101;
        case 6:PORTD = 0b01111101;
        case 7:PORTD = 0b00000111;
        case 8:PORTD = 0b01111111;
        case 9:PORTD = 0b01101111;
    }
}
```

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 81 |

```

}

// процедура индикации температуры и режима
void indikas(void)
{
    // отображение температуры
    // отображение знака
    if (temp_v<0)
    {
        PORTB.1=1;
        PORTD=1;
    }
    else
    {
        PORTB.1=0;
    }

    delay_us(10);
    PORTB.1=0;

    // отображение младшей цифры
    buf = temp_v %10;
    otobrag_chifr(buf);
    PORTB.7=1;
    delay_us(10);
    PORTB.7=0;
    // вывод старшей цифры
    buf = temp_v %100;
    otobrag_chifr(buf);
    PORTB.6=1;
    delay_us(10);
    PORTB.6=0;

    // отображение младшей цифры влажности
    buf = w %10;
    otobrag_chifr(buf);
    PORTD.7=1;
    delay_us(10);
    PORTD.7=0;

    // вывод старшей цифры влажности
    buf = w /10;
    otobrag_chifr(buf);
    PORTA.7=1;
    delay_us(10);
    PORTA.7=0;
}

// выполнение задержки и поддержание индикации
// minut - количество времени по 15 минут
void delay_my(unsigned char minut)
{

```

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 82 |

```

unsigned char j;
for (j=1; j<=minut; j++)
{
for (i=1; i<=10000; i++)
    {
        delay_ms(20);
        indikac();
    }
}

//считывание с АЦП
unsigned char read_adc (unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
// Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)== 0);
    ADCSRA|=0x10;
return ADCH;
}

// заполнение значений max и min влажности и температуры
void zapolnen(unsigned char rezim)
{
switch(rezim)
    {
    case 1:
        t_max=22;
        t_min=16;
        w_max=60;
        w_min=30;
        pr=1;
        break;
    case 2:
        t_max =23;
        t_min=19;
        w_max =80;
        w_min=60;
        break;
    case 3:
        t_max =21;
        t_min=18;
        w_max =65;
        w_min=35;
        pr=1;
        break;
    case 4:
        t_max =24;

```

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 83 |

```

        t_min=21;
        w_max =90;
        w_min=70;
        break;
        case 5:
        t_max =31;
        t_min=22;
        w_max =63;
        w_min=38;
        break;
        default: break;
    }
}
// функция работы с термодатчиком
void izm_temp(int temp_v)
{
    // считывается температура
    ds1621_start(0);
    temp_v=ds1621_temperature_10(0);
    // датчик температуры переводится в режим пониженного
    энергопотребления
    ds1621_stop(0);
    // сравниваем с нормой
    if (temp_v>t_max)
    { //охлаждение теплицы
        if (PINB.5==0)
        { PORTB.5=1;
        }
        else if (PINB.3==0)
        { PORTB.3=1;
        }
        else
        {
            if (rezim==1)
            { PORTB.4=1;
            }
            if (rezim==5)
            { PORTB.4=1;
            }
        }
    }
    if (temp_v<t_min){ // нагревание теплицы
        if (PINB.4==1)
        { PORTB.4=0;
        }
        else if (PINB.3==1)
        { PORTB.3=0;
        }
        else if (PINB.5==1)
        { PORTB.5=0;
        }
        else

```

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 84 |


```

{
    PINB.2=1;
    delay_my(2); // задержка 30 минут

}
}
}

// прерывание таймера по переполнению
interrupt [TIMO_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
    indikas();
}

void main(void)
{
    // инициализация портов
    // Port A initialization
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x20;
    // Port B initialization
    PORTB=0x00;
    DDRB=0xFF;
    // Port C initialization
    PORTC=0x00;
    DDRC=0x00;
    // Port D
    PORTD=0x00;
    DDRD=0xFF;

    // инициализация таймера 0; частота работы 15,625 КГц
    TCCR0=0x03;
    TCNT0=0x00;
    OCR0=0x00;

    // Analog Comparator initialization
    // Analog Comparator: Off
    // Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
    ACSR=0x80;
    SFIOR=0x00;
    // ADC initialization
    // ADC Clock frequency: 500,000 kHz
    // ADC Voltage Reference: AREF pin
    // ADC High Speed Mode: Off
    // ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
    // Only the 8 most significant bits of
    // the AD conversion result are used
    ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
    ADCSRA=0x81;
    SFIOR&=0xEF;

    // инициализация порта i2c
    i2c_init();
}

```

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 85 |

```

// инициализация температурного датчика
ds1621_init(1,0,0,0); // адрес температурного датчика 1
#asm(«sei»)
while (1)
{
    // проверяем нажатие клавиши выбора режима
    if (PINA.0==1)
    {
        rezim=1;
    }
    if (PINA.1==1)
    {
        rezim=2;
    }
    if (PINA.2==1)
    {
        rezim=3;
    }
    if (PINA.3==1)
    {
        rezim=4;
    }
    if (PINA.4==1)
    {
        rezim=5;
    }
    if (rezim!=0)
    {
        zapolnen(rezim);

        // если нет, считывается температура
        izm_temp(temp_v);

        // считывается влажность
        w=read_adc(5);
        if (w < w_min)
        {
            // полив помидоров и перцев
            if (pr==1)
            {
                while(w<w_max)
                {
                    PORTA.6=1;
                    for(i=1; i<=900; i++)
                        delay_ms(1000);
                    PORTA.6=0;
                    // считываем влажность
                    w=read_adc(5);
                }
            }

            else
            {
                PORTA.6=1;
                delay_my(1); // задержка 15 минут
                PORTA.6=0;
            }
        }
        // задержка 30 минут
        delay_my(2);
    }
}

```

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 86 |

Листинг Б.1 – «Моделирование в среде Delphi7»

```
unit amir1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics,
  Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, jpeg;
type

  TForm1 = class(TForm)
    GroupBox1: TGroupBox;
    RadioButton1: TRadioButton;
    RadioButton2: TRadioButton;
    RadioButton3: TRadioButton;
    RadioButton4: TRadioButton;
    RadioButton5: TRadioButton;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    GroupBox2: TGroupBox;
    Label4: TLabel;
    Memo1: Tmemo;
    Label5: TLabel;
    Edit3: TEdit;
    Timer1: Ttimer;
    Button3: Tbutton;
    Button4: Tbutton;
    GroupBox3: TgroupBox;
    Edit4: Tedit;
    Button5: Tbutton;
    Button6: Tbutton;
    door: Timage;
    FK_FK: Timage;
    obogr: Timage;
    FB_FB: Timage;
    poliv: Timage;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
```

```

    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;

var
    Form1: TForm1;
    t,tm,tn,w,wn,wm:extended;
    D,FB,FK,pr:88oolean;
    I,k:integer;
    g:int64;
    ot_dv,ot_kr,ot_bf,v_ob:88oolean;
implementation

uses Unit2, Unit3, Unit4, Unit5;
{$R *.dfm}
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
label st1;
begin

// начальная инициализация
D:=false;FB:=false;FK:=false;pr:=false;
// первоначальная инициализация
if RadioButton1.Checked=True then
    begin
        Edit2.Text:='1';
        tm:=22; tn:=17;D:=true; FB:=true;
        FK:=true;wn:=30;wm:=60;
    end;
if RadioButton2.Checked=True then
    begin
        Edit2.Text:='2';
        tm:=23; tn:=19;D:=true;
        FB:=false; FK:=true; wn:=60;
        wm:=80;
    end;
if RadioButton3.Checked=True then
    begin
        Edit2.Text:='3';
        tm:=21;tn:=18;D:=true; FB:=false;
        FK:=true;wn:=35;wm:=65;

```

```

        end;
if RadioButton4.Checked=True then
    begin
        Edit2.Text:='4';
        tm:=24; tn:=21; D:=true;
        FB:=false; FK:=true; wn:=70;
        wm:=90;
    end;
if RadioButton5.Checked=True then
    begin
        Edit2.Text:='5';
        tm:=31; tn:=22;D:=true;
        FB:=true; FK:=true;wn:=38;
        wm:=63;
    end;
ot_dv:=false;
ot_kr:=false;
ot_bf:=false;
v_ob:=false;
end;
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
    Form1.Close;
end;
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin

// считывание температуры
if Edit3.Text<>'' then
t:=StrToFloat(Edit3.Text) else Form3.Show;
Edit1.Text:=Edit3.Text;
if t<tn then if (FB=true) and (ot_bf=true) then
    begin
        Memo1.Text:='закрытие боковой фармуги';
        FB_FB.Visible:=False;
        ot_bf:=false;
    end
else
if (FK=true) and (ot_kr=true) then
    begin
        //Memo1.Text:='закрытие фармуги в крыше';
        FK_FK.Visible:=False;
        ot_kr:=false;
    end
else

```

```

if (D=true) and (ot_dv=true) then
begin
Memol.Text:='закрытие двери';
door.Visible:=false;
ot_dv:=false;
end
else
if v_ob=false then
begin
obogr.Visible:=true;
Memol.Text:='включение обогревателя';
v_ob:=true;
Form5.Show;
Memol.Lines.Add('после 30 минут');
Memol.Lines.Add('выключение обогревателя');
v_ob:=false;
end;

// проверка на превышение
if t>tm then if v_ob=true then begin memol.Text:='выключение
обогревателя'; v_ob:=false;end
else
if (D=true) and (ot_dv=false) then
begin
Memol.Text:='открытие дверей';
door.Visible:=true;
ot_dv:=true;
end
else if (FK=true) and (ot_kr=false) then
begin
Memol.Text:='открытие фрамуги в
крыше';
FK_FK.Visible:=true;
ot_kr:=true;
end
else if (FB=true) and (ot_bf=false) then
begin
Memol.Text:='открытие боковой
фрамуги';
FB_Fb.Visible:=true;
ot_bf:=true;
end;

// считывание с датчика влажности
if Edit4.Text<>' ' then

```

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 90 |

```

w:=StrToFloat(Edit4.Text) else Form3.Show;
if w<wn then
begin
poliv.Visible:=true;
Memo1.Lines.Add('капельный полив');
// задержка 15 минут
Form4.Show;
end;
end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
Edit3.Text:=FloatToStr(StrToFloat(Edit3.Text)-1);
end;
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
Edit3.Text:=FloatToStr(StrToFloat(Edit3.Text)+1);
end;
procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
Edit4.Text:=FloatToStr(StrToFloat(Edit4.Text)-1);
end;
procedure TForm1.Button6Click(Sender: TObject);
begin
Edit4.Text:=FloatToStr(StrToFloat(Edit4.Text)+1);
end;
end.

```

| | | | | | | |
|-------------|-------------|------------------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.№</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 91 |

Листинг Б.3 - «Анализ в программе VMLAB»

```
.MICRO "ATmega8535"           // симулируемый микроконтроллер
.TOOLCHAIN "GENERIC"
.TARGET "amir1.hex"           // что прошито в микроконтроллере
.COFF "amir1.cof"             // для пошагового режима
.SOURCE "amir2.c"

.POWER VDD=5 VSS=0            // подключение питания и земли
.CLOCK 1mer;                   // частота работы процессора

R1 VDD K0      200
K0  R1         PA0

R2 VDD K1      200
K1  R2         PA1

R3 VDD K2      200
K2  R3         PA2

R4 VDD K3      200
K3  R4         PA3

R5 VDD K4      200
K4  R5         PA4

X1 I2C(200K,0)   PC1  PC0
X2 I2C(200K,1)   PC1  PC0

.PLOT  V(PB5)V(PB4)  V(PB3)  V(PB2)      // построения графиков
(исполнительные устройства)
```

| | | | | | | |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 27.03.04.2018.349.ПЗ ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | | 92 |