

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»

(наименование кафедры)

11.04.04 – Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки)

Электронные приборы и устройства

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Многофункциональная умная теплица»

Студент

Д.Г. Волохов

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Научный
руководитель

А.В. Прядилов

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель программы к.т.н, доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О.Фамилия)

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н, доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О.Фамилия)

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

Список обозначений и сокращений

IDE	Интегрированная среда разработки для разработок или же программная среда для микроконтроллеров Arduino
LCD	Жидкокристаллический дисплей, который также называют ЖК-дисплей
pin	Контакты arduino
A	Единица измерения амперы
B	Единица измерения вольты
Вт	Единица измерения ватты
Гс	Единица измерения гауссы
Дб	Единица измерения децибелы
Кб	Единица измерения памяти килобайт
м	Единица измерения метры
Ом	Единица измерения ом
ПИД	Пропорционально-интегрально-дифференциальный
сек	Единица измерения секунды
см	Единица измерения сантиметры
ШИМ	Широтно-импульсная модуляция

Содержание

Введение.....	4
1. Состояние вопроса	6
1.1. Формулирование актуальности, цели и задачи проекта	6
1.2. Анализирование существующих решений	7
1.2.1. Анализ существующих решений автоматического полива.....	7
1.2.2. Анализ существующих решений автоматического поддержания температуры почвы	9
1.2.3. Анализ существующих решений автопроветривания.....	15
2.Раздел проектных разработок	21
2.1.Проектная разработка принципиальной электрической схемы и подбор необходимых компонентов	21
2.1.1.Проектирование структурной схемы	21
2.1.2. Выбор необходимых компонентов.....	25
2.1.3.Разработка принципиальной схемы	39
2.2. Разработка конструкции устройства	47
2.3. Разработка программной части устройства.....	50
3. Практическая реализация макетного стенда проекта.....	56
3.1. Изготовление системы умной теплицы	56
3.2. Проверка и отладка программной части устройства.....	63
3.3. Инструкция по использованию макета	67
4. Безопасность проекта.....	68
Заключение	69
Список используемой литературы	70
Приложение 1. Перечень используемых элементов.....	75
Приложение 2. Справочные данные используемых элементов	77

Введение

Достаточно давно стала популярна тема умного дома ("smarthome"), однако, одновременно с умными домами стали разрабатываться и такие системы как, так называемые умные теплицы. Сама по себе умная теплица заключает в себе одну единую систему в тепличных сооружениях, которая состоит из различного рода датчиков, которые управляют различными элементами и устройствами. Что же из себя могут представлять, так называемые умные теплицы?

"Умная теплица", представляет собой полностью автоматизированную конструкцию, способная упростить работу в огородах и садах. Одной из важных особенностей умных теплиц, является возможность монтирования всех составляющих системы абсолютно в любую, даже ранее построенную, теплицу. Для улучшения собственной теплицы необходимо лишь обладать смекалкой, а также способность использовать соответствующие технологии.

Данное изобретение уже давно внедрилась на различных загородных участках, и достаточно давно пользуется успехом повсеместно.

Лишь люди пенсионного возраста, которые обладают достаточным свободным временем, способны постоянно следить за огородом. Остальное же население способно посещать загородные участки лишь в свободное для отдыха время. На рисунке под номером 1 представлена схема работы умной теплицы. Устройства, разработанной системы умной теплицы, управляются посредством подачи сигналов с управляющих устройств на исполнительные устройства при помощи разработанного алгоритма.

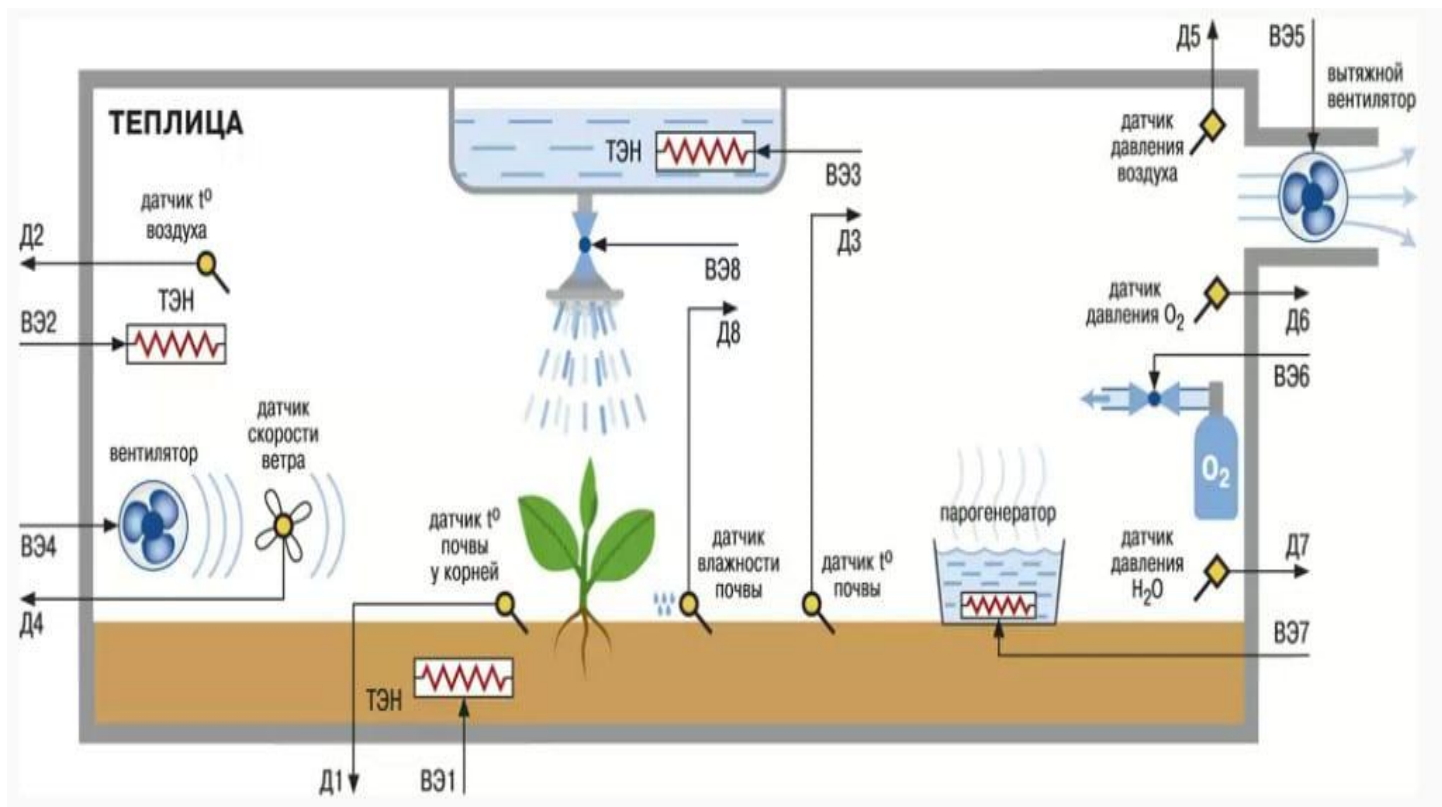


Рисунок 1 - Схема работы умной теплицы

Умная теплица включает в себя такие системы, как:

1. Система автоматического полива, посредством капельного орошения;
2. Система автоматического поддержания температуры почвы;
3. Система автоматического восстановления почвы (мульчирование);
4. Система автопроветривания;
5. Система автоматического освещения.

Исходя из списка систем перечисленных выше, в диссертационной работе будут рассматриваться такие отдельные системы умной теплицы, как:

1. Система автоматического полива, посредством капельного орошения;
2. Система автоматического поддержания температуры почвы;
3. Система автопроветривания;

1. Состояние вопроса

1.1. Формулирование актуальности, цели и задачи проекта

Не стоит даже сомневаться в актуальности таких тем как введение систем умный дом, в особенности умные теплицы. Что в собственно использование так и в производственном плане хорошо распространены системы "умная теплица" по всему зарубежью, но для больше части России такое нововведение как "умная теплица" является ничем иным как обычным термином. Это обусловлено отсутствием самой сути понимания данных систем и их принципа работ. Стоит также отметить, что наиболее отличительной особенностью данных систем является экономически получаемая выгода. По отдельности различные системы умной теплицы уже давно не новшество для большинства жителей России. К примеру, система автоматического полива, посредством капельного орошения, давно уже применяется в загородных участках.

Целью диссертационной работы является проектирование и практическая реализации рабочей многофункциональной умной теплицы, использование которой будет легким в применение, а также снижение значительной стоимости самой конструкции.

Задачи работы:

- Проанализировать существующие решения;
- Разработать электрическую схему, а также подобрать необходимые электронные компоненты;
- Разработать конструкцию макетного стенда;
- Разработать программу;
- Практически реализовать макетный стенд;
- Отладить программную и техническую часть макета;
- Разработка мануала по пользованию макетом;
- Оценить безопасность проекта.

1.2. Анализирование существующих решений

1.2.1. Анализ существующих решений автоматического полива

Благодаря капельному поливу осуществляется орошение водой непосредственно к корням растений. Полив происходит малыми дозами, которые поступают к каждому растению по отдельности. Данный способ осуществляется благодаря многочисленным разветвлениям систем полива при помощи трубок с капельницами. Из-за подобного способа полива растений верхний слой почвы постоянно находится во влажном состоянии, что позволяет растениям впитывать необходимый уровень воды.

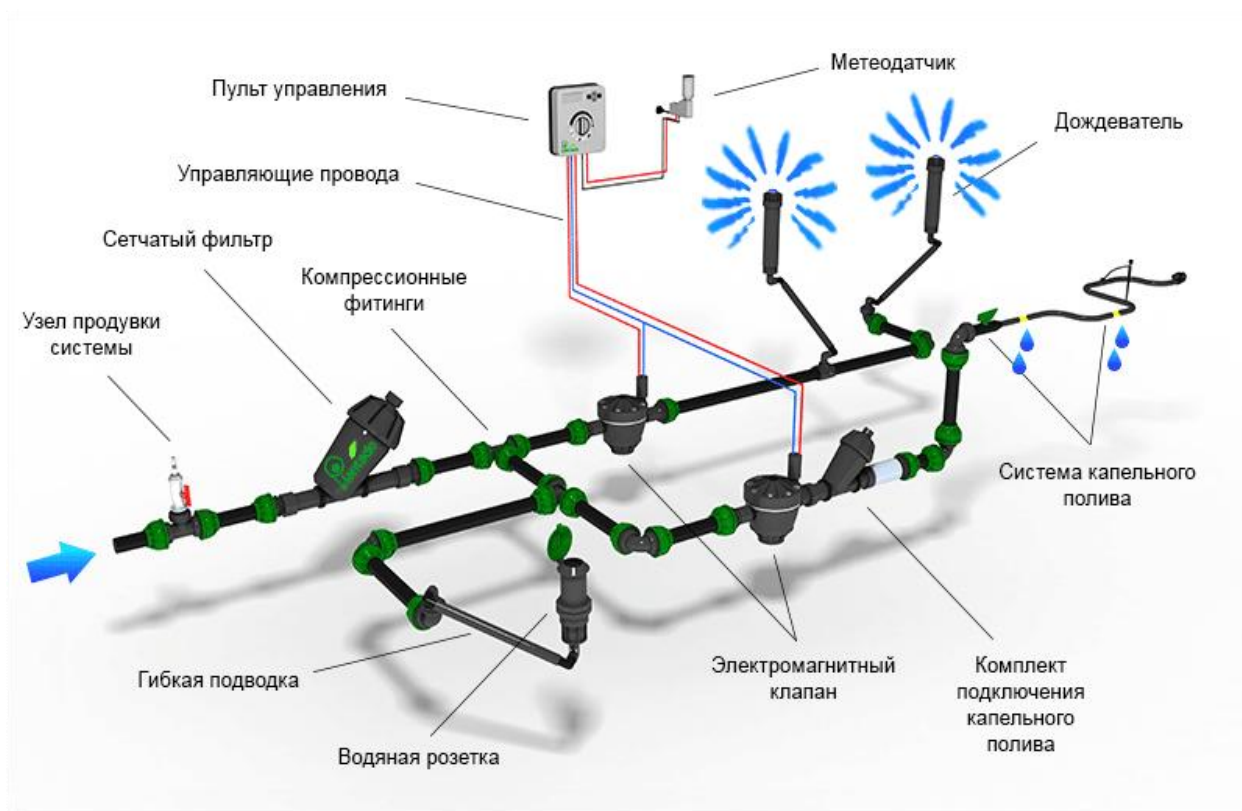


Рисунок 2 - Система автоматического полива

Основной частью данного метода полива является гидроавтомат. Благодаря кряку, который размещается на штоке цилиндра, и происходит процесс открывания крана. Вода по трубкам поступает из бака, из которого она проливается самотеком.

Достоинствами капельного полива являются:

- Отсутствие процесса распространения сорняковых культур;
- Равномерное распространение воды в почве;
- Экономичность воды (около 30% в отличие от обычных методов полива).

Недостатками же данного вида полива является:

- Достаточно сложная конструкция;
- Высокая цена затрат на оборудование;
- Требуется постоянно следить за чистотой воды;

Сложность и высокая цена системы, необходимость тщательно следить за чистотой воды, чтобы не допустить засорения капельных лент.

1.2.2. Анализ существующих решений автоматического поддержания температуры почвы

Не маловажным в системе "умная теплица" является и автоматический подогрев почвы, температура которого регулируется исходя из данных установленных в терморегуляторе.

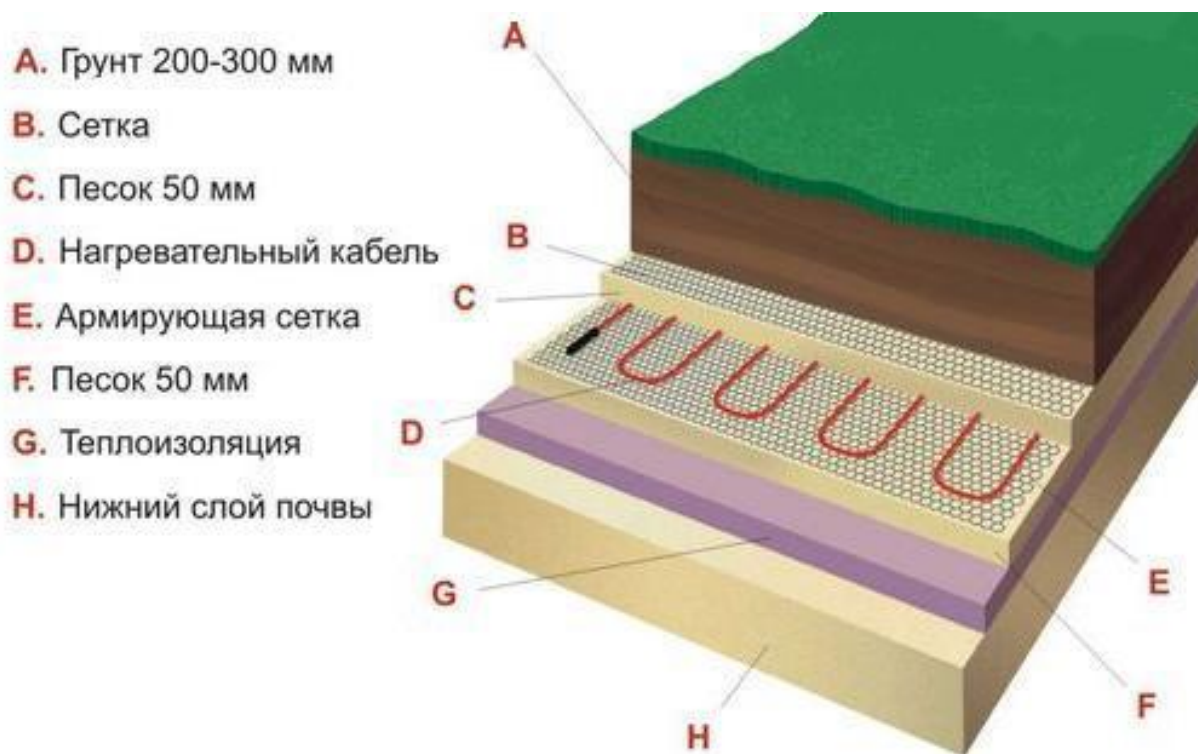


Рисунок 3 - Система обогрева грунта

Довольно важным является грамотное проведение экономического расчета системы обогрева земли, так как затраты на электроэнергию могут сыграть значительную роль на экономичности системы. Водохранилище полива также можно укомплектовать с электронасосом и поплавком, который регулирует уровень воды в водохранилище. Благодаря введению системы автоматического наполнения водохранилища, можно смело назвать данную систему полностью автоматической.

Теперь следует поговорить подробнее о возможных вариантах обогрева почвы. Системы такого рода в продаже уже давно не новшество и составляют огромное разнообразие их на рынке, так что следует рассмотреть некоторые из

них, которые являются основой данной темы. Сама по себе система обогрева почвы включает в себя:

- Терморегулятор;
- Нагревательный элемент.

Рассмотрим существующие типы терморегуляторов. Наиболее развитой и известной в системах обогрева жилья и теплиц является компания «Теплолюкс», так что будем рассматривать их реализации терморегуляторов.

Следует рассмотреть терморегулятор «Теплолюкс TP510» для начала, который изображен на рисунке 4. Этот терморегулятор позволяет регулировать электрические системы обогрева земли. В качестве нагревательного элемента, в данной системе выступают нагревательные маты и пленочные нагреватели. Терморегулятор позволяет выдерживать определенный показатель температуры, который был задан заранее оператором и обеспечивает рациональное распределение электроэнергии.

Терморегулятор данного типа обладает ручкой для регулирования температуры и светодиодным индикатором работы системы. «Теплолюкс TP510» позволяет удерживать температурные показатели в пределах от +5 до +45 градусов по Цельсию. После его включения, поворотом регулировочной ручки по часовой стрелке до упора. После того как достигается температурный показатель, который был указан заранее, следует проворачивать ручку до момента пока светодиод не погаснет, тем самым приходя к выводу что обогрев земли выключился. Таким образом фиксируется температура, которую была изначально заданная, и данная температура будет дальше удерживаться.

В качестве примера для диссертационной работы не подходит, из-за отсутствия дисплея достаточно проблематично подгадать желаемую температуру обогрева земли, особенно для растений капризных к данным показателям.



Рисунок 4 - Терморегулятор «Теплолюкс TP510»

Терморегулятор, который будем рассматривать далее это TP515, который изображен на рисунке под номером 5.

По сравнению с рассмотренным терморегулятором ранее, в нем были исправленные описанные недочеты. Такие недостатки как:

- наличие ЖК-дисплея(для отображения функционала терморегулятора);
- наличие кнопочного регулятора температуры, с помощью которого можно задавать желаемые температурные показания, с помощью кнопок «+» и «-» прибавлять или убавлять соответственно;

Вход в режим установки параметров осуществляется нажатием на кнопки Clock/Esc. Терморегулятор TP515 является подходящим для использования данного аналога в диссертационной работе.



Рисунок 5 - Терморегулятор «Теплолюкс TP515»

Существует два основных типа нагревательного элемента в области систем обогрева почвы:

- Пленочные инфракрасные полотна;
- Нагревательные маты.

Для начала рассмотрим инфракрасные(пленочные) полотна в качестве нагревательного элемента. Нагрев данных элементов происходит путем проведения тока по графитовым полосам, которые располагаются друг от друга параллельно на расстояниях от 10 до 18 мм. На рисунке под номером 6 изображено инфракрасное полотно.

Теперь рассмотрим в качестве нагревательного элемента нагревательный мат. Он представляет собой кабельную систему, которая стянута сеткой для удобства размещения. Разогрев поверхности происходит путем подачи электрического тока в кабель нагревательного мата. Таким образом, поверхность, под которой он размещен, начинает нагреваться.

На рисунке под номером 7 изображен нагревательный мат.



Рисунок 6 - Пленочный инфракрасное полотно для системы обогрева
ПОЧВЫ



Рисунок 7 - Нагревательный мат

Одним из важнейших достоинством данного вида нагревателя почвы без сомнения является:

- удобство размещения нагревательного элемента;
- устойчивость к особо влажным областям размещения, что является важным достоинством, в случае размещения под почвой, которая постоянно находится во влажном состоянии.

1.2.3. Анализ существующих решений автопроветривания

Процесс проветривания теплиц осуществляется открытием подветренной стороны, тем самым избегая негативных влияний холодного ветра. Однако благодаря новым исследованиям в данной области следует, что одновременное открытие двух фрамуг, расположенных по обе стороны теплицы. Данный метод позволяет максимального контролировать теплые потоки внутри теплицы, помимо этого регулировать количество CO₂ и влажность воздуха.

На рисунке под номером 8 (слева) представлено традиционный вид открывания фрамуг (в максимально открытом положении). Однако при данном методе проветривания процесс происходит достаточно медленно. Это обусловлено тем, что потоки теплого воздуха пассивно устремляются вверх.

На рисунке под номером 8 (справа) изображен нововведенный метод, при котором фрамуги открываются на достаточно малую величину, однако поступающий воздуха, при таком способе, создает сквозняк. Это приводит к тому, что получается более качественным управлением влажностью воздуха и меньше терять тепла.

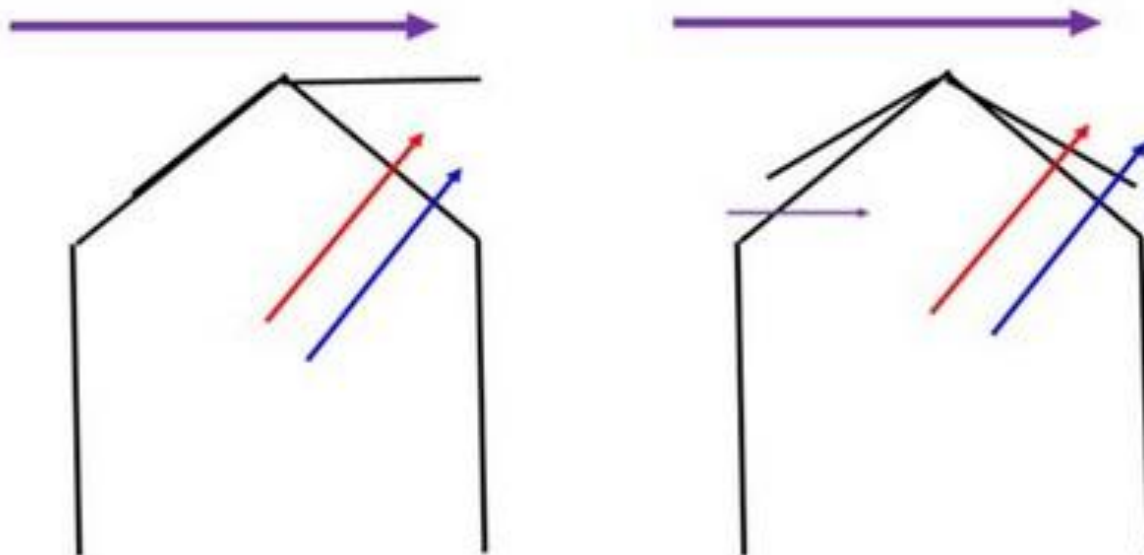


Рисунок 8 - Методы проветривания теплиц

Варианты автоматического проветривания теплиц можно подразделить на четыре типа:

- Электрической;
- Биметаллической;
- Гидравлической;
- Авто форточка.

Электрический способ проветривания.

Данный метод обладает таким преимуществом, как дешевизна. В данном способе основными элементами являются термореле, а также электровентилятора, где наиболее важным элементом является термореле. Благодаря термореле, датчик температуры воздуха регулирует пороги срабатывания устройства, тем самым подавая сигнал срабатывания на электровентилятор. Тем самым наступает процесс охлаждения воздуха теплицы.

Плюсами электрического метода проветривания являются:

- Простая реализация наравне с низкими затратами;
- Возможность реализации большого количества подсистем проветривания из множества термореле и электровентиляторов;
- Вследствие правильного монтажа системы, появляется возможность введения дополнительных функций проветривания воздушных потоков. Осуществляется путем увеличения оборотов электровентилятора при высоких температурах воздуха или же охлаждения воздуха внутри теплицы;
- Термореле является высококачественным и надежным устройством, тем самым не будет сомнений в точности показаний снятых им. Достаточно новые модели обладают возможностью задавать параметры, в пределах которых следует отключать или включать систему.

В качестве недостатков электрического метода проветривания следует отметить непростой процесс наладки бесперебойного питания системы вследствие отключения питания энергией. Для того, чтобы избежать данного нюанса необходимо использовать дополнительное дорогостоящее оборудование. Данный нюанс является важным особенно в жаркие дни, так как достаточно пары часов данной проблемы, вследствие чего все растения теплицы погибнут. Избежать данной проблемы можно в случае использования солнечных батарей, которые монтируются на крышу, но и данное решение проблемы не дает 100% гарантии в том, чтобы обеспечить правильный рабочий процесс системы.

Гидравлический способ проветривания.

Метод, рассматриваемый далее, является наиболее надежным и долговечным. Данный метод предполагает использование специализированных гидравлических элементов, которые покупаются или изготавливаются собственноручно. В случае рассмотрения заводского варианта данной системы все довольно просто, однако как собственноручная реализация системы требует значительного внимания. Саморучная реализация обладает двумя емкостями, которые соединяются при помощи шланга, в котором заливают масляную жидкость, но не до конца. Данная система представлена на рисунке под номером 9.

Емкости системы размещают внутри и снаружи теплицы. В случае достижения критических температур в баке, расположенном внутри, происходит расширение масляной жидкости, которая протекает по трубкам. Что приводит переливанию масляной жидкости во внешний бак. Описанный процесс приводит к так называемому эффекту рычага, тем самым раскрывается форточка.



Рисунок 9 - Система автоматического проветривания гидравлическим методом

В дальнейшем случае, когда область внутри теплицы остынет достаточно сильно, произойдет обратный процесс, после которого форточка закроется.

Суть процесса проветривания заключается в оптимизации температурных показателей внутри теплицы относительно наружных. При расположении форточек необходимо размещать их на максимально возможной высоте, чтобы обеспечить максимально эффективный процесс циркуляции воздуха. Главной ошибкой при размещении форточной области, является размещение ее около земли, что приводит лишь к сквозняковому эффекту.

Биметаллический способ проветривания.

В случае данного метода вентиляция теплицы происходит в процессе циркуляции воздуха, по причине деформации материала под воздействием высоких или низких температур. Основными элементами данного метода являются два металла, которые качественно совершенно отличаются, а также

разнятся по коэффициентам расширения. Процесс данной системы, который изображен на рисунке под номером 10, выглядит следующим образом, когда первая пластина деформируется под воздействием температурных эффектов, тем самым происходит открывание форточки. После того как пластина начнет постепенно охлаждаться и достигнет своего порогового значения, что приводит к постепенному закрытию форточки.

Данная система обладает следующими достоинствами:

- Довольный простой монтаж;
- Дешевое оборудование;
- Долговечность системы.

Из недостатков же следует отметить лишь недостаток действий у системы при некоторых из условий, а также есть возможность того, что металлическая пластина будет недостаточно нагрета и не сможет открыть форточку.

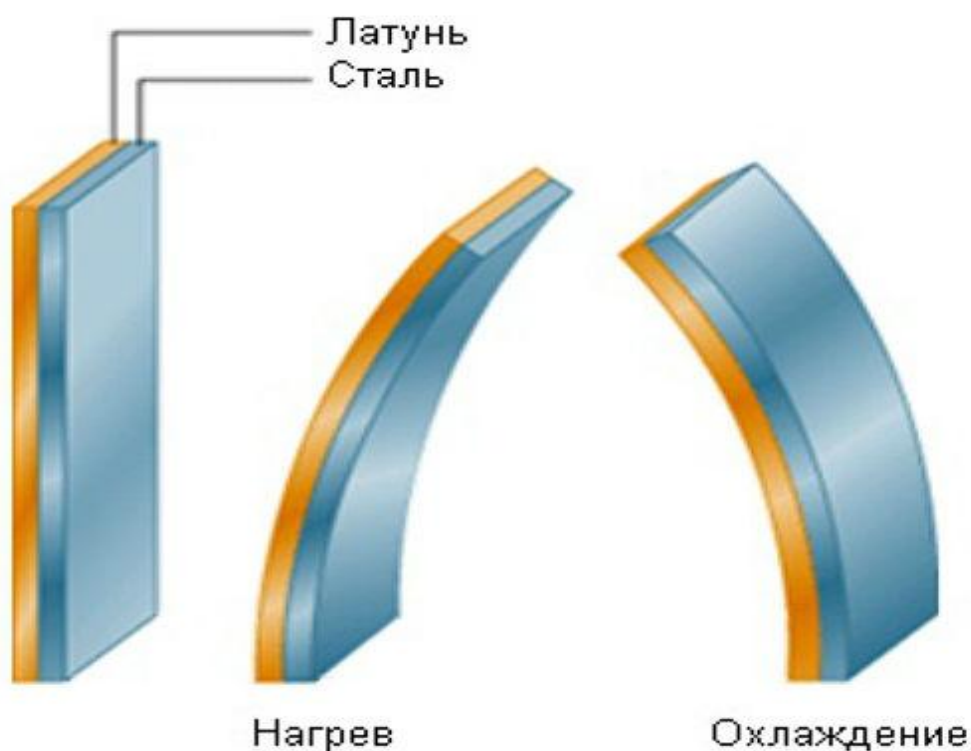


Рисунок 10 - Биметаллический метод проветривания

Форточный метод проветривания

Данный метод в настоящее время является наиболее популярным среди всех ранее описанных. Все подрядчики и производители, в данной области, предпочитают и рекомендуют данный метод. В данном методе конструкция представляет собой толкательные элементы, которые предназначены для закрытия или открытия отверстий. Форточный метод представляет собой одну большую и единую систему, которая включает в себя использование поршней, масляных цилиндров, крепежей и толкателей. Данный метод представлен на рисунке под номером 11.

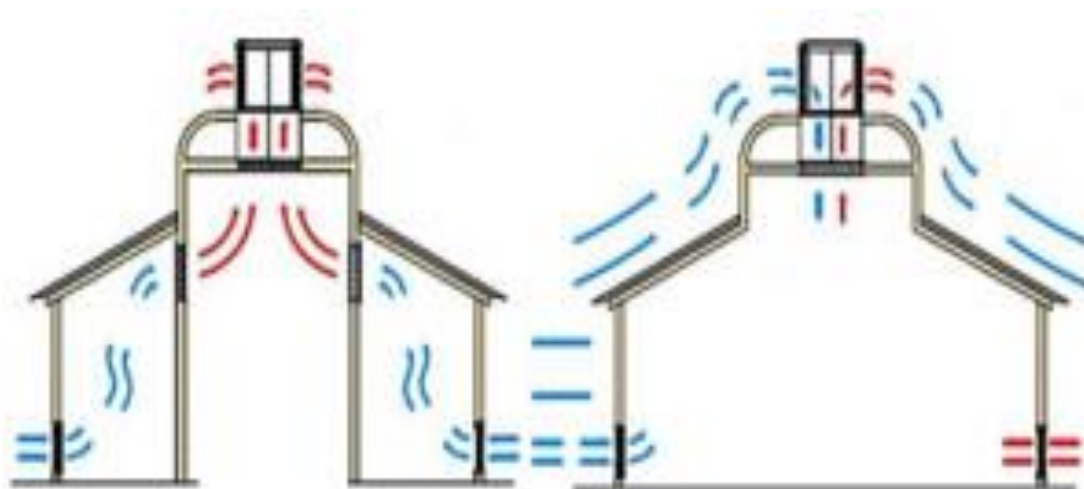


Рисунок 11 - Метод форточного проветривания

В цилиндрических сосудах содержится масляная жидкость, которое в случае нагрева запускает расширение. Данный процесс начинает приводить в движение поршни, тем самым выталкивая их, что в дальнейшем запускает процесс открывания форточек. Вследствие уменьшения внешней температуры масло в цилиндре начинает охлаждаться, из-за чего форточки начинают закрываться.

Плюсом данного метода проветривания является его простота и экономичность. Однако, если по периметру всей теплицы размещено некоторое количество фраг или обладает количеством форточек отличных от двух, то необходимо размещать данную систему по отдельности на каждую область.

2. Раздел проектных разработок

2.1. Проектная разработка принципиальной электрической схемы и подбор необходимых компонентов

2.1.1. Проектирование структурной схемы

Рассмотрев, вышеописанные аналоги, следует приступить к выбору необходимых датчиков. Однако для возможности централизации и управления необходимо использовать компонент, который позволяет считывать и обрабатывать сигналы, которое исходя из полученных данных от датчиков, соответствующе реагирует. Тем самым подавая управляющие сигналы на исполнительные компоненты, а именно микроконтроллер.

Для системы автоматического полива почве потребуется использовать: датчик уровня воды, который будет определять текущее количество воды в водохранилище, тем самым дав понять, что необходимо добавить воды в случае ее недостатка в водохранилище; датчик фиксирующий состояние влажности почвы. Таким способом система определяет, когда требуется запустить процесс полива; ЖК-дисплей, необходимый для мониторинга влажности почвы и визуализации процессов настройки системы полива; устройство управления нагрузкой, которое после подачи с микроконтроллера сигнала запускало систему подачи воды; система управления для задачи и настройки процессов полива. Устройство оповещения, служит для индикации отсутствия воды, чтобы ее добавили в емкость ее хранения.

Для системы автопроветривания необходимо использовать такие элементы, как: датчик температуры и влажности почвы, в зависимости от показаний снятых данным датчиком определяется текущее состояние внутри теплицы; устройство управления нагрузкой, которое после подачи с микроконтроллера сигнала запускало систему проветривания.

Для системы автоматического обогрева почвы необходимы элементы: датчик определения температуры почвы (контактного типа); устройство

управления нагрузкой, которое после подачи с микроконтроллера сигнала запускало подогрев почвы; система управления для задачи и настройки процессов обогрева почвы; ЖК-дисплей, необходимый для мониторинга температуры почвы и визуализации процессов настройки системы обогрева почвы.

Чтобы обеспечить техническую безопасность стенда при выполнении работ на нем, от таких процессов как удар током, что может привести помимо травм также к летальному исходу. Именно поэтому в диссертационной работе было принято решение воздержаться от использования сетевого напряжения для питания нагревательного элемента и микроконтроллера. Исходя из вышесказанного, в качестве элемента питания решено использовать источник питания напряжением в 12 В и показателем тока в 3А. Помимо безопасности данное решение было принято, так как в качестве питания нагревательного элемента системы обогрева почвы 5-ти В-ое напряжение от микроконтроллера является недостаточным для получения желаемого результата. Чтобы обеспечить микроконтроллеру возможность управления нагрузочными элементами необходимо использовать ключевые элементы.

Скомпоновав полученные данные ранее можно построить структурные схемы систем, которые изображены на рисунках под номерами 12,13 и 14.

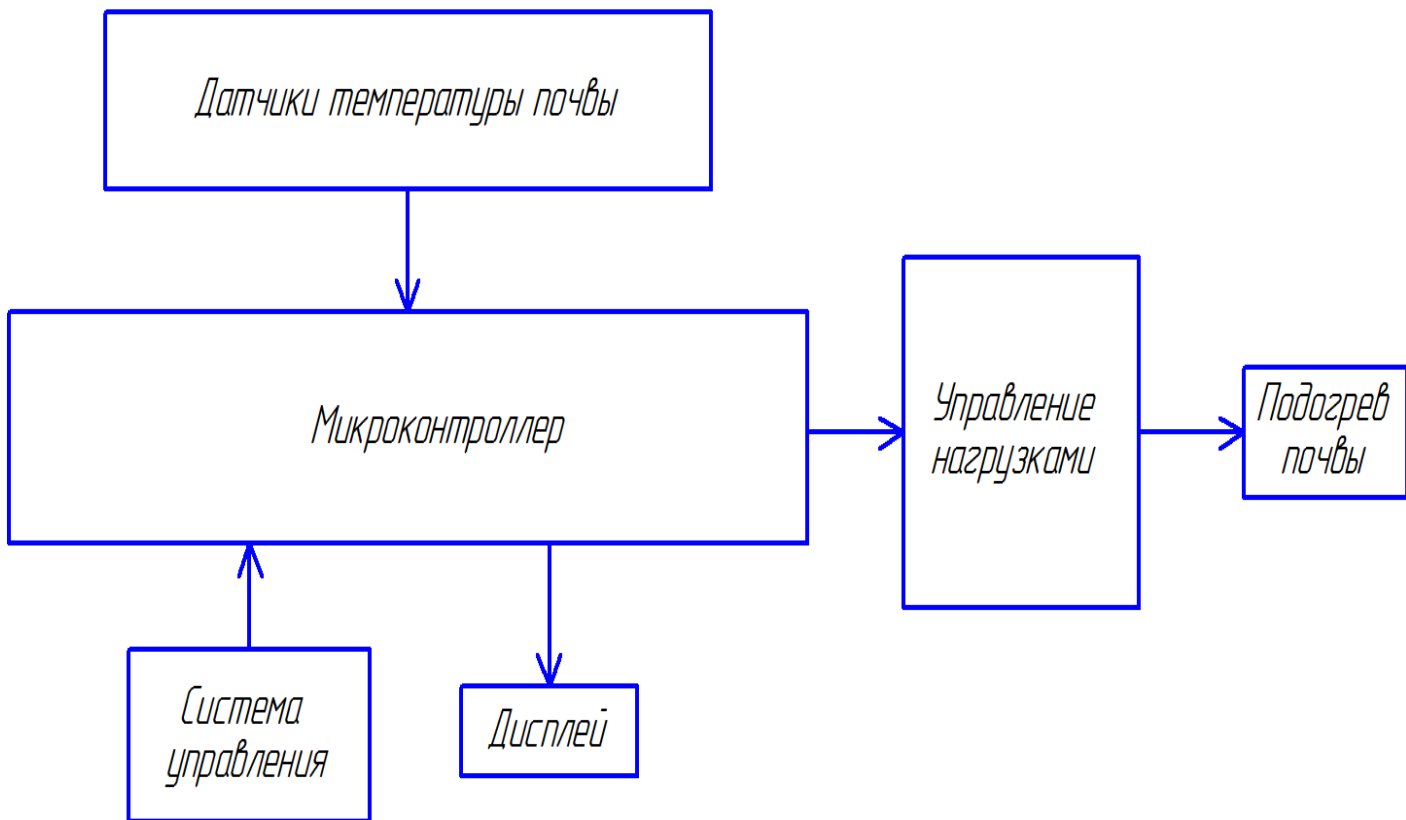


Рисунок 12 - Структурная схема автоматического обогрева почвы

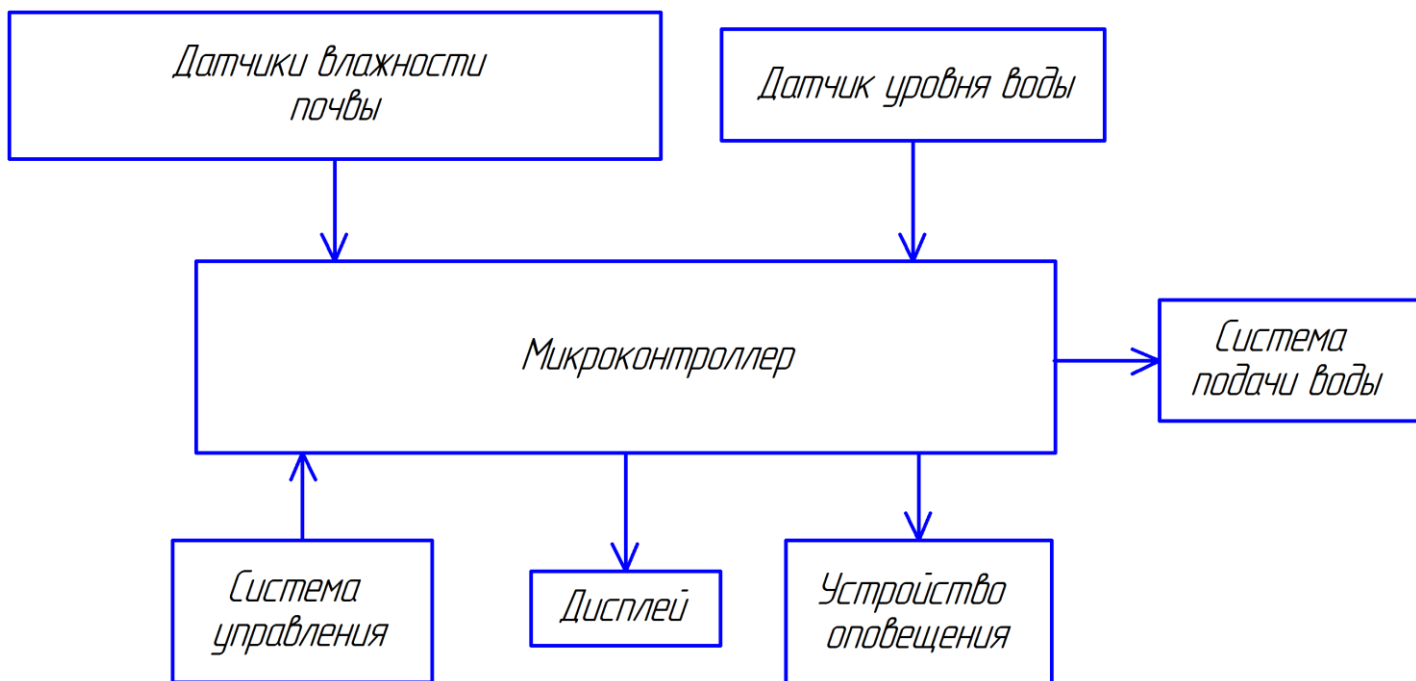


Рисунок 13 - Структурная схема автоматического полива почвы

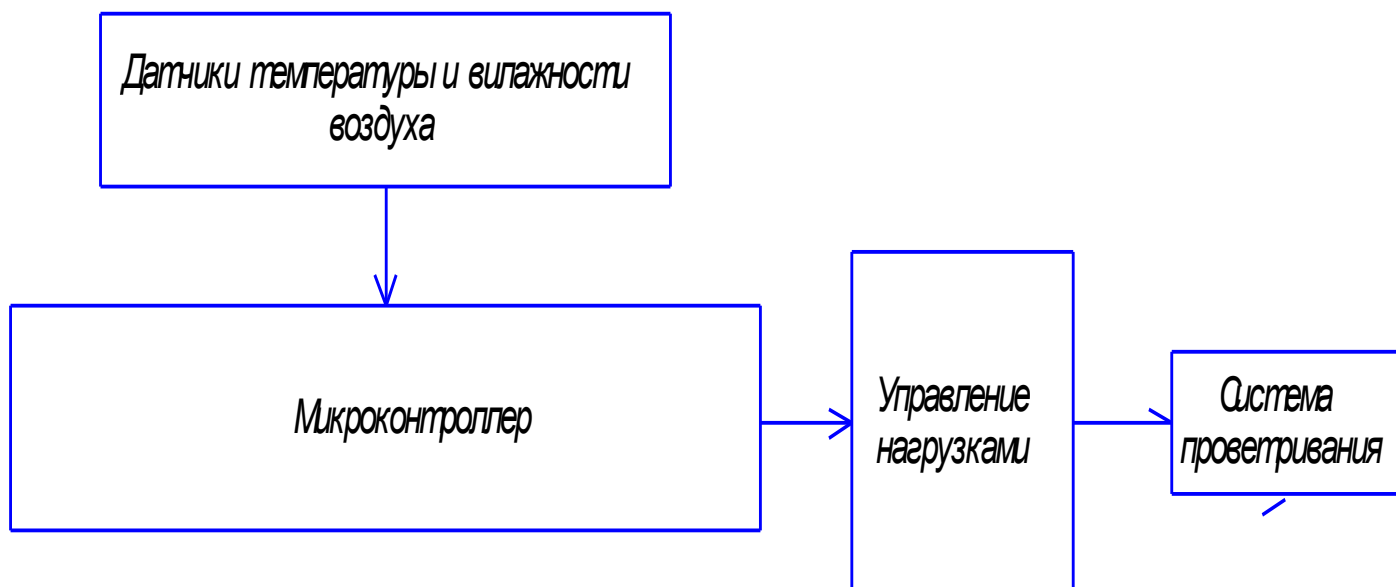


Рисунок 14- Структурная схема автопроветривания

2.1.2. Выбор необходимых компонентов

Выбор микроконтроллера

Чтобы управлять всеми системами умной теплицы, в качестве микроконтроллера был выбран 8-битный микроконтроллер от компании Atmel серии Arduino. В микроконтроллере Arduino присутствует необходимое для проекта преимущество, которое позволяет управлять полностью длительностью и временем подачи управляющих сигналов на силовую часть.

В дальнейшем, выбор микроконтроллера заключался в определении необходимой серии для проекта. Над данным вопросом долго думать не пришлось, так как было определено примерное количество требуемых pin-ов, и этим микроконтроллером является Arduino Uno и данный микроконтроллер также изображен на рисунке под номером 15.



Рисунок 15- Микроконтроллер компании Atmel - ArduinoUno

Следует рассмотреть основные преимущества данного микроконтроллера:

- Процессор на 16МГц, 32Кб постоянной и 2Кб оперативной памяти;
- Данный микроконтроллер обладает 20 pin-ми для ввода и вывода сигналов. 20 pin-ов включают в себя 6 pin-ов аналогового типа; 6 цифровых pin-ов

цифрового типа, которые поддерживают ШИМ сигнал; а также 2 pin-а аппаратного прерывания;

- В программной среде существует значительное количество готовых библиотек;
- Достаточно простая среда в освоении IDEс языком ArduinoC++;
- При подключении USB питания, Arduino обладает возможностью использования собственного напряжения величиной в 5 В (данная величина напряжения является достаточной для питания большинства плат датчиков);
- Малая цена и доступность в продаже.

Выбор ЖК - дисплея

Чтобы отслеживать состояние и визуализации процессов настройки, для систем автоматического полива и регулировки обогрева почвы, необходимо применять ЖК - дисплей. Чтобы выбрать необходимый для диссертационной работы ЖК - дисплей, необходимо придерживаться лишь к такому критерию, как достаточное количество строк и столбцов, которое понадобится для использования в процессе работы в виде информации с Arduino Uno.

Исходя из необходимого требования, решено использовать LCD - дисплей с 16-ю контактами под названием WH-1602B3-NYG-CW. Данный LCD-дисплей представлен на рисунке под номером 16. В название LCD-дисплей заключаются следующие обозначения:

- 16 - это количество столбцов дисплея;
- 2 - это количество строк дисплея.

Дисплей способен поддерживать два вида вариаций параллельного типа интерфейса, это:

- 8 битный интерфейс, он позволяет за один такт передавать 8 бит информации;
- 4 битный интерфейс, он позволяет за один такт передавать 4 бит информации.

Данные виды интерфейсов сильно ограничиваются количеством необходимых pin-ов микроконтроллера при подключения, в особенно 8 битный тип, который сразу следует отбросить для диссертационной работы. Хотя от количество битов зависит скорость отклика изображения на дисплее, она на столько мала, что даже не следует брать большое количество битов как вариант. Величина скорости обновления дисплея или же FPS составляет величину не более 10 раз в секунду, что не позволяет заметить глазом частоту обновления данных.



Рисунок 16- Текстовый LCD-дисплей WH-1602B3-NYG-CW

В дальнейшей работе при монтаже данного дисплея выявилось, что он является не удобным в размещении из-за большого количества проводов, которое также приводит к большой величине необходимых pin-ов на Arduino Uno. Даже учитывая тот факт, что даже при 8 битном параллельном интерфейсе необходимо использовать 12 pin-ов.

Учитывая выше описанную причину, было решено в применение LCD - дисплея добавить такой компонент, как I2C - модуль, который изображен на рисунке под номером 17.

Выбор устройства оповещения

В качестве устройства оповещения, о необходимости добавления воды в емкость полива, были использованы обычный светодиод и зуммер, который также называют "пьезопищалкой", для звукового оповещения пользователя.

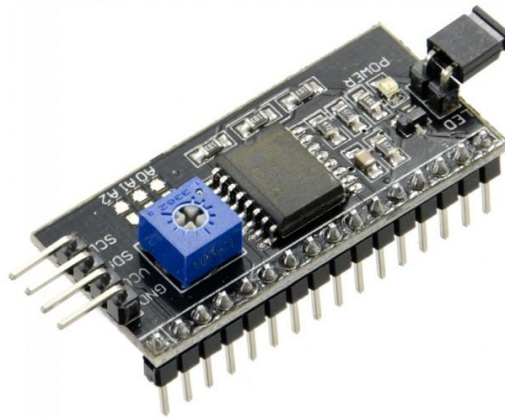


Рисунок 17 - I2C-модуль для LCD-дисплея

Благодаря I2C модулю решается такая проблема как слишком большое количество pin-ов необходимых для подключения к Arduino до количества в 4, так по мимо этого также I2C - модуль обладает подстроечным резистором, благодаря которому легко можно регулировать подсветку самого дисплея.

Выбор датчика температуры

Чтобы отслеживать перемены температуры почвы, необходимо использовать датчик температуры, который будет в максимально близком контакте с нагреваемой поверхностью и почвой. При выборе необходимого датчика температуры использовались следующие критерии:

- Датчик должен определять изменения показателей в пределах от - 10 градусов по Цельсию до + 40 градусов. Данный выбор температурных показателей связан с выше рассмотренными аналогами, в которых терморегуляторы работают в данных пределах, да и больше +40°C в системе обогрева почвы нет нужды;
- Достаточно малый порог погрешности измеряемых величин;
- Реализация плоского корпуса самого датчика, которая необходима для абсолютно плотного размещения на обогреваемом элементе, тем самым получая максимально точные значения с температурного датчика;

- Напряжения питания в 5В;
- Доступность и дешевизна.

Наиболее соответствует вышеуказанным параметрам датчик температуры Dallas 18B20 (DS18B20), который изображен на рисунке под номером 18.

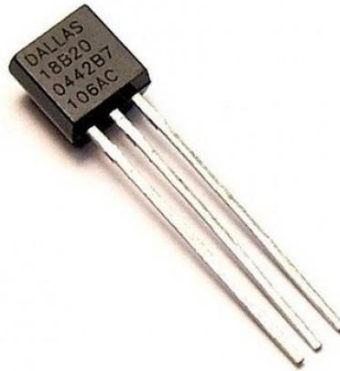


Рисунок 18 - Датчик температуры DS18B20

Датчик обладает следующими параметрами:

- Напряжения питания (U_n) от 3 до 5 вольт;
- Порог измеряемых температур лежит в пределах от -55 градусов по Цельсию до +125°C;
- Погрешность измерения температур плюс-минус 0,5°C.

Также следует отметить корпусную реализацию датчика, а именно ТО-92. Данный вид корпуса позволяет размещать датчик на плоских поверхностях в абсолютной близости.

В датчике температуры DS18B20 обмен полученной информации с микроконтроллером происходит путем использования интерфейса One-Wire. Данный протокольный интерфейс использует одну линию связи, эта особенность позволяет применять одновременно несколько датчиков.

Выбор нагревательного элемента

Исходя из вышеописанного, единственно важным ограничением при выборе нагревательного элемента, является, величина напряжения питания в 12 В. Все рассмотренные аналоги теплых полов являются реализациями при напряжении питания сети (220В). Исходя из этого, следует, что на данном этапе реализации диссертационной работы использование маточного нагревательного элемента и инфракрасного полностью исключается.

Также следует отметить, что реализация маточного и инфракрасного нагревательных элементов осуществляется не менее 1м длиной для инфракрасных и 2 м длиной для маточных.

Следуя из выше описанного, в качестве реализации обогрева почвы для диссертационной работы было решено использовать обычный нагревательный элемент. Данный нагревательный элемент на рынке продается в различных реализациях размеров и изображен на рисунке под номером 19.

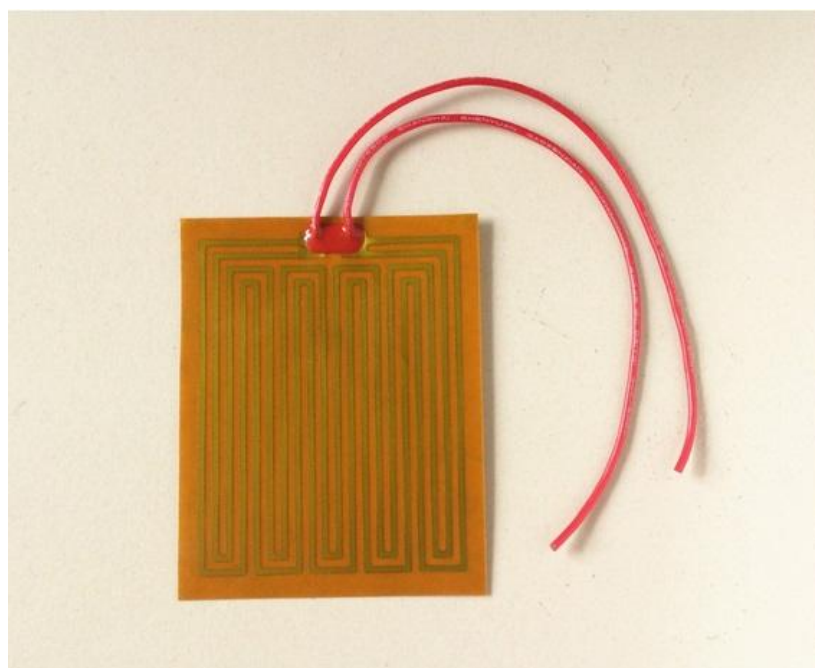


Рисунок 19 - Пример нагревательного элемента

Однако в дальнейшем встретилась еще одна проблема, которой является цена нагревательных элементов. Даже нагревательный элемент габаритами

20см*18см обладает суммой в 1200 рублей, а данная сума уже превышает величину стоимости одного микроконтроллера в 2 раза. Исходя из полученного выяснения стоимости, пришел к решению исполнить собственный нагревательный элемент при помощи процарапывания дорожек на фольгированном текстолите.

Выбор устройства управления

При выборе элементов для устройства управления, было решено использовать обыкновенные тактовые кнопки, которые после отжатия возвращаются в свое исходное состояние (на замыкание). Критерием выбора тактовых кнопок является простота размещения на стенде умной теплицы, а также эстетичность внешнего вида. Также критерием не маловажным является возможность выдержки напряжения пропуски в 5 В, а также антидребезговая система.

Из полученных критериев выбор пал на тактовую кнопку PBS, которая выдерживает напряжение, величиной не более 20 В. Данная тактовая кнопка изображена на рисунке под номером 20.



Рисунок 20 - Тактовая кнопка PBS для устройства управления

Выбор ключевого элемента

Как и описывалось ранее, pin-ы Arduino не предназначены для питаний высоких нагрузок и больших напряжений (ток выводов Arduino ограничен

величиной в 40мА). Для обхода данной проблемы, для управления мощной нагрузкой, применяются ключевые элементы, к примеру, MOSFET-транзистор, который и будем использовать. Этим самым появляется возможность использования нагрузок в несколько ампер.

Для управления ШИМ сигналом наиболее удачным вариантом является MOSFET-транзистор, так как условие открытия данного транзистора управляется подаваемым током, как в биполярном транзисторе, а напряжением на затвор транзистора. Данная особенность дает возможность малыми токами с pin-ов Arduino управлять большими токами на самой нагрузке. Также следует отметить такое преимущество MOSFET-транзисторов, как малая величина падения напряжения на нем, отличная от тех значений, которые получаются при использовании реле, так как MOSFET-транзистор обладает малой величиной сопротивления на исток-сток (R_{DSon}).

Чтобы выбрать MOSFET-транзистор, необходимо учитывать такой пункт, как открывание его напрямую от микроконтроллера без какого-либо добавления дополнительных биполярных транзисторов или же драйверов, требуется соблюдать такой параметр как GateTreshold (пороговое напряжение включения транзистора). Данный параметр в данной диссертационной работе должен лежать в пределах от 1 до 4 вольт. Также, немало важным параметром при выборе транзистора является Draincurrent (continiuous). Данный параметр решает продолжительность тока поступающего на затвор транзистор для его открытия, которое способен выдержать транзистор. Исходя из выбора источника питания с величиной тока 3А, то параметр Draincurrent (continiuous) должен лежать в пределах с запасом больше 30%.

Подведя итоги необходимых параметров транзистора, был выбран транзистор STP16NF06. Данный транзистор изображен на рисунке под номером 21.

Следует описать параметры и характеристики выбранного транзистора, а именно:

- Сопротивление исток-сток в открытом состоянии: 0,1 Ом
- Пороговое напряжение включения транзистора: 2В - 4В
- Максимальный ток стока при продолжительном открытии: 11А



Рисунок 21 - Справочные данные MOSFET-транзистора STP16NF06

Выбор датчика температуры и влажности

При рассмотрении возможных вариантов датчиков температуры и влажности, было решено, остановится на варианте серии DHT. Из вариаций данной серии датчиков можно выбрать DHT11 и DHT22. Следует отметить основные различия данных датчиков, чтобы определиться в их выборе:

- Существенный недостаток DHT11, это не возможность использования в минусовых температурах;
- DHT22 является более точным датчиком, так как позволяет замерять значения до десятых долей;
- DHT22 является более дорогим по сравнению с DHT11.

Исходя из выше сказанного, так как DHT22 является наиболее дорогим вариантом и использование минусовых температур в нашей диссертационной

работе не предусмотрено, естественным выбором датчика является DHT11, изображение которого представлено на рисунке под номером 22.

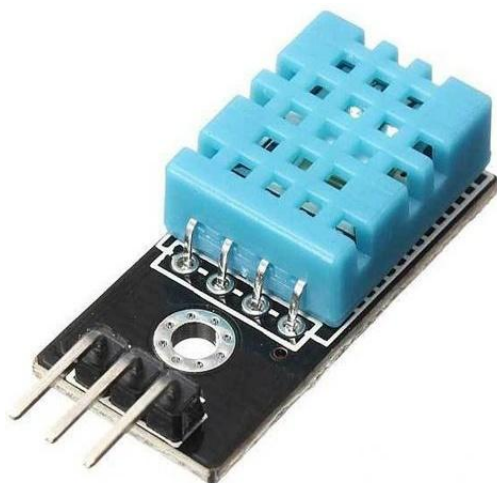


Рисунок 22-Датчик температуры и влажности DHT11

По подробней рассмотрим параметры выбранного датчика температуры и влажности:

- Величина питающего напряжения: 3-5В;
- Максимальная величина потребляемого тока: 2,5мА;
- Диапазон величины измеряемой влажности: 20% - 80%;
- Диапазон величины измеряемой температуры: 0 - 50°C.

Элемент подачи воды

Для орошения водой необходимо использовать помповый насос, который будет подавать потоки воды через трубки в почву. Существует два типа помповых насосов, а именно: навесного и погружного типа. Для нашего проекта будет достаточно использовать погружной тип, так как в водохранилище не присутствует какие либо потоки. Определившись с типом помпы остается лишь ограничение в напряжение электропитания, а именно не больше 12 В. Рассмотрев возможные помпы, было принято использовать обычную помпу фирмы WAVGAT, которая рассчитана на напряжения питания от 3 до 5 В и позволяет передавать потоки воды со скоростью 70 - 20 литров за

час. Данные параметры больше чем подходят для использования в демонстрационном стенде капельного орошения и представлена данная помпа на рисунке под номером 23.



Рисунок 23-Микропомпа (насос) воды погружного типа фирмы WAVGAT

Элемент проветривания

После рассмотрения все возможных вариантов управления проветриванием, в качестве элемента проветривания для умной теплицы было решено использовать сервопривод. Основными параметрами при выборе сервопривода, в нашей системе, является:

- Вес передвигаемой части не больше 1кг;
- Напряжение питания от 5В то 12В;
- Скорость срабатывания и доведения до 60° примерно 0,2 секунды;
- Угол поворота около 90°;
- Дешевизна и доступность.

Исходя из вышеописанных параметров, в качестве сервопривода для управления системой автопроветривания был выбран хорошо

распространенный и дешевый SG90, который представлен на рисунке под номером 24.



Рисунок 24-Сервопривод SG90

Данный сервопривод обладает следующими характеристиками:

- Напряжение питания от 4,8 до 6В;
- Момент (усилие) 1,2 кг*см в случае напряжения питания 4,7В;
- Скорость поворота сервопривода 0,12 сек при том же напряжении;
- Максимальный угол поворота 180°.

Датчик уровня воды

В качестве устройства для замера уровня воды в баке решено было использовать горизонтальный сенсорный поплавок OOTDTY 1A50152, и изображен он на рисунке под номером 25. Данный датчик обладает следующими характеристиками: напряжение питания около 5В; рабочая температура от -30 до +125 градусов по Цельсию; максимальная мощность переключателя 10Вт; максимальный импульсный ток 0,5 А.



Рисунок 25-Датчик уровня воды OOTDTY 1A50152

Датчик влажности почвы

В процессе разработки системы авто полива одним из важных элементов является датчик, который бы отслеживал состояние влажности почвы. При выборе датчике влажности почвы для системы авто полива, ориентировочными параметрами элемент являются следующие:

- Напряжение питания около 5В;
- Возможность использование как аналогового, так и цифрового управления;
- Ток потребления не больше 50мА;
- Дешевизна и доступность.

Рассмотрев все возможные варианты используемых датчиков влажности, наиболее соответствующим данным и наиболее распространенным является датчик влажности, который состоит из двух элементов:

1. Сам датчик YL-38;
2. Контактный щуп для размещения в почве YL-69.

Данный датчик представлен на рисунке под номером 26.

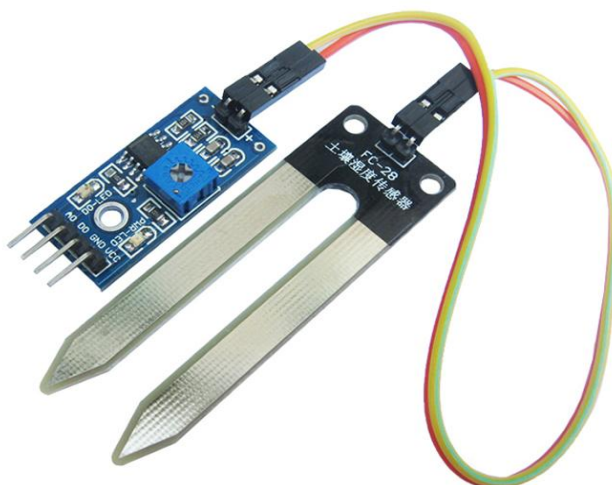


Рисунок 26-Датчик влажности и щуп (YL - 38 и YL - 69 соответственно)

Помимо его дешевизны и доступности, данный датчик также имеет возможность как аналогового сигнала, который позволяет получить разные коэффициенты влажности почвы, и цифровой, который подает сигнал 0 или 1 в соответствии с состоянием почвы.

Данный датчик обладает следующими характеристиками:

- Напряжение питания от 3,3В до 5В;
- Потребление тока: 35мА.

Однако следует отметить существенный недостаток данного датчика, а именно ржавление контактов щупа со временем. Однако данный факт имеет место быть при постоянном использовании во влажной почве в течении 3 месяцев работы. Однако данный факт будет учтен при разработке конструкции макета, чтобы была возможность использования одноразовым методом щупа, только при демонстративной работе.

2.1.3. Разработка принципиальной схемы

В ходе разработки принципиальной схемы часто были использованы, так называемые, подтягивающие резисторы. Перед рассмотрением дальнейшего конструирования принципиальной схемы следует пояснить, для чего данный тип резисторов применяется.

Основной задачей, подтягивающих резисторов, является гарантия высокого или низкого логического уровня на входе. Данная проблема решается в таких случаях, как:

- отсутствие соединения проводников с логическим выходом;
- отсутствие замыкания ключевого элемента на логическом выходе, который применяется в качестве открытого вывода ключевого элемента;
- наличие высокого сопротивления между логическими контактами и остальной частью схемы (данный процесс реализуется посредством закрытого транзистора в ключевом режиме).

После рассмотрения выше описанной темы, продолжим рассматривать отдельные элементы. Начнем с подключения LCD-дисплея с наличием I2C модуля. Данное соединение изображено на таблице под номером 1.

Таблица 1 -Соединение контактов LCD-дисплея с I2C модулем к Arduino Uno

LCD I2C модуль	Arduino Uno
SCL	A5
SDA	A4
VCC	+5V
GND	GND

После того, как было описано выше о необходимости подтягивающих резисторов, приведем элементы, которые нуждаются в их наличие, а именно: датчик температуры и влажности DHT11 и контактный датчик температуры для системы обогрева пола DS18B20. Данные факты объясняются наличием

соответствующих схем сбора для данных элементов, которые представлены в справочных данных. Схемы подключения выше описанных элементов представлено на картинке под номером 27 и 28.

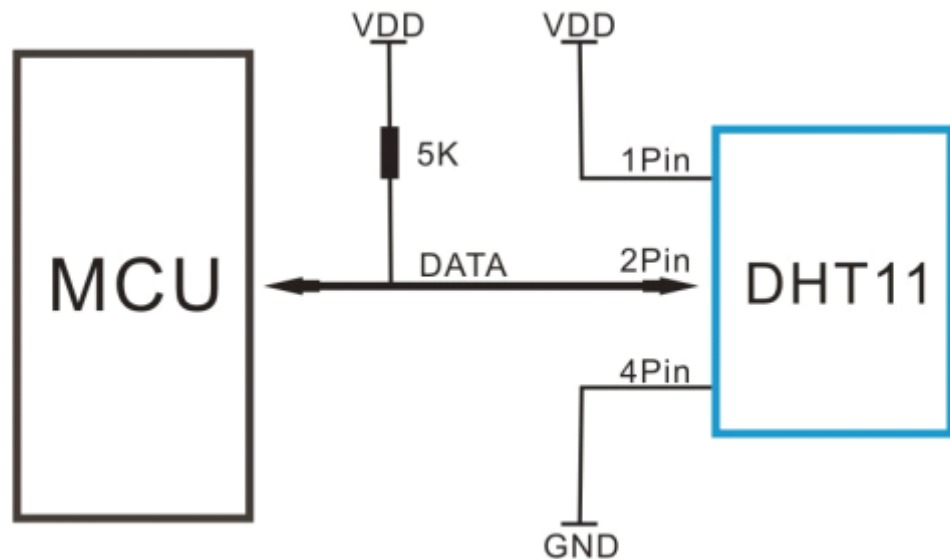


Рисунок 27 - Схема подключения датчика температуры и влажности DHT11

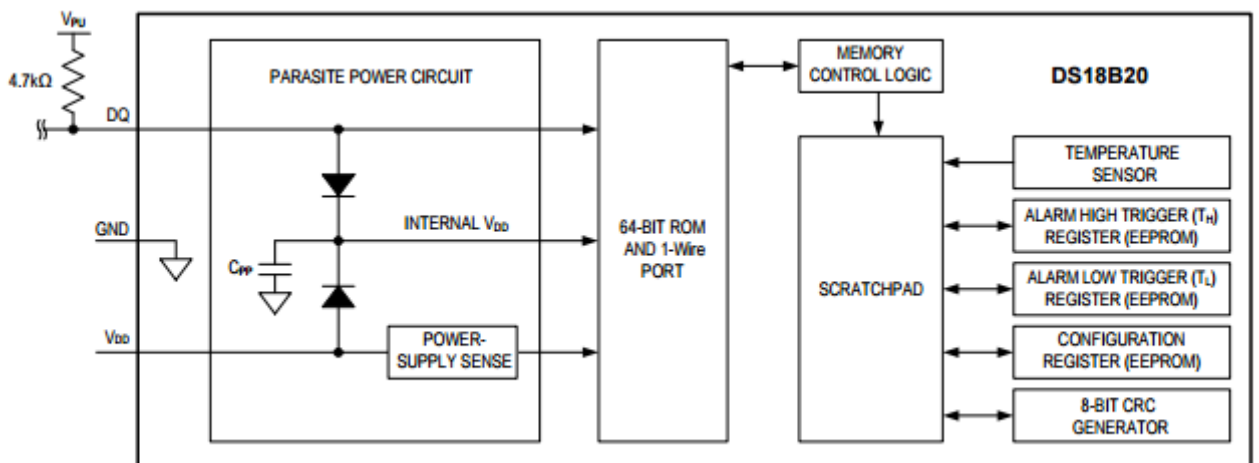


Рисунок 28 - Схема подключения датчика температуры DS18B20

Помимо данных элементов, также необходимо использовать подтягивающие резисторы в системе управления, отдельно на каждой кнопке. Чтобы не добавлять дополнительных элементов на макетную плату, было

решено использовать встроенные в Arduino Uno резисторы, что легко сделать в программной части.

Продолжим с рассмотрения используемого MOSFET - транзистора для управления нагрузкой. В данном элементе также используется подтягивающий резистор между соединением затвор-исток. Это позволяет удерживать на затворе постоянный низкий уровень, когда микроконтроллер не подает сигналы высокого уровня для открытия. Благодаря такому изменению схемы предотвращается произвольное срабатывание полевого транзистора, при сопротивлении выбранного резистора величиной в 10кОм. Также необходимо использовать резистор величиной от 50 до 150 Ом в цепи затвор-микроконтроллер, так как это необходимо, что на Arduino не пришел нежелательный выброс тока.

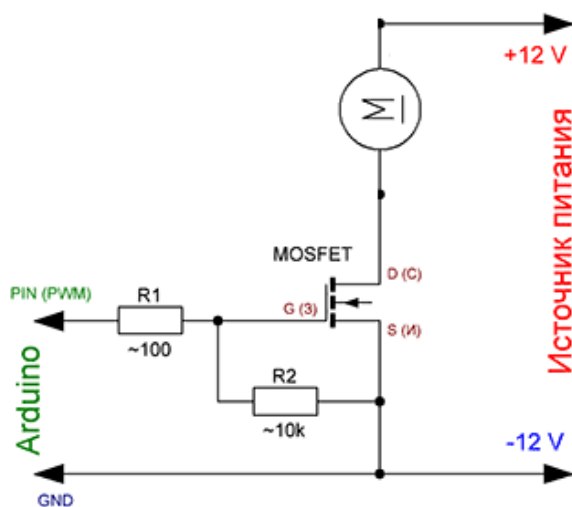


Рисунок 29 - Схема подключения MOSFET-транзистор STP16NF06

Подключение сервопривода системы в элементарном виде подключение выглядит так, как изображено на рисунке под номером 30. Здесь GND сервопривода подключается к любому GND pin-у микроконтроллера, контакт VTG сервопривода подключается к pin-у +5В, а контакт сервопривода SIG подключается к любому pin-у контроллера, поддерживающий ШИМ сигнал (необходимо для управления углом поворота сервопривода).

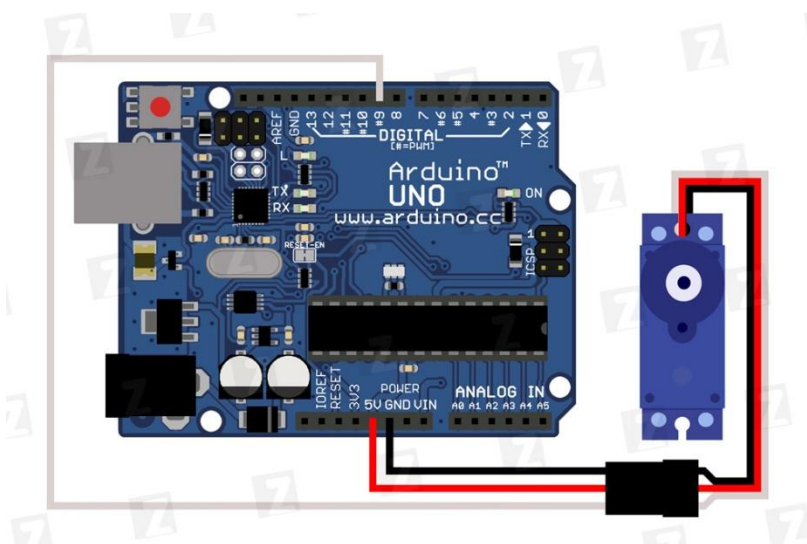


Рисунок 30 - Схема подключения сервопривода SG 90

Подключение датчика влажности почвы изображено на рисунке под номером 31, а также в таблице под номером 2.

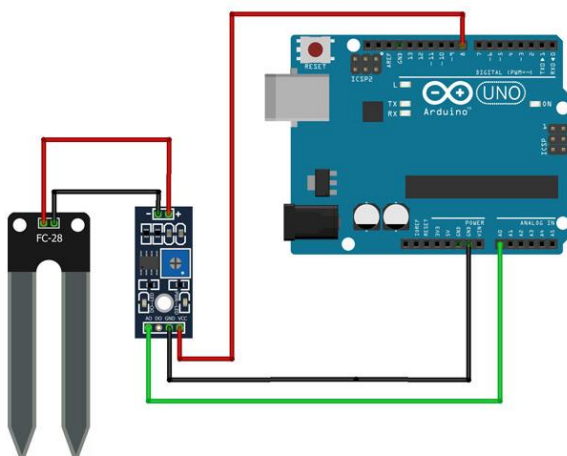


Рисунок 31 - Схема подключения YL - 38 и YL - 69

Таблица 2 -Соединение контактов YL - 38 и YL - 69 к Arduino Uno

LCD I2C модуль	Arduino Uno
A0	A3
D0	Pin 1
VCC	+5V
GND	GND

Схема электрическая принципиальная каждой из подсистем представлена на рисунке под номерами 32, 33 и 34. Разработка и реализация данных принципиальных схем производилось в программной среде КОМПАС-3D, в которой также была произведена перечень все используемых элементов, и представлено в приложении 1. На рисунке под номером 35 представлена полная принципиальная схема системы умной теплицы, которой соответствует приложение 1.

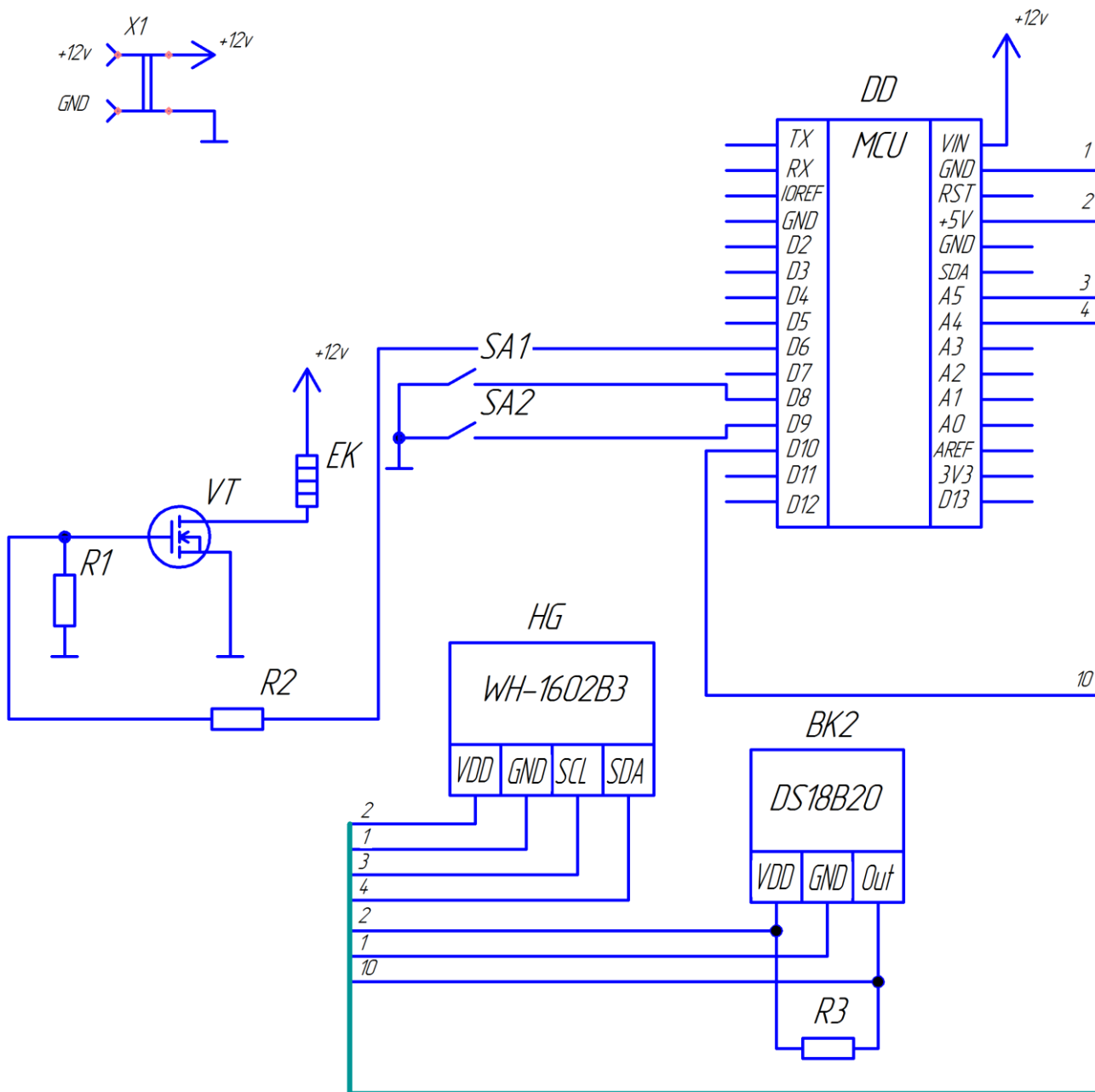


Рисунок 32 - Схема электрическая принципиальная для системы обогрева почвы

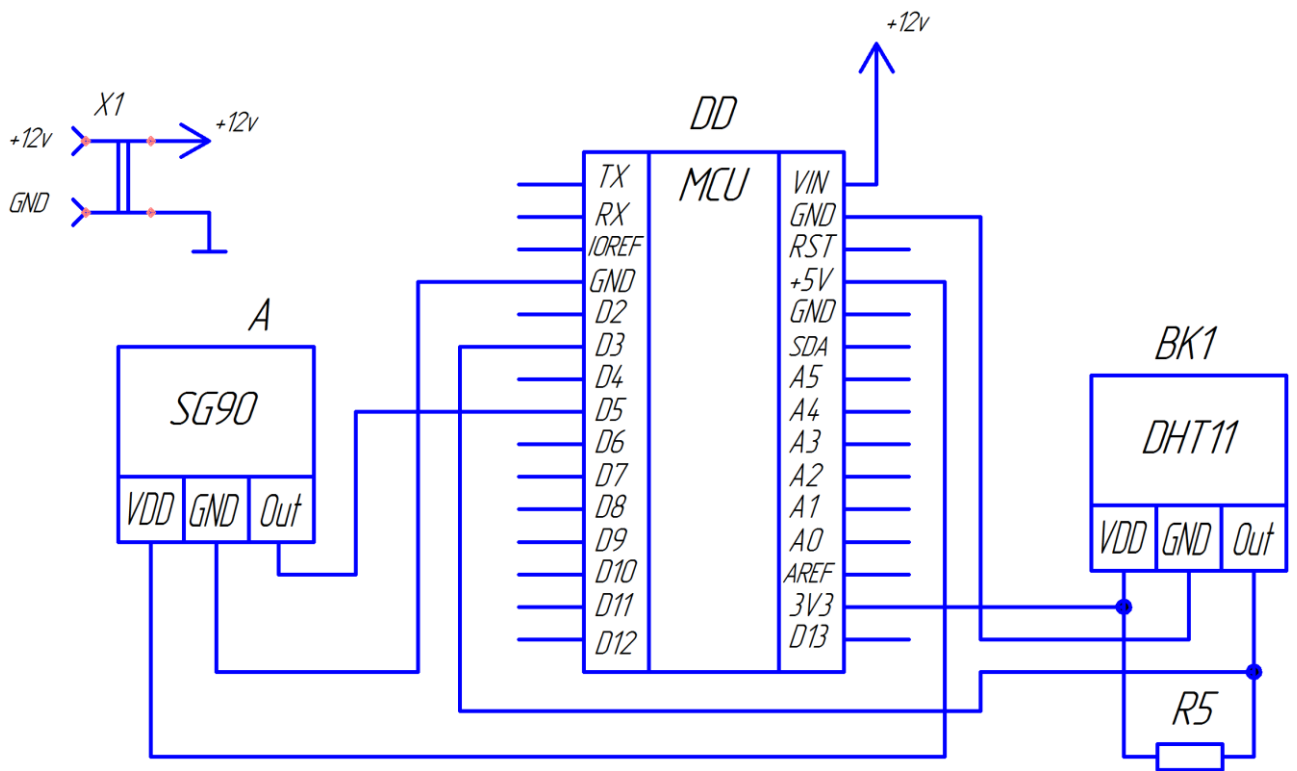


Рисунок 33 - Схема электрическая принципиальная для системы автопроветривания

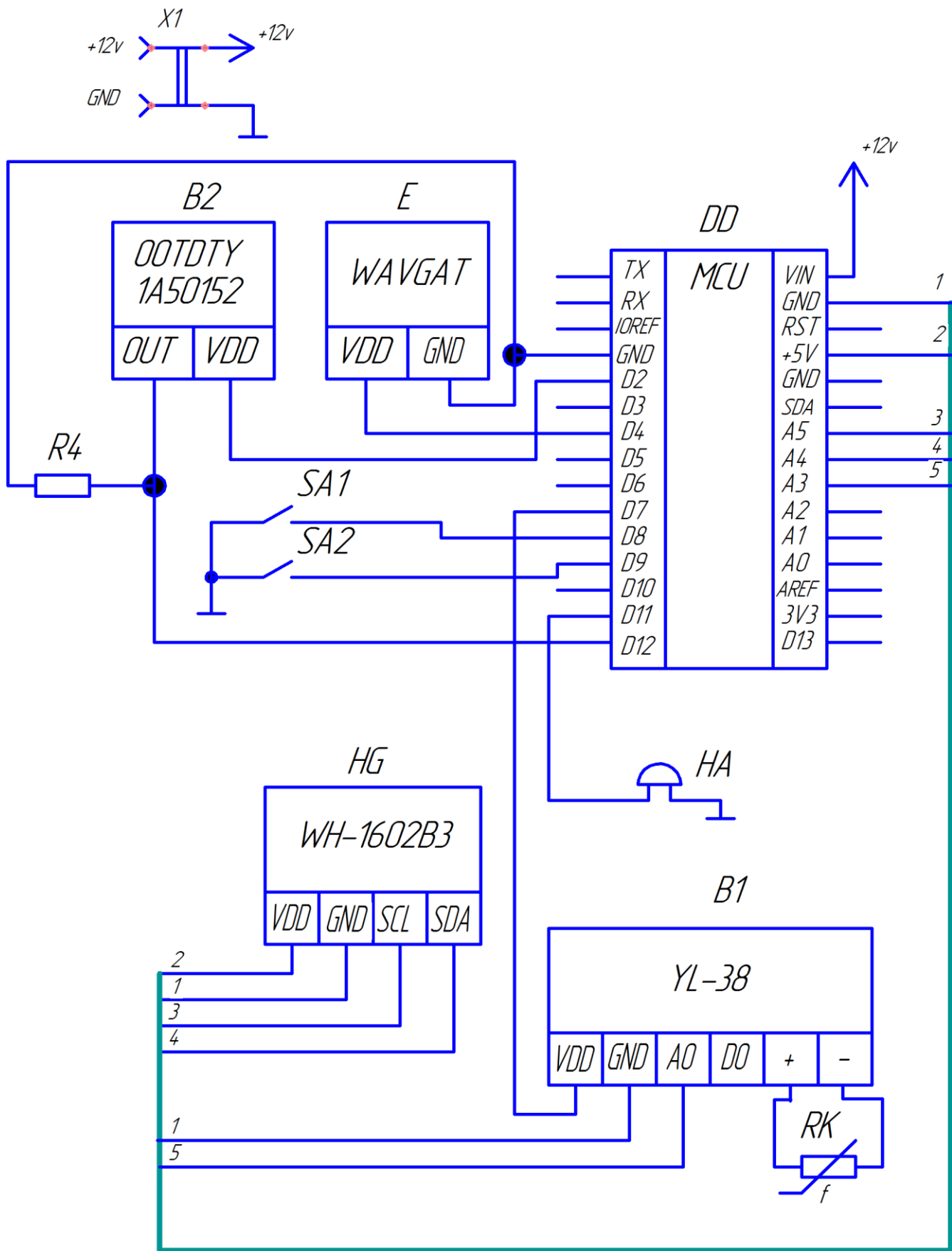


Рисунок 34 - Схема электрическая принципиальная для системы авто
полива

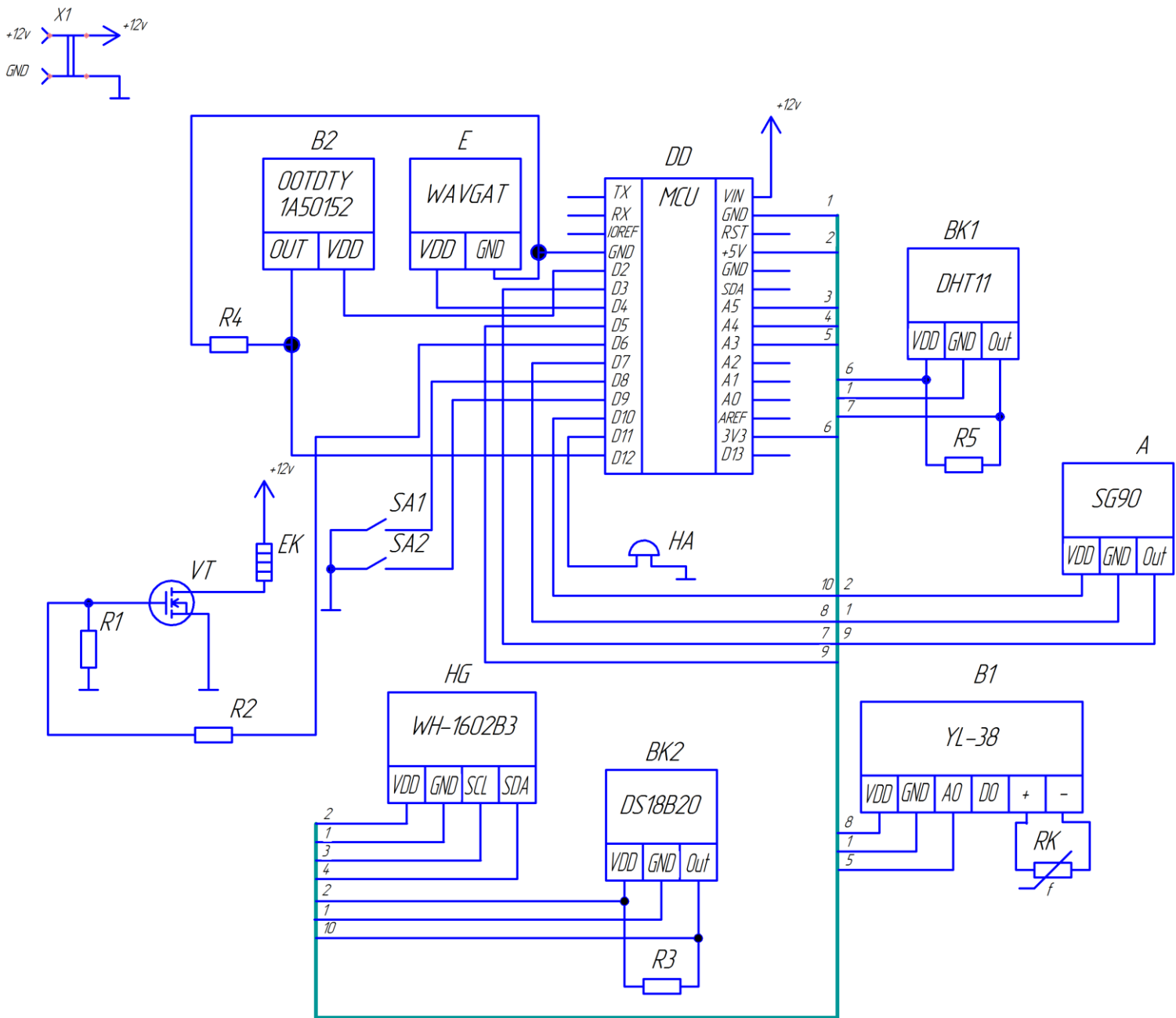


Рисунок 35 - Схема электрическая принципиальная системы умной теплицы

2.2. Разработка конструкции устройства

В ходе проектирования макетного стенда, ранее разработанной системы умной теплицы, была реализована двухсекционная модель. Одна из секций, разработанного макета, будет содержать основную часть всех элементов диссертационной, размещенных на макете, макетную плату и микроконтроллер Arduino Uno. Вторая же секция будет содержать в себе различные датчики, а также нагревательный элемент на дне макетной платы, который будет вмонтирован при помощи латунных проставок.

Изначально, в качестве материала для конструирования макетного стенда и его дальнейшей сборки, выбраны были МДФ панели. Вследствие дальнейшего рассуждения и консультирования материалом было выбрано листовое оргстекло, так как макет умной теплицы будет содержать систему автоматического полива, который подразумевает использование воды, что приводит набуханию такого элемента как МДФ панель. Данный материал, помимо того что обладает малой ценой, также позволяет без осложнений собрать макетный стенд и легкость размещения элементов на оргстекле. Также, при разработке макета, следует брать во внимание толщину выбранного материала (толщина 2 мм), а также учитывать необходимое место для размещения всех элементов.

Исходя из вышеописанных рассуждений, был разработан и изображен в программной среде авто проектирования КОМПАС – 3D в виде 2-ух проекций и изображен на рисунке под номером 36.

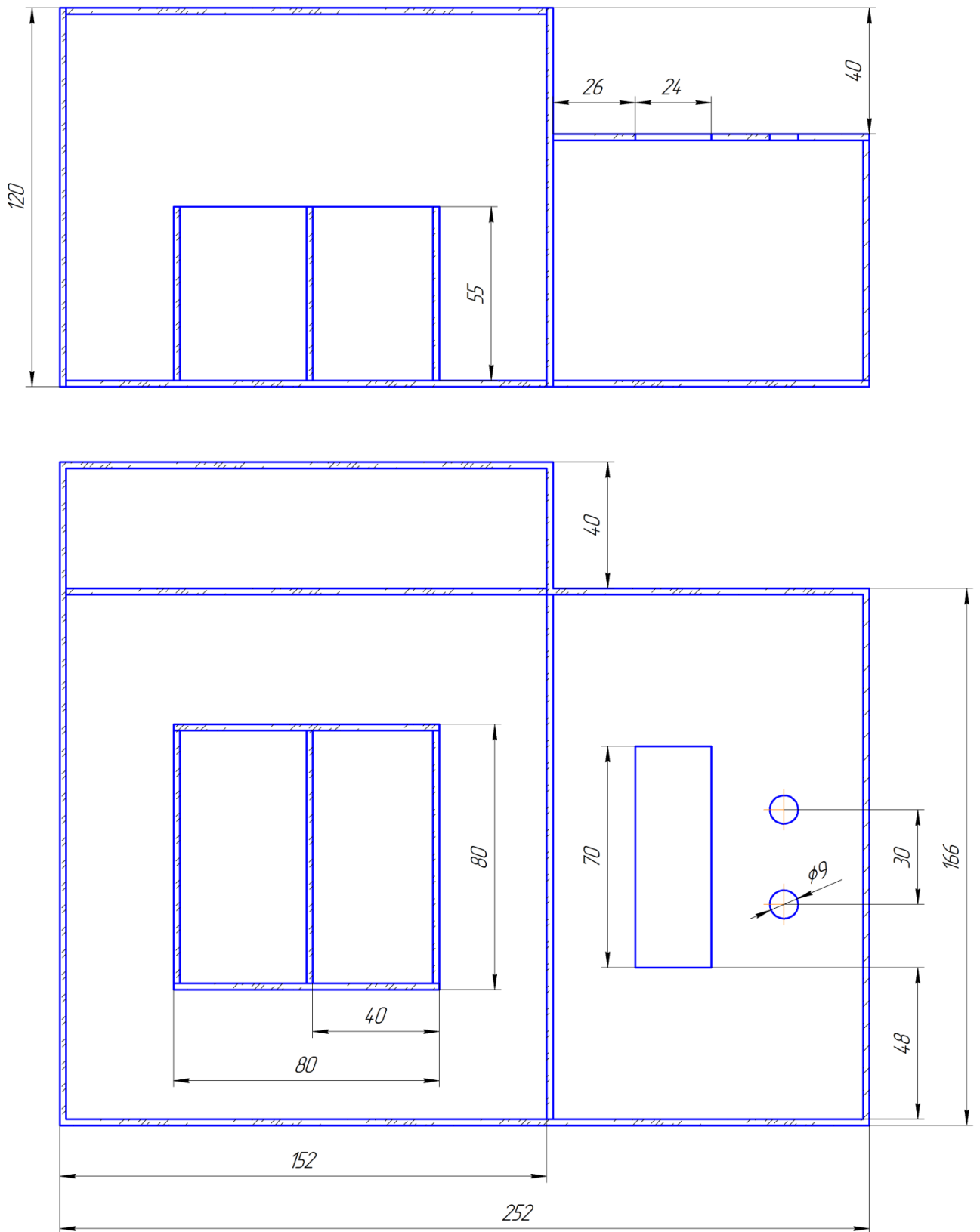


Рисунок 36 - Сборочный чертеж макета

Если рассматривать горизонтальную проекцию, то следует отметить правую секционную часть макета размерами 100 мм * 166 мм, а также левую

секционную часть с размерами 152 мм * 166 мм, на дне которой и будет размещаться нагревательный элемент. Также видно на первой секционной части, что отверстие под размещение LCD - дисплея, габаритами 70мм на 24мм, и также отверстия диаметром в 9 мм под размещение системы управления.

Также, в качестве емкости с водой для системы автоматического полива, выступает область с размерами 40 мм * 152 мм. Еще внутри левой секции будет размещена двухсекционная область для замера влажности почвы, где одна из областей будет демонстрировать сухую почву, а вторая влажную. Размеры данной области составляют 80 мм * 80 мм и высотой 55 мм.

2.3. Разработка программной части устройства

Перед тем как начинать написания программной части стенда, следует тщательно разработать алгоритм работы всех подсистем. Чтобы алгоритм был прост для визуального восприятия, а также просто для осознания, было решено представить алгоритм всем подсистем в виде блок-схем.

Составление программной части разработанного алгоритма действий всех подсистем выполняется в программной среде специализированной под микроконтроллеры Arduino, под названием Arduino IDE. Также следует отметить, что микроконтроллеры версии Arduino являются, в настоящее время, наиболее доступными и дешевыми.

Блок-схемы разработанных систем авто обогрева почвы, автоматического полива, а также автопроветривания, представлены на рисунках под номерами 37, 38 и 39 соответственно.

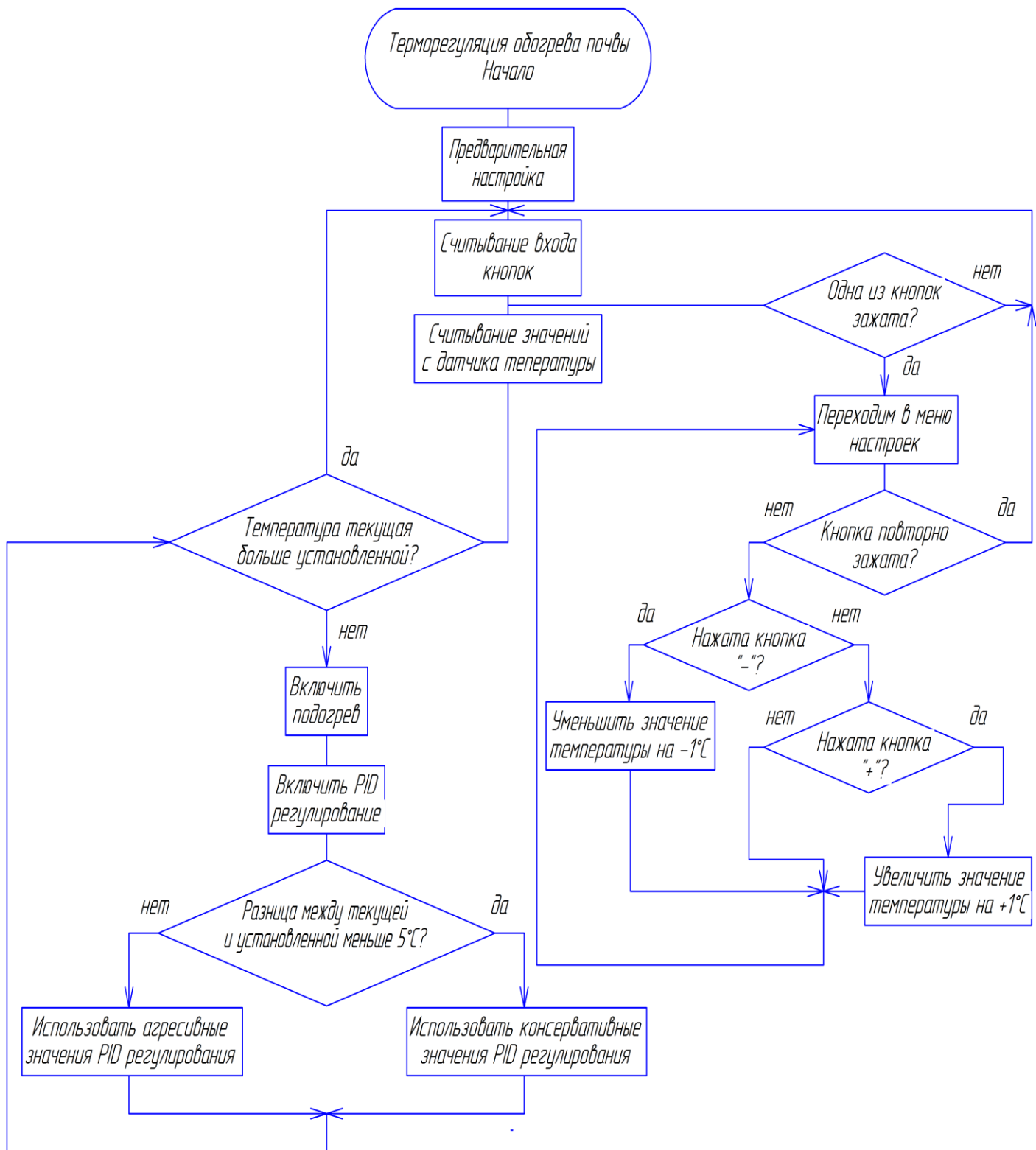


Рисунок 37- Блок-схема алгоритма программы автоматического обогрева

ПОЧВЫ

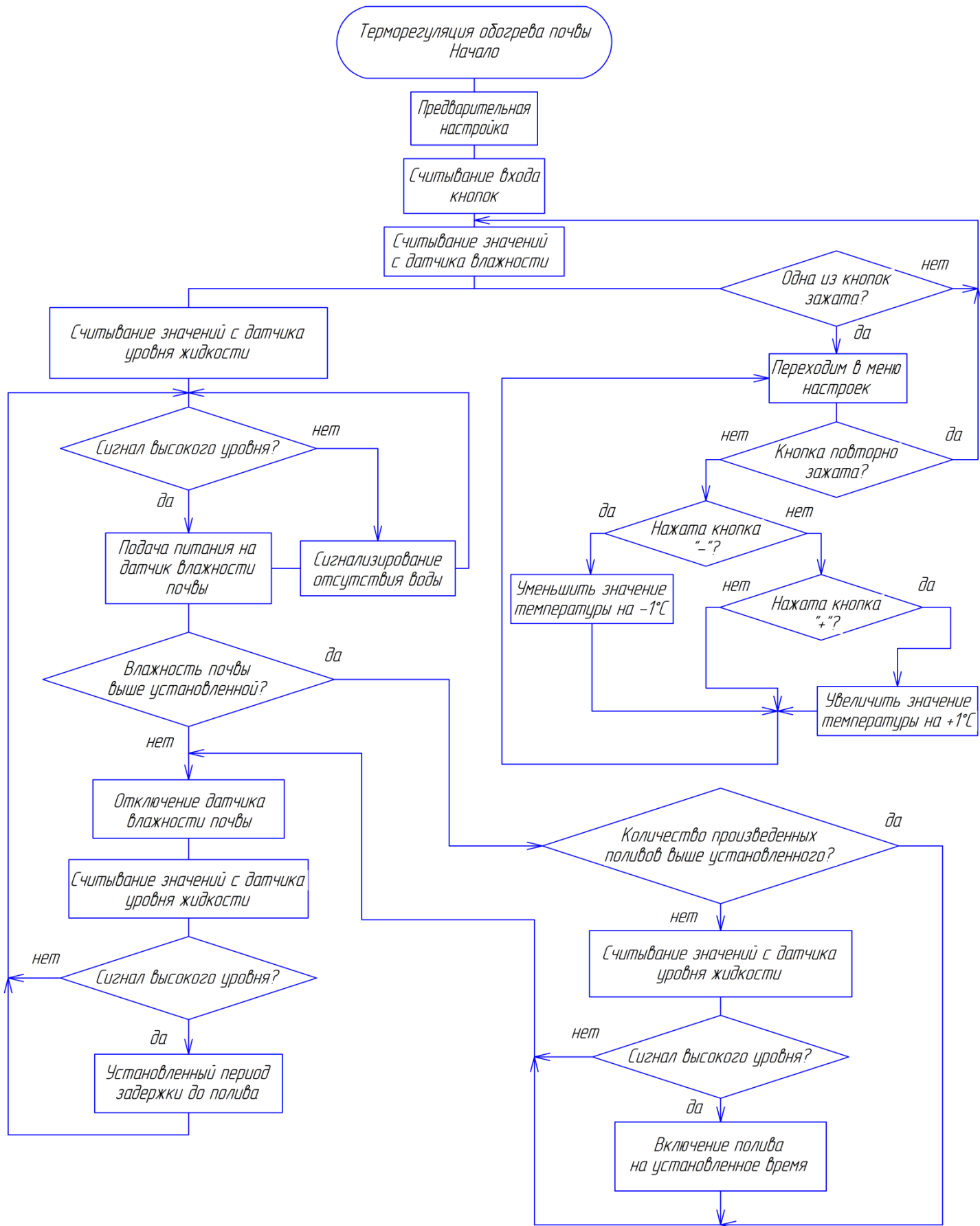


Рисунок 38 - Блок-схема алгоритма программы автоматического полива

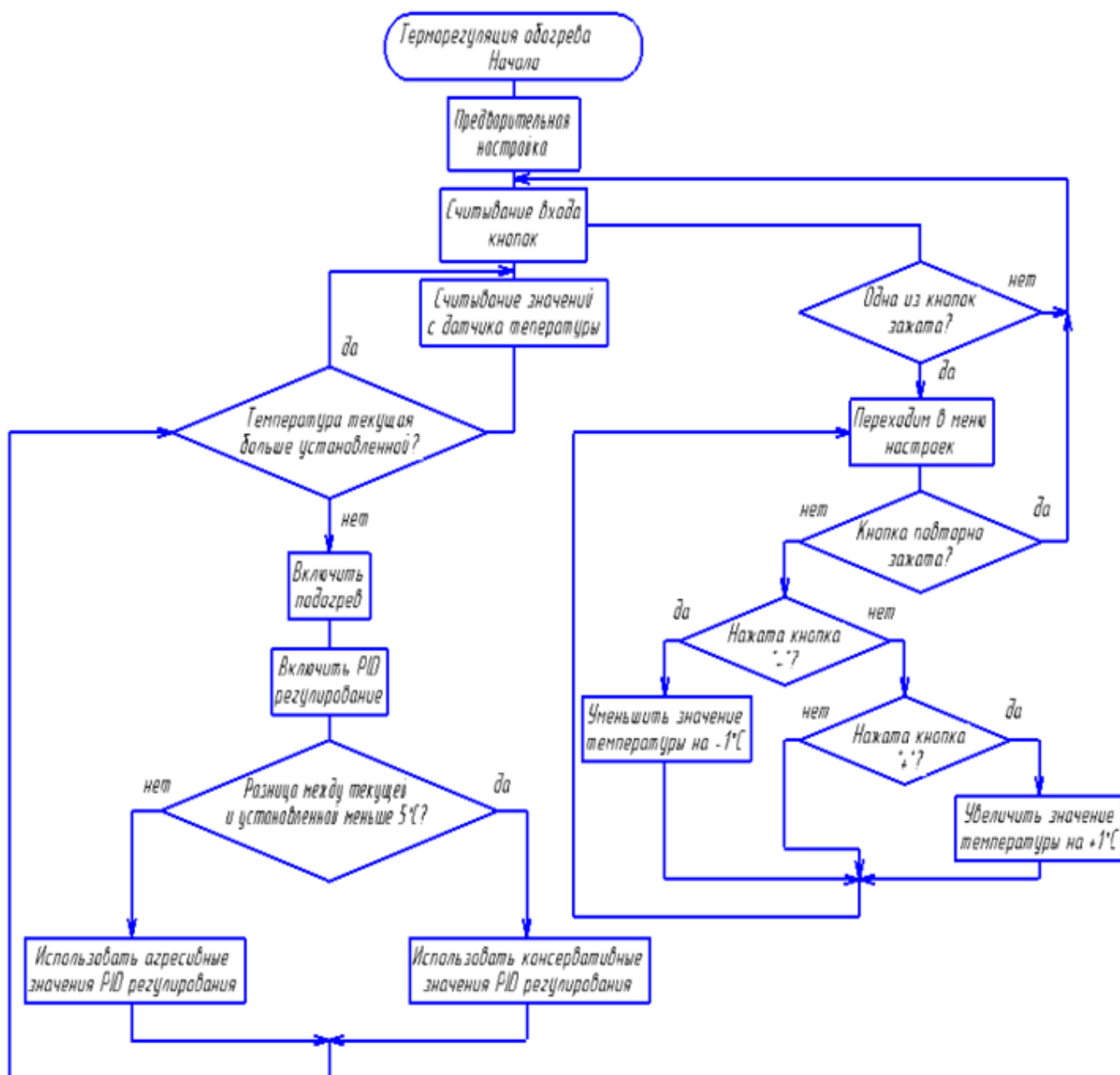


Рисунок 39 - Блок-схема алгоритма программы автопроветривания

Как только были составлены алгоритмы работы каждой из подсистем в виде блок-схем, смело можно приступать к разработке уже непосредственно программного кода. Помимо самого кода программы в ее листинге также присутствует конкретное описание основных моментов программы.

Во время разработки программной части также применялись все возможные библиотеки базы Arduino, которые позволяют сократить объем

времени и количество строк на написание кода. Далее опишем все библиотеки, которые применялись в ходе разработки диссертационной работы:

- DHT - данная библиотека предназначена для управления датчиком температуры и влажности DHT1;
- EEPROM - эта библиотека добавляет возможность долговременного хранения данных от Arduino. Данная библиотека позволяет хранить информацию даже после отключения от сети контроллера. Данная библиотека будет применяться в программных кодах автоматического обогрева почвы и автоматического полива, тем самым сохраняя установленную температуру нагрева, а также время срабатывания и длительности работы микро помпы. Однако, данное хранилище подвержено выходу из строя при достижении порогового значения возможного количества записей;
- OneWire - данная библиотека, разработанная компанией DallasSemiconductor для собственных датчиков температуры, в числе которых и DS18B20;
- PID_v1 - библиотека, позволяющая регулировать подачу управляемого ШИМ сигнала обогрева почвы при достижении определенных коэффициентов;
- Servo.h - данная библиотека предназначена для настройки сервоприводов модели SG90;
- WireLiquidCrystal_I2C - эта библиотека служит управляющим интерфейсом для дисплея WH-1602B3-NYG-CW со встроенным I2C модулем.

Так как разработанная система автоматического обогрева почвы является инерционной, то приходится использовать PID регулирование обогрева. Также это связано с тем, что будут происходить колебания значений температуры, следовательно, и ранее описанных коэффициенты необходимы, для регулировки колебательного процесса температурных показателей. Следует

отметить, что каждое дополнительно колебание будет изменяться в зависимости от температуры.

PID регулирование включает в себя следующие коэффициентные составляющие:

- Пропорциональная (K_p);
- Интегральная (K_i);
- Дифференциальная (K_d).

В случае, когда показатель заданной температуры и текущей температуры расходятся в малых пределах, то для регулировки используются консервативные параметры, однако при больших расхождениях данных параметров применяются агрессивные параметры для регулировки системы.

В последствие, были написаны программные коды для систем автоматического обогрева почвы, авто полива и авто проветривания умной теплицы, а также листинг всех разработанных программы были представлены в приложениях 4,5 и 6 соответственно.

3. Практическая реализация макетного стенда проекта

3.1. Изготовление системы умной теплицы

Изготовление системы проводилось по ранее разработанной принципиальным электрическим схемам, которые изображены на рисунках под номерами 32, 33 и 34, а также учитывая Приложение 1, в котором перечислены все используемые элементы. Также в соответствии со сборочным чертежом, который представлен на рисунке 36 были размещены элементы.

Также следует отметить, что отделение под размещение LCD дисплея было решено выпиливать, так как оргстекло является прозрачным материал, что позволяет наблюдать через него на дисплей. Дисплей был размещен также на крышке только на латунные проставки.

Впоследствии конструирования самого макетного стенда и размещения элементов на нем, было принято решение о смене габаритов макета, а также изменено положение размещения некоторых элементов. Причинами данных решений послужили следующие факторы:

- вследствие выбора расположения нагревательного элемента собственного производства, в отличие от покупного варианта, который был предложен ранее;
- более компактное расположение элементов, вследствие чего немножко изменились габариты стенда;
- вследствие наличия человеческого фактора, из-за которого происходили малые погрешности.

Также после дальнейшего тестирования систем, было обнаружено, что в системе автоматического обогрева почвы MOSFET - транзистор, который отвечал за пропускание тока на нагревательный элемент, происходили сильные перегревы. Хотя и система продолжала работать, так как температурные показатели лежали в пределах доступных, было решено заменить данный ключевой элемент. В ходе выявления причины перегрева, все начало указывать на две причины: плохая степень открывания транзистора, вследствие

проступания низкого напряжения на затвор; плохой контакт проводов в макетной плате. Во избежание первой причины перегрева транзистора, он был заменен на микросхему UNL2003, которая по своей сути является транзисторной сборкой Дарлингтона с выходными ключами повышенной мощности. Данная микросхема содержит семь каналов, принципиальная схема каждого представлена на рисунке под номером 40.

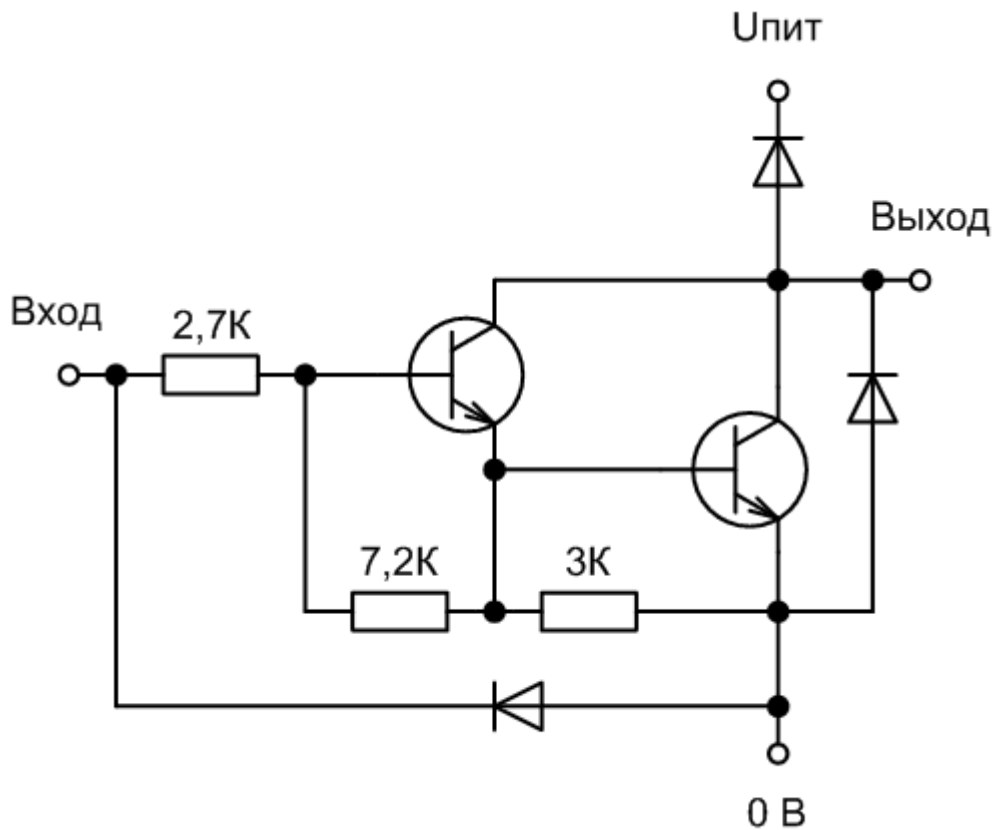


Рисунок 40 - Принципиальная схема канала микросхемы UNL2003

Для системы автопроветривания было решено, не использовать ключевой элемент, так как для срабатывания сервопривода не было нужды использовать дополнительные элементы. Однако, из-за большого места, занимаемого на макетной плате, было решено вернуться к варианту с MOSFET транзистором, а именно IRLZ44N.

Как и было сказано ранее, в качестве нагревательного элемента для макета, было решено сконструировать собственноручно, к чему привело

стремление сэкономить на данных затратах. Принципиальное изображение метода процарапывания дорожек показано на рисунке под номером 41

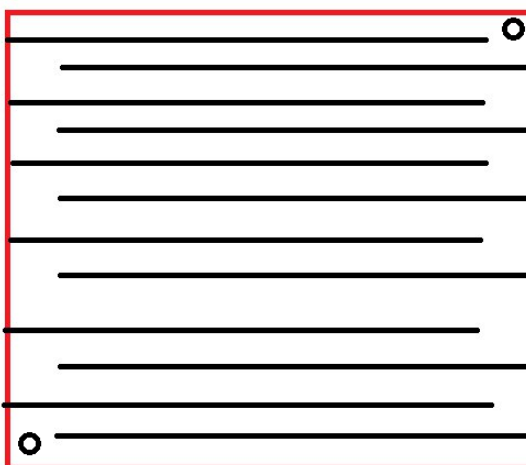


Рисунок 41 - Принцип процарапывания дорожек нагревательного элемента

Толщина дорожек была выбрана исходя из ниже описанных расчетов. Первоначальным действием разработки нагревательного элемента являлось расчет относительного коэффициента (K). Чтобы получить необходимый коэффициент, был проведен опыт с пробным вариантом нагревательного элемента. Длина дорожке, после ее процарапывания, составила длину в 200мм, а ширину 4мм. Вследствие падения напряжения в величину 39мВ, величина тока проходящего по дорожке составила 1,94А.

Исходя из полученных данных, было рассчитано сопротивление выцарапанной дорожки:

$$R = \frac{39\text{мВ}}{1,94\text{А}} = 0,02 \text{ Ом.}$$

Далее, следует определить коэффициент относительности:

$$K = R \cdot \frac{4\text{мм}}{200\text{мм}} = 4,021 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

Исходя из выбранных габаритов макетного стенда, было решено сделать нагревательный элемент с размерами ширины и длины равным 150мм. В дальнейшем, вычислим значение сопротивление дорожки и ее длину,

размещенной на текстолите данного размера. Также следует учитывать толщину самой дорожки в 1,5 мм, а толщина процарапываемой области 0,5мм. Из этого следует следующее:

$$l = \frac{150\text{мм} \cdot 150\text{мм}}{1,5\text{мм} + 0,5\text{мм}} \approx 11,3 \cdot 10^3\text{мм};$$

$$R = K \cdot \frac{1}{1,5\text{мм}} = 3 \text{ Ом}.$$

В дальнейшем, пересчитал, по выше указанным формулам, новые значения при толщине дорожки в 1мм, вследствие чего получились следующие значения: $l = 1,5 \cdot 10^4\text{мм}$, а $R = 6 \text{ Ом}$. Вследствие рассуждений, было принято решение использовать на практике вариант с дорожками шириной 1,5 мм, так как толщина в 1 мм является почти невозможной для реализации.

Исходя из полученных выше значений, расцарапал дорожки. На практике были проведены замеры напряжения, при протекании по ним тока. В результате получились значения напряжения равным 4,52В и тока равному 1,3А. В следствие полученных данных, было рассчитано значение сопротивления нагревательного элемента:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{4,52\text{В}}{1,3\text{А}} = 3,5 \text{ Ом}$$

Так как, вследствие длительного использования лезвия начался процесс потери остроты, что приводило к уменьшению ширины дорожек, а также учитывая наличие человеческого фактора, полученное значение сопротивления на практике оказалось немного больше теоретически рассчитанного.

Также были применены латунные проставки на винтах в 3 мм для размещения таких элементов, как: датчик температуры и влажности DHT11; микроконтроллер Arduino Uno; нагревательный элемент. Датчик определения температуры почвы был размещенной на нагревательном элементе. Также термодатчик нагрева почвы предварительно был смазан термопастой, для

получения более точных параметров измеряемой температуры. Датчик уровня воды и pompa были размещены в емкости с водой не предусмотренные крепления. Оставшиеся элементы были закреплены при помощи термоклея. Были проделаны отверстия в стенках между секциями, для проведения через них проводки. Полностью собранный и укомплектованный стенд представлен на рисунках под номерами 42,43,44, 45 и 46.

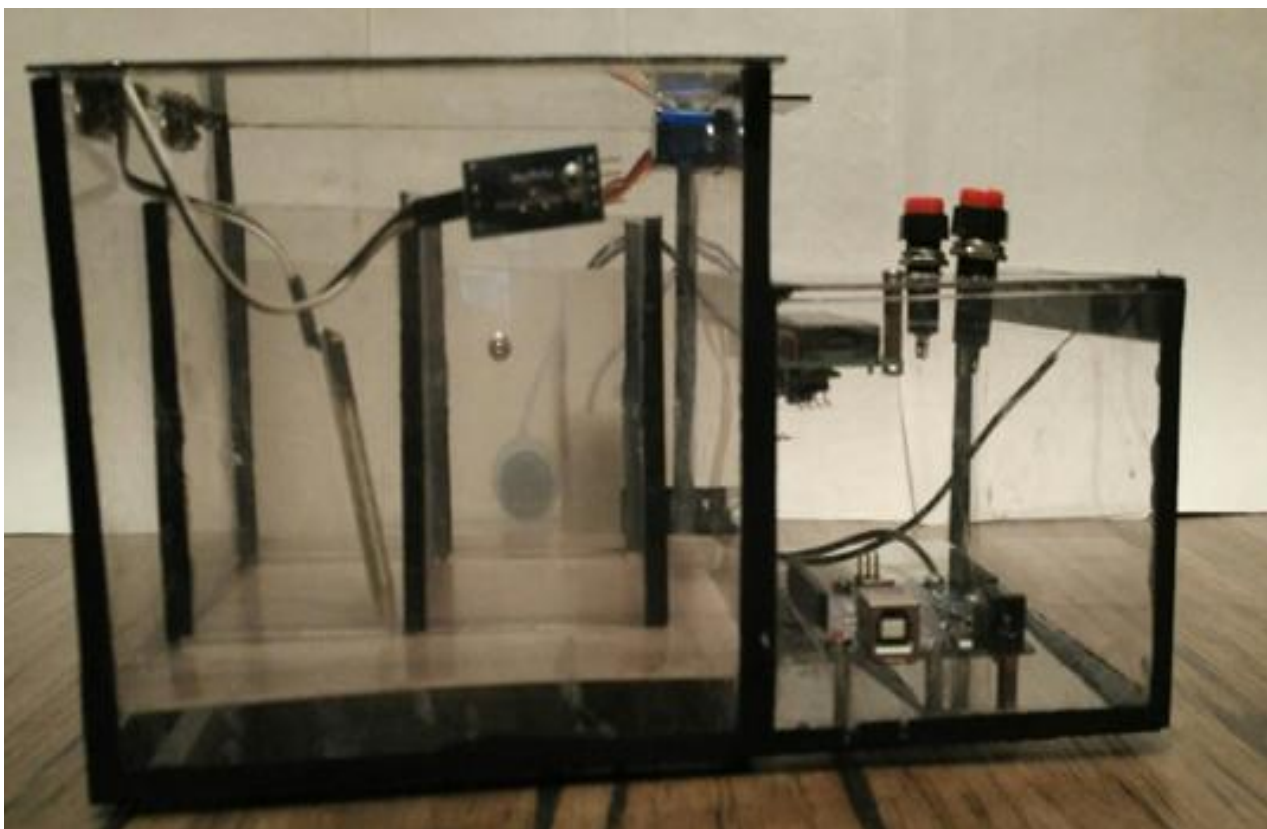


Рисунок 42 - Снимок горизонтальной проекции собранного стенда

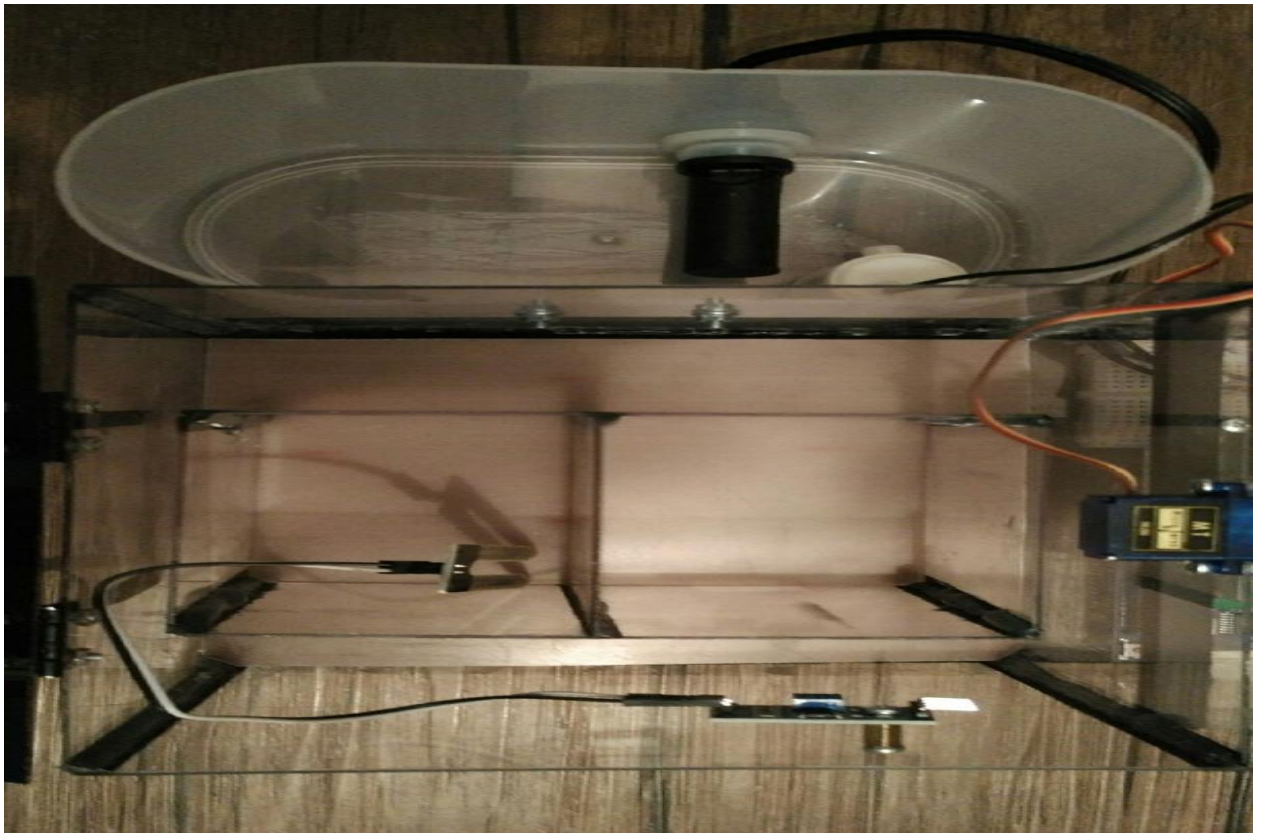


Рисунок 43 - Снимок первой секции стенда собранного стенда

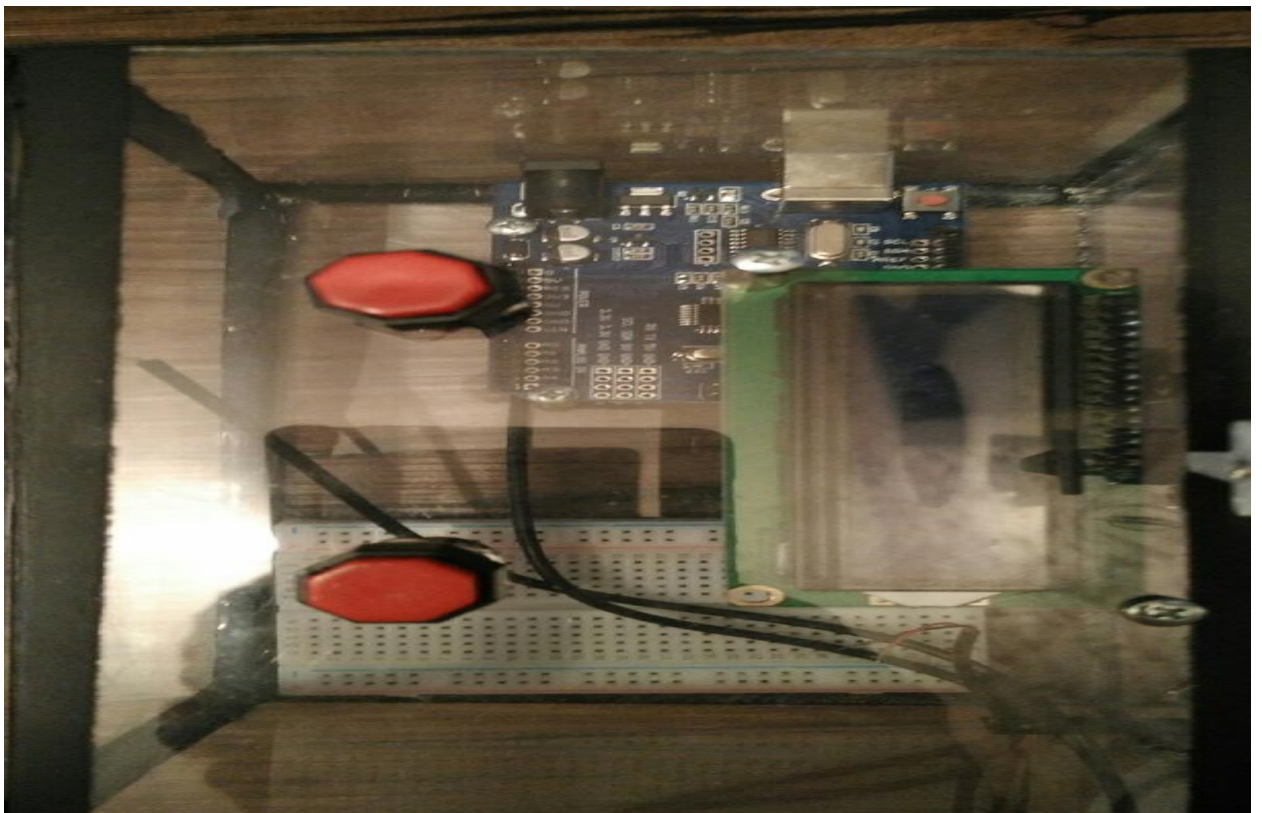


Рисунок 44 - Снимок второй секции стенда

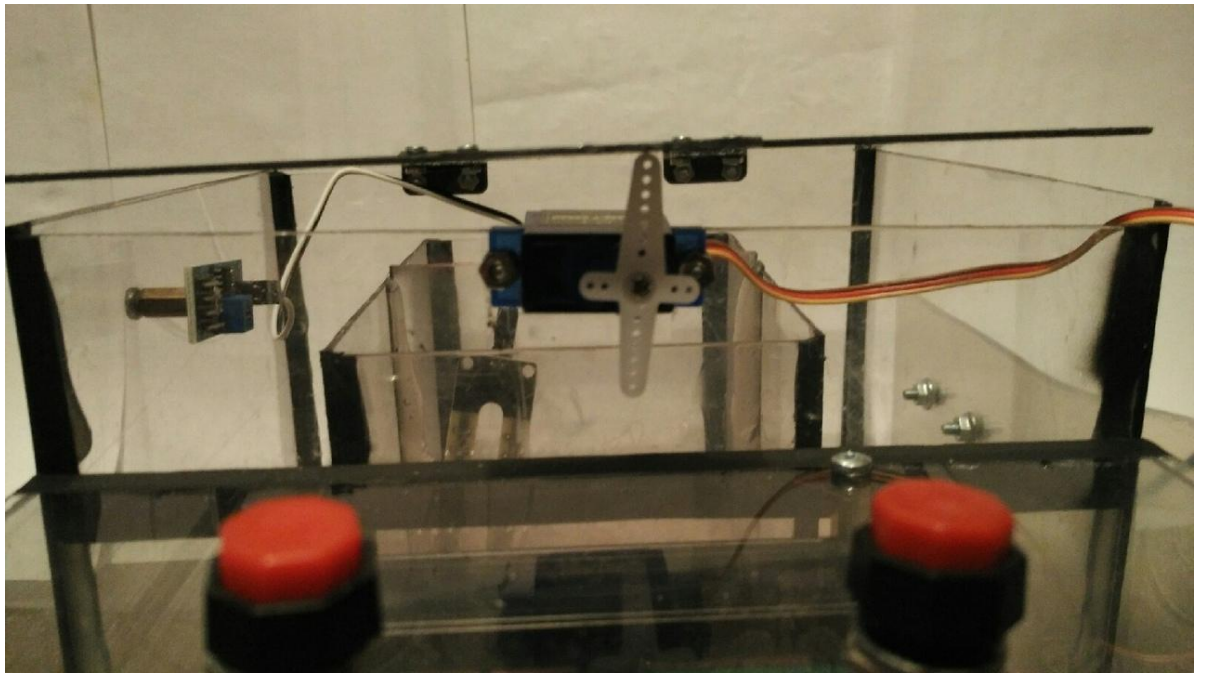


Рисунок 45 - Снимок области системы автопроветривания

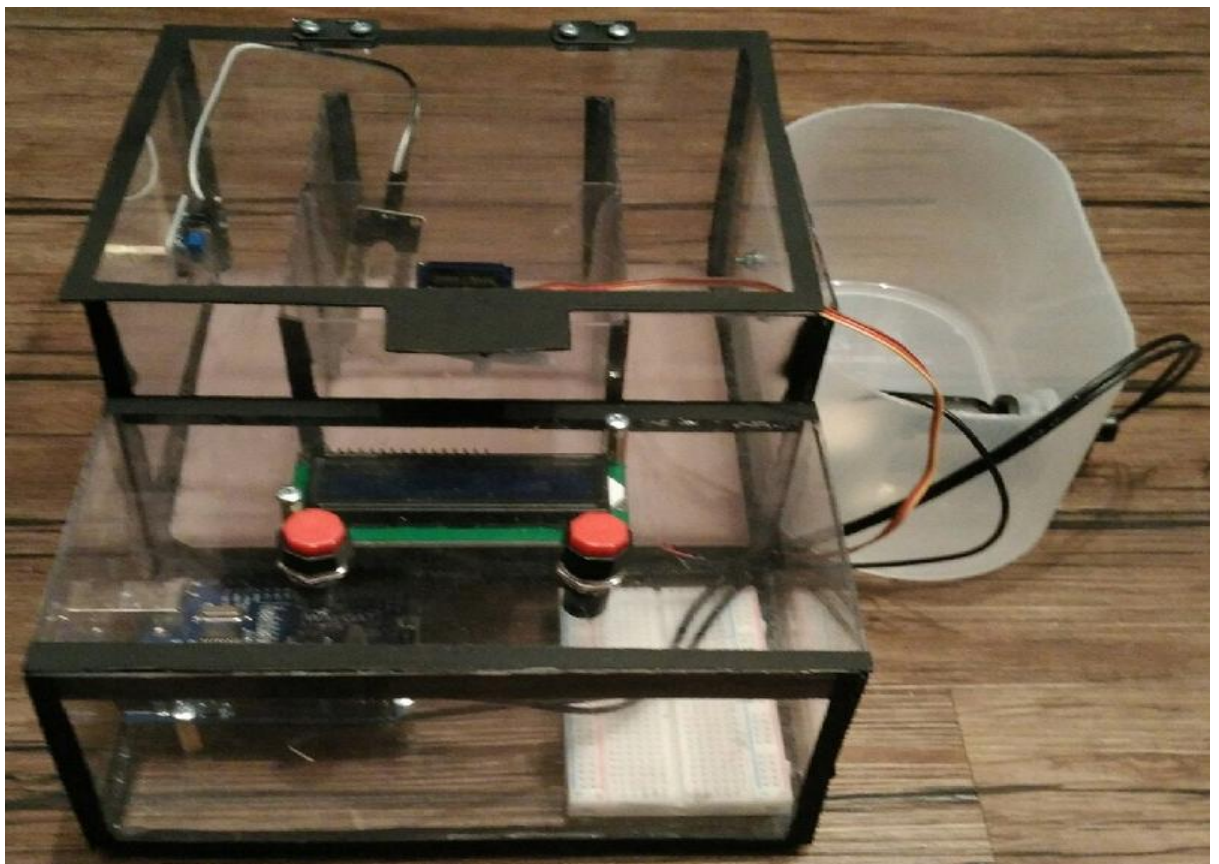


Рисунок 46 - Снимок общего вида

3.2. Проверка и отладка программной части устройства

Для проверки и отладки программы необходимо было совершить такие действия, как: определить необходимый угол сервопривода для открытия "форточки" системы проветривания; определить возможные значения датчика влажности в системе автоматического полива для возможности демонстрации работы системы.

Для начала определим получаемые значения датчика влажности. Схема подключения для данного эксперимента является стандартной и была представлена на рисунке под номером 31. Программа для данного эксперимента выглядит следующим образом:

```
int moisture = 0;// переменная для значений, полученных с датчика
влажности

unsigned long moisture_time = 0;

unsigned long time_abs = 0;// В данный двух строчках закладываем
значение переменных таймера и разницы времени снятия показаний датчика
влажности

void setup() {
  pinMode (8, OUTPUT);
  digitalWrite (8, LOW); // Подаем питания на датчик влажности с Arduino
}

void loop() {
  time_abs = millis() - moisture_time; // Замеряем количество пройденного
времени между снятиями значений
  time_abs = abs(time_abs);
  if (time_abs > 4000) { // Указываем время между снятиями показаниями с
датчика влажности почвы (Раз в 4 секунды)
    get_moisture();// Получаем полученные показания с датчика
влажности

    moisture_time = millis();
```

```

    }
}
void get_moisture() {
    digitalWrite (8, HIGH); // Подаем питание на датчик влажности
ПОЧВЫ
    delay (3000);
    moisture = analogRead(A0); // результирующие значения,
полученные с датчика влажности на аналоговом входе
    digitalWrite (8, LOW); // отключаем датчик влажности
}

```

Следует отметить, что датчикам влажности почвы свойственно выходить из строя (окисляться). Для предотвращения данного момента следует указывать значение `time_abs` с большим количеством времени. Но так как в стенде датчик влажности почвы будет находиться в подвешенном состоянии и не всегда используется для демонстрации системы. Данный момент не будет браться во внимание и будет указано значение не более 3 секунд. Также, в ходе данного эксперимента, были замерены возможные значения на аналоговом входе, которые лежат в пределах от 0 до 1023. Значения во влажной почве составляли около 600, а при подвешенном состоянии около 30, возможно это было связано с влажностью воздуха. Именно данные значение были включены в программный код демонстрации автоматического полива.

Далее рассмотрим стандартную схему сборки и программной части сервопривода, для получения необходимого значения подачи сигнала в соответствие с необходимым углом поворота сервопривода. Данная схема была представлена ранее на рисунке под номером 30. Программная часть выглядит следующим образом:

```

#include <Servo.h> // используем библиотеку для управления
сервоприводом
#define servoPin 9// зададим пин для управления сервоприводом

```



```
#define servoMinImp 544 // Зададим, как ранее было описано, значение ШИМ сигнала для угла в 0 градусов
```

```
#define servoMaxImp 2400 // Зададим значение угла в 180 градусов, что является максимальным для данной серии сервоприводов
```

```
Servo myServo;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
myServo.attach(servoPin, servoMinImp, servoMaxImp); // Таким образом указываем: нужный пин для управления углом; минимальное и максимальное значение углов сервопривода, за пределами которых не будет восприниматься
```

```
// Далее определяем экспериментальным путем необходимые нам значения
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
myServo.writeMicroseconds(servoMinImp); // сервопривод устанавливает в нулевое положение
```

```
delay(2000);
```

```
myServo.writeMicroseconds(x); // В данной части вместо X подставляем возможные значения необходимые для подбора угла открытия "форточки" системы автоматического проветривания
```

```
delay(2000);
```

```
}
```

В ходе экспериментальной части было подобрано необходимое X значение угла открытия.

Также следует рассмотреть подробно уже описанную систему PID регулирования для системы обогрева почвы. Рассмотрим при помощи снятых ранее осциллограмм напряжения, которые представлены на рисунке под номером 47. На вход приходит ШИМ сигнал, который регулирует длительность открытия одного из каналов UNL2003.

На осциллограммах видно, что в зависимости от процентного значения скважности подаваемого ШИМ сигнала на вход решается время открытого состояния канала UNL2003.

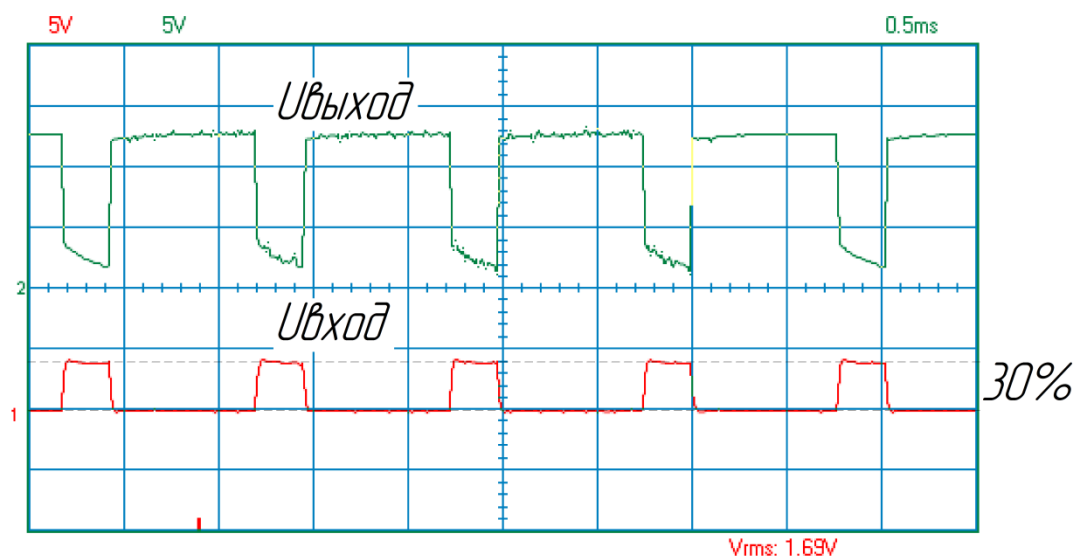
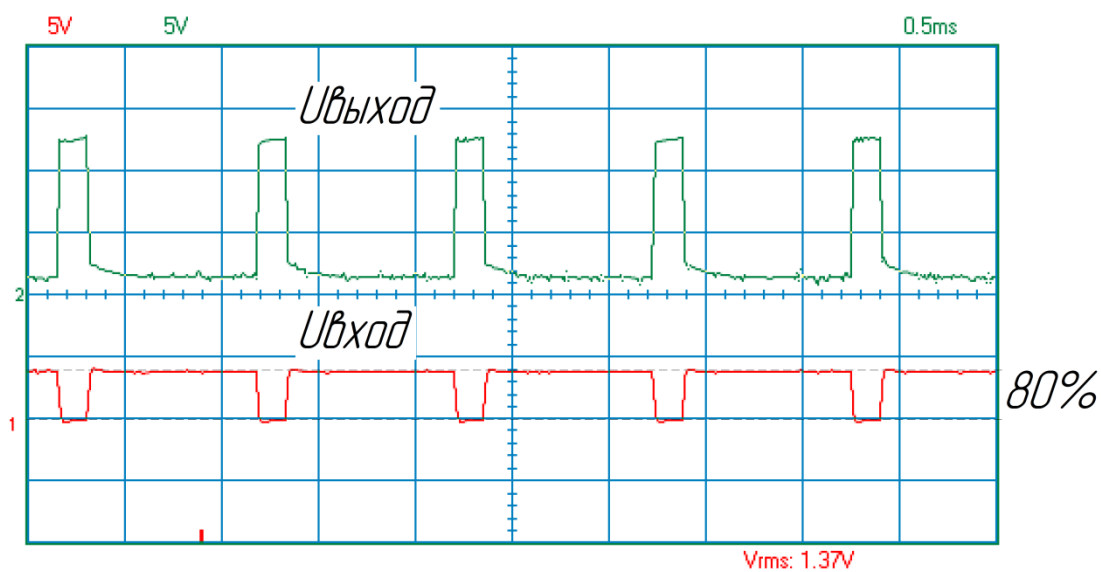


Рисунок 47 - Осциллограммы PID регулировки системы обогрева почвы

3.3. Инструкция по использованию макета

Так как данный стенд умной теплицы является, как и демонстрационное пособие студентов во время обучения, так и профагитационным стендом для демонстрации школьникам, необходимо составить краткую инструкцию по пользованию данным стендом.

Объем данной инструкции будет составлять не более 2 страниц, так как необходимо вкратце описать все возможности стенда при его использовании.

На листах инструкции будут представлены такие важные данные, как:

- включить каждую из подсистем стенда умной теплицы;
- контролировать, а также управлять параметры подсистем;
- должны выглядеть полученные результаты в ходе выполнения работ.

В приложении под номер 3 представлен готовый инструктаж по пользованию системами умной теплицы.

4. Безопасность проекта

В ходе сбора макета умной теплицы требуется использовать сторонние инструменты ручного и электрического типа. В процессе перемещения крайне важно соблюдать такое правило, как запрет на перенос инструментов режущей или колющей стороной по отношению к человеку, что может привести к повреждению тела. Перед тем как начинать работы по эксплуатации электроприборов, крайне важно убедиться в отсутствии изоляционных пробелов проводки или же вообще самого кабеля. Если же во время проведения работ был обнаружен запах гари или же визуально определено дымление, необходимо немедленно обесточивать макетный стенд. Немало важным является обращать внимание на ручные инструменты при работе с ними, так как они должны обладать нанесенным изоляционным слоем. При работе с паяльной станцией, всегда требуется проветривать помещение, также помимо этого, требуется использовать специализированные паяльные очки респираторы, чтобы предотвратить попадание вредных паров в организм.

Во время проведения паяльных работы нельзя допускать перегрев компонентов макетной платы, в следствие не соблюдения данного правила, возможно, выведение из строя компонента. При попадании паяльных кислот на кожу, также требуется избавиться от инородной жидкости как можно скорей.

Перед началом запуска работы макетного стенда, необходимо заменять недостающие проводники или же устранять разрывы. После процесса устранения неполадок стенда можно продолжить работу, подключив питание. В случае, когда проблема обнаруживается во время работы со стендом, незамедлительно требуется отключить от питания и исправить уже проводятся устранения ошибок.

Заключение

В процессе разработки диссертационной работы, были проведены работы по исследованию отдельно существующих системы умной теплицы, при рассмотрении которых были выявлены их достоинства и недостатки. Рассмотрев все возможные варианты систем умной теплицы, определили лучшие пути развития диссертационной работы. Исходя из полученных данных, была обоснована актуальность выбранной темы проекта. Разработал электрическую принципиальную схему, элементы которой были подобраны в соответствии с необходимыми параметрами, которые также были указаны в перечне элементов. Также разработал и сконструировал сборочный чертеж стенда, который использовался для дальнейшего размещения элементов принципиальной схемы проекта. Были разработаны алгоритмы программных частей диссертационной работы в отдельности для каждой из подсистем. Произвел оценку безопасности диссертационного проекта. Составил краткое методическое пособие по эксплуатации проектного макета.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 2.104-68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. – Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1970.- 27с.: ил.
2. ГОСТ 2.701-84. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – Введ. 1985-07-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1984.- 11с.: ил.
3. ГОСТ 2.106-96. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы. – Введ. 1997-07-01. – М.: Госстандарт РФ: Изд-во стандартов, 1996.- 39с.: ил.
4. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. – Введ. 1996-07-01. – М.: Госстандарт РФ: Изд-во стандартов, 1994.- 19с.: ил.
5. ГОСТ 2.701-84. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения схем.-Введ. 1985-07-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1994.- 11с.: ил.
6. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Введ. 2002-07-01. – М.: Госстандарт РФ: Изд-во стандартов, 2001.- 23с.
7. Александров К.К. Электротехнические чертежи и схемы / К.К. Александров, Е.Г. Кузьмина - М.: Энергоатомиздат, 1990.- 288с.
8. Болл Стюарт Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров / Р. Болл Стюарт - М.: Издательский дом «Додэка - XXI», 2007.- 360с.
9. Забродин Ю.С. Промышленная электроника / Ю.С. Забродин - М.: Высшая школа, 1982.- 496с.
10. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника / В.И. Мелешин - М.: Техносфера, 2006.- 632с.
11. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В.А. Петин - СПб.: БХВ-Петербург, 2014.- 400с.

12. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino / У. Соммер - СПб.: БХВ-Петербург, 2012- 256с.

13. Богатырев В.В., Волохов Д.Г., Милослов А.В., Прядилов А.В. Отопительная система умного дома на базе Arduino. // Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук: материалы III научно-практической всероссийской конференции (школы-семинара) молодых ученых: 23-25 апреля 2018 г. – Тольятти. Сборник трудов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2018.

14. Волохов Д.Г., Прядилов А.В. Многофункциональная система управления на базе Arduino. // IV научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук»: 26-28 марта 2018 года - Тольятти. Сборник трудов. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2018.

15. DHT-11. [Электронный ресурс]: документация. – режим доступа: <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>

16. DS18B20. [Электронный ресурс]: документация. – режим доступа: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>

17. I2C 1602 Serial LCD Module. [Электронный ресурс]: документация. – режим доступа: <https://opencircuit.nl/ProductInfo/1000061/I2C-LCD-interface.pdf>

18. Автоматическая теплица [электронный ресурс] URL: <http://umnayateplica.ru/>

19. Тепличная энциклопедия от А до Я [электронный ресурс] URL: <http://tepliono.ru/obustr/umnaya-teplica.html>

20. Умная теплица: в чем ее особенности? [электронный ресурс] URL: <https://parnik-teplitsa.ru/umnaya-teplica-180>

21. Умная теплица по Курдюмову или Нефантастическая история [электронный ресурс] URL: <http://teplcnik.ru/obustrojstvo/umnaya-teplica-po-kurdyumovu.html>

22. Умная теплица: особенности и преимущества конструкции [электронный ресурс] URL <https://teplichniku.ru/raznovidnosti/chto-takoe-umnaia-teplitca/>
23. Товары для дома и сада [электронный ресурс] URL: <https://8sezon.ru/category/umnaya-teplitsa/>
24. Петербургский клуб природного земледелия [электронный ресурс] URL: <http://spbklubpz.ru/prirodnoe-zemledelie/o-tovarah-kluba/2461.html>
25. Терморегуляторы компании Теплолюкс [Электронный ресурс]: статья. – режим доступа: https://www.teploluxe.ru/bytovye_resheniya/termoregulyatory/
26. Электрический теплый пол компании Теплолюкс [Электронный ресурс]: статья. – режим доступа: https://www.teploluxe.ru/bytovye_resheniya/teplyu-pol/elektricheskiy/
27. Александров, А.А. Электротехнические чертежи и схемы / А.А. Александров, Е.Г. Кузьмина. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288с.: ил.
28. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника: 12-е изд. В 2-х т. / У. Титце, К. Шенк. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 832 с.: ил. – 2 т
29. Васильев, В.И. Электронные промышленные устройства: Учеб. для студ. вузов спец. «Пром. электрон.» / В.И. Васильев, Ю.М. Гусев, В.Н. Миронов и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 303 с.: ил.
30. Гусев, В.Г. Электроника: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Высш. шк., 1991. – 622 с.: ил.
31. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: Пер. с англ. – Изд. 2-е. / П. Хоровиц, У. Хилл. – М.: Издательство БИНОМ, 2014. – 704 с., ил.
32. Забродин, Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. / Ю.С. Забродин. – М.: Высш. школа, 1982. – 496 с.: ил.
33. Семенов, Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. / Б.Ю. Семенов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.: ил.

34. Калашников, С.Г. Электричество: Учебн. пособие. – 6-е изд., стереот. / С.Г. Калашников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 624 с.
35. Позднов, М.В. Системы управления электронными преобразователями: лабораторный практикум по дисциплине «Системы управления электронными преобразователями» / М.В. Позднов - Тольятти: ТГУ, 2016. - 68 с.
36. Черных, И.В. «Simulink: Инструмент моделирования динамических систем». / И.В. Черных. – Питер: ДМК Пресс, 2008. – 400 с.
37. Карташев, И.И. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Способы контроля и обеспечения. / И.И. Карташев. – М.: МЭИ., 2001. – 120 с.
38. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.
39. Национальный стандарт российской федерации ГОСТ Р 53333-2008. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2009. – 54 с.
40. Отт, Г.В. Методы подавления шумов и помех в электронных системах. – М.: Изд-во Мир, 1979. – 318 с.
41. Effendi M.S.M., Shayfull Z., Saad M.S., Nasir S.M. A New Invention of Alarm Reminder. //International Journal of Engineering and Technology, 2016. URL: <http://www.enggjournals.com/ijet/docs/IJET16-08-01-038.pdf>.
42. Lagüela-Lópe S., Solla-Carracelas M., Díaz-Vilariño L. Inspection of Radiant Heating Floor Applying Non-Destructive Testing Techniques: GPR and IRT. // Dyna, 2015. URL: <https://doaj.org/article/13adeb549ed547988b1046bafb702a00>.
43. Santoso B., Jeffri A., Novradin A.M. Design and Implementation of Modular Home Security System with Short Messaging System. // EPJ Web of

Conferences, 2014. URL:
<https://doaj.org/article/21e079f835674b7c88ccfbec03e7be71>.

44. Thieblemont H., Haghighat F. Thermal Energy Storage for Building Load Management: Application to Electrically Heated Floor. // Applied Sciences, 2016. URL: <https://doaj.org/article/0bd71fceed3c4e089eaf7c99a7306144>.

45. Zubov D. An Energy-Saving Concept of the Smart Building Power Grid with Separated Lines for Standby Devices. // Brain: Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience, 2016. URL: <https://doaj.org/article/ac6aa6c68a1841e7bc398e49345d0dbf>.

Приложение 1. Перечень используемых элементов

Перв. примен.	2019.110404.04.01 ЭЗ			
	Гвоз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Вилка		
	X1	Шнур 12В - 2А	1	
		Датчики		
	B1	YL-38 - 5В	1	
	B2	ООТДТУ 1А50152- 5В	1	
	BK1	DHT11- 3.3В	1	
	BK2	DS18B20- 5В	1	
		Дисплей		
	HG	WH- 1602В3- NYG-OW	1	с I2C модулем
		Зуммер		
	HA	HCM1201А- 1.5В	1	
		Кнопка		
	Стрел. №	SA1, SA2	PBS - 20В	2
	Микроконтроллер			
	DD	Arduino Uno v.3 - ATmega328	1	
	Нагревательный элемент			
Взам. инв. №	EK	FR4 150x150мм 18/ 0 - 3 Ом	1	Длина дорожки 11 м
Годп. и дата	2019.110404.04.01 ЭЗ			
Интв. № дубл.	Изм. Лист	№ докум.	Годп.	Дата
Интв. №	Разраб.	Волохов Д.Г.		
Интв. №	Проев.	Прядилов А.В.		
Интв. №	Т.контр.			
Интв. №	И.контр.			
Интв. №	Утв.			
		Многофункциональная умная теплица		Лит.
				Масса
				Масштаб
				Лист
				Листов
				1

Копировал

Формат А4

2019.110404.04.01 ЭЗ

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Помпа		
E	WAVGAT-5B	1	
	Резисторы		
R1	c1-4 - 0,25 - 10 кОм - 5%	1	
R2	c1-4 - 0,25 - 100 Ом - 5%	1	
R3	c1-4 - 0,25 - 4,7 кОм - 5%	1	
R4, R5	c1-4 - 0,25 - 10 кОм - 5%	2	
	Сервопривод		
A	SG90-5B	1	
	Терморезистор		
RK	YL-69	1	Щуп замера влажности
	Транзистор		
VT	IRLZ44N	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Годл.	Дата	Изм. № подл.	Годл. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Годл. и дата

2019.110404.04.01 ЭЗ

Лист

Копировал

Формат А4

PRELIMINARY

DS18B20

**Programmable Resolution
1-Wire® Digital Thermometer**

DALLAS SEMICONDUCTOR

www.dalsemi.com

FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- ±0.5°C accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

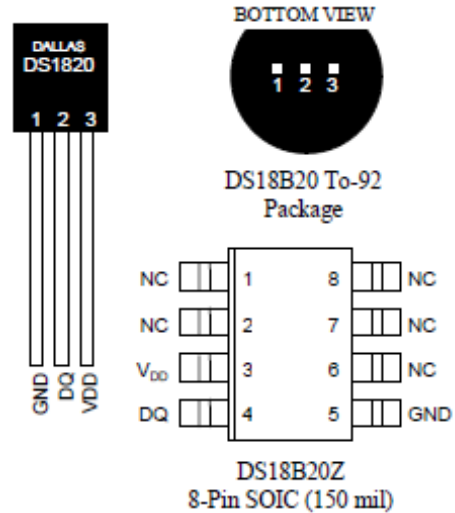
DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS18B20s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

- GND - Ground
- DQ - Data In/Out
- V_{DD} - Power Supply Voltage
- NC - No Connect

DETAILED PIN DESCRIPTION Table 1

PIN 8PIN SOIC	PIN TO92	SYMBOL	DESCRIPTION
5	1	GND	Ground.
4	2	DQ	Data Input/Output pin. For 1-Wire operation: Open drain. (See "Parasite Power" section.)
3	3	V _{DD}	Optional V _{DD} pin. See "Parasite Power" section for details of connection. V _{DD} must be grounded for operation in parasite power mode.

DS18B20Z (8-pin SOIC): All pins not specified in this table are not to be connected.

OVERVIEW

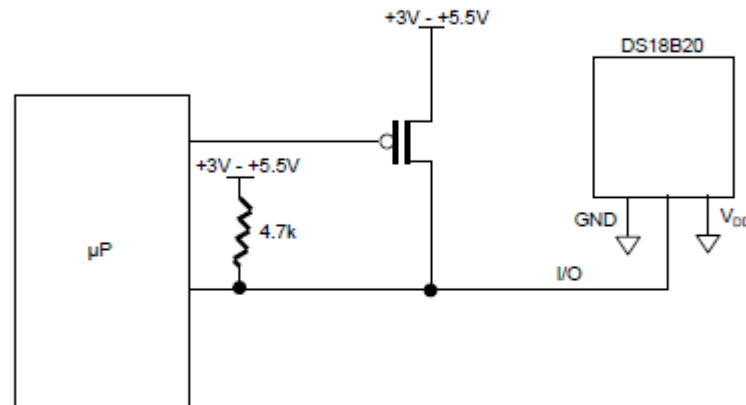
The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS18B20. The DS18B20 has four main data components: 1) 64-bit lasered ROM, 2) temperature sensor, 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL, and 4) a configuration register. The device derives its power from the 1-Wire communication line by storing energy on an internal capacitor during periods of time when the signal line is high and continues to operate off this power source during the low times of the 1-Wire line until it returns high to replenish the parasite (capacitor) supply. As an alternative, the DS18B20 may also be powered from an external 3 volt - 5.5 volt supply.

Communication to the DS18B20 is via a 1-Wire port. With the 1-Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64-bit lasered ROM portion of each device and can single out a specific device if many are present on the 1-Wire line as well as indicate to the bus master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

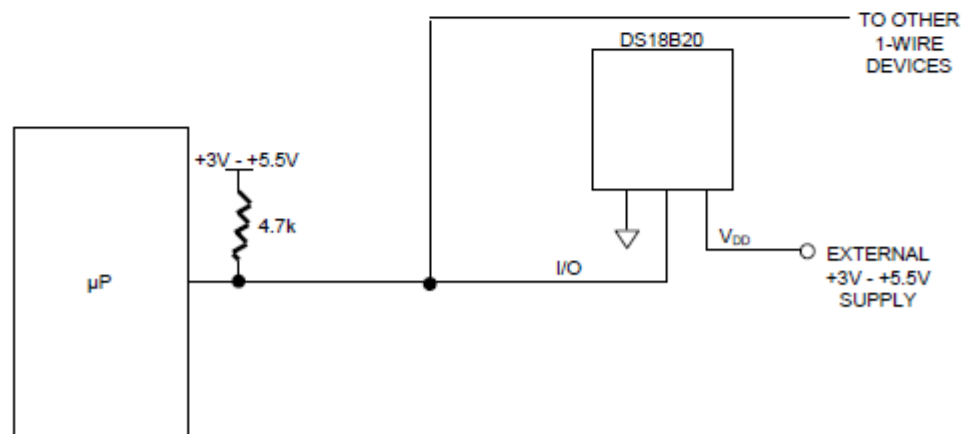
One control function command instructs the DS18B20 to perform a temperature measurement. The result of this measurement will be placed in the DS18B20's scratch-pad memory, and may be read by issuing a memory function command which reads the contents of the scratchpad memory. The temperature alarm triggers TH and TL consist of 1 byte EEPROM each. If the alarm search command is not applied to the DS18B20, these registers may be used as general purpose user memory. The scratchpad also contains a configuration byte to set the desired resolution of the temperature to digital conversion. Writing TH, TL, and the configuration byte is done using a memory function command. Read access to these registers is through the scratchpad. All data is read and written least significant bit first.

For situations where the bus master does not know whether the DS18B20s on the bus are parasite powered or supplied with external V_{DD} , a provision is made in the DS18B20 to signal the power supply scheme used. The bus master can determine if any DS18B20s are on the bus which require the strong pullup by sending a Skip ROM protocol, then issuing the read power supply command. After this command is issued, the master then issues read time slots. The DS18B20 will send back "0" on the 1-Wire bus if it is parasite powered; it will send back a "1" if it is powered from the V_{DD} pin. If the master receives a "0," it knows that it must supply the strong pullup on the DQ line during temperature conversions. See "Memory Command Functions" section for more detail on this command protocol.

STRONG PULLUP FOR SUPPLYING DS18B20 DURING TEMPERATURE CONVERSION Figure 2



USING V_{DD} TO SUPPLY TEMPERATURE CONVERSION CURRENT Figure 3



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +6.0V
Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	See J-STD-020A specification

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V_{DD}	Local Power	3.0		5.5	V	1
Data Pin	DQ		-0.3		+5.5	V	1
Logic 1	V_{IH}		2.2		$V_{CC}+0.3$	V	1,2
Logic 0	V_{IL}		-0.3		+0.8	V	1,3,7

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (-55°C to +125°C; $V_{DD}=3.0V$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Thermometer Error	t_{ERR}	-10°C to +85°C			$\pm\frac{1}{2}$	°C	
		-55°C to +125°C			± 2		
Input Logic High	V_{IH}	Local Power	2.2		5.5	V	1,2
		Parasite Power	3.0			V	1,2
Input Logic Low	V_{IL}		-0.3		+0.8	V	1,3,7
Sink Current	I_L	$V_{IO}=0.4V$	-4.0			mA	1
Standby Current	I_{DDs}			750	1000	nA	6,8
Active Current	I_{DD}			1	1.5	mA	4
DQ-Input Load Current	I_{DQ}			5		μA	5

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS: NV MEMORY(-55°C to +125°C; $V_{DD}=3.0V$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
NV Write Cycle Time	t_{wr}			2	10	ms	
EEPROM Writes	N_{EEWR}	-55°C to +55°C	50k			writes	
EEPROM Data Retention	t_{EDR}	-55°C to +55°C	10			years	

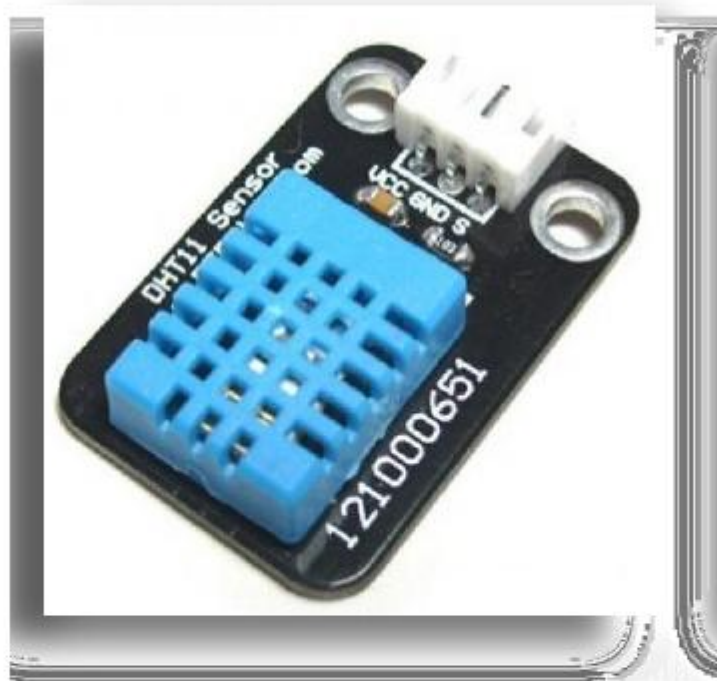
AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS: (-55°C to +125°C; $V_{DD}=3.0V$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Temperature Conversion Time	t_{CONV}	9 bit			93.75	ms	
		10 bit			187.5		
		11 bit			375		
		12 bit			750		
Time Slot	t_{SLOT}		60		120	μs	
Recovery Time	t_{REC}		1			μs	
Write 0 Low Time	t_{LOW0}		60		120	μs	
Write 1 Low Time	t_{LOW1}		1		15	μs	
Read Data Valid	t_{RDV}				15	μs	
Reset Time High	t_{RSTH}		480			μs	
Reset Time Low	t_{RSTL}		480			μs	9
Presence Detect High	t_{PDHIGH}		15		60	μs	
Presence Detect Low	t_{PDLow}		60		240	μs	
Capacitance	C_{INOUT}				25	pF	

NOTES:

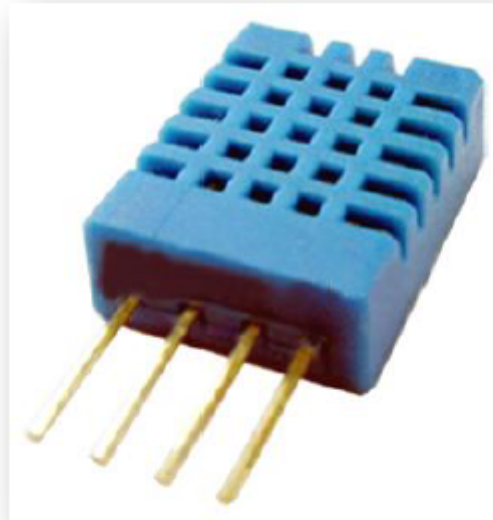
- All voltages are referenced to ground.
- Logic one voltages are specified at a source current of 1 mA.
- Logic zero voltages are specified at a sink current of 4 mA.
- Active current refers to either temperature conversion or writing to the E² memory. Writing to E² memory consumes approximately 200 μA for up to 10 ms.
- Input load is to ground.
- Standby current specified up to 70°C. Standby current typically is 3 μA at 125°C.
- To always guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V_{ILMAX} may have to be reduced to as much as 0.5V.
- To minimize I_{DDs} , DQ should be: $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$ or $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$.
- Under parasite power, the max t_{RSTL} before a power on reset occurs is 960 μs .

DHT 11 Humidity & Temperature Sensor



1. Introduction

This DFRobot DHT11 Temperature & Humidity Sensor features a temperature & humidity sensor complex with a calibrated digital signal output. By using the exclusive digital-signal-acquisition technique and temperature & humidity sensing technology, it ensures high reliability and excellent long-term stability. This sensor includes a resistive-type humidity measurement component and an NTC temperature measurement component, and connects to a high-performance 8-bit microcontroller, offering excellent quality, fast response, anti-interference ability and cost-effectiveness.



Each DHT11 element is strictly calibrated in the laboratory that is extremely accurate on humidity calibration. The calibration coefficients are stored as programmes in the OTP memory, which are used by the sensor's internal signal detecting process. The single-wire serial interface makes system integration quick and easy. Its small size, low power consumption and up-to-20 meter signal transmission making it the best choice for various applications, including those most demanding ones. The component is 4-pin single row pin package. It is convenient to connect and special packages can be provided according to users' request.

2. Technical Specifications:

Overview:

Item	Measurement Range	Humidity Accuracy	Temperature Accuracy	Resolution	Package
DHT11	20-90%RH 0-50 °C	±5%RH	±2°C	1	4 Pin Single Row

Detailed Specifications:

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Humidity				
Resolution		1%RH	1%RH 8 Bit	1%RH
Repeatability			± 1%RH	
Accuracy	25°C		± 4%RH	
	0-50°C			± 5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25°C , 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			± 1%RH	
Long-Term Stability	Typical		± 1%RH/year	
Temperature				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			± 1°C	
Accuracy		± 1°C		± 2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S

3. Typical Application (Figure 1)

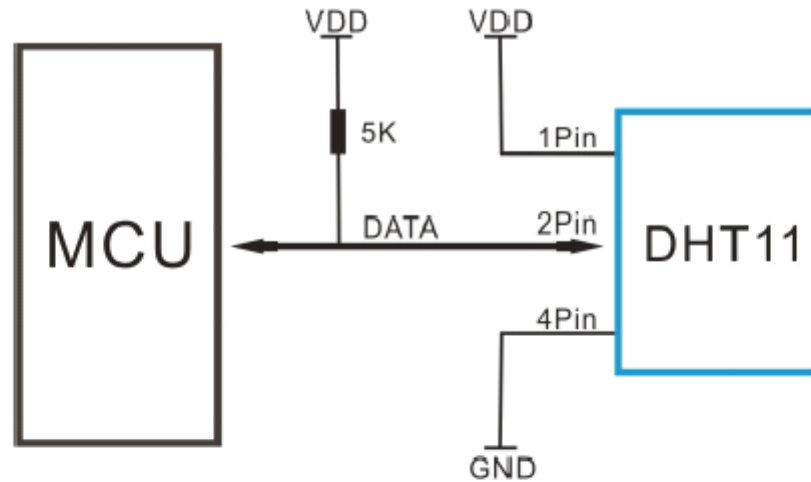


Figure 1 Typical Application

Note: 3Pin – Null; MCU = Micro-computer Unite or single chip Computer

When the connecting cable is shorter than 20 metres, a 5K pull-up resistor is recommended; when the connecting cable is longer than 20 metres, choose a appropriate pull-up resistor as needed.

4. Power and Pin

DHT11's power supply is 3-5.5V DC. When power is supplied to the sensor, do not send any instruction to the sensor in within one second in order to pass the unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for power filtering.

5. Communication Process: Serial Interface (Single-Wire Two-Way)

Single-bus data format is used for communication and synchronization between MCU and DHT11 sensor. One communication process is about 4ms.

Data consists of decimal and integral parts. A complete data transmission is 40bit, and the sensor sends higher data bit first.

Data format: 8bit integral RH data + 8bit decimal RH data + 8bit integral T data + 8bit decimal T data + 8bit check sum. If the data transmission is right, the check-sum should be the last 8bit of "8bit integral RH data + 8bit decimal RH data + 8bit integral T data + 8bit decimal T data".

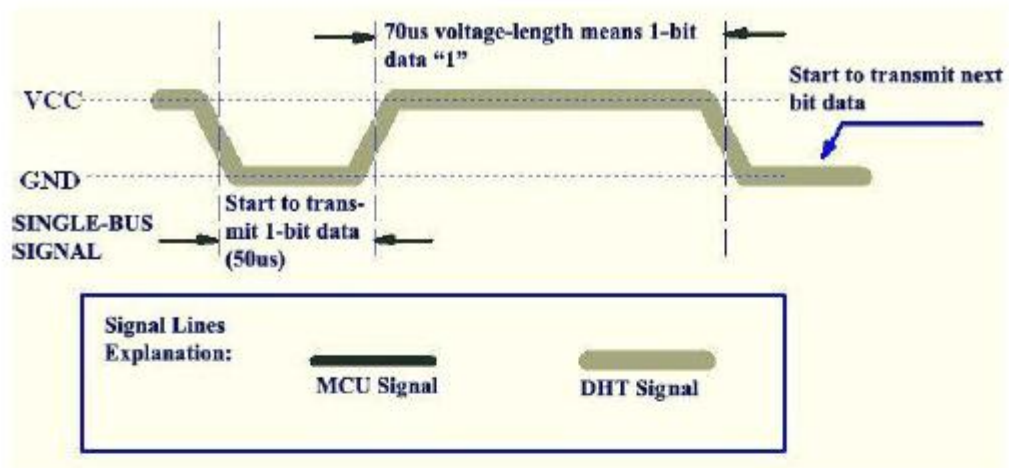


Figure 5 Data "1" Indication

If the response signal from DHT is always at high-voltage-level, it suggests that DHT is not responding properly and please check the connection. When the last bit data is transmitted, DHT11 pulls down the voltage level and keeps it for 50us. Then the Single-Bus voltage will be pulled up by the resistor to set it back to the free status.

6. Electrical Characteristics

VDD=5V, T = 25 °C (unless otherwise stated)

	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Power Supply	DC	3V	5V	5.5V
Current Supply	Measuring	0.5mA		2.5mA
	Average	0.2mA		1mA
	Standby	100uA		150uA
Sampling period	Second	1		

Note: Sampling period at intervals should be no less than 1 second.

7. Attentions of application

(1) Operating conditions

Applying the DHT11 sensor beyond its working range stated in this datasheet can result in 3%RH signal shift/discrepancy. The DHT11 sensor can recover to the calibrated status gradually when it gets back to the normal operating condition and works within its range. Please refer to (3) of



STP16NF06 STP16NF06FP

N-channel 60V - 0.08Ω - 16A - TO-220/TO-220FP
STripFET™ II Power MOSFET

General features

Type	V _{DSS}	R _{DS(on)}	I _D
STP16NF06	60V	<0.1Ω	16A
STP16NF06FP	60V	<0.1Ω	11A

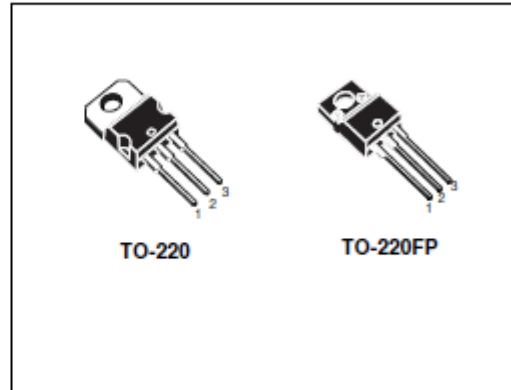
- Exceptional dv/dt capability
- Low gate charge at 100°C
- Application oriented characterization

Description

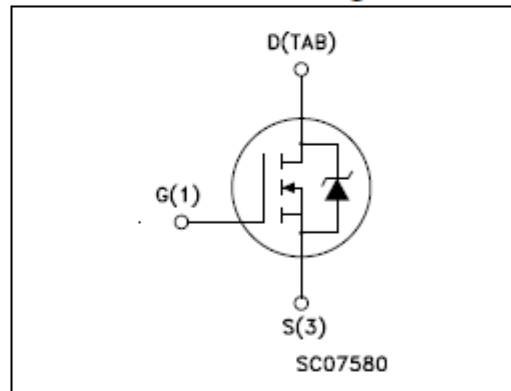
This Power MOSFET is the latest development of STMicroelectronics unique "Single Feature Size™" strip-based process. The resulting transistor shows extremely high packing density for low on-resistance, rugged avalanche characteristics and less critical alignment steps therefore a remarkable manufacturing reproducibility.

Applications

- Switching application



Internal schematic diagram



Order codes

Part number	Marking	Package	Packaging
STP16NF06	P16NF06	TO-220	Tube
STP16NF06FP	P16NF06	TO-220FP	Tube

1 Electrical ratings

Table 1. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	Value		Unit
		TO-220	TO-220FP	
V_{DS}	Drain-source voltage ($V_{GS} = 0$)	60		V
V_{GS}	Gate- source voltage	± 20		V
I_D	Drain current (continuous) at $T_C = 25^\circ\text{C}$	16	11 ⁽¹⁾	A
I_D	Drain current (continuous) at $T_C = 100^\circ\text{C}$	11	7.5 ⁽¹⁾	A
$I_{DM}^{(2)}$	Drain current (pulsed)	64	44 ⁽¹⁾	A
P_{tot}	Total dissipation at $T_C = 25^\circ\text{C}$	45	25	W
	Derating factor	0.3	0.17	W/°C
$dv/dt^{(3)}$	Peak diode recovery voltage slope	20		V/ns
$E_{AS}^{(4)}$	Single pulse avalanche energy	130		mJ
I_{AR}	Avalanche current, repetitive or not-repetitive	16		A
V_{ISO}	Insulation withstand voltage (DC)	--	2500	V
T_{stg}	Storage temperature	-55 to 175		°C
T_J	Max. operating junction temperature			

1. Current limited by package's thermal resistance
2. Pulse width limited by safe operating area.
3. $I_{SD} \leq 16\text{A}$, $di/dt \leq 200\text{A}/\mu\text{s}$, $V_{DD} \leq V_{(BR)OSS}$, $T_J \leq T_{JMAX}$
4. Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_D = 8\text{A}$, $V_{DD} = 30\text{V}$

Table 2. Thermal data

		TO-220	TO-220FP	
Rthj-case	Thermal resistance junction-case max	3.33	6	°C/W
Rthj-amb	Thermal resistance junction-ambient max	62.5		°C/W
T_J	Maximum lead temperature for soldering purpose	300		°C

2 Electrical characteristics

($T_{CASE}=25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

Table 3. On/off states

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source breakdown voltage	$I_D = 250\mu A, V_{GS} = 0$	60			V
I_{DSS}	Zero gate voltage drain current ($V_{GS} = 0$)	$V_{DS} = \text{max ratings}$ $V_{DS} = \text{max ratings},$ $T_C = 125^{\circ}C$			1 10	μA μA
I_{GSS}	Gate-body leakage current ($V_{DS} = 0$)	$V_{GS} = \pm 20V$			± 100	nA
$V_{GS(th)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$	2		4	V
$R_{DS(on)}$	Static drain-source on resistance	$V_{GS} = 10V, I_D = 8A$		0.08	0.1	Ω

Table 4. Dynamic

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$g_{fs}^{(1)}$	Forward transconductance	$V_{DS} = 15V, I_D = 8A$		6.5		S
C_{iss} C_{oss} C_{rss}	Input capacitance Output capacitance Reverse transfer capacitance	$V_{DS} = 25V, f = 1MHz,$ $V_{GS} = 0$		315 70 30		pF pF pF
$t_{d(on)}$ t_r $t_{d(off)}$ t_f	Turn-on delay time Rise time Turn-off delay time Fall time	$V_{DD} = 30V, I_D = 8A$ $R_G = 4.7\Omega, V_{GS} = 10V$ (see Figure 15)		7 18 17 6		ns ns ns ns
Q_g Q_{gs} Q_{gd}	Total gate charge Gate-source charge Gate-drain charge	$V_{DD} = 48V, I_D = 16A,$ $V_{GS} = 10V$ (see Figure 16)		10 3.5 3.5	13	nC nC nC

1. Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5%.

Table 5. Source drain diode

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{SD} $I_{SDM}^{(1)}$	Source-drain current Source-drain current (pulsed)				16 64	A A
$V_{SD}^{(2)}$	Forward on voltage	$I_{SD} = 16A, V_{GS} = 0$			1.3	V
t_{rr} Q_{rr} I_{RRM}	Reverse recovery time Reverse recovery charge Reverse recovery current	$I_{SD} = 15A,$ $di/dt = 100A/\mu s,$ $V_{DD} = 30V, T_J = 150^\circ C$ (see Figure 17)		50 88 3.5		ns nC A

1. Pulse width limited by safe operating area.

2. Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5%

Datasheet

I2C 1602 Serial LCD Module



Product features:

The I2C 1602 LCD module is a 2 line by 16 character display interfaced to an I2C daughter board. The I2C interface only requires 2 data connections, +5 VDC and GND to operate

For in depth information on I2C interface and history, visit: <http://www.wikipedia/wiki/i2c>

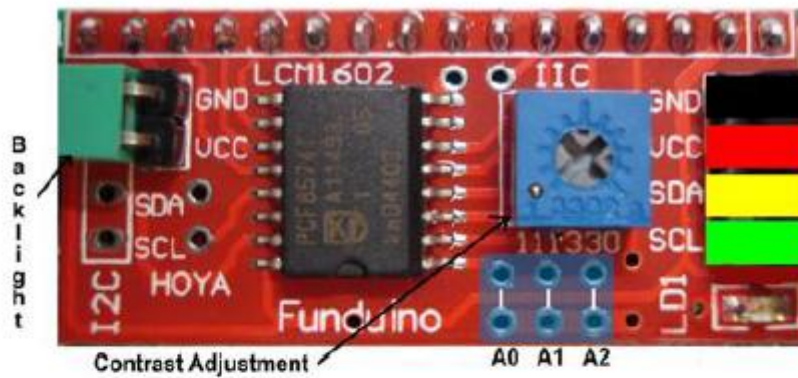
Specifications:

I2C Address Range	2 lines by 16 character 0x20 to 0x27 (Default=0x27, addressable)
Operating Voltage	5 Vdc
Backlight	White
Contrast	Adjustable by potentiometer on I2c interface
Size	80mm x 36mm x 20 mm
Viewable area	66mm x 16mm

Power:

The device is powered by a single 5Vdc connection.

Pinout Diagram:



Pin/Control Descriptions:

Pin #	Name	Type	Description
1	GND	Power	Supply & Logic ground
2	VCC	Power	Digital VCC or RX (serial receive)
3	SDA	I/O	Serial Data line
4	SCL	CLK	Serial Clock line
A0	A0	Jumper	Optional address selection A0 - see below
A1	A1	Jumper	Optional address selection A1 - see below
A2	A2	Jumper	Optional address selection A2 - see below
Backlight		Jumper	Jumpered - enable backlight, Open - disable backlight
Contrast		Pot	Adjust for best viewing

Addressing:

A0	A1	A2	Address
Open	Open	Open	0x27
Jumper	Open	Open	0x26
Open	Jumper	Open	0x25
Jumper	Jumper	Open	0x24
Open	Open	Jumper	0x23
Jumper	Open	Jumper	0x22
Open	Jumper	Jumper	0x21
Jumper	Jumper	Jumper	0x20

Replace current liquid crystal library found in the Arduino library directory with the above
(Note: If you use the examples included with the library, be sure to change address to 0x27)

Simple example using library above.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#if defined(ARDUINO) && ARDUINO >= 100
#define printByte(args) write(args);
#else
#define printByte(args) print(args,BYTE);
#endif
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // set the LCD address to 0x27 for a
//chars and 2`line display
void setup()
{
    lcd.init(); // initialize the lcd
    lcd.backlight();
    lcd.clear();
    delay(100);
    for(int i = 0; i < 3; i++)
    {
        lcd.backlight();
        delay(250);
        lcd.noBacklight();
        delay(250);
    }
    lcd.backlight();
}
void loop()
{
    int x=0;
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2,0); //Start at character 0 on line 0
    lcd.print("Hello World");
    lcd.setCursor(0,1); //Start at character 0 on line 1
    lcd.print(" opencircuit.nl");
    delay(3000); //Wait 3 seconds
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0); //Start at character 0 on line 0
    lcd.print("Cursor Blink");
    lcd.blink();
    delay(2000);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Cursor noBlink");
    lcd.noBlink();
    delay(2000);
}
```