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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(код и наименование направления подготовки)

Электроника и робототехника
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Цифровая система мониторинга и управления автоматической теплицей

Обучающийся А. А. Лисецкий
(Инициалы Фамилия) (личная подпись)

Руководитель к.т.н., доцент, А. В. Прядилов
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Объем 63 с., 34 рис., 2 табл., 43 источников

Умная теплица, управление поливом, микроконтроллер.

Объектом исследования является микроконтроллерная система мониторинга и управления автоматической теплицей.

Цель работы: разработка системы мониторинга и управления автоматической теплицей.

Задачи работы:

- Обзор состояния вопроса
- Анализ исходных данных и существующих решений
- Разработка структурной и электрической принципиальной схем
- Выбор элементов схемы
- Оценка стоимости системы мониторинга и управления

Данные задачи решены в 3 главах работы.

Степень внедрения: теоретически рассчитаны параметры системы, разработаны схемы и выбраны элементы.

В данной работе происходит разработка микроконтроллерной системы мониторинга и управления автоматической теплицей. Выполнен обзор состояния вопроса, расчет электрической схемы и выбор ее элементов, оценка стоимости системы.

Разработанная система позволяет отслеживать температуру окружающей среды; температуру воздуха в теплице; температуру грунта в теплице; влажность воздуха в теплице; влажность грунта; уровень освещенности в теплице; положение форточек. В соответствии с отслеживаемыми значениями возможно автоматическое управление освещением теплицы, подогревом грунта и положением форточек.

Система может быть применена для автоматизации небольших теплиц, например, на дачных хозяйствах.

Abstract

The title of the bachelor's thesis is «Digital monitoring and control system for an automatic greenhouse».

The bachelor's thesis consists of an introduction, 3 parts, a conclusion, 34 picture, 2 tables, list of references including 6 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The object of research is automatic greenhouse control system.

The aim of the bachelor's thesis is to develop of a automatic greenhouse control system.

We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions. We then analyze the literature concerning our problem.

We give a review of possible solutions and choose the most suitable ones, develop an electrical circuit diagram, carry out theoretical calculations and select elements.

The key issue of the bachelor's thesis is the possibility temperature and humidity control of air and soil.

In conclusion we'd like to stress that theoretically calculated system parameters, developed a scheme, the items are selected and their cost is calculated

This work is of interest to readers involved in electronics and wishing to create an automated greenhouse system.

The field of application of the developed system is country farms and small greenhouses.

Nevertheless, more experimental data are required.

Содержание

Введение 5

1 Состояние вопроса 6

2 Основной раздел 15

2.1 Обзор и выбор схемных решений ЦАП 15

2.2 Обзор и выбор схемных решений АЦП 17

2.3 Выбор структурной схемы системы управления 24

2.4 Обзор и выбор датчиков и комплектующих 26

2.5 Разработка принципиальной схемы 41

2.6 Алгоритмы работы в различных режимах 45

2.7 Компоновка и конструирование платы управления 52

3. Экономический раздел 55

Заключение 58

Список используемой литературы 59

Введение

Системы автоматизации активно внедряются в различные сферы, в том числе в сельское хозяйство.[15] Многие люди у себя на дачах строят теплицы для выращивания различных культур. Теплица за счет парникового эффекта позволяет получить повышенную температуру уже весной, а так же дает возможность организации необходимого микроклимата за счет огораживания от атмосферы, дополнительным подогревом и поливом.[24]

С целью создания оптимальных условий для выращивания культур растений необходимо отслеживать текущие показатели микроклимата и корректировать их в необходимую сторону. Естественно возникла, развилась и получила практическое применение идея автоматизации этих процессов.

В данной ВКР происходит разработка микроконтроллерной системы мониторинга и управления автоматической теплицей.

Разрабатываемая система позволит отслеживать температуру окружающей среды; температуру воздуха в теплице; температуру грунта в теплице; влажность воздуха в теплице; влажность грунта; уровень освещенности в теплице; положение форточек. Для этого используются соответствующие датчики, подключаемые к микроконтроллеру. Индикация показателей происходит на жидкокристаллический дисплей.

В соответствии с отслеживаемыми значениями возможно автоматическое управление освещением теплицы, подогревом грунта и положением форточек. Для этого предполагается использование источника освещения (например, специализированной светодиодной ленты), насоса полива, актуаторов (линейных приводов, физически открывающих форточки) и системы подогрева грунта (например, электронагревательного кабеля, коммутируемого на сеть 220 В).

Использование микроконтроллера позволит гибко изменять алгоритмы работы разрабатываемой системы.

1 Состояние вопроса

Современная автоматизация теплиц открывает новые возможности для выращивания овощей в короткие сроки. Эффективное использование теплиц становится все более популярным как среди частных лиц, так и в сельском хозяйстве. В прошлом автоматизация теплиц была дорогостоящей и не всегда оправданной, но сегодня это решается недорого и окупается быстро, обеспечивая дополнительную выгоду. Для успешного выращивания овощей в теплицах современные методы требуют использования автоматизации, которая оптимизирует процессы и повышает эффективность.[1,25]

Современные технологии теплиц позволяют производителям свободно управлять своими культурами, без постоянного присутствия. От полуавтоматических до полностью автоматизированных вариантов - выбор широкий. В умных теплицах можно корректировать микроклимат, контролировать ключевые факторы для повышения урожайности. Оптимальная температура воздуха автоматически поддерживается для выращивания популярных культур, таких как помидоры и огурцы. Днем рекомендуется держать температуру от +18 до +25 °С, ночью не ниже +16 °С. Температура почвы должна быть не ниже +10 °С.[2]

Отслеживание и управление процессами 24/7 из любой точки мира становится реальностью благодаря автоматизации. С возрастающим спросом на контроль в реальном времени, автоматизация теплиц становится необходимостью. Устройства управления системой автоматизации играют ключевую роль, принимая информацию от датчиков и выдачи управляющих сигналов. Arduino выделяется как ведущая платформа для создания автоматизации небольших теплиц, что отражается во множестве статей в интернете.

Аппаратно-программное средство Arduino имеет встроенный загрузчик, который позволяет загружать программы в микроконтроллер без использования аппаратных программаторов. Язык программирования Arduino

базируется на Wiring (похожий на Си). Микроконтроллер на плате программуется этим языком. [28-29]

В случае необходимости все данные, полученные от оборудования в автоматизированной теплице, могут быть отображены на компьютере. Веб-интерфейс предоставляет возможность не только наблюдать за показаниями датчиков и управлять ими, но также использовать веб-камеру для мониторинга теплицы. Пример схемы автоматизации теплицы на Arduino предоставлен на рисунке 1. [30]

Рисунок 1 − Пример схемы автоматизации теплицы на Arduino

Управление теплицей осуществляется с использованием центральной платы Arduino, которая принимает входные данные от датчиков температуры, влажности и освещения, а затем анализирует их. Если обнаруживается расхождение с установленными параметрами, Arduino активирует исполнительные механизмы для корректировки ситуации. После этого

информация отправляется на удаленный сервер для мониторинга через интернет.

Контроль различных параметров в теплице осуществляется специальным программным блоком. Эти параметры включают:

- периодичность и продолжительность полива,
- отопление внутреннего пространства,
- подогрев воды,
- освещение,
- запуск и отключение принудительной вентиляции.

Для контроля температуры воздуха установлены два предела: верхний и нижний. Если верхний предел превышен, то форточки открываются, вентилятор включается для охлаждения. Чтобы снизить температуру, можно использовать шторки. Когда температура падает ниже нижнего предела, вентилятор отключается, а нагреватель включается для нагрева воздуха до нужного уровня.

При работе системы автоматического полива в теплице принимается во внимание необходимость поддержания оптимальной влажности. Когда достигается установленный пользователем порог влажности, система включается, чтобы обеспечить необходимый уровень влажности, и отключается, когда влажность восстанавливается до оптимального состояния. Управление освещением осуществляется на основе двух заданных точек: верхнего и нижнего пределов. Когда достигается верхний предел, включается освещение, и выключается при достижении нижнего предела. Эта стратегия направлена на увеличение дневного света или компенсацию недостаточного естественного освещения, в зависимости от потребностей пользователя.

Для автоматизации различных процессов в теплице и не только предлагается универсальный контроллер, который может быть использован для управления системами полива, гидропоникой или инкубаторами.

Реализация подобных проектов на Arduino может вызывать трудности, несмотря на их простоту и доступность.

Примерами теплиц под управлением на Arduino может быть множество проектов в сети интернет. Например проект «Smart greenhouse» в теплице проводится автоматическое отслеживание влажности почвы и воздуха, температуры воздуха, а также автоматический полив и нагрев воздуха для обеспечения комфортных условий для растений. Кроме того, предусмотрено автоматическое освещение. Система подключения датчиков и исполнительных механизмов предоставлена на рисунке 2.[33]

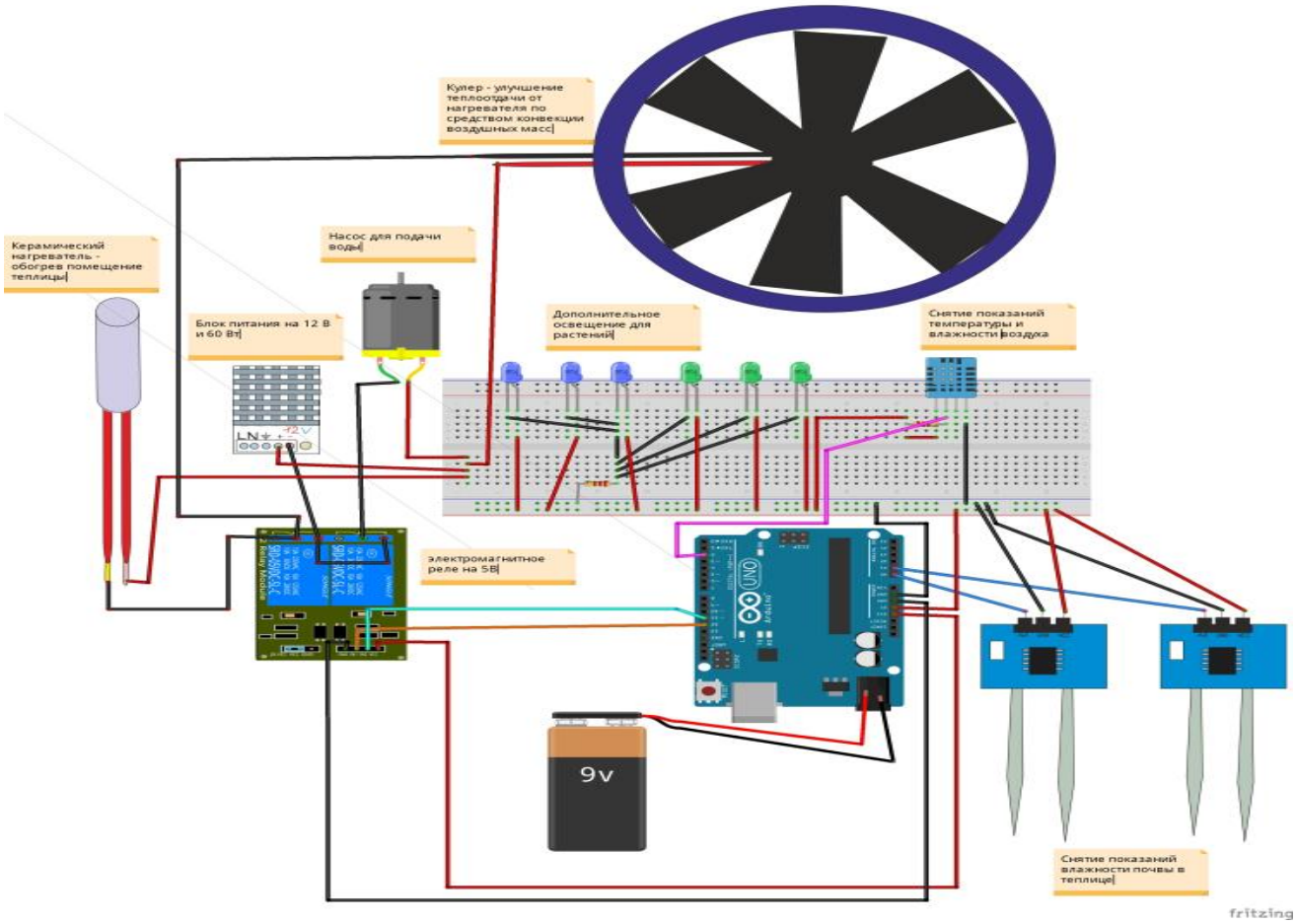


Рисунок 2 – Система подключения датчиков и исполнительных механизмов теплицы «Smart greenhouse».

Теплицы на базе Arduino применяются для не больших теплиц в основном в домашних условиях.

В качестве альтернативы можно рассмотреть использование микрокомпьютера Raspberry Pi, который объединяет функциональность Arduino и персонального компьютера. Raspberry Pi способен запускать отдельную операционную систему и обладает портами ввода/вывода для подключения различных устройств и сбора данных с датчиков.

Разработка инновационной системы управления условиями в теплице с использованием Raspberry Pi и Arduino Uno была направлена на обеспечение стабильности температуры, влажности почвы и освещения для растений. Внутри теплицы температура регулируется специальной инфракрасной лампой, управляемой серводвигателем, открывающим окно, и вентилятором, который обеспечивает циркуляцию воздуха. Контроль влажности почвы осуществляется при помощи датчика, который активирует насос для подачи воды растениям, если уровень влажности опускается ниже установленного порога.

С помощью датчиков можно измерить температуру внутри и снаружи теплицы, а также уровень влажности почвы и яркость освещения. Управление всем оборудованием осуществляется через веб-сайт, что позволяет дистанционно наблюдать за работой теплицы и настраивать параметры через сеть. Данные, полученные от внутреннего датчика температуры, используются для управления моторизованным окном и вентилятором теплицы. Вентилятор и окно активируются, когда температура внутри теплицы превышает установленный уровень. В случае снижения температуры до установленного значения, вентилятор останавливается, а окно закрывается. Если температура становится слишком низкой, система включает лампу для обогрева воздуха.

В теплице установлен специальный механизм, который автоматически подает воду на растения, если почва слишком сухая. Для этого используется датчик влажности, который регулирует уровень влажности в грунте.

Проекты с использованием Raspbery Pi и Arduino совместно можно найти в интернете. На рисунке 3 [43] предоставлен макет подключения Raspbery Pi к датчикам и исполнительным механизмам.

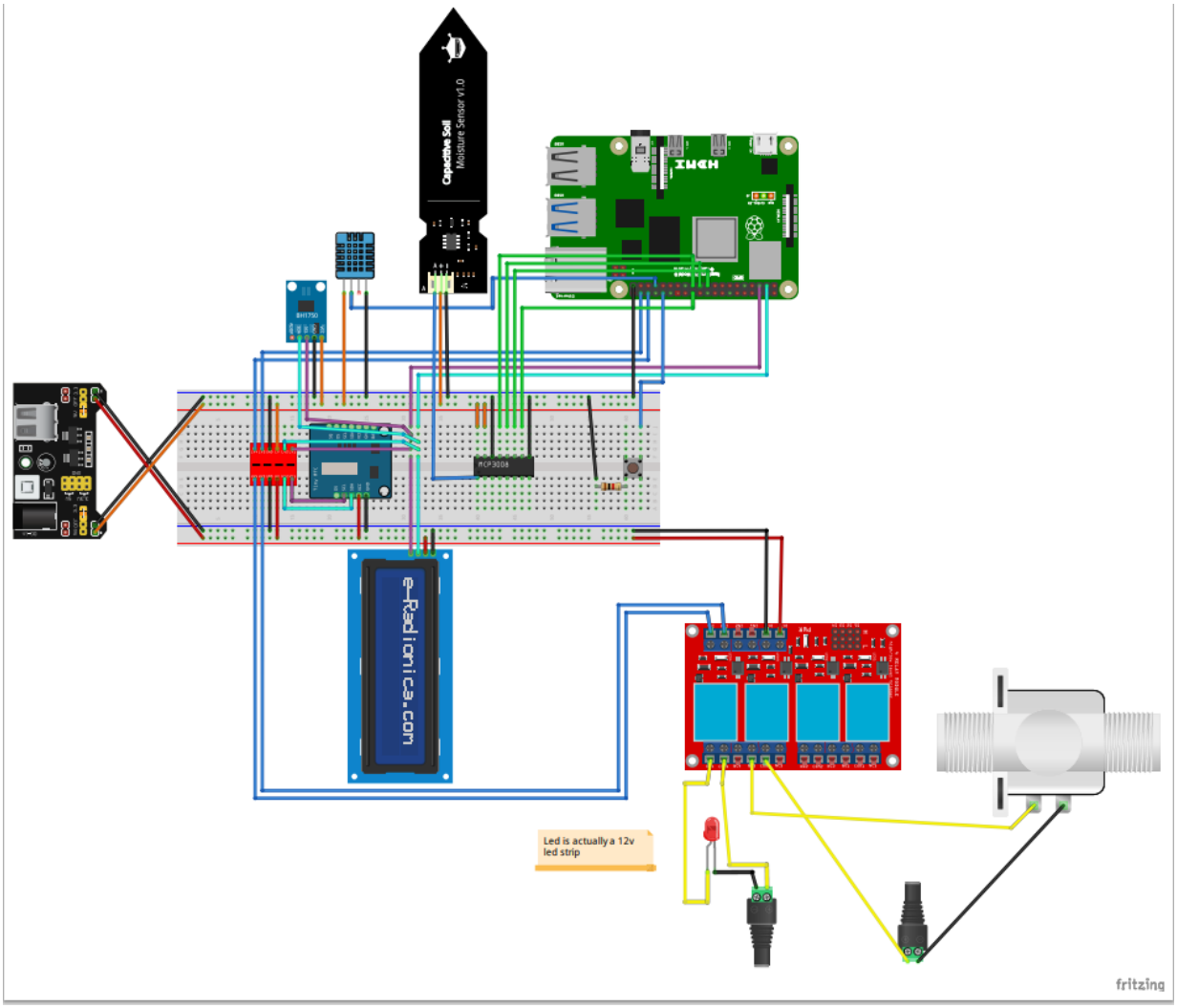


Рисунок 3 – Макет подключения Raspbery Pi к датчикам и исполнительным механизмам.

В сфере сельского хозяйства все чаще применяются современные технологии, включая умные теплицы. Для автоматизации процессов в теплице можно использовать различные устройства, в том числе программируемые реле и логические контроллеры. На рынке представлены различные бренды, такие как ОВЕН и Сегнетикс, предлагающие подобную продукцию.

Компания ОВЕН предлагает разнообразные модели автоматических устройств, которые способны эффективно управлять техпроцессами в

теплицах. Приборы для контроля оборудования в теплицах разработаны для создания автоматизированных систем, которые отвечают за поддержание нужных значений параметров воздуха и почвы, включая температуру, влажность, освещенность, химический состав воздуха.

Для успешного выращивания овощей, цветов, рассады и зеленых культур в теплицах необходимо постоянно поддерживать определенные климатические условия. Тепличное производство является одним из самых требовательных по энергозатратам. Создание условий искусственного климата для массового выращивания сельскохозяйственной продукции в теплицах представляет собой технологическую задачу высокого уровня сложности. На качество и количество урожая влияет целый ряд факторов, таких как температура, освещение, орошение, применение химических веществ и проветривание.

Увеличение эффективности в тепличном хозяйстве достигается благодаря автоматизации процессов и управлению климатом. С помощью автоматизации можно создать оптимальные условия для роста и развития культур, что сделает возможным предотвращение негативных воздействий на урожай. Для согласованной работы оборудования в теплицах применяются локальные системы управления, такие как вентиляция и отопление. Вентиляционные системы могут быть форточными или приточно-вытяжными, а отопление осуществляется с использованием водяного, воздушного или другого типа обогрева.

Основой для повышения продуктивности и прибыльности производства является автоматизированная система управления теплицей. Условия микроклимата, такие как температура и влажность воздуха, освещение, концентрация углекислого газа и влажность почвы, непосредственно влияют на рост и развитие растений. Различные методы, такие как система испарительного охлаждения и до увлажнения, искусственное ассимиляционное освещение, а также подача углекислого газа

для увеличения урожайности, играют важную роль в создании комфортных условий для растений.

Пример автоматизации тепличного хозяйства в городе Туймазы предоставлен на рисунке 4. [11]

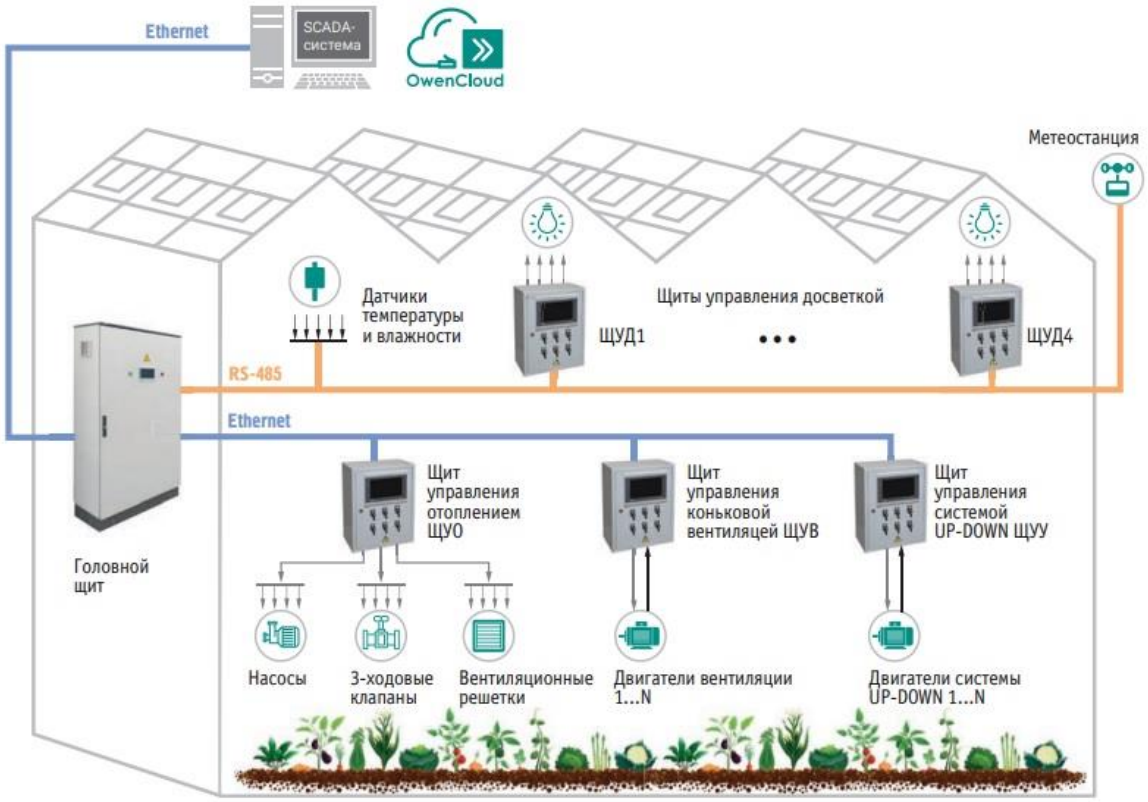


Рисунок 4 – Пример автоматизации тепличного хозяйства в городе Туймазы

Пример системы управления на Arduino хорошо подходит для домашнего использования, так ка он компактен и доступен. Также у него простой язык программирования, что позволяет быстро его отрегулировать. На основе этого примера и будет выполнена выпускная квалификационная работа.

Использование Raspberry Pi позволяет улучшить характеристики теплицы подключить больше датчиков и исполнительных механизмов, но требует больших знаний в программировании.

Пример автоматизации на ПЛК подходит для использовании в промышленном масштабе. Требуются силовые линии для питания и щиты

управления датчиками и исполнительными механизмами. Такой вариант подходит для крупного производства.

Формулировка задач ВКР: Провести обзор схемных решений ЦАП. Провести обзор схемных решений АЦП. Выбрать структурную схему управления теплицей. Провести обзор и выбрать датчики и исполнительные устройства. Разработать принципиальную схему устройства. Разработать алгоритмы работы в различных режимах. Произвести компоновку и конструирование платы управления. Произвести экономический анализ системы управления.

Вывод по разделу

В первом разделе рассмотрены основные функции, выполняемые системами умных теплиц, приведены несколько вариантов компоновок умных теплиц на основе не дорогих микроконтроллеров и на основе боле дорогой SCADA системы.

2 Основной раздел

2.1 Обзор и выбор схемных решений ЦАП

2.1.1 ЦАП на источниках тока

Данная разновидность ЦАП - имеет повышенную высокой точностью преобразования, в которых значения весовых токов (ВТ) образуются за счет транзисторных ИТ, которые обладают большим динамическим сопротивлением, особенно в случаях когда в предыдущих рассмотренных вариантах на весовые токи оказывают воздействие нагрузочный резистор и сопротивление применяемых ключей [8].

На рисунке 5 показан ЦАП на ИТ, где резистивной матрицы (РМ) формируют эти ВТ. Крайне правый резистор РМ соединен не с общей шиной (рисунок 5), а к транзисторами VT_0 и $VT_{\text{н}}$, и поэтому ток протекающий в VT_0 будет иметь в два раза меньшее значение чем значение аналогичного тока в VT_1.

При этом выходное напряжение РМ формируется посредством опорных $VT_{\text{оп}}$ и ОУ_1.

Причем напряжение на выходе ОУ_1 должно обладать таким значением, чтобы коллекторный ток $VT_{\text{оп}}$ и ток $I_{\text{оп}}$ были равными.

12-разрядный 594ПА1 является примером ЦАП, содержащего переключатели тока. У него ключами являются биполярные транзисторы.

Время переключения ЦАПа не превышает 2,4 мкс, в то время как погрешность нелинейности составляет в пределах 0,01%.

Из последних разработок выделяется 14-разрядный ЦАП типа AD9764, которые обладает длительностью переходных процессов не более 0,04 мкс, при погрешности нелинейности преобразования в пределах 0,02%.

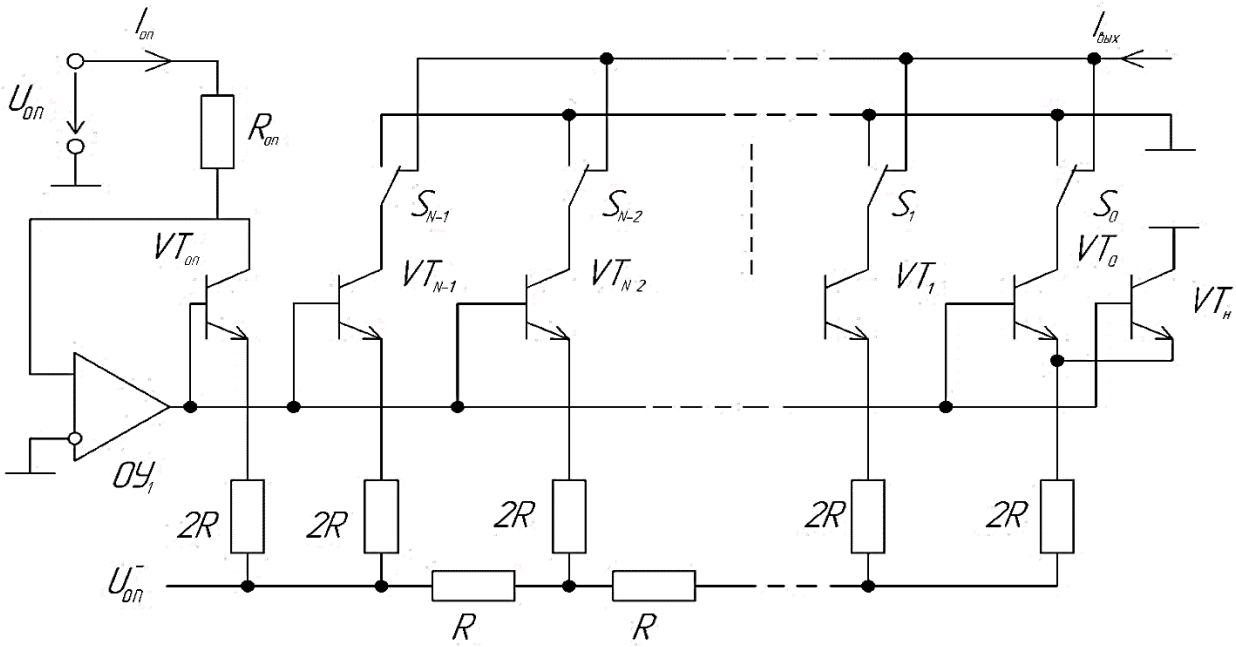


Рисунок 5 − Схема ЦАП на ИТ

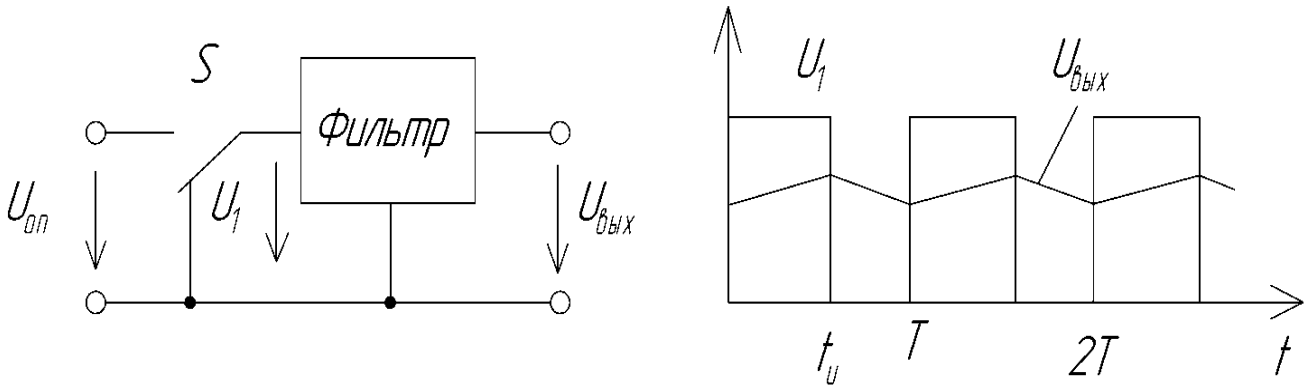
В скоростных ЦАП, роль переключателей S_k выполняют биполярные дифференциальные элементы, где сами биполярные транзисторы находятся в активном режиме, что существенно уменьшает длительности переходных процессов и составляет несколько наносекунд. Модели с более коротким временем установления подобных ЦАП обладают входными ЭСЛ - уровнями.

.

2.1.2 ЦАП с широтно-импульсной модуляцией

Просто процесс ЦАП осуществляется в микроконтроллере (МК) с функцией широтно-импульсного преобразования (к примеру, AT90S1515 компании Atmel или 17C51GB компании Intel).

В случае, когда у МК отсутствует выход ЦАП и нет необходимости в высоком быстродействии, преобразование кода в непрерывный сигнал может быть легко реализовано с применением ШИМ [16]. На рисунке 6 показан ЦАП с ШИМ.



а) б)

Рисунок 6 − ЦАП с ШИМ

Ключ S управляет выходом ШИМ. В зависимости от контроллера с использованием своего таймера/счетчика, учитывая определенную разрядность преобразования (для контроллера AT90S1515 вероятны режимы 1, 9 и 10 бит), создает последовательность сигналов, у которых длительность $\gamma = \frac{t_и}{T}$ вычисляется как

$$\gamma = \frac{D}{2^N},$$

где D – значение ЦК, который преобразуется в непрерывное напряжение, а N – число разрядов преобразования.

Фильтром низких частот (ФНЧ) проводят выделение огибающей импульсов, то есть формируют усредненное значение напряжения

$$U = \gamma U = \frac{DU}{2^N},$$

Данный ЦАП имеет идеальную характеристику линейности преобразования и в ней не применяются высокоточная элементная база.

Далее в ВКР будет использоваться микроконтроллер Arduino, в который уже встроен ЦАП, что существенно упрощает схему.

2.2 Обзор и выбор схемных решений АЦП

2.2.1 Параллельные АЦП

Наиболее быстрым и простым, по принципу действия типом преобразования являются параллельные (прямые) АЦП (Flash ADC) [17].

АЦП данного типа применяет немалое число компараторов (КП), которые работают одновременно (параллельно). N - разрядный прямой АЦП включает в себя 2^N электрических сопротивлений и 2^{N-1} компараторов рисунок 7.

На любой отдельный КП подается $U_{\text{оп}}$, значение которого для рядом расположенной точки отличается на напряжение, равное одному младшему разряду (МЗР). Вместе с тем компараторы, размещенные ниже некоторой точки, имеют напряжение на своем входе больше Uоп.

На выходе таких КП при их срабатывании формируется логическая единица.

Поведение 2^{N-1} выходов КП адекватно поведению ртутного термометра, и поэтому код на выходе параллельного АЦП принято именовать «термометрическим кодом».

В виду того, что технически нецелесообразно выводить за пределы корпуса параллельного АЦП, 2^{N-1} выходных линий, то они преобразуются посредством шифратора в N-разрядный позиционный двоичный код (ПДК).

Следует особо отметить, что данный тип АЦП содержит большое число резисторов и компараторов, и имеет ограничение по разрешающей способности. С целью обеспечения повышенного быстродействия, каждый из КП имеет большое энергопотребление.

Таким образом, недостатками параллельных АЦП являются ограниченная РС (разрешающая способность), высокий уровень рассеиваемой энергии, причиной которой является немалое число компараторов, обладающих немалой скоростью (особенно на частотах дискретизации, превышающих 50 МГц).

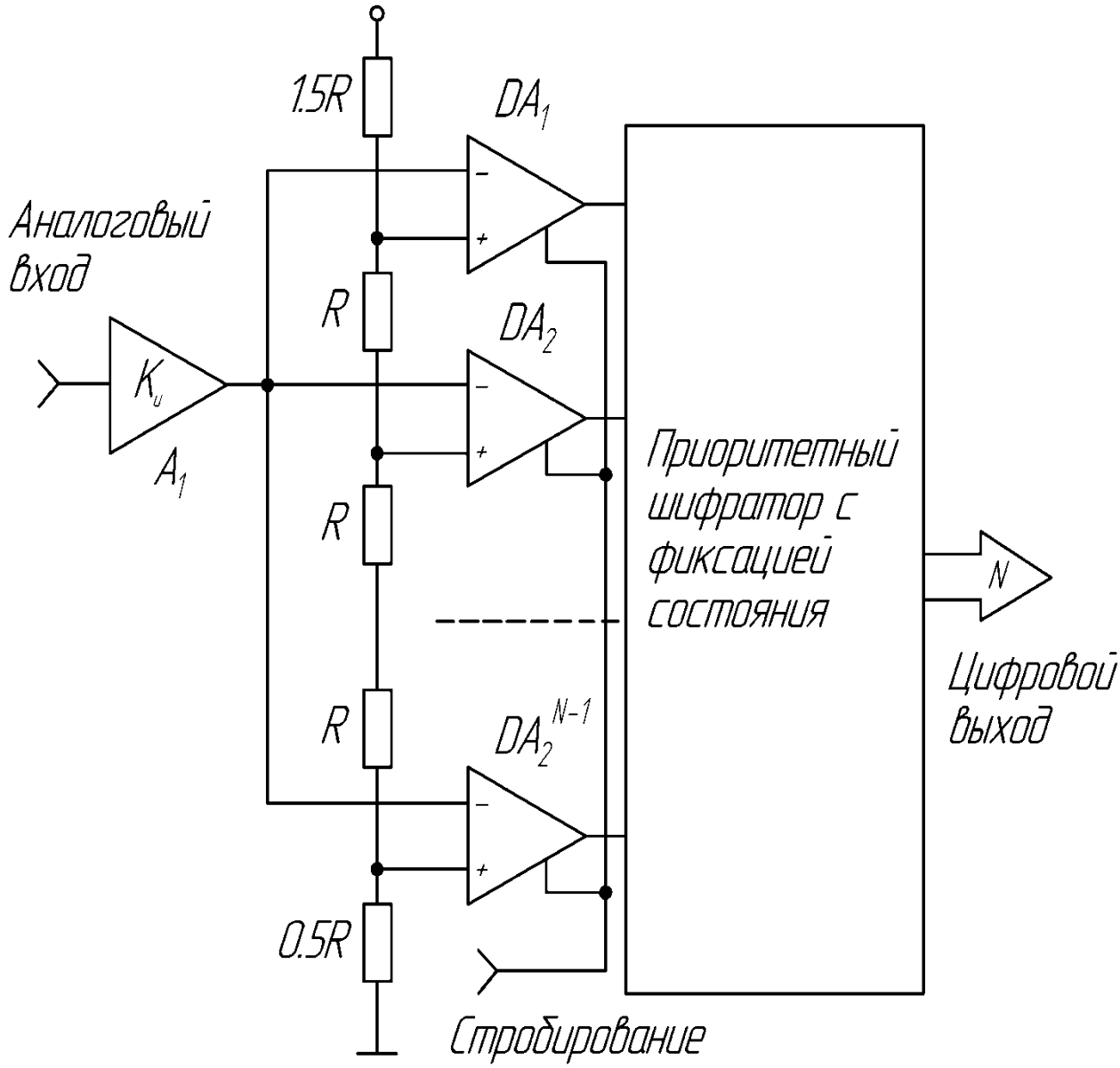


Рисунок 7 – Параллельный АЦП

Наибольшая частота дискретизации таких АЦП при ширине полосы пропускания (ПП) по уровню мощности более 300 МГц достигает 1 ГГц.

Хорошими характеристиками по любому току обладает идеальный КП параллельного (прямого) АЦП.

В виду того, что строб синхронизации подается одновременно на все его компараторы, то прямой АЦП естественным образом реализует функцию выборки и хранения по входу.

На практики имеются отличия во времени задержки отдельных КП, а также и разногласия по переменному току, которые приводят к уменьшению числа его разрядов, особенно на высоких частотах входного сигнала.

Увеличение количества разрядов параллельного АЦП всего на одну единицу, приводит к увеличению его компараторов в два раза.

В 10-разрядном АЦП на ИМС AD9410, в котором быстродействие равняется 200 Мб/с, с целью понижения числа предварительных усилительных устройств в компараторах и потребляемой мощности, используют метод интерполяционный метод (см. рисунок 8).

Интерполирующий тип АЦП уменьшает число предварительных усиливающих устройств в два раза. Предварительные усиливающие устройства, обозначаемые "A1", "A2" и т.д. обладают невысоким коэффициентом усиления K_u, и широкой полосой пропускания (ПП).

Рассмотрим положительный входного сигнал пилообразной формы (ПФ), который по своему амплитудному значению первоначально меньше $U_{\text{оп}}$ V_1 усилителя A_1.

При приближении значения сигнала ПФ к V_1, значение дифференциального выхода A_1 устремляется к нулю (А = А) в точке переключения КП. А выходной сигнал A_1 подается на дифференциальный вход триггера 1.

Выход А остается положительным, а выход В становится отрицательным до того времени, пока входные напряжения не будут отрицательными.

Созданная с помощью интерполяции точка перехода устанавливается равенством А = В. При положительном входном сигнале третья точка переключения соответствует В = В.

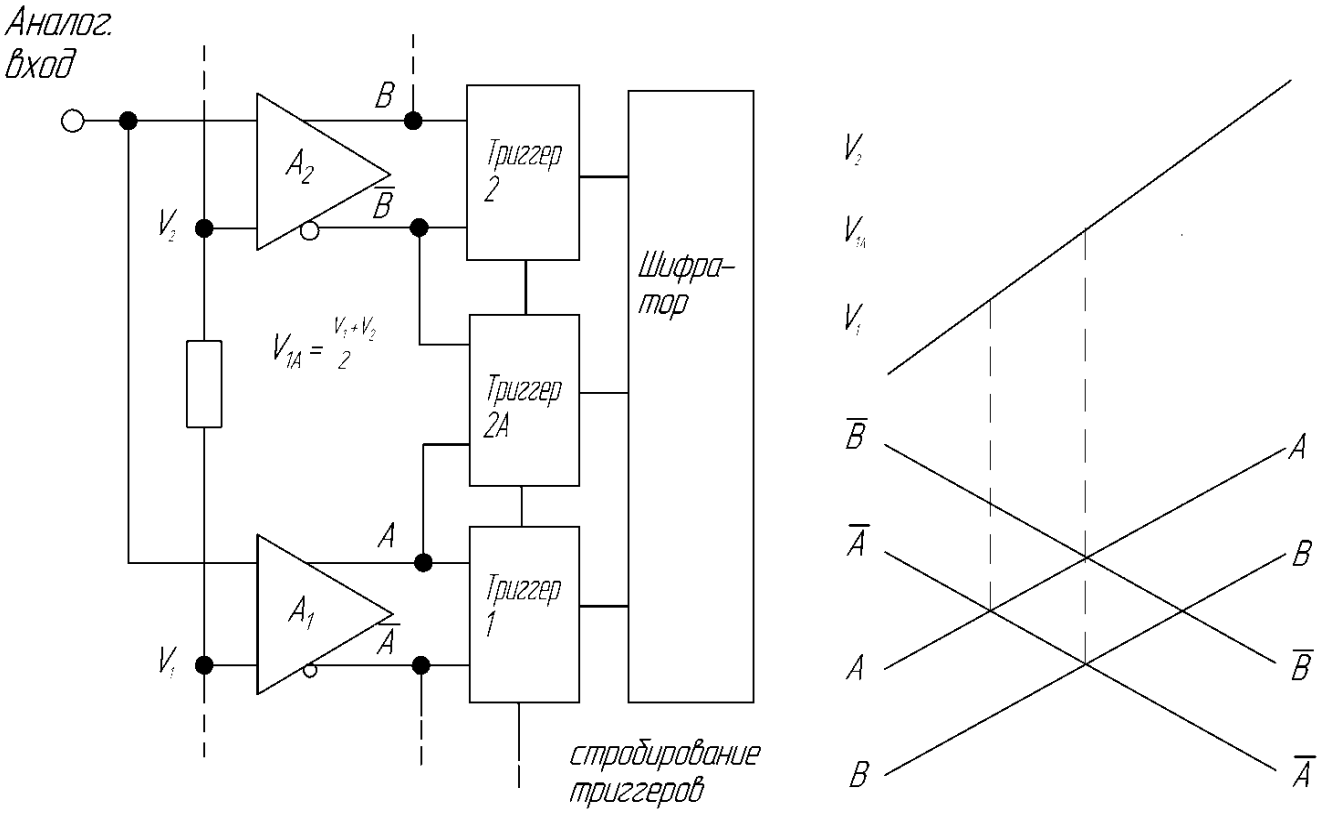


Рисунок 8 – Интерполирующий АЦП

Интерполяционная структура уменьшает значение входной емкости АЦП и, ведет к существенному уменьшению ее вариации под воздействием сигнала на входе.

2.2.2 АЦП последовательного приближения

АЦП последовательного приближения (ПП) являются основным инструментом для преобразования сигнала (см. рисунки 9, 10).

Последние модернизации преобразователей увеличили диапазон частот дискретизации до единиц МГц.

На рисунке 9 показаны составные части АЦП ПП.

Данный преобразователь осуществляет преобразование в командном режиме. Когда реализована подача сигнала СТАРТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, элемент устройства выборки и хранения (УВХ) переходит в режим сохранения, а разряды регистра последовательного приближения (РПП)

переходят в состояние «логического нуля», однако СЗР, принимает состояние «логической единицы».

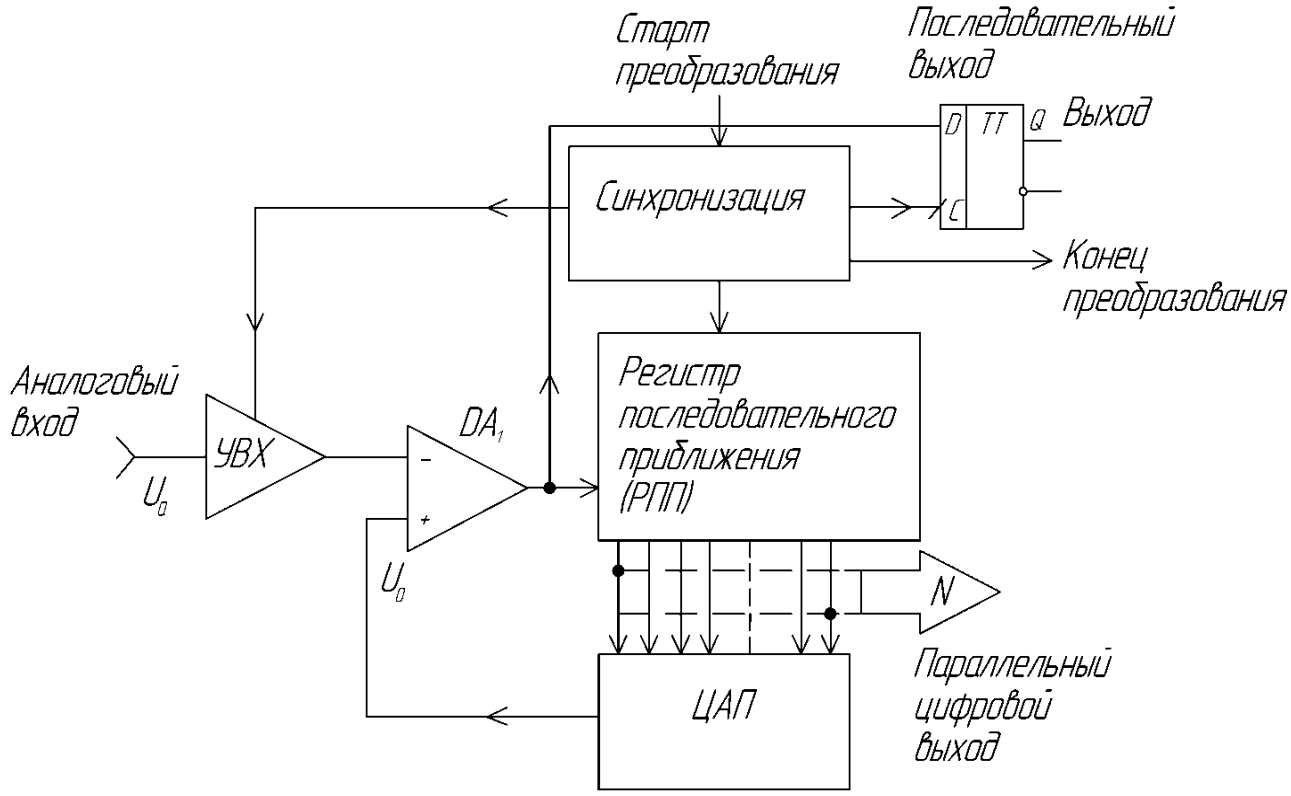


Рисунок 9 – АЦП последовательного приближения

С выхода РПП сигналы поступают во внутренний ЦАП.

При превышении выходным сигналом ЦАП непрерывного входного старший разряд РПП принимает состояние 0, иначе его состояние логической 1 сохраняется. Затем, последующий СЗР переводится в состояние логической "1" [27]. При превышении выходным сигналом ЦАП непрерывного входного принимает состояние 0, иначе его состояние логической 1 сохраняется.

Рассмотренный процесс повторяется для каждого разряда. И при установке всех разрядов в "0" или в "1" в зависимости от входного сигнала содержимое РПП станет соответствовать значению непрерывного сигнала на выходе, а процесс преобразования завершится.

Данный преобразователь имеет выходной последовательный порт, и поэтому, последовательные биты, идущие устройства (DA_1), тактируются D-триггером и подаются на выход.

Сигналы EOC (end - of - convert – окончания преобразования), DRDY (data - ready – готовность данных) или BUSY – занят (отсутствие сигнала BUSY говорит об окончании преобразования) говорят об окончании преобразования.

N-разрядное преобразование выполняется за N шагов. В действительности 1 - разрядный АЦП ПП способен выполнять преобразование за несколько сотен нсек.

Отдельные типы АЦП ПП дополнительно к команде CONVERT START нуждаются во внешней высокочастотной синхронизации, однако обычно отсутствует нужда в двух устройствах синхронизации.

На рисунке 10 представлены временные диаграммы работы АЦП ПП.

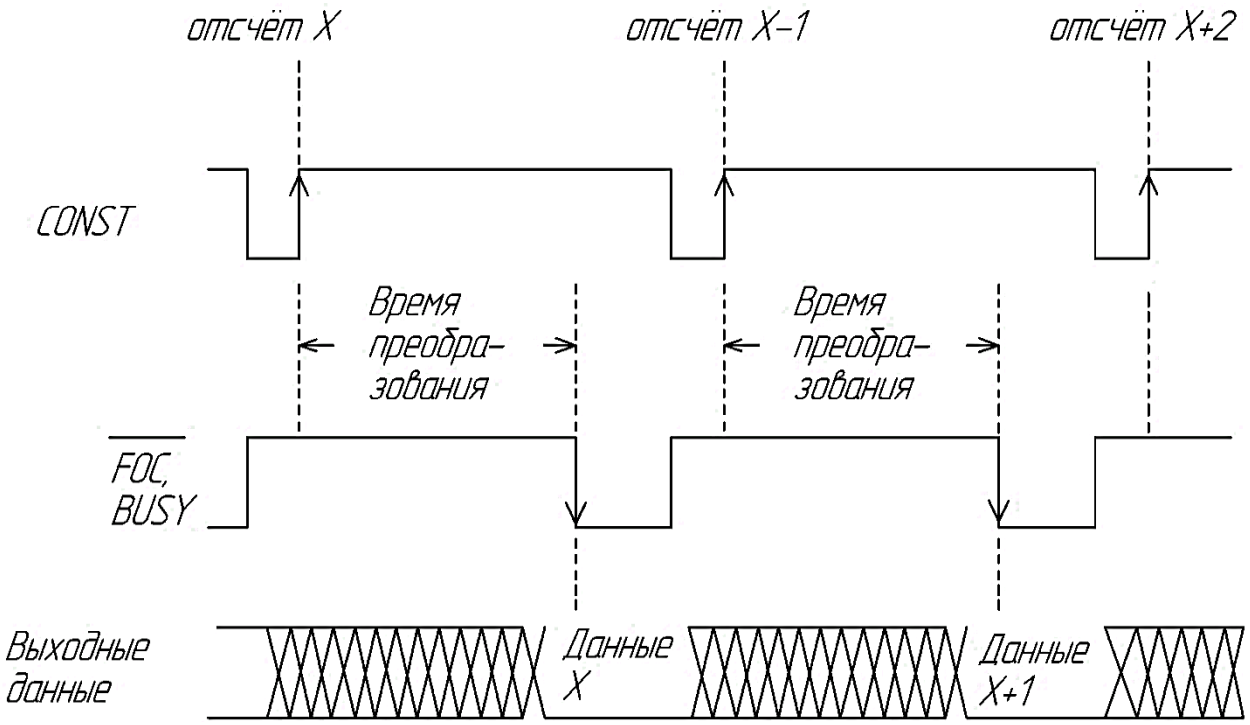


Рисунок 10 – Временные диаграммы работы АЦП ПП

Имея специфическую структуру, данные АЦП ПП принимают любую скорость повтора однократного преобразования, в том числе ноль и до наивысшего быстродействия.

В АЦП ПП точность и линейность зависят от внутреннего ЦАП.

Также у таких ЦАП высокая температурная стабильность, так как обеспечение температурных характеристик переключаемых элементов (емкостей) может быть лучше, чем 1 ppf /C.

АЦП ПП имеют широкое распространение и производятся с широкой гаммой РС, частотами дискретизации, опций ввода-вывода, конструктивного выполнения и цен.

Большинство таких АЦП может применяться в качестве полных системам сбора данных с мультиплексорами на входе, которые дают возможность одному «ядру» АЦП производить обработку много аналоговых каналов.

В выпускной квалификационной работе будет использоваться микроконтроллер Arduino который который уже имеет встроенный АЦП. Это сильно упрощает схему управления, что позволяет не разрабатывать отдельно АЦП.

2.3 Выбор структурной схемы системы управления

Разработанная структурная схема системы управления изображена на рисунке 11.

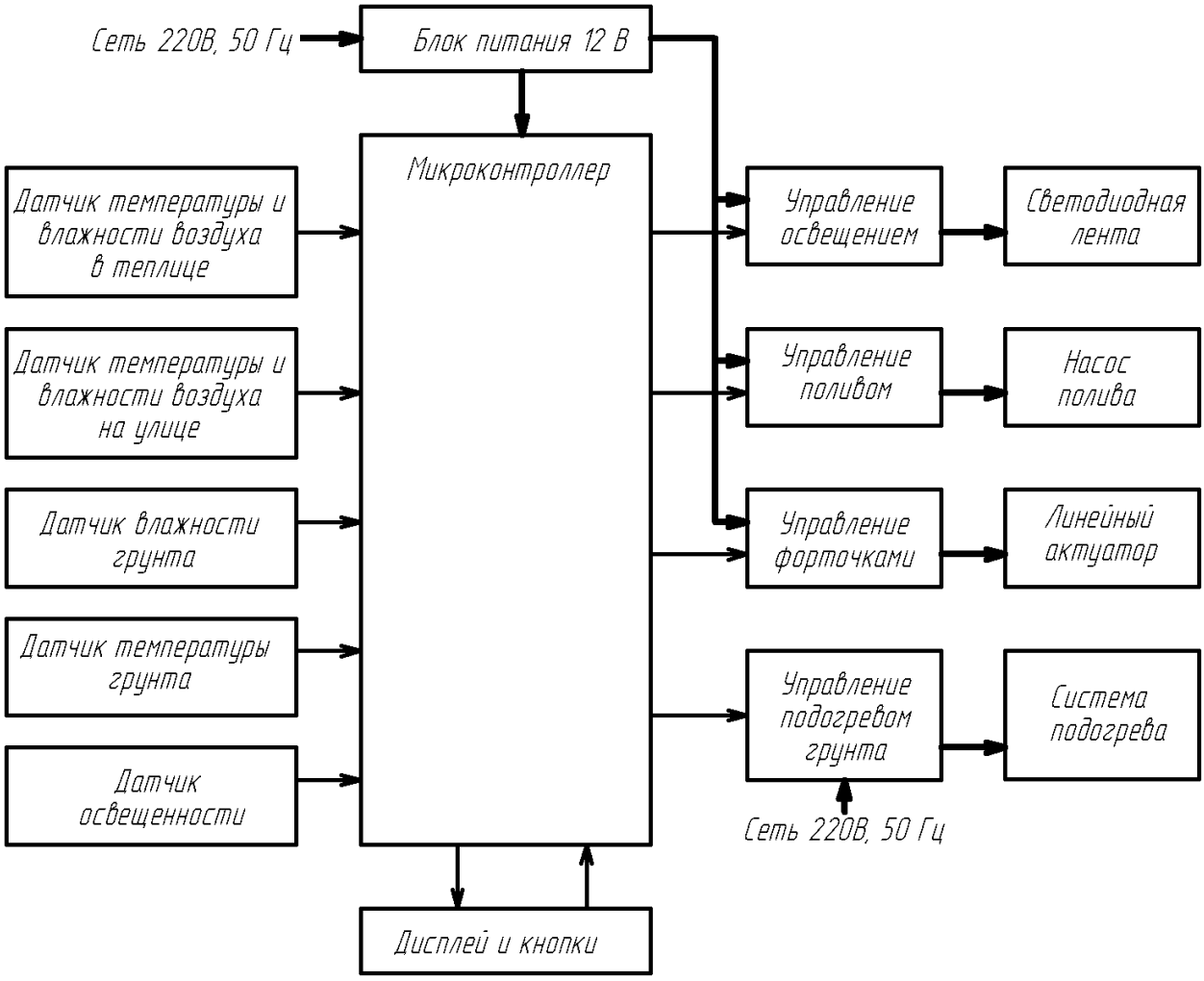


Рисунок 11 – структурная схема системы управления.

Центральным элементом системы является микроконтроллер. К нему поступает информация от датчиков:

– температуры и влажности воздуха в теплице;

– температуры и влажности воздуха на улице;

– влажности грунта;

– освещенности.

Полученная информация индицируется на дисплее и используется в алгоритмах управления. Выхода микроконтроллера управляют:

– освещением (светодиодной лентой);

– поливом (насосом);

− положением форточек (актуаторами);

− подогревом грунта (через твердотельное реле).

Выбор индицируемой информации и задание режимов работы происходит с помощью кнопок.

Блок питания служит для питания микроконтроллера, освещения, насосов и актуаторов. Подогрев будет потреблять значительную мощность, поэтому запитан непосредственно от сети 220 В.

2.4 Обзор и выбор датчиков и комплектующих

В соответствии с разработанной структурной схемой произведем выбор элементов, использующихся в системе.

Микроконтроллер.

В качестве микроконтроллера выберем микроконтроллерную платформу Arduino UNO (рисунок 12). Данный выбор обусловлен достаточным функционалом и количеством выводов, а так же уже имеющимся практическим опытом работы с данной платформой.[5-7] Следует отметить, что в случае необходимости масштабирования проекта (увеличения количества датчиков, управляемых элементов и т.д.) платформа УНО может быть заменена на Arduino MEGA, имеющую большее число выводов.[33-37]

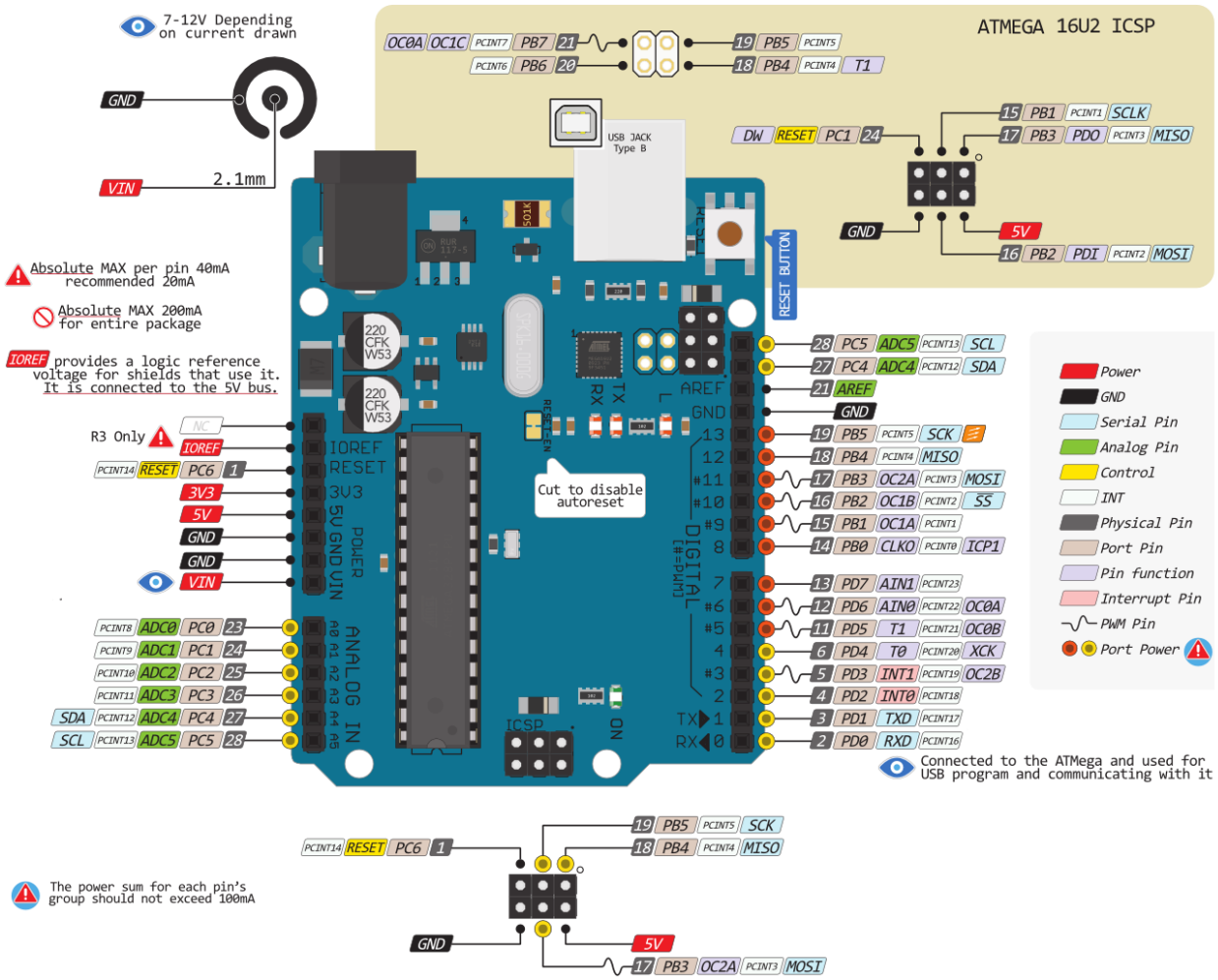
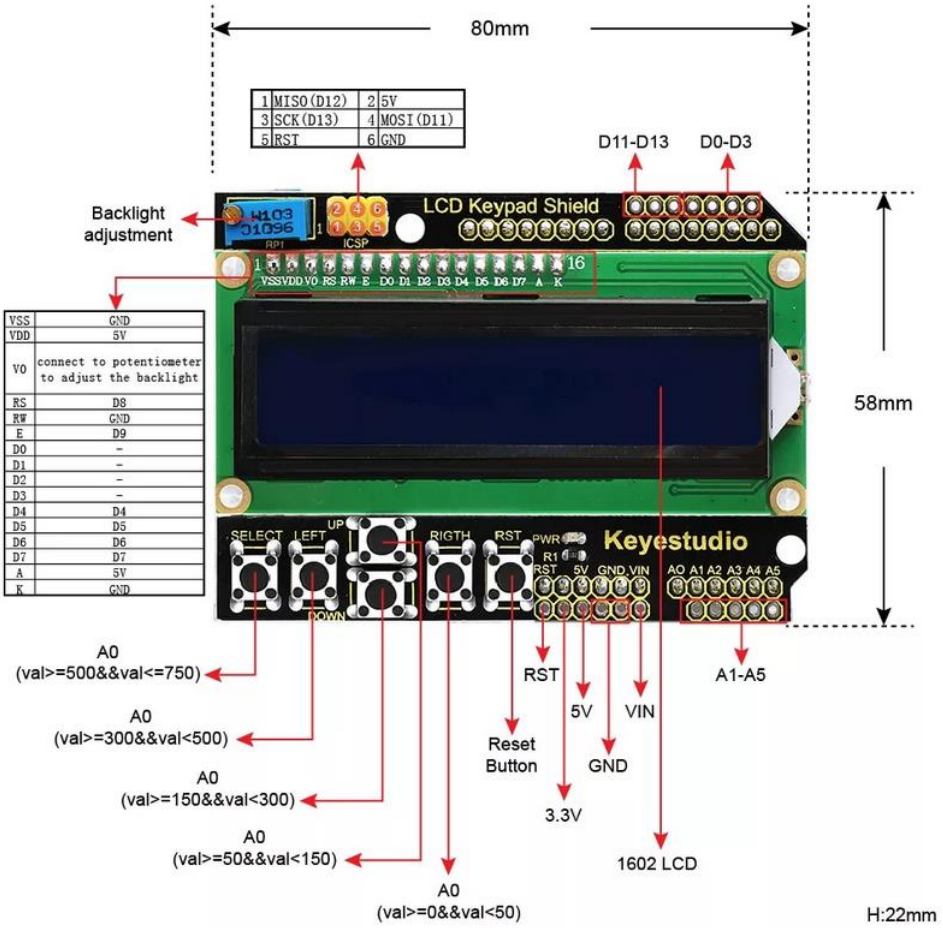


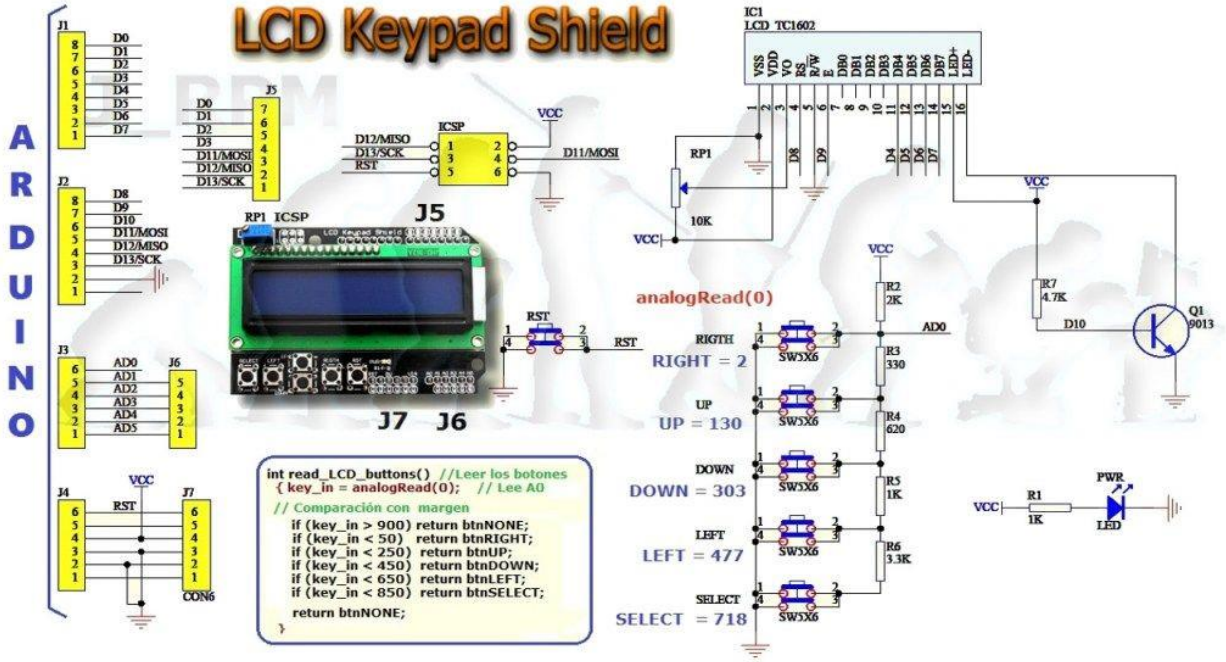
Рисунок 12 – Функциональное назначение выводов Arduino UNO.

Дисплей и кнопки.

В качестве дисплея и кнопок выбрали LCD Shield модуль (Рисунок 13)[19], втыкающийся непосредственно в Arduino UNO. Такое решение позволяет облегчить сборку устройства, но при этом вывод A0 оказывается задействован на подключение кнопок, а выводы D4-D10 - задействованным для подключения дисплея. Свободными остаются выводы: D0-D3, D11-D13, A1-A5, что будем учитывать при разработке схемы. Выводы D0, D1 – уже используются при программировании ардуино, поэтому их не будем использовать в схеме.[5-7,21]



а) внешний вид модуля и назначение выводов



б) внутренняя схема модуля и пример кода распознавания кнопок.

Рисунок 13 – Назначение выводов и структура LCD Shield модуля.

Датчик температуры и влажности.

Самыми распространенными датчиками для замера температуры и влажности с использованием Ардуино являются датчики температуры и влажности DHT11, DHT22 (рисунок 14).

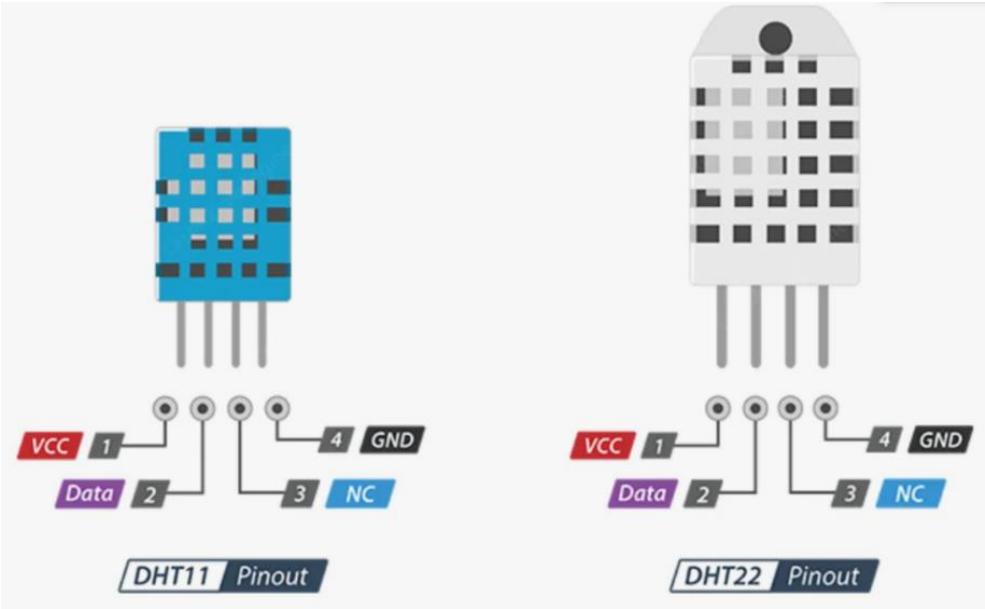


Рисунок 14 – Датчики температуры и влажности DHT11, DHT22.

Датчики имеют схожее подключение. Данные замеряются и оцифровываются непосредственно внутри датчиков и затем передаются на микроконтроллер с использованием команд библиотеки.

Напряжение питания составляет 5 В при токе потребления до 2.5 мА.

Диапазон измеряемых температур подходит под наши задачи – от минус 40 до плюс 125 С.

Отличие между датчиками заключается в точности определения влажности – датчик DHT 22 работает лучше, чем DHT 11. Это сказывается на их цене (DHT 22 дороже чем DHT 11). Стоимость датчиков не значительно по сравнению со стоимостью всего проекта, поэтому выбрали DHT 22.

Датчик температуры грунта.[9,39]

Для измерения температуры грунта выберем датчик типа DS18B20. Такой датчик выпускается как в виде отдельного корпуса TO-92, так и в герметичном корпусе (рисунок 15). [40]

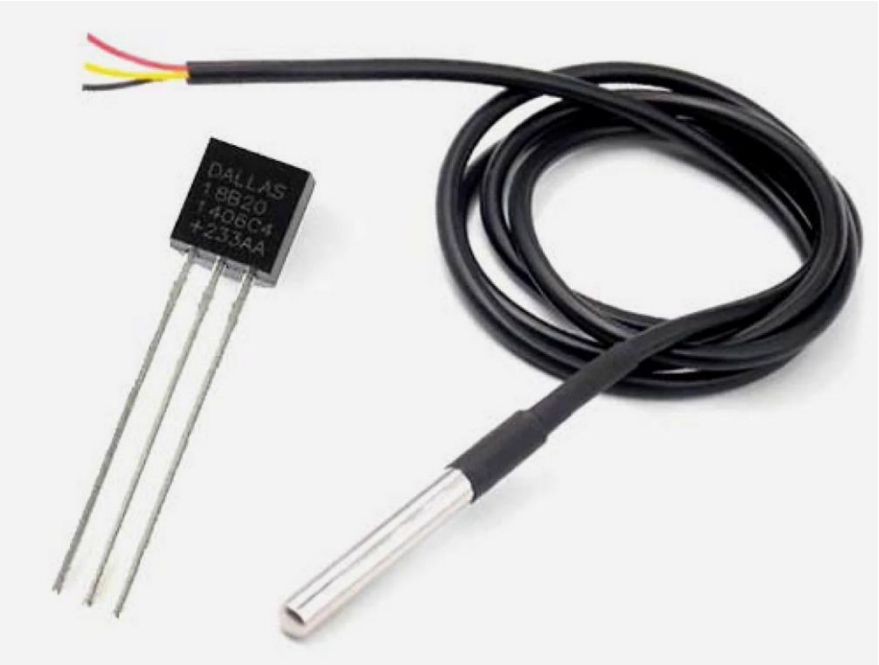


Рисунок 15 – Датчик температуры DS18B20.

В связи с тем, что датчик будет необходимо закапывать в грунт – выберем датчик в герметичном стальном корпусе.

Датчик влажности грунта.

Датчики влажности почвы (рисунок 16) [4] работают, замеряя сопротивление между двумя проводниками, воткнутыми в грунт.[41] Датчик состоит из двух частей – собственно проводники, расположенные на текстолитовом основании и плата управления.

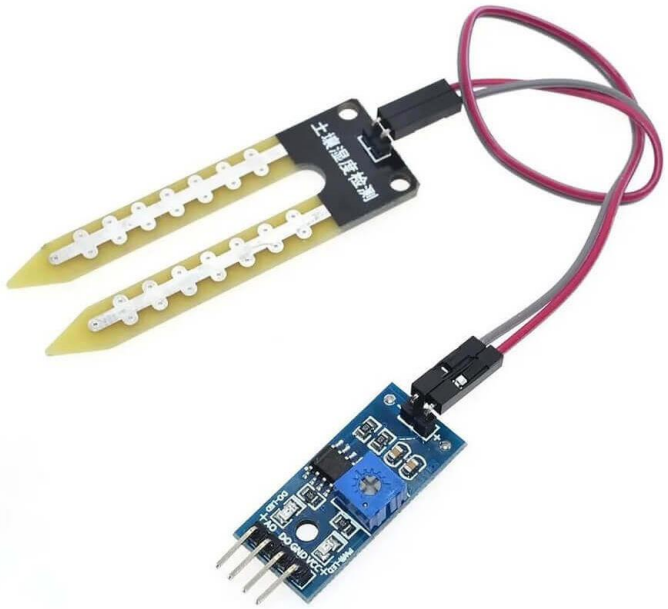


Рисунок 16 − Датчик влажности почвы FC-28 (YL-69).

Плата управления запитывается от напряжения +5В и выдает на своем выходе два сигнала – цифровой D0 и аналоговый A0. Аналоговый сигнал от 0 до 5В говорит о сопротивлении грунта и, следовательно, его влажности. Сигнал необходимо завести на аналоговый вход ардуино и провести экспериментальную калибровку – посмотреть, какое значение будет на сухом, а какое – на влажном грунте. Для формирования цифрового сигнала на плате имеется компаратор и подстрочный резистор. Крутя подстрочный резистор можно выбрать положение, выше которого грунт будет считаться мокрым и на выходе появится единица, а ниже которого грунт будет считаться сухим и на выходе будет ноль. Такое решение (с цифровым выходом) можно использовать в простых проектах даже без использования микроконтроллера. [4]

В данной работе будем использовать только аналоговый выход, дающий более подробную информацию о влажности грунта.

Твердотельное реле.

Для коммутации сети 220 В на систему подогрева буем использовать твердотельное реле. Это полупроводниковый ключ, коммутирующий переменное напряжения в соответствии с управляющим сигналом. Выбрали твердотельное реле SSR-40DA (стоимостью 390.00 руб), изображенное на рисунке 17.

Рисунок 17 − Твердотельное реле SSR-40DA.

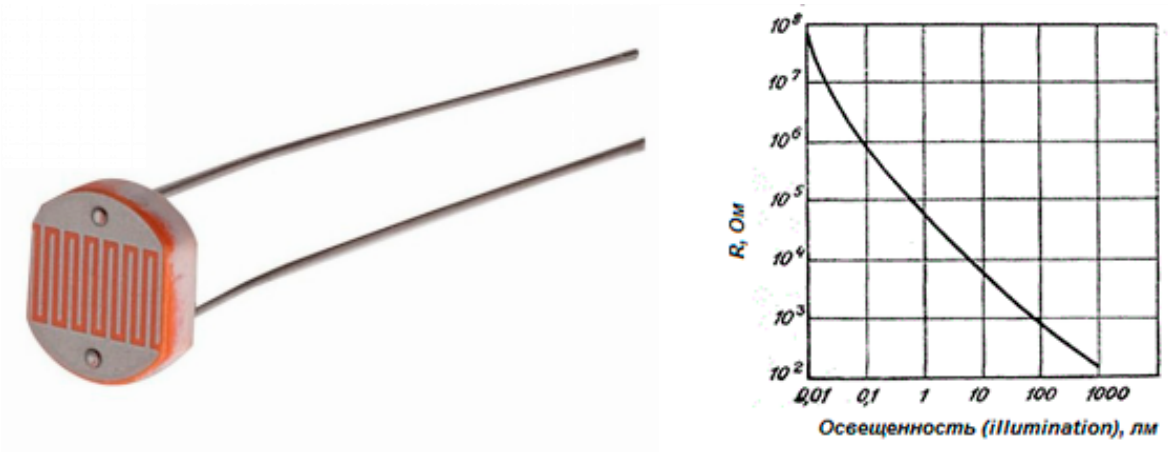
Реле способно коммутировать переменное напряжение 24...380В AC. Согласно документации, предельный ток нагрузки составляет 40А. Однако это значение указывается для случая наличия идеального охлаждения. В реальных условиях на длительном периоде работы лучше не превышать половины от этого значения, что составит 20 А и обеспечит мощность нагрева не более 20А·220В = 4400 Вт.

Для управления реле на его вход подают постоянное напряжение 3-32В, что дает возможность осуществлять управление непосредственно с выхода Ардуино.

Реле будет коммутировать напряжение на нагревательный элемент системы подогрева. В качестве такого элемента можно использовать систему электрического теплого пола или иную систему. Выбор конкретной системы подогрева не является целью данной ВКР. Отметим, что в реальной теплице система подогрева может не использоваться. Большинство теплиц работают без электрического подогрева – например, за счет парникового эффекта и энергии солнечного излучения.

Датчик освещенности.

Самым часто используемым в сочетании с Ардуино и не дорогим датчиком освещенности является фоторезистор. Сопротивление фоторезистора зависит от уровня его освещенности (рисунок 18).



а) внешний вид фоторезистора б) световая характеристика

Рисунок 18 – Фоторезистор

Для замера уровня освещенности фоторезистор включат последовательно с постоянным резистором, подают постоянное напряжение на получившийся делитель и замеряют потенциал в точке соединения резистора и фоторезистора. Соответственно, необходимо выбрать номинал постоянного резистора. Как правило, при продаже фоторезистора нет явного указания на его тип и на конкретную характеристику. На корпусе самого фоторезистора отсутствует какая-либо маркировка. Поэтому номинал

постоянного резистора выбрали 10 кОм в соответствии с наиболее часто встречающимися рекомендациями. После практической сборки устройства необходимо будет провести калибровку что бы определить, какой уровень освещенности соответствует какому напряжению делителя.

Для данной работы выбрали фоторезистор типа MLG5516B, однако нет никакой уверенности, что при покупке будет куплен фоторезистор именно этого типа.

Актуатор.

Для управления проветриванием и открытием/закрытием форточек можно использовать линейный актуатор (рисунок 19).

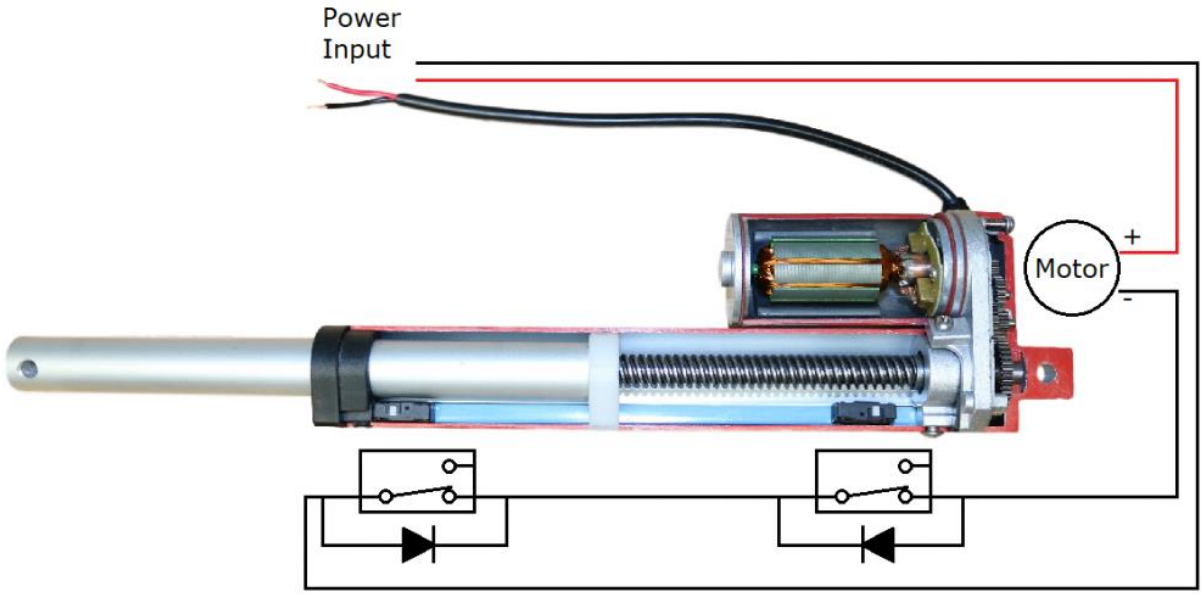


Рисунок 19 – Линейный актуатор

Самые дешевые актуаторы содержать коллекторный двигатель постоянного тока, соединенный через понижающий редуктор со штоком червячной передачи.[31,43] Двигатель допускает подачу на него постоянного напряжения разной полярности, что приводит к вращению двигателя в разные стороны и соответственно к выдвиганию – выдвиганию штока. При доходе штока до крайнего положения размыкается концевой выключатель, что

приводит к обесточиванию двигателя и прекращению движения. Для возможности начала движения из крайнего положения в противоположном направлении параллельно концевым выключателям стоят диоды.

Соответственно, для управления подобным актуатором необходимо подавать на него двухполярное напряжение, что будет учтено при разработке электрической схемы.

Выбрали линейный актуатор L=200мм, 12В (рисунок 20) стоимостью 2300 руб. На сайте продающего его он-лайн магазина не указано его иное наименование.[18]

Рисунок 20 − Выбранный линейный актуатор.

Рабочий ход составляет 200 мм. Имеется возможность выбрать скорости движения, от которой зависит максимальное усилие выдвигания. При скорости движения 12 мм/с усилие составляет 65 кг, а при скорости 24 мм/с – 35 кг. Ток потребления обоих вариантов актуатора составляет не более 2А. Для данного проекта подойдет любой из типов, так как нет жестких требований по скорости открытия/закрытия форточек и нет нужды в значительном усилии.

В проекте можно использовать 2 таких актуатора для управления двумя форточками. Тогда суммарный потребляемый ток составит не более 4 А, а мощность не более 48 Вт.

Выбранные актуаторы имеют концевые выключатели, замыкаемые в крайних положениях. Существует возможность не полного открытия форточки. Для этого необходимо открыть или закрыть ее не до конца, прекратив подавать напряжение до момента окончания движения. Не смотря на указанную производителем скорость выдвижения штока - промежуток времени для не полного открытия форточки необходимо будет выявлять экспериментально.

Драйвер L298N.[10]

Для управления актуатором будем использовать драйвер L298N, предназначенный для управления шаговыми двигателями или двигателями постоянного тока (рисунок 21).

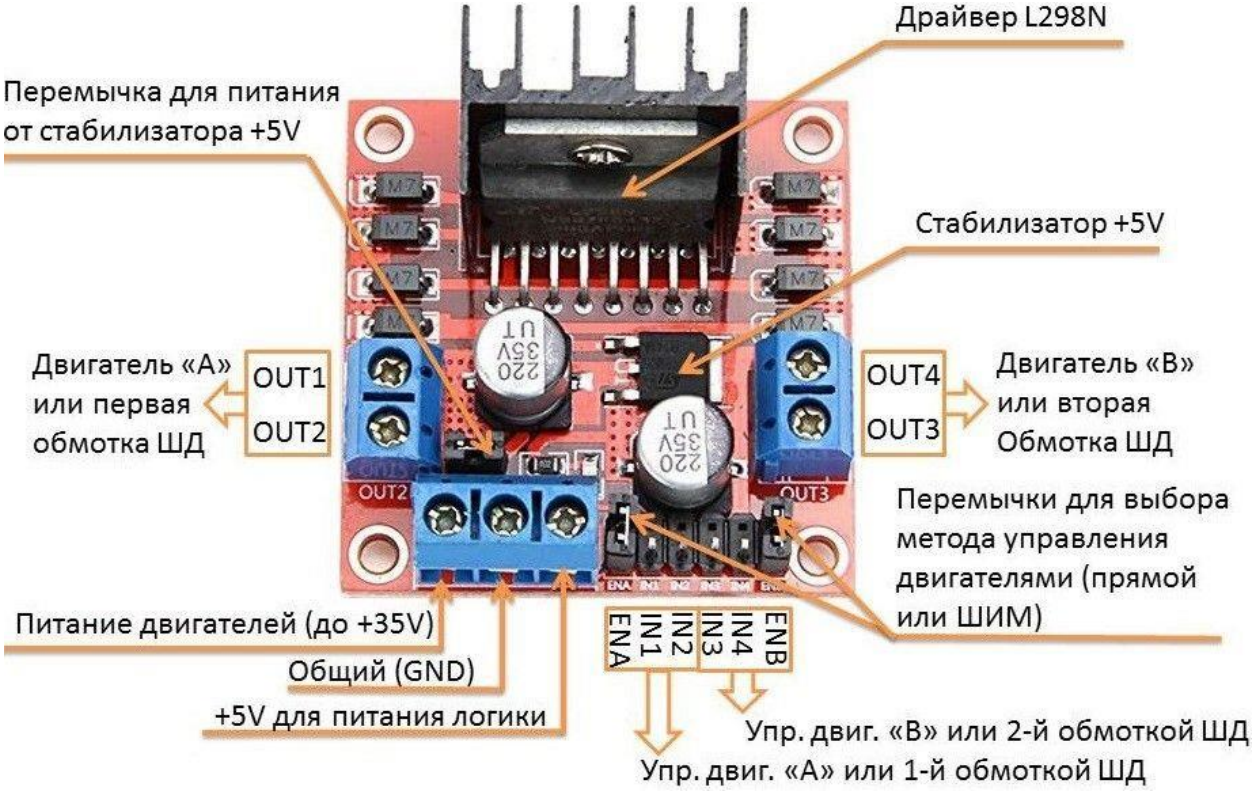


Рисунок 21 − Драйвер L298N.

Светодиодная лента.

Выбор конкретного источника освещения не является целю данной ВКР, однако этот вопрос необходимо рассмотреть, так как он влияет на выбор источника питания и на формирование электрической принципиальной схемы.

С целью обеспечения электробезопасности решено запитать освещение теплицы от блока питания 12 В. Такое решение даст возможность подключения источников света, специализированных для использования в теплицах и обладающих необходимой спектральной характеристикой.

Примером такой ленты может являться светодиодная лента SMD5050 для роста растений (рисунок 22). Она представляет собой водонепроницаемый гибкий светильник с классом защиты IP65. В ленте чередуются 4 красных и 1 синих лампы. Согласно рекламным заявлениям, такое решение подходит для гидропонных систем для выращивания растений.

Рисунок 22 – Светодиодная лента для выращивания растений.

Так же в качестве источников света можно использовать 12 В лампы.

Возможно комбинирование светодиодных лент и ламп с разными спектральными диаграммами.

Зададимся суммарной потребляемой мощностью 150 Вт. Это значение соответствует 10 светодиодным лампам по 15 Вт каждая. Потребляемый ток составит: 150/12=12.5 А.

Насос для полива.

Выбор конкретного насоса не является целю данной ВКР, однако этот вопрос необходимо рассмотреть, так как он влияет на выбор источника питания и на формирование электрической принципиальной схемы.

Из соображений электробезопасности решено использовать 12 В насос. Примером такого насоса может является насос диафрагменный к электрическому опрыскивателю 12в модель НЭО-4 л/мин (рисунок 23)[3], стоимостью 922 руб. Для подключения наоса необходимо подавать на его двигатель однополярное напряжение 12 В. Допустимый диапазон питающих напряжений 9-14 В. Максимальный потребляемый ток составляет 2.5 А, что соответствует мощности 30 Вт.

Рисунок 23 – Насос к 12в модель НЭО-4 л/мин

Транзистор.

Для подачи напряжения на насос и светодиодную ленту необходимо коммутировать постоянное напряжение 12 В. Наилучшим решением для этой задачи является использование полевого транзистора (рисунок 24).

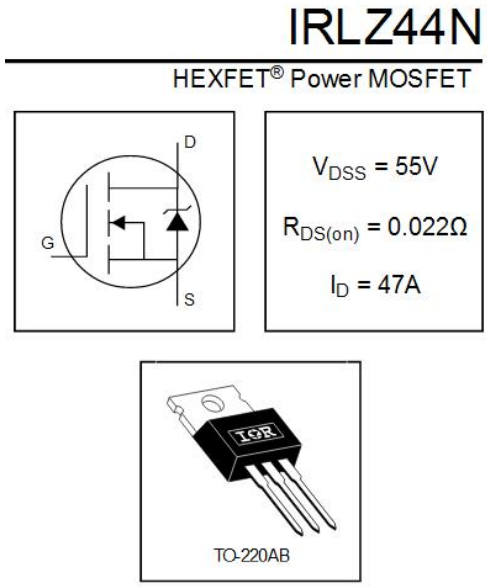


Рисунок 24 – Полевой транзистор IRLZ44N.

Выбрали полевой транзистор типа IRLZ44N в корпусе TO-220, [13,14] поскольку он обладает достаточным коммутируемым максимальным напряжением (55 В), током (до 47 А при условии организации идеального охлаждения), и допускает управление логическими уровнями 0-5В[40], что актуально для подключения непосредственно к Ардуино. Благодаря низкому сопротивлению канала в открытым состоянии, выбранным транзистором можно коммутировать токи в несколько ампер даже при отсутствии радиатора на транзисторе.

Рассчитаем мощность потерь для самого большого из потребляемых токов 12.5 А (системой освещения).

$P = I^2 \cdot R = (12.5A)^2 \cdot 0.022$ Ом = 3.4 Вт,

где I=12.5 А – ток, потребяемый системой освещения,

R=0.022 Ом – сопротивление канала в открытом состоянии.

Полученное значение мощности превышает предельную мощность, которая может быть отведена от корпуса транзистора без использования радиатора. Поэтому транзистор необходимо установить на радиатор. В качестве радиатора может быть использована любая имеющаяся металлическая пластина или радиатор подходящих размеров. Для оценки эффективности работы необходимо пощупать радиатор спустя 1 час работы освещения в 100% режиме. Если радиатор не будет обжигать палец – значит режим работы подобран верно. Разумеется, существуют методики расчета радиатора под известную мощность, однако вышеуказанный практический способ остается самым простым, популярным и не требующим покупки радиатора.

Блок питания 12В.

Блок питания 12 В предназначен для питания Ардуино, светодиодной ленты и насосов полива. В исходных данных отсутствует информация о необходимой мощности. Поэтому зададимся значениями:

- энергопотребление ардуино и остальных датчиков – не более 10 Вт.
- энергопотребление системы освещения – 150 Вт.
- энергопотребление насосов – 30 Вт
- энергопотребление двух актуаторов – не более 48 Вт.

Итого максимальное суммарное энергопотребление составит: 10+150+30+48=238 Вт. При 12 В питания это соответствует току 238/12=19.8А. В соответствии с полученными значениями выбрали импульсный сетевой модульный блок питания Орбита ОТ-АРВ98, 12В, 20А (рисунок 25).

Рисунок 25 – импульсный сетевой модульный блок питания Орбита ОТ-АРВ98, 12В, 20А

Универсальный импульсный блок питания для использования во всех областях, где может понадобиться стабилизация напряжения, который поможет вам получить напряжение постоянного тока 12 В. Источник питания снабжен защитой от перегрузки, а негерметичный корпус помогает не допустить перегрева. В случае данной ВКР не герметичный корпус скорее является недостатком, чем достоинством. Необходимо будет расположить блок питания и всю систему таким образом, что бы предотвратить попадание на их воды.[12,22,23]

2.5 Разработка принципиальной схемы

Выбранные в предыдущем пункте модули были объединены в электрическую принципиальную схему (рисунок 26). Для формирования схемы была использована информация о способах подключения каждого из выбранных элементов.

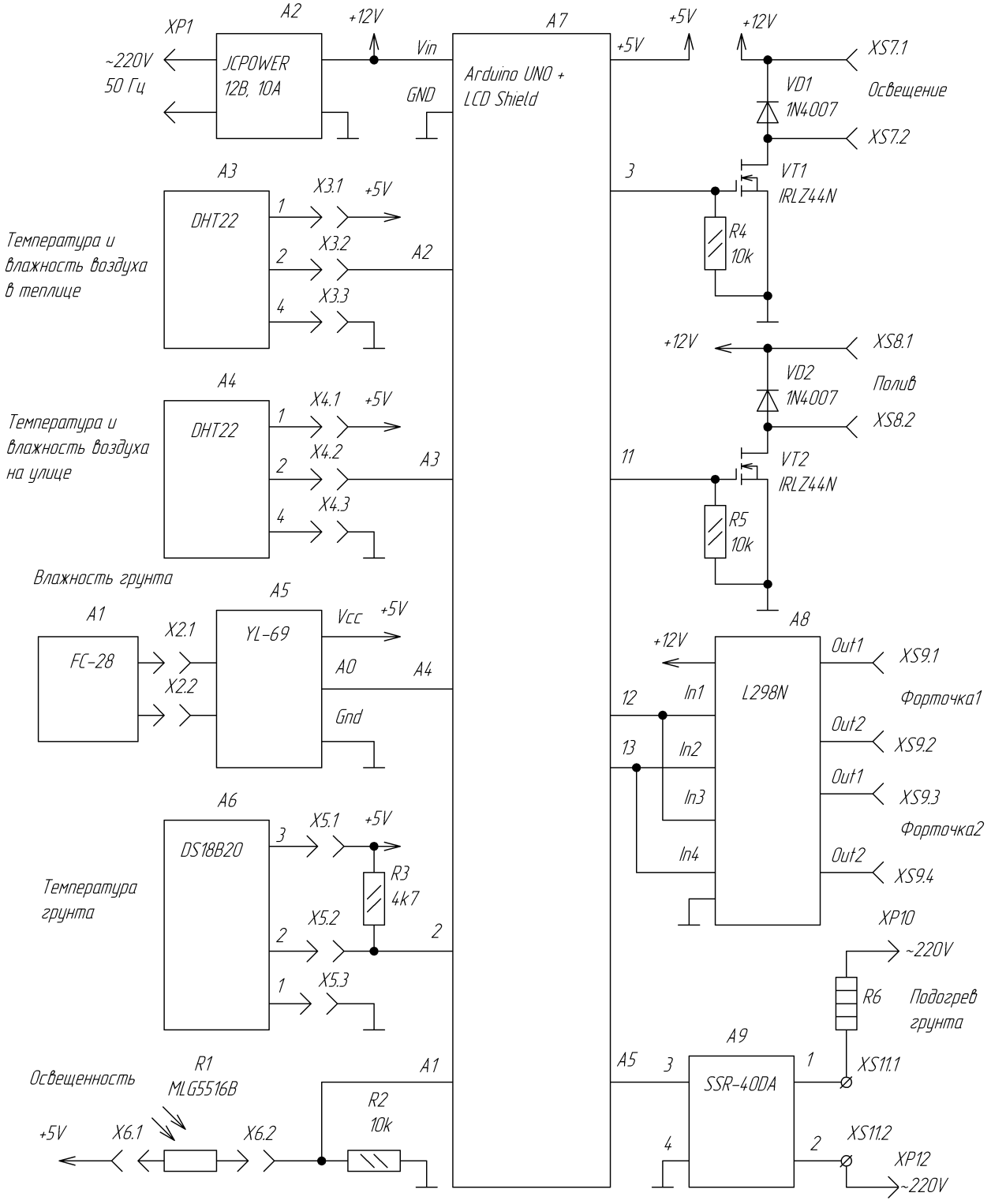


Рисунок 26 – Электрическая принципиальная схема системы управления теплицей.

Для выбора выводов Ардуино, к которым будет подключен каждый из элементов составили таблицу использования свободных выводов (таблица 1).

Таблица 1 − Использование свободных выводов Ардуино

Вывод Ардуино	Функциональное назначение	Подключаемый элемент
2	Температура грунта	DS18B20
3~	Освещение	IRLZ44N
11~	Полив	IRLZ44N
12, 13	Управление форточками	L298N
A1	Фоторезистор	MLG5516B
A2	Температура и влажность воздуха в теплице	DHT22
A3	Температура и влажность воздуха на улице	DHT22
A4	Влажность грунта	FC-28 (YL-69)
A5	Подогрев грунта	SSR-40DA

В данную таблицу (в первую колонку) сведены выводы Ардуино, которые остались свободными после подключения LCD Shield дисплея.

Во второй колонке перечислены функциональные назначения, которые будут реализованы с помощью этих выводов.

В третьей колонке перечислены подключаемые элементы.

При выборе выводов для подключения основывались на следующих соображениях:

− затвор транзистора освещения должен быть подключен к выводу, допускающему ШИМ. Подключили к выводу 3;

− фоторезистор и датчик влажности грунта должны быть подключены к аналоговым входам.

Полученная схема работает следующим образом.

Дисплей с кнопками (LCD Shield) воткнут непосредственно в Ардуино УНО. При необходимости масштабирования проекта Ардуино УНО заменяется на Ардуино МЕГА (появляется большое количество дополнительных входов/выходов), при этом дисплей точно так же втыкается в Ардуино МЕГА. LCD Shield содержит 5 управляющих кнопок и 1 кнопку Reset. Все управляющие кнопки подключены к выводу A0, согласно схеме, приведенной в предыдущем пункте. С помощью кнопок предполагается выбор индицируемой на дисплее информации, а так же задание режимов работы теплицы.

Сигналы с датчиков поступают на Ардуино. Для работы каждого из датчиков будет необходимо использование библиотек в соответствии с рекомендациями из сети интернет.

Датчик влажности грунта состоит из двух частей – платы, втыкаемой в землю и платы усилителя.

В соответствии с программой Ардуино формирует выходные сигналы:

− ШИМ сигнал управления освещением;

− цифровой сигнал управления поливом;

− цифровые сигналы управления форточками (возможно не полное открытие форточек в случае сокращенного времени сигнала);

− ШИМ или цифровой сигнал управления нагревом.

Отметим, что выход Ардуино, управляющий нагревом, не поддерживает высокочастотный аппаратный ШИМ. Он подключен на вход полупроводникового реле, коммутирующего переменное напряжение 220В 50 Гц. Этот ШИМ сигнал необходимо будет формировать программное, причем его период должен значительно превышать полупериод переменного напряжения (10 мс). Выберем период ШИМ длительностью в 1 секунду, что составить 100 полупериодов питающего напряжения по 10мс. Например, при заполнении 80% это будет означать, что за один период ШИМ

полупроводниковое реле пропустил на нагревательный элемент 80 полупериодов, и не пропустил 20.

Напряжение на систему освещения и насосы полива коммутируется за счет полевых транзисторов. Обратные диоды служат для пропускания индуктивных токов (от обмотки двигателя насоса или паразитных индуктивностей длинных проводов) в момент коммутации (закрытия) транзистора. Резистор, соединяющий затвор транзистора с землей, необходим для процесса отладки ардуино и моментов ее запуска – что бы в эти моменты на затворах был низкий потенциал.

Для управления актуаторами используется драйвера L298N, представляющий собой две полных мостовых схемы. Драйвер предназначен для управления шаговым или двумя коллекторными двигателями, поэтому имеет 2 выхода. В данной ВКР входа управления объединены для синхронности работы выходов. А на эти выходы предполагается подключить 2 актуатора, для управления одной или двумя форточками. Возможно использование одного выхода для подключения только одного актуатора.

Блок питания обеспечивает напряжение 12 В. Это напряжение попадает на Ардуино и с помощью имеющегося на ней интегрального стабилизатора формируется напряжение +5 В, использующееся для питания датчиков. Напряжение 12В напрямую используется для питания освещения и насосов полива.

2.6 Алгоритмы работы в различных режимах

2.6.1 Подпрограмма открытия и закрытия форточек

Подпрограмма открытия и закрытия форточек реализует открытия и закрытие форточек в зависимости от температуры и влажности. Если температура на улице стала выше чем в теплице программа открывает форточки Если температура упала, что происходит ночью программа проверяет уровень влажности в теплице и если он стал выше порогового

значения влажности открывается форточки, в противном случае форточки закрываются. Эта подпрограмма вызывается в цикле основной функции. Блок схема подпрограммы приведена на рисунке 27

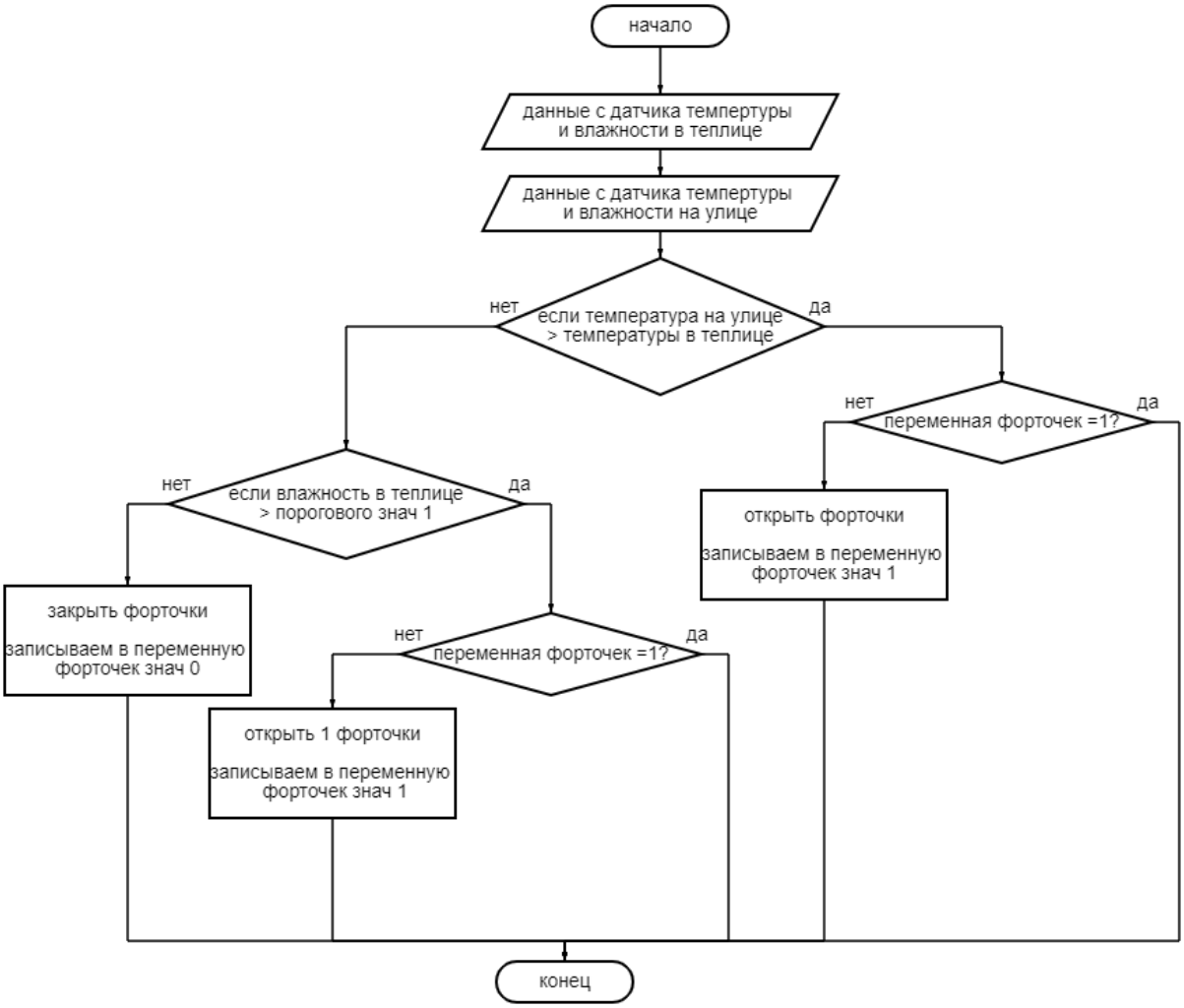


Рисунок 27 − подпрограмма открывания и закрывания форточек.

2.6.2 Алгоритм подпрограммы полива

В алгоритме полива важно учитывать не только влажность почвы но и текущее время, так как поздний полив может привести к гибелям растений. Если влажность почвы стала ниже порогового значения указанного в алгоритме настройки теплицы то необходимо сверит текущее время установленное в контролере и если оно не превышает 20-00 необходимо

совершить полив в течении 10 минут, для чего необходимо включить насос. Алгоритм подпрограммы полива предоставлен на рисунке 28.

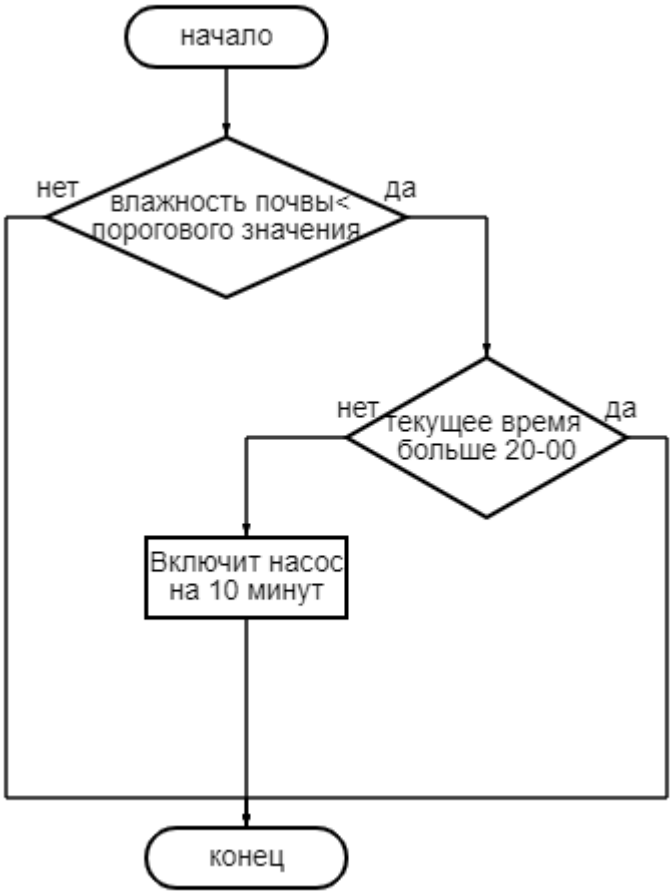


Рисунок 28 − Алгоритм подпрограммы полива.

2.6.3 − Алгоритм подпрограммы подогрев грунта

Подпрограмма подогрева почвы включает и выключает подогрев почвы в зависимости от порогового значения, заданного в алгоритме настройки. Если температура почвы ниже порогового значения необходимо включить подогрев почвы. Если температура почвы больше порогового значения, то подогрев почвы необходимо отключить. Алгоритм подпрограммы подогрева почвы предоставлен на рисунке 29.

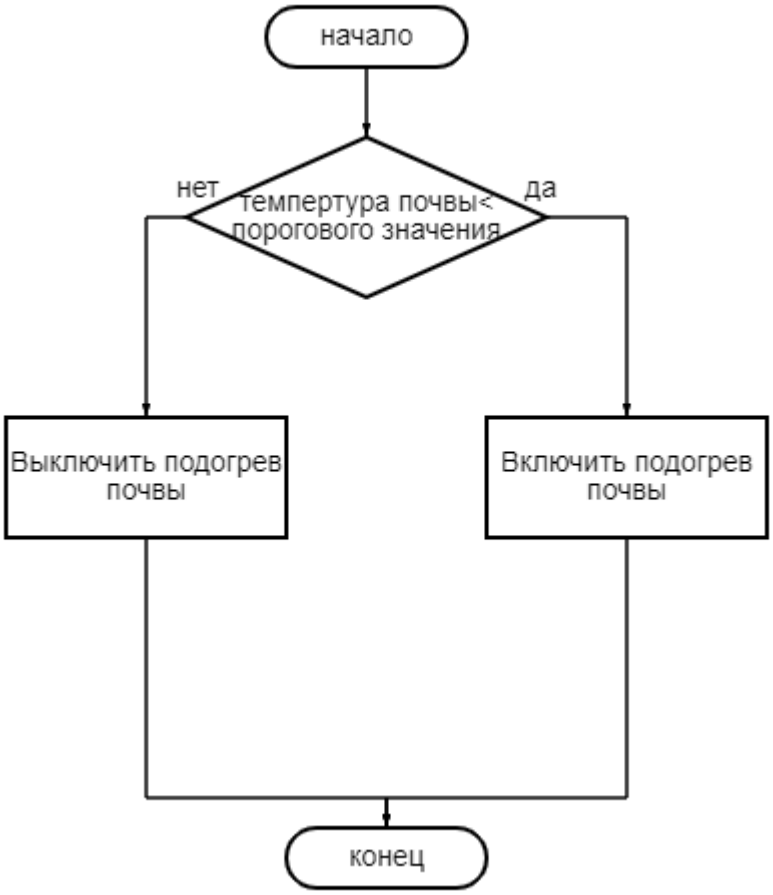


Рисунок 29 − Алгоритм подпрограммы подогрева почвы.

2.6.4 Алгоритм подпрограммы освещения.

В алгоритме освещения важно учитывать не только порог, при котором надо включат или отключать освещение, но и то, что в период времени с 22-00 до 6-00 необходимо отключать освещение для восстановления растений. Поэтому в алгоритме при проверке освещения в теплице есть проверка текущего времени и если проверка будет в этот период времени теплица произведет отключение. Алгоритм подпрограммы освещения предоставлен на рисунке 30

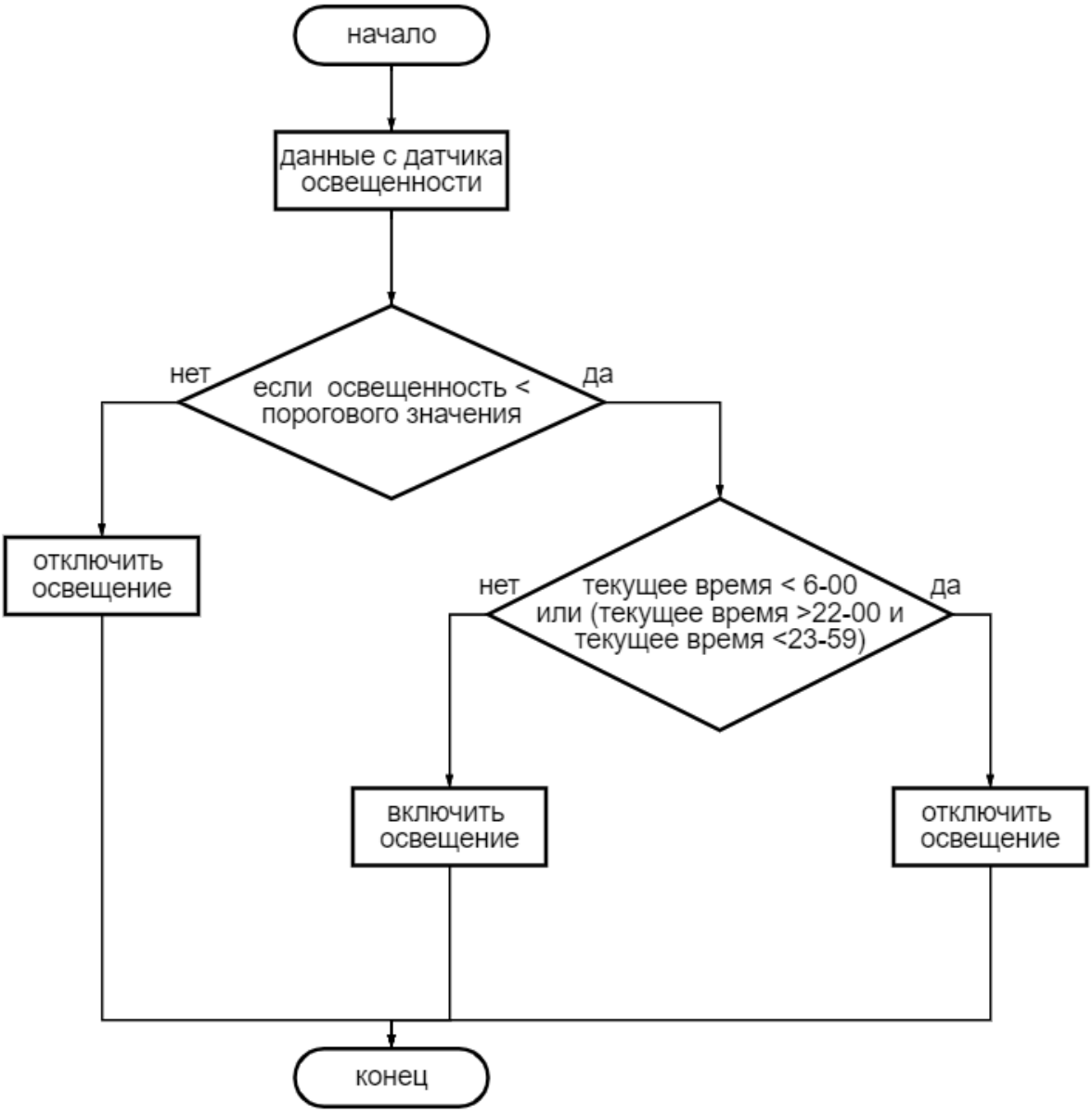


Рисунок 30 − Алгоритм подпрограммы освещения.

2.6.5 Алгоритм подпрограммы настройки поровых значений

Алгоритм настройки пороговых значений можно вызвать нажатием и удержанием более пяти секунд кнопки select. При удержании кнопки select на дисплее появится первый пункт «уст порог знач влажности». Повторное нажатие кнопки select позволит настроить пороговое значение влажности кнопками up и down. После настройки необходимо нажать еще раз кнопку select и подпрограмма сохранит настройки и завершит работу. Чтобы настроить пороговое значение температуры почвы необходимо опять зажать

кнопку select и после сообщения «уст порог знач темп почвы» которое будет на дисплее 5 секунд появиться возможность установить пороговое значение температуры почвы кнопками up и down, далее после нажатия кнопки select подпрограмма снова завершит работу. Чтобы установить пороговое значение влажности почвы необходимо также зайти в подпрограмму удерживая кнопку select и нажать кнопку up после чего на дисплее появиться сообщение « уст порог знач влаж почвы» на 5 секунд и можно будет кнопками up и down установить пороговое значение влажности почвы, далее необходимо нажать кнопку select и данные сохраняться и подпрограмма завершит работу. Чтобы установить пороговое значение освещенность необходимо также войти в подпрограмму зажатием кнопки select на 5 секунд и нажат кнопку left. После этого на экране появиться сообщение «уст порог знач освещенности» на 5 секунд, и можно будет установить пороговое значение освещенности кнопками up и down. Завершить установку нажатием кнопки select и подпрограмма завершит работу. Установка текущего времени в микроконтроллере также выполняется в этой подпрограмме. После входа в подпрограмму нажатием и удержанием кнопки select на пять секунд, необходимо будет нажать кнопку right. Появиться сообщение «уст текущ времени» на пять секунд, и иожно будет кнопками up, down, right, left. Завершить установку можно нажатием кнопки select после чего подпрограмма завершит работу. Алгоритм подпрограммы настройки пороговых значений предоставлен на рисунке 31

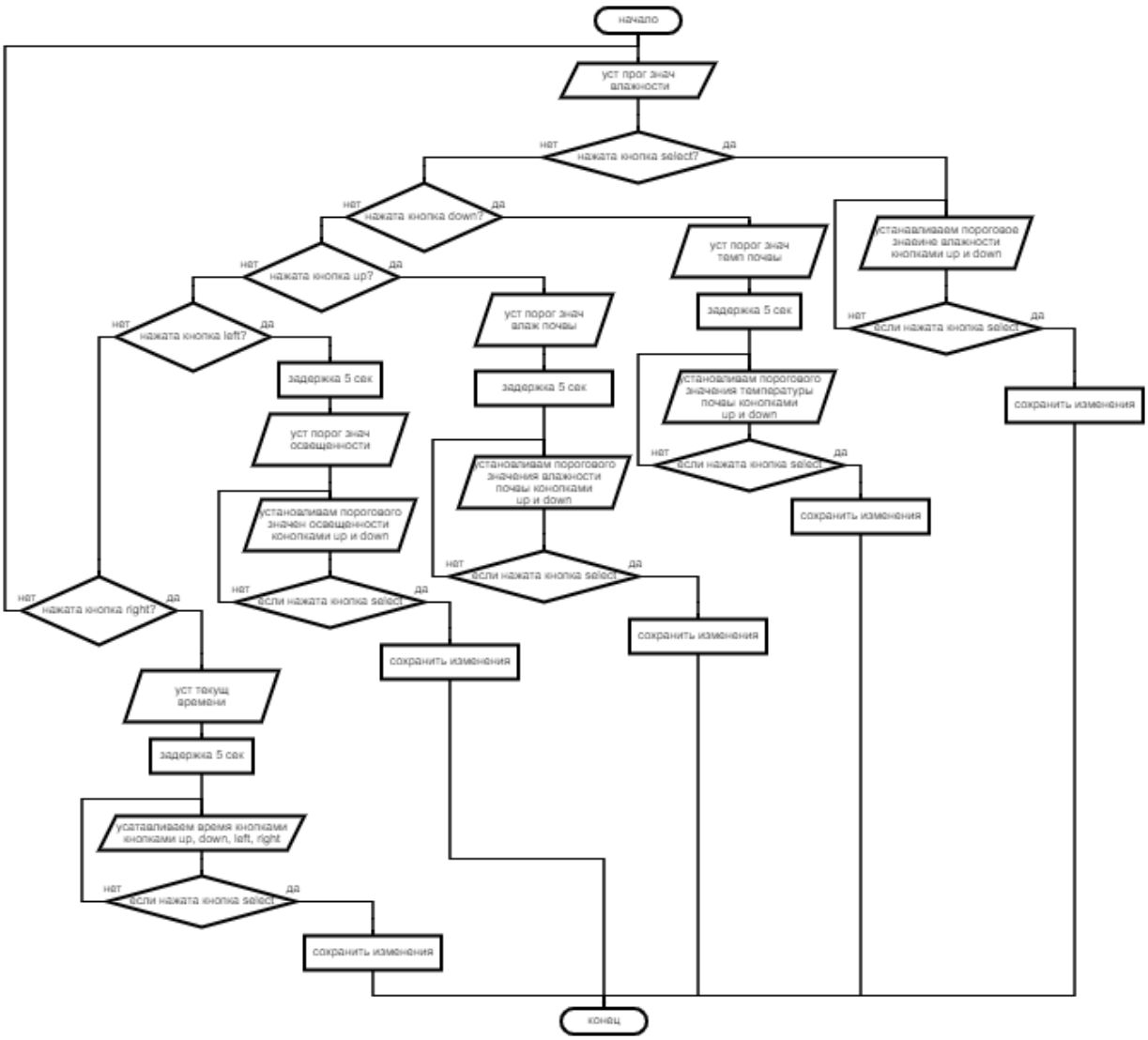


Рисунок 31 − алгоритм подпрограммы настройки пороговых значений

2.6.6 Алгоритм основной программы

В основной программе если нажата кнопка select более 5 секунд вызывается подпрограмма настройки пороговых значений. Если нажатия нет выполняются последовательно подпрограммы: открывания и закрывания форточек, полива, подогрева почвы, освещенности. Алгоритм основной программы предоставлен на рисунке 32

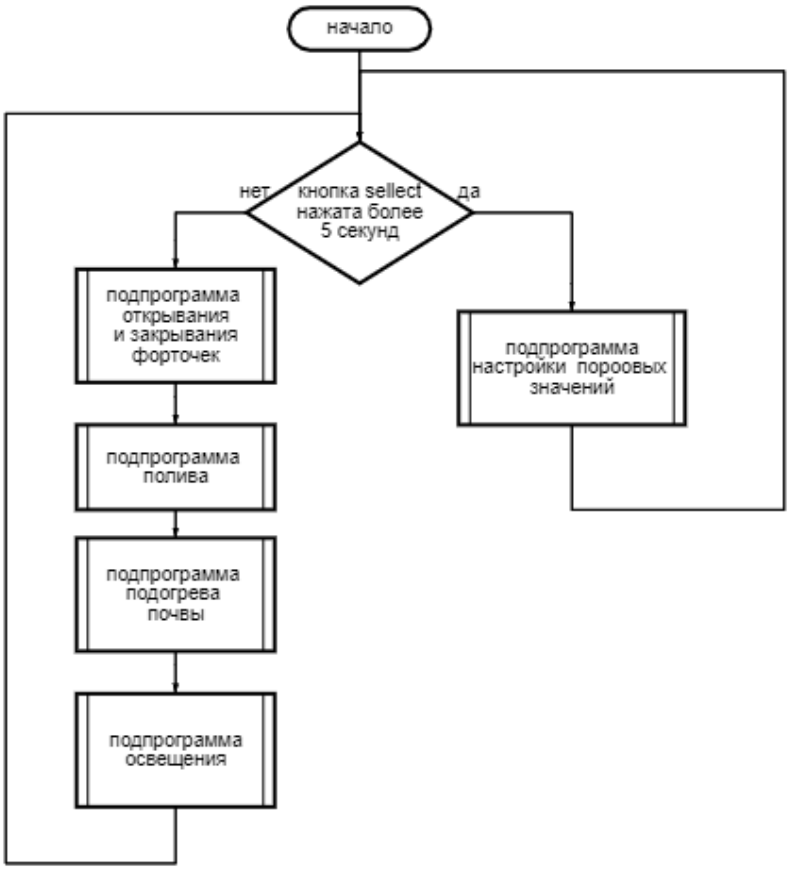


Рисунок 32 – Основная программа.

2.7 Компоновка и конструирование платы управления

Большинство элементов системы управления выбрано в виде модулей. Поэтому печатная плата под них не разрабатывалась. В первом макетном варианте предполагается расположение всех модулей на одном основании и соединений их между собой навесным монтажом. Для проработки возможного размещения элементов расположили их на поверхности (рисунок 33).

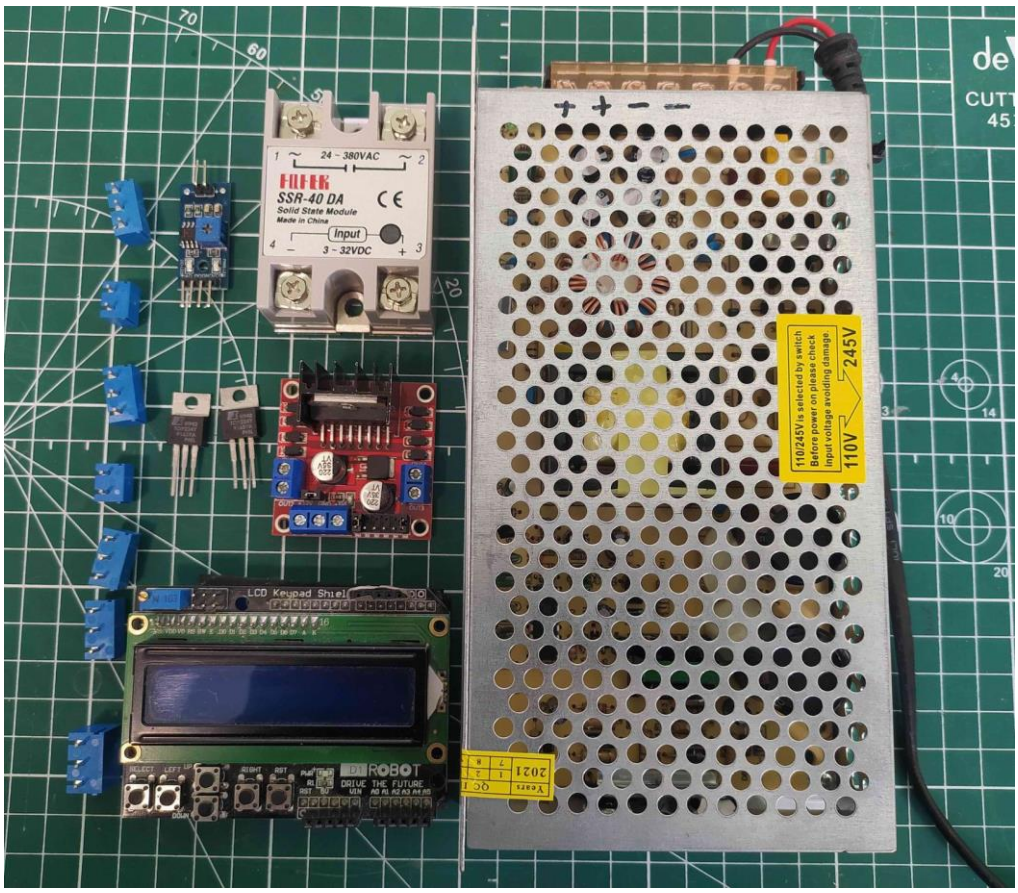


Рисунок 33 – Расположение выбранных элементов.

Слева от Arduino UNO было решено расчистить место, поскольку там расположен USB разъем. Получившаяся компоновка элементов изображена на рисунке 34.

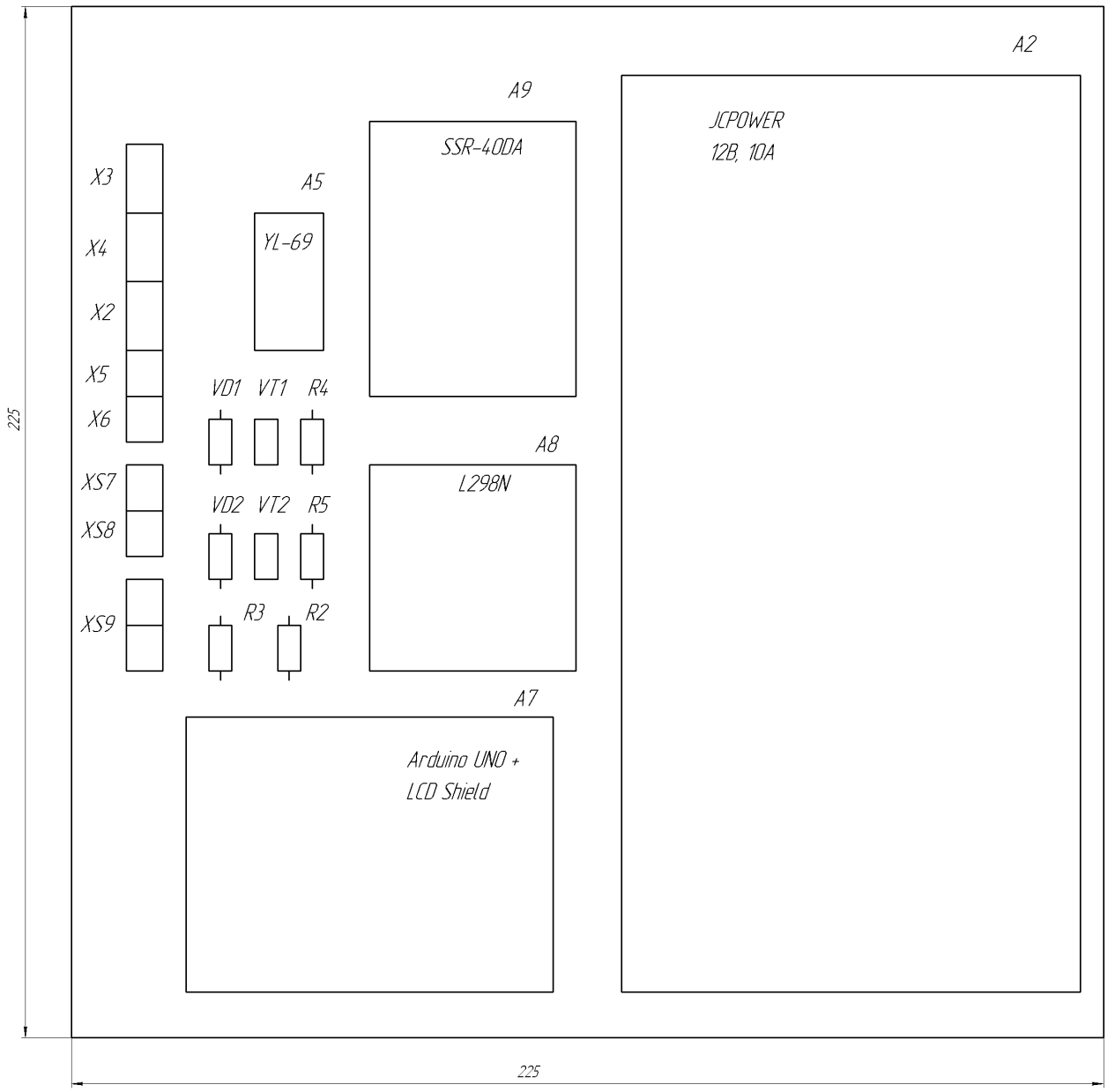


Рисунок 34 – Компоновка элементов.

Вывод по разделу

Во втором разделе проведен обзор ЦАП, выбрана структурная схема, произведен обзор датчиков и комплектующих, произведена разработка и описана работа электрической принципиальной схемы, рассмотрены алгоритмы работы и компоновка элементов.

3. Экономический раздел

Произведем оценку стоимости покупных элементов и комплектующих для создания системы управления автоматизированной теплицей. Воспользуемся информацией из пункта 2.4, где перечислены выбираемые элементы и разработанной электрической принципиальной схемой. Недостающие цены возьмем из сети интернет. Цены на комплектующие могут быть различными в зависимости от способа приобретения. Рассмотрим наиболее дешевые варианты – приобретения с торговой площадки АлиЭкспрес и аналогичных площадок. Результаты свели в таблицу 2.

Таблица 2 − Примерные стоимости покупных элементов и комплектующих.

Поз. обозн.	Назначение элемента	Наименование элемента	Цена за 1 шт, руб	Кол-во	Стоимость, руб.
A1, A5	Датчик влажности грунта	YL-69	50	1	50
A2	Блок питания	JCPOWER 12В, 10А	1200	1	1200
A, A4	Датчик температуры и влажности	DHT22	120	2	240
A6	Датчик температуры	DS18B20	100	1	100
A7	Микроконтроллер	Arduino UNO	410	1	410
A7	Дисплей с кнопками	LCD Shield	350	1	350
A8	Драйвер двигателей	L298N	150	1	150
A9	Твердотельное реле	SSR-40DA	390	1	390

Продолжение таблицы 2.

Поз. обозн.	Назначение элемента	Наименование элемента	Цена за 1 шт, руб	Кол-во	Стоимость, руб.
R1	Фоторезистор	MLG5516B	20	1	20
R2-R5	Резисторы	МЛТ– 0.25	5	4	20
VT1,2	Транзисторы	IRLZ44N	160	1	160
	Линейный актуатор	L=200мм, 12В	2300	2	4600
	Насос для полива	НЭО-4	920	1	920
	Светодиодная лента		900	1	900
	ИТОГО				9510

Некоторые позиции (например, транзисторы IRLZ44N) выгодней заказывать с площадки АлиЭкспрес, где они продаются 160 руб за 10 штук. Поэтому в таблице стоит цена 160 и количество 1 (имеется ввиду одна упаковка), хотя в схеме используется 2 таких транзистора.

В данную таблицу не вошли стоимость установки комплектующих на основание и создание корпуса, стоимость соединительных проводов и иных расходных материалов.

Итоговая сумма получилась 9510 руб. Практически половину этой суммы составляют стоимость линейных актуаторов, предназначенных для управления форточками.

Вывод по разделу

В третьем разделе произведена оценка стоимости покупных элементов и комплектующих для создания системы управления автоматизированной теплицей. Итоговая сумма получилась 9510 руб.

Заключение

В ходе данной ВКР была разработана цифровая система мониторинга и управления автоматической теплицей.

Для достижения этой цели были решены задачи:

- Обзор состояния вопроса
- Анализ исходных данных и существующих решений
- Разработка структурной и электрической принципиальной схем
- Выбор элементов схемы
- Оценка стоимости системы мониторинга и управления

Разработанная система позволяет отслеживать температуру окружающей среды; температуру воздуха в теплице; температуру грунта в теплице; влажность воздуха в теплице; влажность грунта; уровень освещенности в теплице; положение форточек. В соответствии с отслеживаемыми значениями возможно автоматическое управление освещением теплицы, подогревом грунта и положением форточек.

В качестве комплектующих выбраны не дорогие элементы, что делает разработанную систему доступной для самостоятельного изготовления. При желании изготовления системы на продажу необходимо предварительно произвести макетирование, изготовление, отладку и корректировку опытного образца, поскольку в рамках данной ВКР таких действий не производилось.

Система может быть применена для автоматизации небольших теплиц, например, на дачных хозяйствах.

Список используемой литературы

1. Автоматизация процессов управления микроклиматом тепличного блока: [Электронный ресурс]: URL: https://www.2d-3d.ru/2d-galereia/automatika/465-avtomatizaciya-processov-upravleniya-mikroklimatom-teplichnogo-bloka.html (дата обращения: 24.03.2024).
2. Автоматика для теплицы сбережет урожай от жары и холода : [Электронный ресурс]. URL: http://moyateplica.ru/osnashchenie-teplicy/avtomatika-teplicy-sberezhet-urozhai-ot-zhary-i-holoda#h2-sistemy-obogreva-sovremennykh-teplits-i-vozmozhnost-avtomatizatsii-ikh-raboty. (дата обращения: 3.05.2024).
3. Автоматический полив - системы автоматического полива: [Электронный ресурс]. URL: http://www.polivmaster.ru/tehno/ (дата обращения: 26.04.2024).
4. Автоматическое управление влажностью воздуха и почвы, температурой поливной воды: [Электронный ресурс]. URL: http://studopedia.org/8-17660.html. (дата обращения: 27.04.2024).
5. Амперка [Электронный ресурс]. URL: http://amperka.ru/ (дата обращения: 22.05.2024)
6. Аппаратная платформа Arduino. [Электронный ресурс]. URL: http://arduino.ru (дата обращения: 3.04.2024).
7. Аппаратная платформа Arduino Arduino.ru // [Электронный ресурс]: URL: https://arduino.ru/ (дата обращения 01.06.2024)
8. Бахтиаров Г. Д., Малинин В. В., Школин В. П. Аналого-цифровые преобразователи М: Советское радио, 1980, с.280
9. Датчик температуры и влажности. // Амперка. 2018. URL: http://wiki.amperka.ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:troyka-dht11. (Дата обращения: 26.05.2024).

10. Драйвер шагового двигателя и двигателя постоянного тока L298n [Электронный ресурс]. URL: http://arduino-diy.com/ (дата обращения: 23.05.2024)

11. Донские Измерительные системы [Электронный ресурс] URL: https://dis-rostov.ru/avtomatizatsia-teplichnogo-proizvodstva-owen (Дата обращения: 10.04.2024)

12. Зиновьев, Г.С. Основы силовой электроники: учеб.пособ./ Зиновьев, Г.С. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. - 664с.

13. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс]. URL: http:// www.platan.ru (дата обращения: 17.05.2023)

14. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс]. URL: http:// www.chip-dip.ru (дата обращения: 17.05.2023)

15. Курдюмов Н., Малышевский К., Умная теплица, Издательство: Владис, 2016.-19 с

16. Нейрн, Девид. Проектирование устройств с использованием маномерных быстродействующих АЦП// Электронные компоненты. 2005. №3. С. 80-81.

17. Никонов А.В. Методические аспекты построения измерительных устройств: Учеб. пособие. - Омск: Изд-во Ом ГТУ, 2001. - 52 с.

18. Онлайн магазин robotclass – линейный актуатор. [Электронный ресурс]. URL: https://shop.robotclass.ru/index.php?route=product/product&product_id=2147&adata=ym2&yclid=12813465066943283199 (дата обращения: 17.05.2023)

19. Осваиваем Arduino [Электронный ресурс]. URL: http://www.radiomagic.ru/arduino-projects, (дата обращения: 27.05.2024)

20. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В.А. Петин - СПб.: БХВ-Петербург, 2014.- 400с.

21. Программирование микроконтроллерных плат Arduino / Соммер У. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2012. – 256с.

22. Семёнов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. – М.: СОЛОН-Р 2001. – 327с. ил.

23. Семёнов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. – 2 изд., испр - М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 416с.: ил.

24. Система автоматического полива ОГО-Родник 1: [Электронный ресурс]: URL: http://sovelteh.ru/shop/product/sistema-avtopoliva-dlya-teplitsy-ogo-rodnik-1-616/. (дата обращения: 30.04.2024).

25. Современная теплица: автоматизированная система: [Электронный ресурс]:URL: http://vseoteplicah.ru/instrumenty/avtomatizaciya-teplicy-svoimi-rukami.html. (дата обращения: 18.05.2024).

26. Справочник языка программирования Arduino [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL:http://arduino.ru/Reference (дата обращения: 7.03.2024)

27. Схемотехника аналоговых и аналого - цифровых электронных устройств. 3-е издание, Волович Г. И, Издательство: ДМК Пресс, 2015, с.528

28. Уроки Arduino. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: ttps://alexgyver.ru/lessons/ (дата обращения: 7.03.2024)

29. УллиСоммер ; Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino: Издательство БХВ-Петербург 2016 г. -256 с.

30. Яков Кузнецов [Электронный ресурс] "Электрик Инфо" - онлайн журнал про электричество URL: https://electrik.info/main/automation/1478-ispolzovaniye-sovremennyh-sredstv-avtomatizacii-v-teplice.html (Дата обращения: 10.04.2024)

31. A.K. Bouras Behavior Technical Analysis of the Asynchronous Motor/ A.K. Bouras, A.E. Hadjadj and S. Bouras// International Journal of Electrical and Power Engineering – 2011 – 5(1), PP 49-53.

32. Andrykor [Электронный ресурс] «Хабр» - сообщество IT специалистов. Статья Умная теплица на базе arduino из подручного материала

с регулятором температуры URL: https://habr.com/ru/articles/536666/ (Дата обращения: 10.04.2024)

33. Arduino [Электронный ресурс]. URL: https://www.arduino.cc/ (дата обращения: 22.05.2024)

34. Arduino [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino (дата обращения: 24.05.2024)

35. Arduino Mega 2560 datasheet [Электронный ресурс]: документация. –Режим доступа: http://microelectronicos.com/datasheets/arduinomega2560.pdf (дата обращения: 14.03.2024)

36. Arduino UNO R3 // [Электронный ресурс]. URL: https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3. (Дата обращения: 26.05.2024).

37. Arduino Uno R3. [Электронный ресурс]. URL: http://radiodetalki.narod.ru/pribory/Arduino_Uno_R3.pdf (дата обращения: 21.04.2024).

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

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

40. Electronic Components Datasheets [Электронный ресурс] URL: http://www.datasheets.ru (дата обращения: 17.02.2021)

41. Electrical resistance and conductance [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_resistance_and_conductance (дата обращения: 17.05.2021)

42. giquardo [Электронный ресурс] «Insructabeles» Статья Интеллектуальная теплица, управляемая с помощью Raspberry Pi 4 URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.52c875be-661677f8-f5d47467-74722d776562/https/www.instructables.com/Smart-Greenhouse-Controlled-Using-a-Raspberry-Pi-4/?__ya_mt_enable_static_translations=1 (Дата обращения: 10.04.2024)

43. Veltman A., Pulle D.W., De Doncker R.W. (2015) VOLTAGE SOURCE CONNECTED ASYNCHRONOUS MACHINES. In: Fundamentals of Electrical Drives. Power Systems. Springer, Dordrecht