

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

Институт энергетики и электротехники  
(наименования института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»  
(наименование кафедры)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника  
(направленность (профиль) / специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

На тему «Умная теплица»

Студент	<u>Е.В. Кузьмин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.В. Прядилов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультант	<u>О.А. Парфенова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## Аннотация

Объектом исследования является образец умной теплицы

Целью проекта стала разработка и конструирование рабочего образца умной теплицы

Пояснительная записка к ВКР выполнена на 44 листах формата А4 и имеет 22 рисунка, 5 таблиц. Вся графическая часть включает в себя 6 чертежей формата А1. При написании бакалаврской работы использовалось 35 источников.

Задачами проекта являются схематическая разработка, выбор элементной базы, и в дальнейшем, сборка реального рабочего образца умной теплицы.

Выпускная квалификационная работа включает в себя 3 раздела, в которых решены упомянутые ранее задачи.

Для моделирования работы схемы и образца, а также оформления всех диаграмм и чертежей, использовались пакеты КОМПАС-3D V16 и MatLab R2014a /Simulink.

Областью применения данной модели умной теплицы может быть как частные землевладения, так и аграрные предприятия или НИИ, научные центры, занятые в секционировании разных растений, что подчеркивает актуальность темы бакалаврской работы.

## **Abstract**

The object of the graduation work is a model of a smart greenhouse. The aim of the work is to develop and to design a working model of a smart greenhouse.

This baccalaureate work consists explanatory note for WRC was carried out on 44 A4 sheets, 22 figures, 5 tables, the reference list and graphic part on 6 A1 sheets.

The whole graphic part includes 6 figures on A1 sheets 35 sources were used for a writing of the baccalaureate work.

The aim of the work is schematic development and also choice of a element base and further an assembly of a real working model of a smart greenhouse. The qualifying graduation work includes 3 chapters where all the aims are resolved

To simulate the work of the scheme and of the model and also for processing all of diagrams and figures was used the «KOMPAS-3D V16» set and MatLab R 2014a/Simulink.

The private land tenure, the agricultural industry, the scientific center, that sections different plants, all of them can use this model of a smart greenhouse. It underlines how relevant the theme of a baccalaureate work is.

## Содержание

Введение.....	5
1. Состояние вопроса .....	6
1.1 формулирование цели и задачи проекта .....	6
1.2 Анализ исходных данных и известных решений .....	6
2. Проектный раздел .....	12
2.1 Разработка структурной и электрической принципиальной схем .....	12
2.2 Выбор необходимых компонентов .....	15
2.3 Краткое описание и инструкция по эксплуатации модели умной теплицы .....	29
3. Программная часть.....	30
3.1 Разработка алгоритма работы .....	31
3.2 Разработка управляющей программы .....	33
Заключение .....	38
Список используемой литературы .....	39

## **Введение**

Темой работы является рассмотрение так называемой умной теплицы. В наше время данная тема довольно актуальна, так как с каждым годом увеличивается количество владельцев частных домов и земельных участков, соответственно возрос и спрос на «умные» технологии, а именно это модули умного дома и умной теплицы. Садоводство требует больших затрат как физических сил, так и времени. Поэтому многие домовладельцы, особенно в наше время, не могут себе позволить сажать много растений и заниматься садовничеством. Исходя из выше сказанного, рассматриваемая тема будет актуальна для владельцев частных домов и земельных участков, в частности тех, кто хотел бы заниматься садоводством не во вред своему здоровью, отдавая предпочтение электронике следить и ухаживать за растениями, а также для тех, кто заинтересован в том числе и увеличить урожайность путем, например, увеличения продолжительности светового дня благодаря искусственному освещению.

В разрабатываемой модели умной теплицы контроль и отображение параметров будет осуществляться благодаря микроконтроллеру Arduino. Такой же микроконтроллер используется для создания множества проектов в различных школах и кружках по робототехнике. Следовательно, данная модель заинтересует не только частных землевладельцев и садоводов, но также школьников и студентов на различных выставках.

## **1. Состояние вопроса**

### **1.1 формулирование цели и задачи проекта**

Цель: Разработка образца умной теплицы, показывающего её возможности.

Задачи:

1. Изучить статьи и литературу по электронике, в которой отображена проблема исследования.
2. Рассмотреть уже существующие варианты моделей и прототипов умной теплицы.
3. Разработать структурную и электрическую схему, и подобрать необходимые элементы.
4. Создать модель умной теплицы и написать программу для работы управляющего блока.

### **1.2 Анализ исходных данных и известных решений**

Само понятие умной теплицы подразумевает выполнение некоторых необходимых задач без участия человека, например:

- 1) Поддержание необходимых температурных режимов внутри;
- 2) Своевременный полив растений благодаря системе капельного орошения;
- 3) Увлажнение воздуха, проветривание;
- 4) Искусственное освещение в зависимости от времени года и суток.

Систему заданных параметров поддерживает блок управления, который программируется самим владельцем, в зависимости от климатической зоны и требований выращиваемых культур. Блок может быть подключен к персональному компьютеру или планшету, если в этом есть необходимость, что позволяет менять параметры удаленно, находясь вне дома, например, при помощи монтирования и программирования wi-fi

модуля.

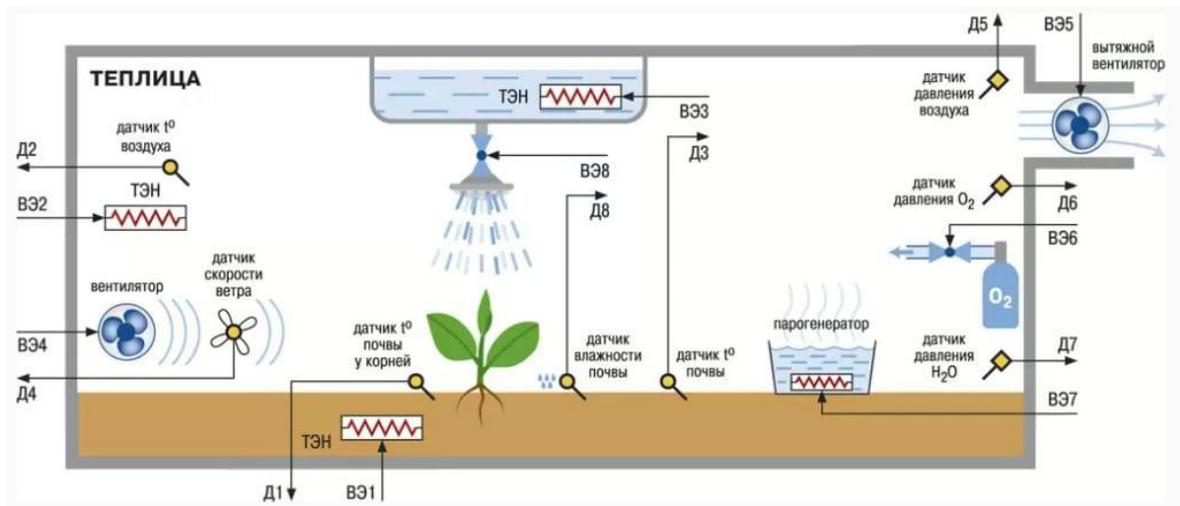


Рисунок 1.1 - Один из вариантов проектирования умной теплицы.

**По типу питания** теплицы делятся на:

- 1) автономные – все системы работают исключительно на тепловой или солнечной энергии;
- 2) энергозависимые – питание элементов осуществляется от подведенной электросети.

Естественно, у каждого типа есть свои достоинства и недостатки. Например, у автономных теплиц блок управления (сердце автоматики) не отличается быстротой реагирования на резкие скачки температур, в следствие чего растения могут попросту замерзнуть. А энергозависимые теплицы имеют высокий уровень энергопотребления, что может позволить себе далеко не каждый садовод.

**По форме конструкции и планировки теплицы бывают:**

- 1) в форме арки;
- 2) теплица-домик.

**Достоинства** теплицы в форме арки в том, что из-за меньшей плоскости отражения солнечного света попадает больше, также и больше свободного места по сравнению с формой в виде домика. Сама конструкция достаточно проста в технологическом плане и её легко транспортировать.

К **минусам** можно отнести:

- 1) в холодное время года снег практически не скатывается, и есть вероятность того, что конструкция может сломаться;
- 2) так-как конструкция легкая, если её неправильно и ненадежно закрепить к фундаменту, её может снести ветром.



Рисунок 1.2 - Теплица в форме арки.

**Преимуществами** теплицы-домика является то, что конструкцию в таком виде проще сделать своими руками, в холодное время года снег не задерживается на крыше, что исключает риск поломки. Но в тоже время крыша такого типа достаточно тяжела, поэтому следует позаботиться о мощном и прочном фундаменте. Но главным достоинством является то, что в теплице такого типа проще установить различные системы автоматизации.



Рисунок 1.3 - Теплица-домик.

При рассмотрении рынка, были выделены несколько типов моделей умной теплицы. Например, модель «Fibonacci AG-48» Рисунок 1.4



Рисунок 1.4 - модель умной теплицы «Fibonacci AG-48».

Это автономное и автоматизированное устройство от компании Fibonacci. Для выращивания овощей, ягод и зелени используются удобные ячейки. Наполнены они уникальной почвой – биогумусом TERRA ORGANIC. В роли источника искусственного освещения выступает система Rainbow Spectrum, светодиоды которой излучают свет длиной волны в 440 и 660 nm, это соответствует красному и синему цветам, что благоприятно сказывается на росте и развитии растений. Система также способна подстраивать уровень освещенности отдельно под каждое растение.

Теплица также оснащена системой климат контроля SUMMERYEAR, которая обеспечивает необходимый уровень влажности воздуха и почвы, а также температурный режим внутри герметичного модуля.

### **Характеристики Fibonacci AG-48:**

- Количество ячеек: 48
- Количество баков: 4 (два дополнительных)
- Габариты: 2100 X 1800 X 540 мм
- Вес: 350 КГ
- Рассчитана на 5-8 человека
- Напряжение: 220 V
- Подвод воды не требуется

Данный модуль теплицы может быть использован как в домашних условиях, так и в любом ресторане или кафе, так как он достаточно компактный и не выделяется среди другой домашней утвари или гарнитуры, что несомненно является достоинством данной модели. Но, главный недостаток этой модели заключается в её стоимости – 1200000 рублей, а также достаточно высокое энергопотребление.

Вторым аналогом является умная теплица «WERDEBOX» от итальянской компании «Tomato+». Данная модель также оснащена системой климат-контроля, светодиодным освещением, независимыми друг от друга ярусами для выращивания, и автополивом. Отличительной чертой от предыдущей модели является то, что здесь предусмотрена возможность ночного режима, чтобы освещение не мешало ночью.

## Характеристики WERDEBOX:

- Производитель: TomatoriuSrl
- Страна производства: Италия
- Энергопотребление: 80 Вт/ч
- Материал: сталь и нетоксичный пластик
- Размер: 60 x 62 x 200 см
- Управление: сенсорный экран 4.3 дюйма
- Вес: 170.0 кг



Рисунок 1.5 - умная теплица «WERDEBOX».

Достоинством теплицы WERDEBOX является приемлемые вес и габариты модели, что позволяют использовать ее в любых домашних условиях, а также в местах общественного питания. Но недостатком является высокая стоимость модели – 600000 рублей.

Рассмотрев пару аналогов, выяснилось, что все представленные на рынке модели имеют высокую стоимость. В выпускной работе я создам модель,

имеющую гораздо меньшую стоимость, массу и габариты.

## **2. Проектный раздел**

### **2.1 Разработка структурной и электрической принципиальной схем**

Принципиальная схема была разработана на основе технического задания на бакалаврскую работу. Основные параметры, которым должна соответствовать модель умной теплицы:

- Источник питания – 220В, 50Гц
- Автоматическая реализация функций искусственного освещения, проветривания и подогрева воздуха
- Отображение на дисплее контролируемых параметров микроклимата внутри теплицы

Разработанные принципиальная и структурная схемы проектируемой модели представлены на рисунках 2.1 и 2.2 соответственно.

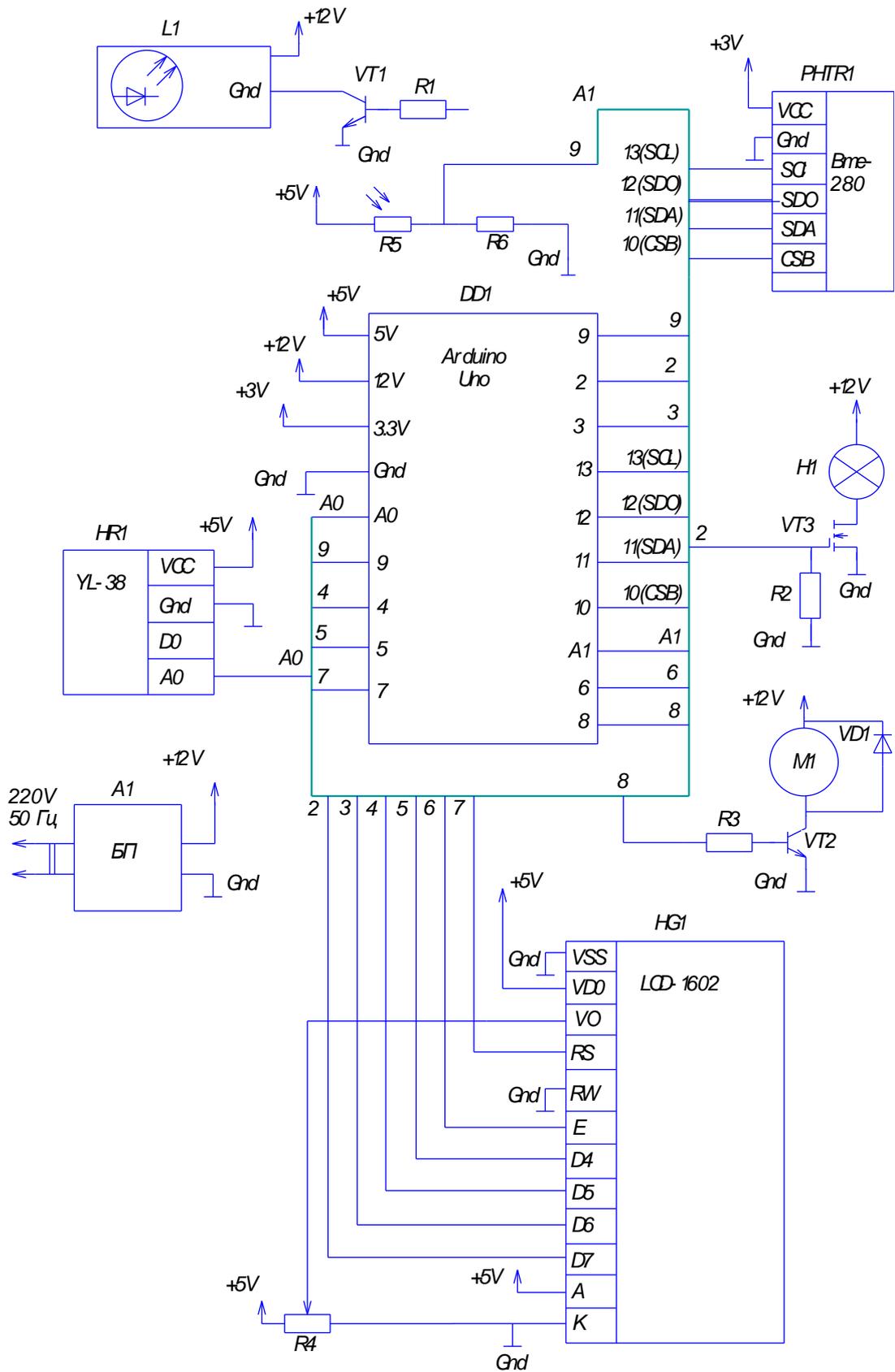


Рисунок 2.1 – Схема электрическая принципиальная.

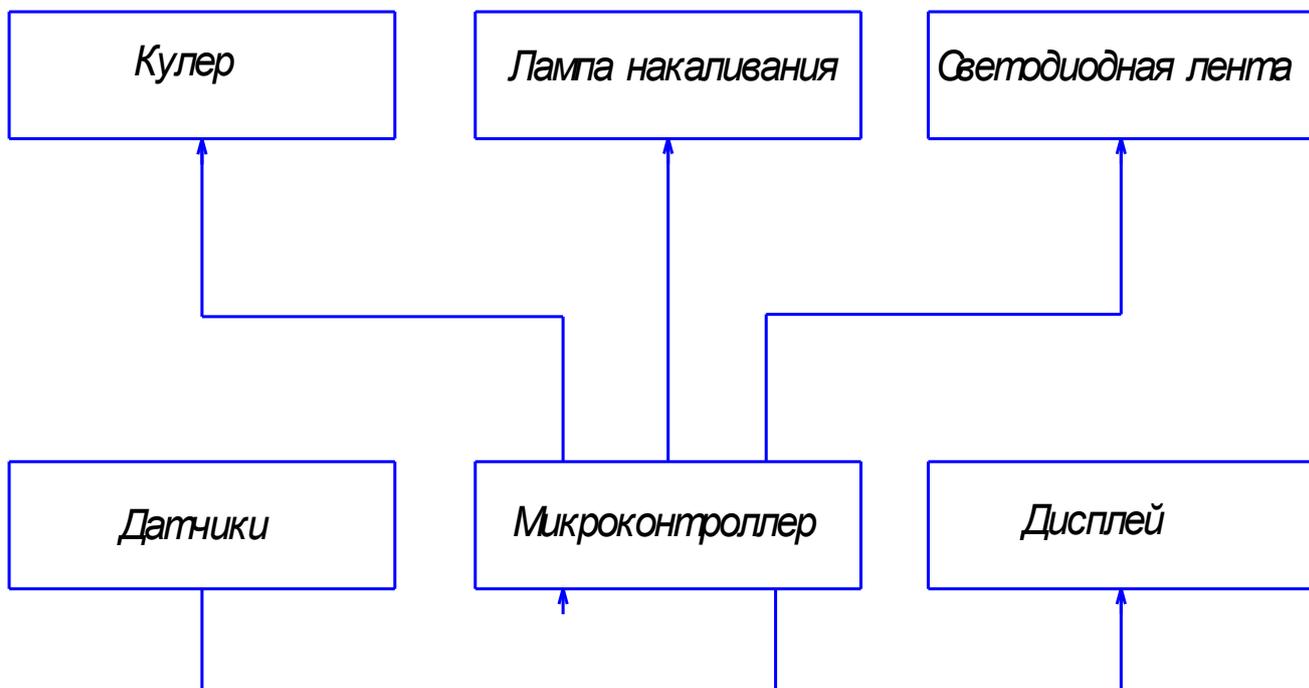


Рисунок 2.2 - Структурная схема модели.

Для удобства собирания схемы используется макетная плата, рисунок 2.3

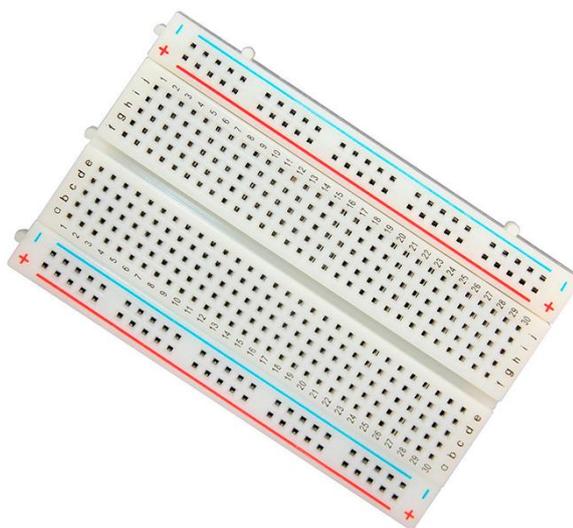


Рисунок 2.3 - Макетная плата

## 2.2 Выбор необходимых компонентов

В данном проекте для осуществления поставленных задач по контролю и отображению параметров использовали платформу Arduino Uno на основе микроконтроллеров ATmega328 и ATmega16U2.

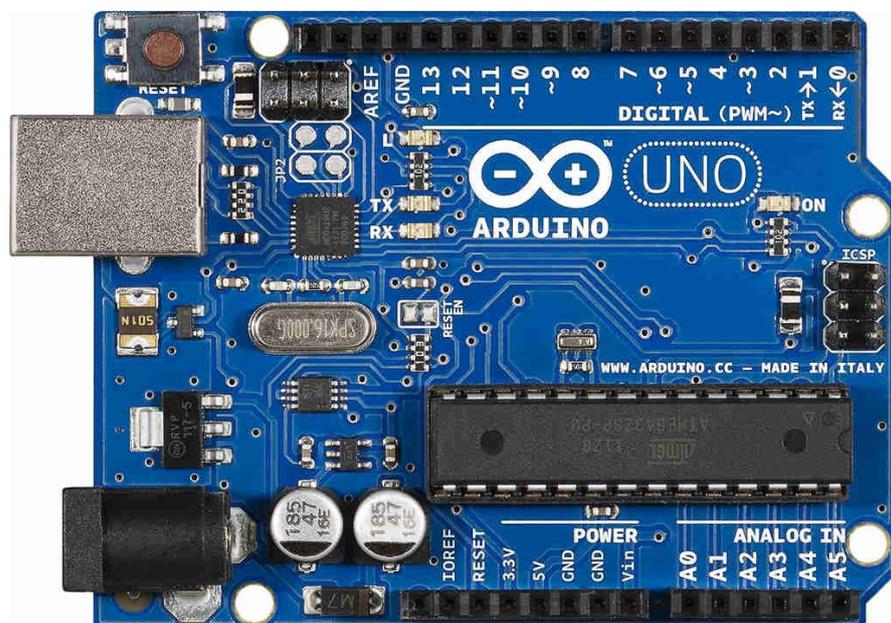


Рисунок 2.4 - Платформа Arduino Uno.

Для проектирования простых электронных устройств, создания разных проектов, макетов и учебных стендов отлично подойдет такая платформа как Arduino. Это среда программирования с открытым исходным кодом, построенная на простой печатной плате с современной средой для написания программного обеспечения. Эта платформа заинтересует как рядовых радиолюбителей, так и школьников или студентов, потому что на ее основе можно разработать множество проектов. Все платформы Arduino основаны на микроконтроллере ATmega. Главным достоинством этой платформы является **низкая стоимость** по сравнению с другими микроконтроллерами и платформами (Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets и др.), она составляет от 200 до 1500 рублей у различных поставщиков, в то время как стоимость аналогичной платы для умной теплицы свыше 30000 рублей.

Такая разница в ценовой политике объясняется тем, что платы управления в других готовых моделях специально спроектированы таким образом, чтобы все электрическая схема взаимодействовала с готовыми узлами по единому принципу. Для того, чтобы использовать другие микроконтроллеры, необходима тонкая настройка, калибровка и понимание их алгоритмов работы

Arduino Uno это микроконтроллер, базирующийся на «ATmega328». Он содержит:

- 14 цифровых пинов, работающих как вход/выход,
- 6 аналоговых входов,
- кварцевый резонатор 16 МГц,
- возможность подключения USB, power jack, ICSP header и кнопку перезагрузки.

Для работы микроконтроллера Arduino, есть возможность подключения его к ПК с помощью кабеля USB, также можно подавать напряжение непосредственно в плату с помощью батареи или адаптера питания на 6-20 В.

В работе микроконтроллера могут быть системные сбои или прерывания, если питать плату ниже допустимого порогового значения напряжения. В том числе и если использовать напряжение свыше 12 В – регулятор напряжения может перегреться и плата будет повреждена.

2.2.1 Каждый из 14 цифровых pin Arduino Uno может быть использован как вход или выход, при помощи таких функций, как:

- pinMode()
- digitalWrite()
- digitalRead()

Функция pinMode назначает тип выбранного порта. Запись производится таким образом: pinMode(1, OUTPUT), где число в скобках это номер пина, а далее назначение его как вход или выход соответственно.

Вместо числа может быть какая-либо переменная – `pinMode(Okpin, INPUT)`. В этом случае программа будет обращаться к значению представленной переменной.

Вторая функция, `digitalWrite`, позволяет выставить напряжение на порте в 5 или 0 В, записав в функцию 1 или 0. К примеру: `digitalWrite(Okpin, 0)`.

Последняя функция `digitalRead` выполняет операцию чтения с порта. В этом случае указывается номер пина или переменная с нужным значением, с которого будет происходить чтение.

Каждый порт может проводить ток до 40 мА максимум. При этом у каждого из них есть нагрузочный (подтягивающий) резистор номиналом в 20-50 кОм, который по умолчанию отключен. Для использования этого резистора необходимо видоизменить второй аргумент первой функции, добавив выражение «PULLUP». При этом функция будет выглядеть следующим образом: `pinMode(1, INPUT_PULLUP)`.

Такие порты, как: RX и TX (0 и 1) - являются последовательными портами. Порт 2 и порт 3 – это внешние системные прерыватели. Порты 3, 5, 6, 9, 10 и 11 это порты сигнала ШИМ. С 10 по 13 пины это порты передачи шины SPI. 13 порт отвечает за светодиодную индикацию LED.

Для передачи данных между микроконтроллером и ПК, используются последовательные порты. Благодаря им становятся возможным такие задачи, как получение снимаемых значений с приборов или датчиков для обработки и анализа, а также для своевременного срабатывания того или иного цикла в программе. Если использовать данные порты, то 0 и 1 порты запрещено использовать.

2 и 3 выводы выполняют функцию по обработке внешних прерываний. Такое прерывание обычно фиксируется несколькими способами:

- как только на порту появляется напряжение, соответствующее низкому уровню

- когда напряжение на порту возрастает
- при падении напряжения
- когда напряжение изменяется в обе стороны, либо падает, либо возрастает.

Как только такие прерывания фиксируются, вызывается эта функция, заранее заданная в программе

Следующие 6 портов представляют собой восьмибитовые ШИМ выходы (PWM), работающие с такой функцией, как `analogWrite()`. Эти пины относятся к категории `digital`, т.е. они являются цифровыми, но при этом они могут генерировать также и аналоговые сигналы при помощи широтно-импульсной модуляции.

10-13 пины поддерживают передачу данных в режиме полного дуплекса, другими словами с помощью шины SPI (Serial Peripheral Interface), позволяющие использовать микроконтроллер в роли программатора, и также подключать к нему такие внешние носители, как flash-карты.

13 порт также подключен к встроенному светодиоду, который расположен прямо на плате. Он служит индикатором, соответствующему текущему уровню напряжения. Если значение на выводе имеет высокий потенциал, то светодиод горит. Это удобно при проверке работоспособности платы.

Четвертый и пятый пины нужны для работоспособности I2C интерфейса. Он используется для удобства подключения и работы с различными устройствами и датчиками, по типу дисплея LCD1602, в частности и для подключения EEPROM плат с зависимой памятью.

2.2.1 По техническому заданию предусмотрено, что модель умной теплицы должна осуществлять контроль и отображение заданных параметров, а именно влажность почвы, температуру, давление и также

влажность воздуха. Поэтому, для определения влажности почвы, было решено использовать известный «народный» датчик YL-38 в модульной сборке с контакторным щупом YL-69, который представлен на рисунке 2.3

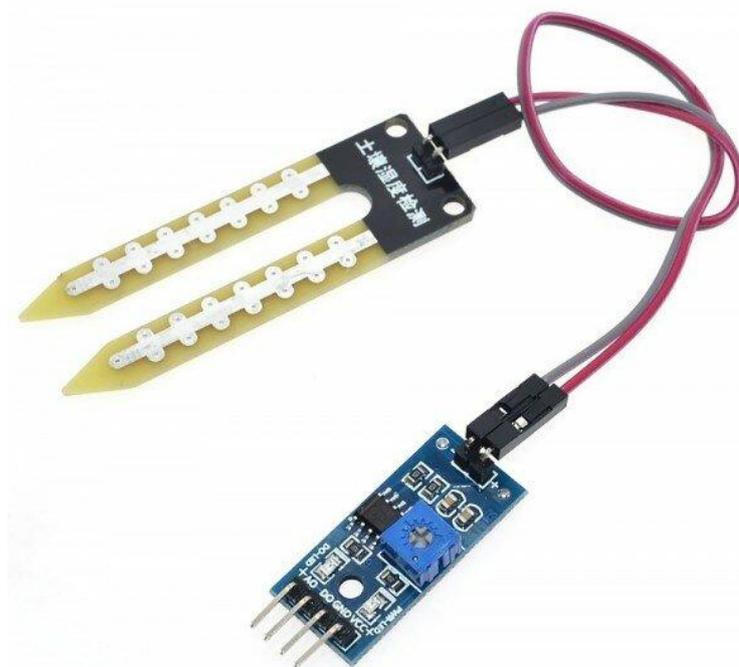


Рисунок 2.5 - Датчик влажности почвы YL-38.

YL-38 базируется на компараторе LM393, который питает выход D0 по такой логике: «если уровень влажности почвы высокий – значит низкий логический уровень, если земля сухая – высокий логический уровень». С помощью переменного резистора можно менять максимально допустимое значение, на основе которого будет меняться и уровень. На вывод A0 подается аналоговое значение, которое можно передавать в контроллер для дальнейшей обработки, анализа и принятия решений. Для удобства работы с датчиком в YL-38 есть 2 светодиода, один из которых - показывает, что питание подается в датчик, другой о наличии сигнала на выход D0.

Датчик вполне реально использовать без участия микроконтроллера, благодаря digital порту D0 и светодиоду уровня сигнала на этом же порту.

YL-69 соединяется с датчиком YL-38 по двум проводам – питание и управление. Кроме контактов соединения с щупом, датчик YL-38 имеет

четыре контакта для подключения к контроллеру: Vcc порт, по которому осуществляется питание датчика; GND – нулевой порт(земля); A0 – порт analog сигнала; D0 - digital значение количества влаги в почве.

Таблица 2.3 - Технические характеристики датчика YL-38.

Размеры модуля	16×30 мм
Размер щупа	20×60 мм
Напряжение питания VCC	3,3 ... 5В
Общий вес	7,5 г.
Выход	цифровой и аналоговый

Для того, чтобы микроконтроллер мог получать и контролировать данные о температурном режиме и содержании влаги в воздухе, а также измерять атмосферное давление, было принято решение установить портативную метеостанцию от компании Bosch Sensortec – BME 280. Таких модулей на рынке представлено достаточно много, но для своей модели я выбрал самый оптимальный и не дорогостоящий вариант. Его стоимость варьируется от 140 до 180 рублей.

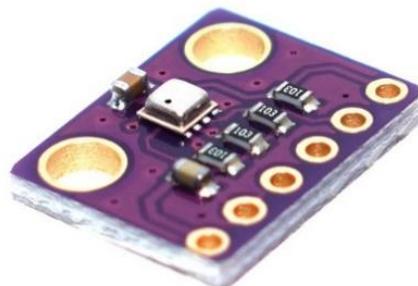


Рисунок 2.6 - Портативная метеостанция VME-280.

Этот модуль емкостного типа, что заведомо делает его более точным, чем резистивные датчики типа DHT11. В нем содержится уже 3 датчика, отсюда и способность измерять температуру, давление и влажность. Модуль работает через I2C или SPI интерфейс. На самой плате не располагается стабилизатор на 3.3 В, поэтому питание больше 3.6 В подавать не рекомендуется.

Таблица 2.4 - Технические характеристики VME-280.

Рабочее напряжение	3.3В
Диапазон давления	300-1100hPa
Диапазон температур	-40 - +85 °С
Диапазон влажности	0 - 100 %
Среднее энергопотребление	во время измерений 2.74 нА, в спящем режиме: 0.1 нА
Среднее время измерения	5.5 мс

Точность измерения	Давление - 0.01 hPa (< 10 см), Температура - 0.01° C
Температурный коэффициент смещения	± 0.12 hPa (средний), эквивалент 1 метра

2.2.2 Для роста растений нужен свет, поэтому для того, чтобы была возможность искусственно продлевать световой день, нужен источник света. За источник взяли обыкновенную светодиодную ленту холодного света на 3 сектора с размером кристалла 5.7x3.0 мм, и чтобы микроконтроллер мог определить, когда источник необходимо включить или выключить, было разработано простое решение – поставить фоторезистор R5 и подключить его к аналоговому выводу на плате микроконтроллера. Схема подключения фоторезистора и светодиодной ленты отображены на рисунке 2.7

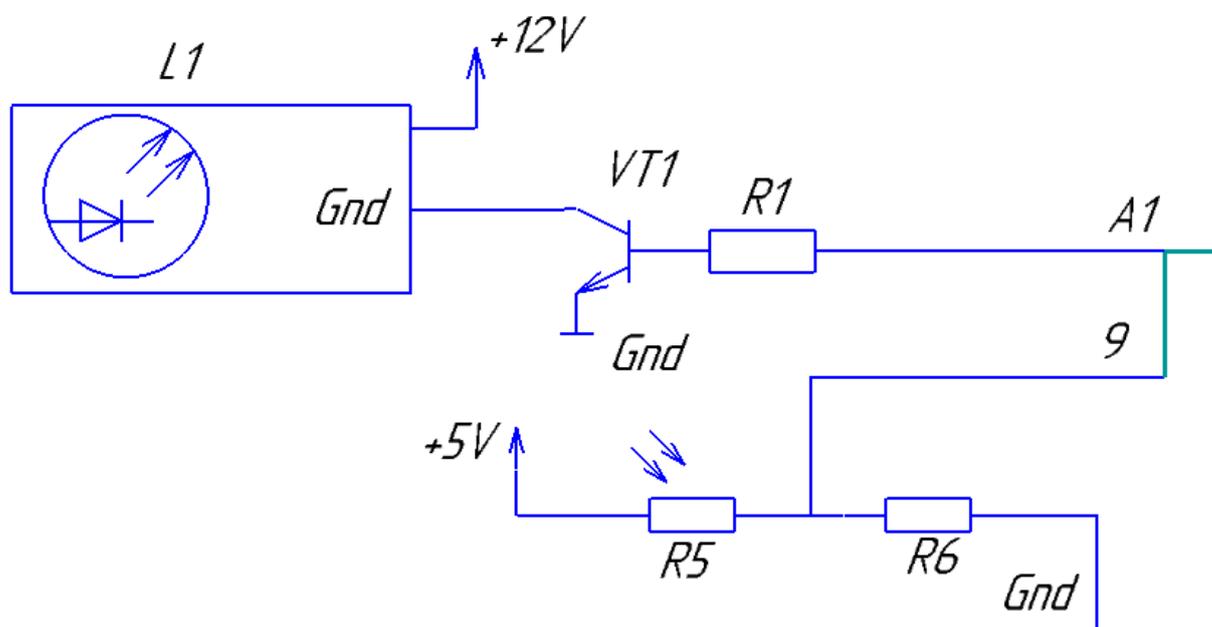


Рисунок 2.7 – Светодиодная лента и фоторезистор R5.

Чтобы поддерживать необходимый температурный режим внутри теплицы, нужен нагревательный элемент под управлением микроконтроллера. В рассматриваемых выше моделях умных теплиц от разных производителей, были предусмотрены системы климат контроля, что соответственно увеличивало стоимость этих моделей в разы. Для экономии средств было принято решение в качестве нагревательного элемента использовать автомобильную лампу накаливания на 12 В. Так как в разрабатываемой модели теплицы есть фоторезистор R5, лампа будет расположена таким образом, чтобы свет от нее не попадал на R5, и соответственно микроконтроллер не получал бы сигнал от нее как от источника света через резистор R5. Фотоизображение и схема принципиальная лампочки и транзистора представлены на рисунках 2.6 и 2.7 соответственно.

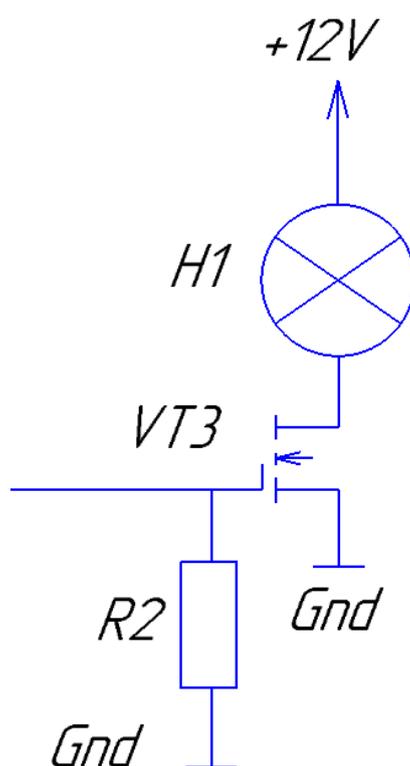


Рисунок 2.8 – Схема подключения лампочки на 12В и транзистора IRLZ44N. В качестве ключа на своевременное включение и выключение лампочки было решено использовать полевой транзистор IRLZ44N.

Характеристики транзистора представлены в таблице 2.5

Максимальный ток стока	47А
Максимальное напряжение сток-исток	55V
Сопротивление сток-исток (откр.)	< 0,022 ом
Максимальная мощность рассеивания	110W
Допустимое напряжение на затворе	±20V
Пороговое напряжение на затворе	+1..+2V
Ток утечки затвора	< 0,1 uA
Ток утечки стока (закр.)	< 25 uA
Время включения/выключения	11/26nS (тип.)
Время восстановления диода	80nS (тип.)
Входная/выходная ёмкость	1700/400pF
Корпус	TO-220
Диапазон рабочих температур	-55..+175°C

Таблица 2.5 - Технические характеристики транзистора IRLZ44N

Для реализации функции проветривания в теплице было решено использовать обычный вентилятор с управляющим биполярным транзистором на включение и выключение вентилятора. Фотоизображение и схема вентилятора и транзистора КТ972А представлены на рисунках 2.7 и 2.8.

Включение вентилятора произойдет как при повышении температуры, так и влажности воздуха, так как он воздействует на оба параметра.

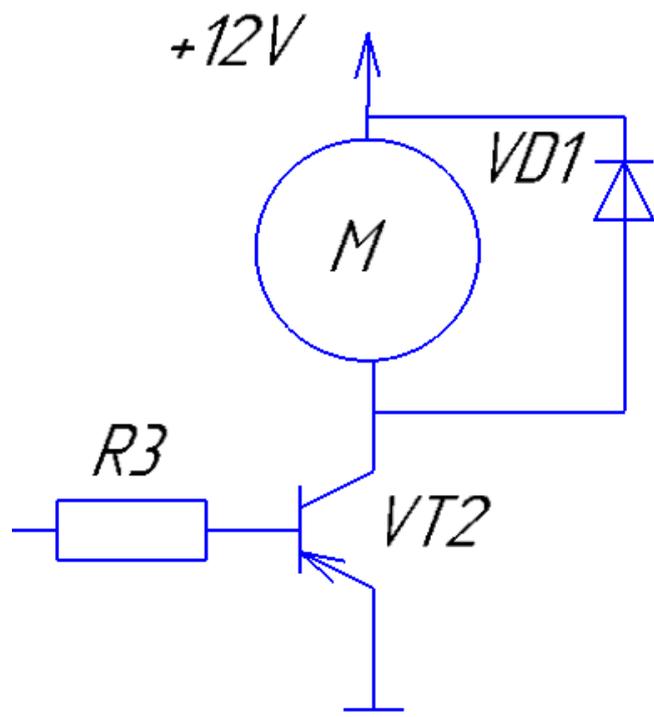


Рисунок 2.9 Схема включения вентилятора и транзистора КТ972А



Рисунок 2.10 - Фотоизображение транзистора КТ972А



Рисунок 2.11 - Фотоизображение кулера

2.2.3 Для реализации интерфейса, в соответствии с техническим заданием, было принято решение использовать самый популярный и наиболее удобный вариант из предоставленных на рынке: жидкокристаллический дисплей LCD 1602. Чтобы была возможность регулировки яркости дисплея, подключили к нему переменный резистор R4 на 10 кОм.

Для оптимизации работы дисплея и упрощения процедуры подключения можно было использовать I2C модуль, но это бы увеличило расходы на детали для теплицы, поэтому было принято решение подключить дисплей без использования I2C модуля.

Фотоизображение дисплея и схема подключения представлены на рисунках 2.8 и 2.9.

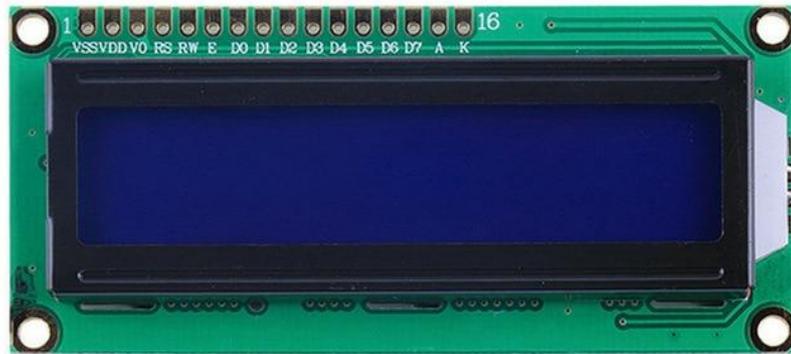


Рисунок 2.12 - Жидкокристаллический дисплей LCD 1602

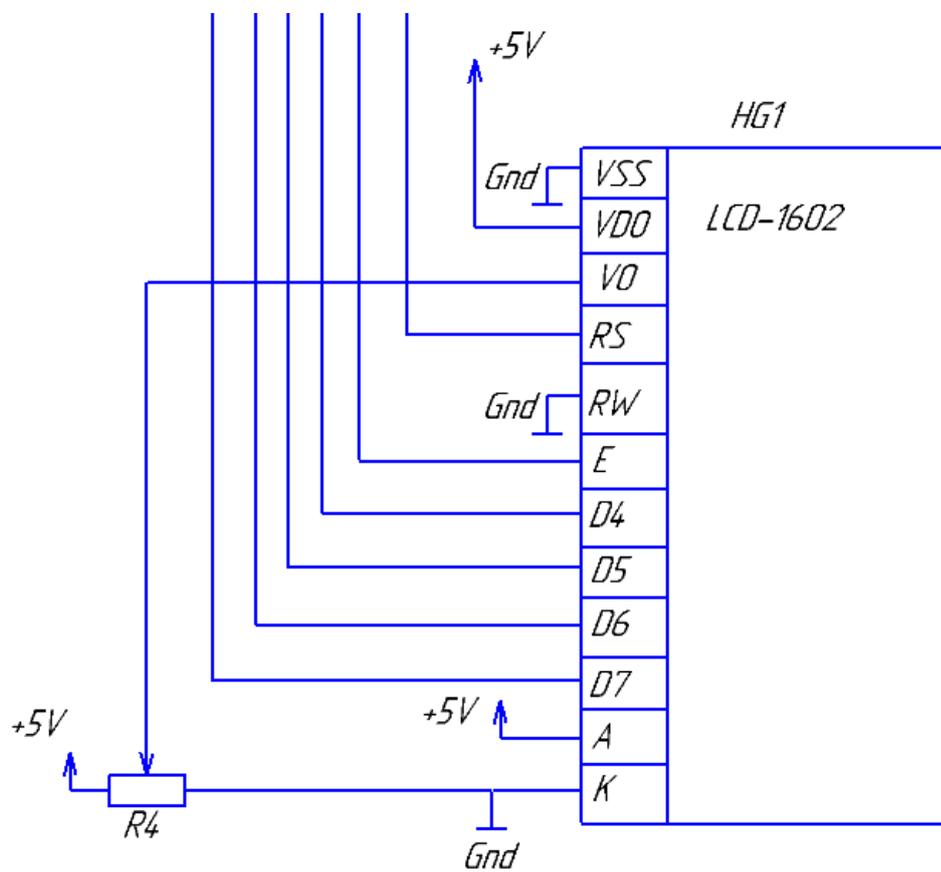


Рисунок 2.13 Схема подключения дисплея LCD 1602

При программировании дисплея воспользовались библиотеками «LCD1602» или «LCD\_1602\_RUS», если необходимо использование русскоязычных символов.

Для подключения дисплея к микроконтроллеру, имеется разъём на 16pin. Выводы промаркированы на тыльной стороне платы: VSS и VDD - Питание контроллера (- и +), VO- вывод для управления контрастностью, RS - выбор регистра, R/W - чтение/запись (режим записи при соединении с землей), enable - (строб по спаду), DB0-DB3 - младшие биты 8-битного интерфейса и DB4-DB7 - старшие биты интерфейса, А и К – анод и катод питания подсветки.

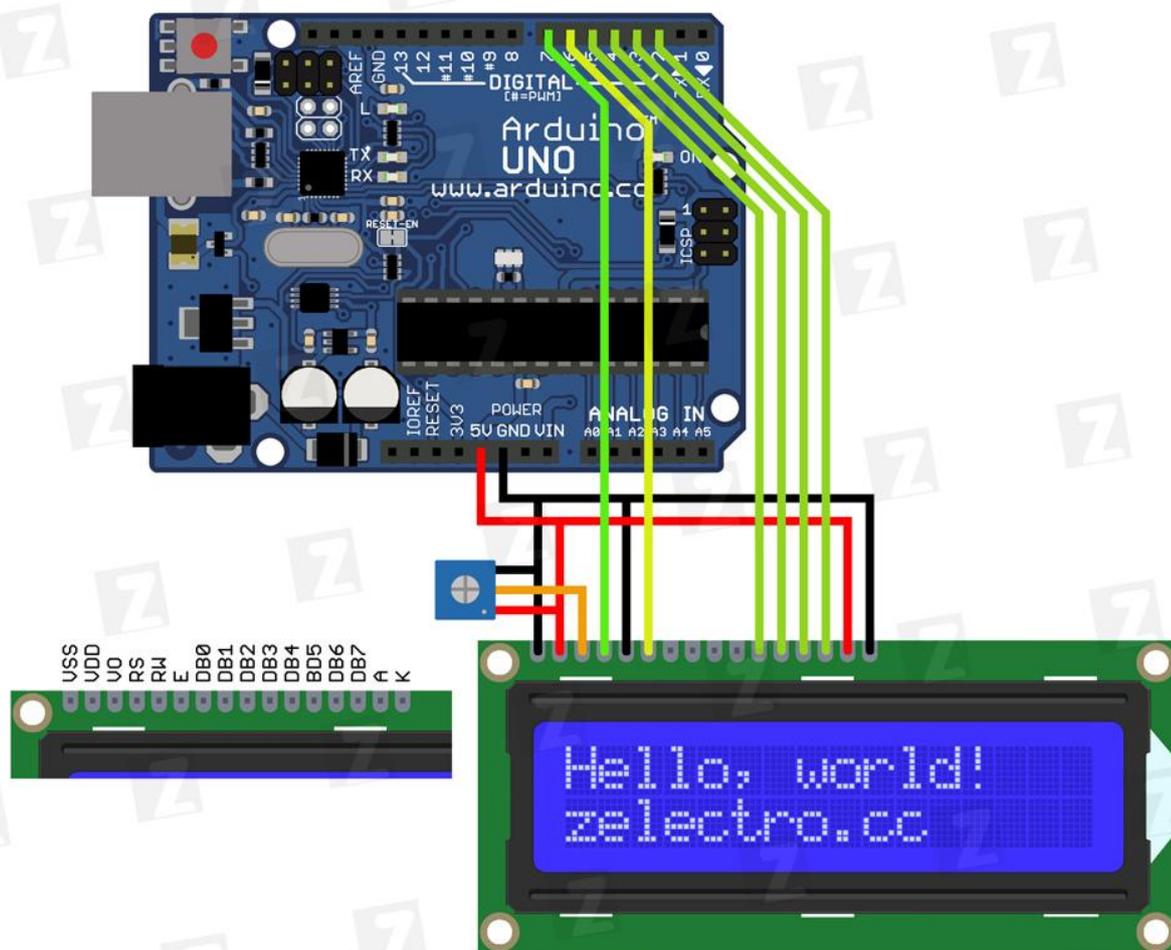


Рисунок 2.14 – Реальная схема подключения дисплея к плате

На экране дисплея отображается текущее состояние параметров температуры воздуха, влажности воздуха и почвы, а также атмосферное давление. Если воздействовать на один из параметров, например, увеличить влажность воздуха, информация на дисплее обновляется в соответствии с действующими показателями.

### **2.3 Краткое описание и инструкция по эксплуатации модели умной теплицы**

Данная модель умной теплицы работает от сети 220В через адаптер.



Рисунок 2.15 – Адаптер 220В.

Постоянное выпрямленное напряжение подается на микроконтроллер Arduino. Для фильтрации выходного напряжения на выходе можно поставить конденсатор, например, на 500 мкФ.

#### **2.3.1 Руководство по эксплуатации**

Подключить модель к сети. При подключении модели важно помнить, что максимальное значение напряжения составляет 20 В, при этом рекомендуемый диапазон напряжения от 7 до 12В включительно. Питание непосредственно микроконтроллера Arduino возможно осуществить при помощи USB коннектора с напряжением в 5В, но при этом важно учитывать, что при возникновении падения напряжения возможны сбои в работе датчиков.

После подключения питания, модель начинает работать в автоматическом режиме. Первоначально в программе задать необходимые значения параметров и наблюдать на дисплее их реальные значения, полученные от датчиков. При изменении одного из параметров, их показание на дисплее также изменятся. При возникновении короткого замыкания или скачка напряжения немедленно отключить питание, так как в общей схеме данной модели предохранительные устройства не предусмотрены, кроме встроенных в датчики и в плате Arduino. В реальном времени задавать нужное значение параметров в данной модели теплицы не предусмотрено, так как это бы повысило ее себестоимость.

### **3. Программная часть**

### 3.1 Разработка алгоритма работы

Блок-схема алгоритма работы модели умной теплицы представлена на рисунке 3.1

Сначала задаются максимальные значения параметров, которые микроконтроллер будет принимать от датчиков – это влажность воздуха  $h$ , влажность земли  $H$ , температура воздуха  $t$  и атмосферное давление  $P$ , а также уровень освещенности  $l$ , который будет определяться на основании измерения сопротивления с фоторезистора  $R5$ .

Далее происходит анализ и считывание реальных параметров с датчиков и их индикация на дисплее. Затем реальные значения будут сравниваться с первоначально заданными и, в зависимости от результата сравнения, микроконтроллером будет приниматься решение о дальнейших действиях – включить обогрев, включить вентилятор охлаждения и тд.

После проведения микроконтроллером всех необходимых действий для контроля заданных параметров, цикл повторяется – снова считываются реальные значения с датчиков и сравниваются с заданными.

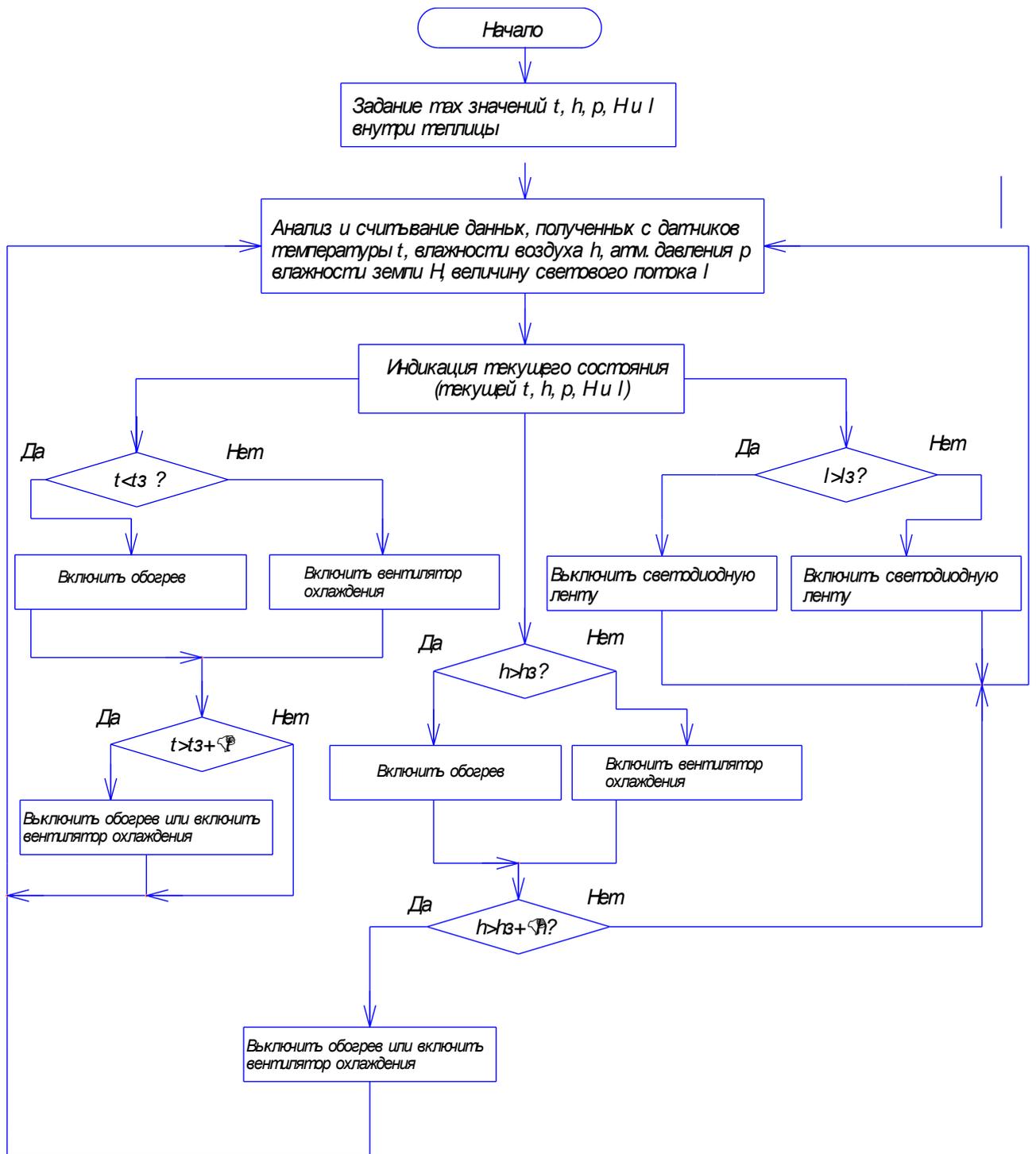


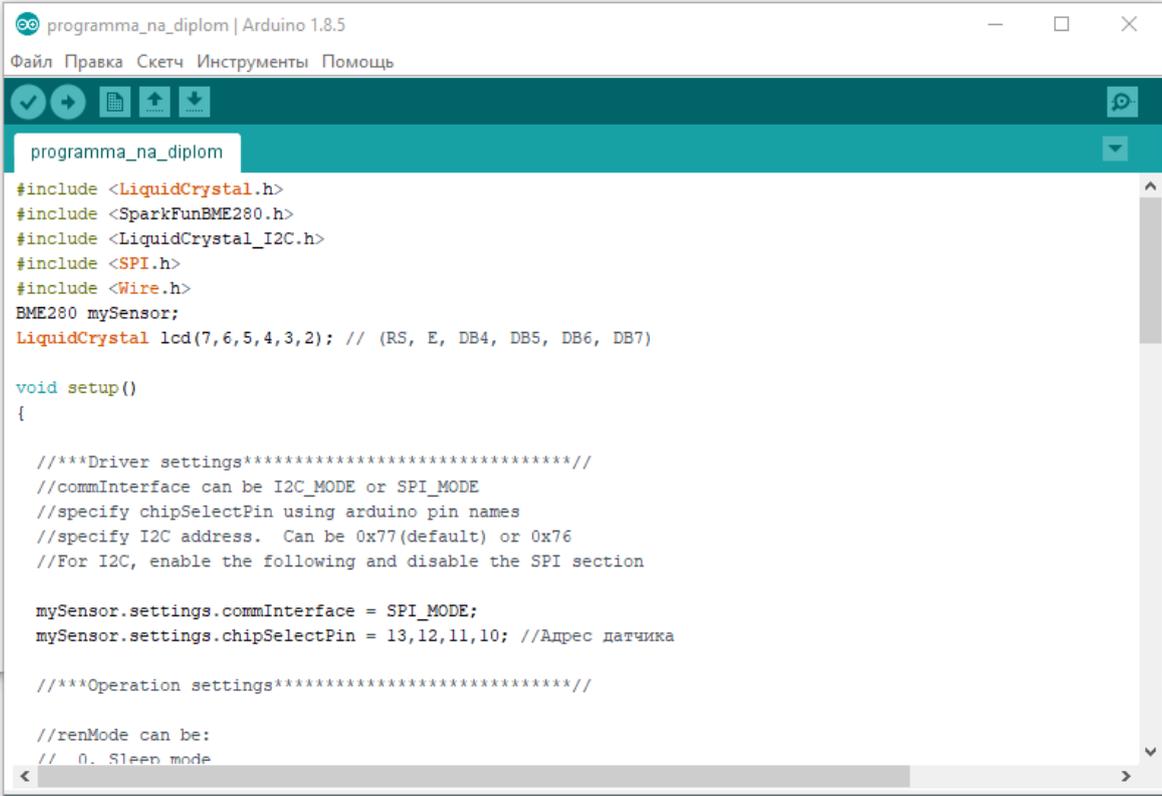
Рисунок 3.1 Блок-схема алгоритма

## 3.2 Разработка управляющей программы

Программирование микроконтроллера Arduino осуществляется благодаря специальному программному обеспечению фирмы-изготовителя «Arduino software». Она состоит из встроенного редактора кода, области сообщений, консоли, панели инструментов часто используемых команд, а также нескольких меню (файл, правка, инструменты и др.)

В этой программной среде используется упрощенный язык C++, что делает её интуитивно понятным и простым в использовании. Программы, написанные в «Arduino software», называются скетчем. Существует также множество готовых библиотек для данной среды программирования, что облегчает процесс написания программ и работу с некоторыми устройствами. Сами библиотеки могут писать не только разработчики, но и пользователи «Arduino software».

Для загрузки программ и связи с микроконтроллером, среда разработки подключается непосредственно к аппаратной части платы.



```
programma_na_diplom | Arduino 1.8.5
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
programma_na_diplom
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SparkFunBME280.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
BME280 mySensor;
LiquidCrystal lcd(7,6,5,4,3,2); // (RS, E, DB4, DB5, DB6, DB7)

void setup()
{
  /***Driver settings***/
  /**commInterface can be I2C_MODE or SPI_MODE
  /**specify chipSelectPin using arduino pin names
  /**specify I2C address. Can be 0x77(default) or 0x76
  /**For I2C, enable the following and disable the SPI section

  mySensor.settings.commInterface = SPI_MODE;
  mySensor.settings.chipSelectPin = 13,12,11,10; //Адрес датчика

  /***Operation settings***/

  /**renMode can be:
  /** 0. Sleep mode
```

Рисунок 3.2 – Среда разработки Arduino

Программа позволяет микроконтроллеру «связываться» с датчиками влажности и температуры и получать от них данные в режиме реального времени.

Код исполняемой программы для микроконтроллера:

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SparkFunBME280.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
BME280 mySensor;
LiquidCrystal lcd(7,6,5,4,3,2); // (RS, E, DB4, DB5, DB6, DB7)

void setup()
{
  //commInterface can be I2C_MODE or SPI_MODE
  //specify chipSelectPin using arduino pin names
  //specify I2C address. Can be 0x77(default) or 0x76
  //For I2C, enable the following and disable the SPI section

  mySensor.settings.commInterface = SPI_MODE;
  mySensor.settings.chipSelectPin = 13,12,11,10; //Адрес датчика

  //renMode can be:
  // 0, Sleep mode
  // 1 or 2, Forced mode
```

```
// 3, Normal mode
mySensor.settings.runMode = 3;
//tStandby can be:
// 0, 0.5ms
// 1, 62.5ms
// 2, 125ms
// 3, 250ms
// 4, 500ms
// 5, 1000ms
// 6, 10ms
// 7, 20ms
mySensor.settings.tStandby = 5;

//filter can be off or number of FIR coefficients to use:
// 0, filter off
// 1, coefficients = 2
// 2, coefficients = 4
// 3, coefficients = 8
// 4, coefficients = 16
mySensor.settings.filter = 0;

//tempOverSample can be:
// 0, skipped
// 1 through 5, oversampling *1, *2, *4, *8, *16 respectively
mySensor.settings.tempOverSample = 1;

//pressOverSample can be:
```

```

// 0, skipped
// 1 through 5, oversampling *1, *2, *4, *8, *16 respectively
    mySensor.settings.pressOverSample = 1;

//humidOverSample can be:
// 0, skipped
// 1 through 5, oversampling *1, *2, *4, *8, *16 respectively
mySensor.settings.humidOverSample = 1;

//Calling .begin() causes the settings to be loaded
mySensor.begin();
}
void loop()

{
    //Буквы можно вывести один раз, а далее менять показания, но показания
при изменении количества значащих цифр могут сдвигать строку.
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("H=");
    lcd.print((uint8_t)mySensor.readFloatHumidity());
    lcd.print("%");
    lcd.print(" T=");
    lcd.print(mySensor.readTempC());
    lcd.setCursor(13,0);
    lcd.print(" P:");

    lcd.setCursor(0,1);

```

```
int mmH=mySensor.readFloatPressure()/133;
lcd.print(mmH);
lcd.print("mmH ");
lcd.print(mySensor.readFloatPressure());
lcd.setCursor(14,1);
lcd.print("Pa");

delay(1000);

}
```

## **Заключение**

При выполнении выпускной квалификационной работы была изучена литература по данной теме, результатом является рабочая модель умной теплицы, способная обеспечивать автоматический контроль и поддержание заданных параметров. Была разработана электрическая принципиальная схема и подобраны подходящие элементы. Разработана и написана управляющая программа для микроконтроллера на языке программирования C/C++. Решены задачи, позволяющие достичь поставленной цели.

Целью являлось создание модели умной теплицы с контролем и отображением параметров температуры и влажности. Разработанная модель умной теплицы имеет меньшую стоимость, нежели ее аналоги.

## Список используемой литературы

1. Химические источники тока: Справочник / Под ред. Н. В. Коровина и А. М. Скундина. – М.: Издательство МЭИ, 2003. 740 с., ил. (дата обращения: 17.05.2019)
2. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы. Л.: Энергоатомиздат, 1985. С.267-291. (дата обращения: 17.05.2019)
3. Преображенский А.А. Теория магнетизма, магнитные материалы и элементы. М.: Высш. шк., 1972. С.26-35, 66-113. (дата обращения: 17.05.2019)
4. С.Н. Колесов, И.С. Колесов. Материаловедение и технологии конструкционных материалов М., «Высшая школа», 2004 (дата обращения: 17.05.2019)
5. И.М. Чуркин. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. ТГУ, Тольятти, 2011. (дата обращения: 17.05.2019)
6. В.Н. Бородулин и др. Электротехнические и конструкционные материалы. М., «Мастерство», 2000 (дата обращения: 17.05.2019)
7. А. М. Дальский и др. Технология конструкционных материалов. М., «Машиностроение», 2004 (дата обращения: 17.05.2019)
8. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов. – М.: Высш. шк.1991. – 622 с. (дата обращения: 17.05.2019)
9. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1982. – 496 с.: ил. (дата обращения: 17.05.2019)
10. Резисторы: Справочник / В. В. Дубровский, Д. М. Иванов, Н. Я. Пратусевич и др.; Под. ред. И. И. Четверткова и В. М. Терехова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1991. – 528 с.: ил. (дата обращения: 17.05.2019)
11. Кузнечиков С.Ю. Магнитопроводы из композиционных магнитомягких порошковых материалов.// Электротехника 1994г. №8, С.54 (дата обращения:

17.05.2019)

12. Методы проектирования электромеханических вибровозбудителей. Божко А.Е., Пермяков В.И., Пушня В.А. Отв. Ред. А.Н. Подгорный; АН УССР Институт машиностроения. – Киев: Наук.думка, 1989. – 208с. (дата обращения: 17.05.2019)

13. Силовые полупроводниковые приборы. Пер. с англ. Под ред. В.В. Токарева. Первое издание. – Воронеж: «Элист», 1995 г. – 664 с. (дата обращения: 17.05.2019)

14. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база/ Масленников М.Ю., Соболев Е.А., Соколов Г.В. и др.; Под ред. Масленникова М.Ю. М.: Радио и связь, 1996. (дата обращения: 17.05.2019)

15. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.platan.ru> (дата обращения: 17.05.2019)

16. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chip-dip.ru> (дата обращения: 17.05.2019)

17. Миловзоров О. В. Электроника : учеб. для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. - Изд. 4-е, стер. ; Гриф МО. - М. : Высш. шк., 2008. - 288 с. (дата обращения: 17.05.2019)

18. Воронин, П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение/ П.А. Воронин. - М.:Издательский дом “Додека-XXI”, 2001. – 384 с. (дата обращения: 17.05.2019)

19. Зиновьев, Г.С. Основы силовой электроники: учеб.пособ./ Зиновьев, Г.С. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. - 664с. (дата обращения: 17.05.2019)

20. Ямпурин Н. П. Электроника [Электронный ресурс] URL : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. П. Ямпурин, А. В. Баранова, В. И. Обухов. - М. : Академия, 2011. (дата обращения: 17.05.2019)

Программирование Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno> (дата обращения: 17.05.2019)

21. Подключение дисплея к Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://zelectro.cc/LCD1602> (дата обращения: 17.05.2019)

22. Датчик ВМЕ-280. Характеристики и описание [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/406693/> (дата обращения: 17.05.2019)
23. Блок-схемы алгоритмов [Электронный ресурс]. URL: <https://pro-prof.com/archives/1462> (дата обращения: 17.05.2019)
24. Блок-схемы алгоритмов и алгоритмизация [Электронный ресурс]. URL: [http://koi.tspu.ru/vav/vav\\_umk\\_inf/algoritmiz/algorithm8.htm](http://koi.tspu.ru/vav/vav_umk_inf/algoritmiz/algorithm8.htm) (дата обращения: 17.05.2019)
25. Международная компания по производству умных теплиц [Электронный ресурс]. URL: <http://fibonacci.farm/technologies> (дата обращения: 17.05.2019)
26. Николай Курдюмов. Умная теплица. М.: Рипол Классик, 2014г. 60 С. <https://libking.ru/books/home-/home-garden/589042-nikolay-kurdyumov-umnaya-teplitsa.html> (дата обращения: 17.05.2019)
27. Модели умных теплиц на рынке [Электронный ресурс]. URL: <https://nanojam.ru/products/umnaya-teplitsa-fibonacci-ag-48?tab=tabDescription> (дата обращения: 17.05.2019)
28. Руководство для проектирования умной теплицы [Электронный ресурс]. URL: <http://ego.ideashunter.ru/avtomatika-dlya-kvartiri/148-umnaya-teplitsa-na-dache.html> (дата обращения: 17.05.2019)
29. Описание датчика влажности почвы YL-38 [Электронный ресурс]. URL: [https://pcus.ru/index.php?route=product/product&product\\_id=86](https://pcus.ru/index.php?route=product/product&product_id=86) (дата обращения: 17.05.2019)
30. Подключение датчика ВМЕ-280 к Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://volti9.ru/bme280-and-arduino/> (дата обращения: 17.05.2019)
31. AC Fan Series [Электронный ресурс]. URL: <https://static.chipdip.ru/lib/007/DOC001007035.pdf> (дата обращения: 17.05.2019)
32. LM78XX / LM78XXA 3-Terminal 1 A Positive Voltage Regulator [Электронный ресурс]. URL: <https://static.chipdip.ru/lib/164/DOC001164647.pdf> (дата обращения: 17.05.2019)

33. DS18B2 Programmable Resolutio 1-Wire® Digital Thermomet  
 [Электронный ресурс]. URL:  
[https://docviewer.yandex.ru/view/928506/?\\*=caV9XMOBTbVTCjW97Bodzhjj8j17InVybCI6Imh0dHBzOi8vbGliLmNoaXBkaXAucnUvMTc5L0RPQzAwMDE3OTc4Ny5wZGYiLCJ0aXRsZSI6IkRPQzAwMDE3OTc4Ny5wZGYiLCJ1aWQiOiI5Mjg1MDYiLCJ5dSI6Ijk1ODEyNzk3MjE1MjM5Mjc1MjciLCJub2lmcmFtZSI6dHJ1ZSwidHMiOjE1Mjc2MjM1NzUxMzQsInNlcnBQYXJhbXMiOiJsYW5nPWVuJm5hbWU9RE9DMDAwMTc5Nzg3LnBkZiZ0bT0xNTI3NjIzNTY1JnRsZD1ydSZ0ZXh0PURTMThCMjAmdXJsPWh0dHBzJTNBjTJGJTJGgGliLmNoaXBkaXAucnUIMkYxNzklMkZET0MwMDAxNzk3ODcucGRmJmxyPTI0MCZtaW1lPXBkZiZsMTBuPXJ1JnNpZ249ODBmNzk1NjJmNDFmYTI4ODI2YjFhOWQ2ODE0NmM1MmYma2V5bm89MCI9&lang=en](https://docviewer.yandex.ru/view/928506/?*=caV9XMOBTbVTCjW97Bodzhjj8j17InVybCI6Imh0dHBzOi8vbGliLmNoaXBkaXAucnUvMTc5L0RPQzAwMDE3OTc4Ny5wZGYiLCJ0aXRsZSI6IkRPQzAwMDE3OTc4Ny5wZGYiLCJ1aWQiOiI5Mjg1MDYiLCJ5dSI6Ijk1ODEyNzk3MjE1MjM5Mjc1MjciLCJub2lmcmFtZSI6dHJ1ZSwidHMiOjE1Mjc2MjM1NzUxMzQsInNlcnBQYXJhbXMiOiJsYW5nPWVuJm5hbWU9RE9DMDAwMTc5Nzg3LnBkZiZ0bT0xNTI3NjIzNTY1JnRsZD1ydSZ0ZXh0PURTMThCMjAmdXJsPWh0dHBzJTNBjTJGJTJGgGliLmNoaXBkaXAucnUIMkYxNzklMkZET0MwMDAxNzk3ODcucGRmJmxyPTI0MCZtaW1lPXBkZiZsMTBuPXJ1JnNpZ249ODBmNzk1NjJmNDFmYTI4ODI2YjFhOWQ2ODE0NmM1MmYma2V5bm89MCI9&lang=en) (дата обращения: 17.05.2019)
34. Resistor [Электронный ресурс]. URL:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Resistor> (дата обращения: 17.05.2019)
35. Electrical resistance and conductance [Электронный ресурс]. URL:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical\\_resistance\\_and\\_conductance](https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_resistance_and_conductance) (дата обращения: 17.05.2019)

