Содержание

[Введение 5](#_Toc11224090)

[Постановка задачи 6](#_Toc11224091)

[1. Интеллектуальное управление в робототехнике и биосистемах 7](#_Toc11224092)

[1.1 Системы управления с обратной связью 7](#_Toc11224093)

[1.2 Автоматические системы управления 8](#_Toc11224094)

[1.3 Биотехнические системы управления 9](#_Toc11224095)

[1.4 Нечеткая логика 10](#_Toc11224096)

[1.5 Нейронные сети 11](#_Toc11224097)

[2. Электрические сигналы у высших растений 16](#_Toc11224098)

[3. Аппаратная реализация стенда 24](#_Toc11224099)

[3.1 Arduino Mega 2560 24](#_Toc11224100)

[3.2 Датчики 26](#_Toc11224101)

[3.3 Свет 30](#_Toc11224102)

[3.4 Устройство полива 34](#_Toc11224103)

[3.5 Реле 35](#_Toc11224104)

[3.6 Осциллограф 36](#_Toc11224105)

[3.7 Схема подключения 37](#_Toc11224106)

[4 программная реализация 38](#_Toc11224107)

[4.1 Модель системы 38](#_Toc11224108)

[4.1.1 Логическая модель системы 38](#_Toc11224109)

[4.1.2 Физическая модель системы 39](#_Toc11224110)

[4.2 Модель данных 40](#_Toc11224111)

[4.2.1 Логическая 41](#_Toc11224112)

[4.2.2 Физическая 42](#_Toc11224113)

[4.3 Описание программы 43](#_Toc11224114)

[Заключение 46](#_Toc11224115)

[Список литературы 46](#_Toc11224116)

# Введение

Автоматизация является неотъемлемой частью производственного процесса во многих отраслях производства. Это одно из самых развивающихся направлений научно-технического процесса. В настоящее время автоматизация позволяет повышать производительность производства, улучшать условия труда сотрудников, осуществлять технологические процессы без непосредственного участья обслуживающего персонала, причем при полной автоматизации производства, роль персонала может сводиться к общему наблюдению за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. С течением времени задачи систем автоматизации расширяются. Одной из задач становится автоматическая перенастройка оборудования при внесении изменений в условия работы для получения оптимальных результатов и эффективной работы. Количество оборудования, работающих без участья обслуживающего персонала, увеличивается. Для нормального функционирования автоматизированных систем необходимы специалисты, способные создать такие системы, правильно их настроить и сопровождать. С целью обучения специалистов по автоматизации была предложена идея создания учебного стенда для получения навыков поддержки и создания интеллектуального управления у студентов. Для корректной работы аппаратного стенда, требуется разработать программною обеспечения для управления этим стендом.

В настоящее время, распространение получили биосенсоры различного назначения и когнитивные интерфейсы. Большинство биосенсоров выполняют сбор и анализ информации, с последующим, сравнением шаблонов биологического объекта. Биосенсоры выполняют роль сейсмодатчика генерирующего необходимые амплитуды по показателю напряжение. В свою очередь анализ сигналов и их интерпретацию предполагается осуществлять методами мягких и квантовых вычислений, позволяющими извлекать знания из поведения реального физического объекта. Предлагается разработать и подготовить к испытаниям уникальное регистрирующее устройство собственной конструкции, предназначенное для улавливания сейсмоволн и сигнализации, а также биоробот как макет лабораторного тренажера с последующем внедрением в учебный процесс.

МЕНЯТЬ НАДО

# Постановка задачи

**Цели:** Разработка программной и аппаратной реализации стенда поддержки когнитивного интеллектуального управления в биосистемах и робототехнике.

**Задачи аппаратной реализации:**

1. Выбрать устройства для получения информации о окружающей среде;
2. Выбрать устройства освещения;
3. Выбрать устройства полива;
4. Выбрать устройства считывания электрических сигналов с растения;
5. Настроить аппаратное взаимодействие между устройствами.

**Задачи программной реализации:**

1. Считывать показания с датчиков температуры;
2. Считывать показания с датчиков влажности;
3. Считывать показание с датчиков освещенности;
4. Считывать показание с устройства, обрабатывающего электрические сигналы с растений;
5. Обеспечить хранения информации полученных от датчиков;
6. Обеспечить управление устройством полива;
7. Обеспечить управление освещением;
8. Включение воды
9. Включение света
10. Ведение записей о использовании устройств;
11. Задание автоматического включения и выключения устройств;
12. Выгрузка данных из базы данных в файл.

**Исходные данные:**

Аппаратные устройства.

**Априорный результат:**

Действующий аппаратный стенд и программная реализация

**Критерии оценки:**

# Интеллектуальное управление в робототехнике и биосистемах

## Системы управления с обратной связью

Управление с обратной связью – это процесс в системе, где управляемая переменная (регулируемая переменная) постоянно контролируется и сравнивается с заданным значением (опорная переменная). В зависимости от результата такого сравнения входная переменная системы изменяется так, чтобы произошла регулировка выходной переменной до заданного значения независимо от всех отклонений. В результате такой реакции системы возникает замкнутый поток действий

В механизмах или системах часто необходимо установить предварительно заданные значения таких переменных, как давление, температура или расход. Боле того, такие установленные значения не должны изменяться даже в случае возникновения каких-либо возмущений. Выполнение данных функций обеспечивается управлением с обратной связью [1].

Управление с обратной связью позволяет устранять любые вопросы, связанные с данной задачей.

Чтобы переменной можно было управлять, и чтобы она была доступна регулятору с обратной связью в виде электрического сигнала, сначала ее необходимо измерить и соответствующим образом преобразовать.

Эту переменную необходимо сравнить с заданным значением или шаблоном значений в регуляторе. После чего по результатам этого сравнения следует определить требуемую реакцию в системе.

И наконец, в системе следует найти соответствующую точку, посредством которой можно регулировать данную переменную (например, привод нагревателя). Чтобы иметь такую возможность, важно обладать данными о поведении системы.

Технология управления с обратной связью предполагает попытку установления общеприменимых взаимосвязей, которые повсеместно возникают при применении различных технологий.

**Отрицательная ОС** изменяет входной сигнал таким образом, чтобы противодействовать изменению выходного сигнала. Это делает систему более устойчивой к случайному изменению параметров. Пример: усилитель звуковых частот (прибор для усиления электрических колебаний, соответствующих слышимому человеком звуковому диапазону частот).

**Положительная ОС**, наоборот, усиливает изменение выходного сигнала. Положительная обратная связь ускоряет реакцию системы на изменение входного сигнала, поэтому её используют в определённых ситуациях, когда требуется быстрая реакция в ответ на изменение внешних параметров. В то же время ПОС приводит к неустойчивости и возникновению качественно новых (автоколебательных) систем, называемых генераторы (производители). Пример: Автогенератор вырабатывает электрические (электромагнитные) колебания, поддерживающиеся подачей по цепи положительной обратной связи части переменного напряжения с выхода автогенератора на его вход. Это будет обеспечено тогда, когда нарастание колебательной энергии будет превосходить потери). При этом амплитуда начальных колебаний будет нарастать.

Отрицательная обратная связь широко используется в замкнутых автоматических системах с целью повышения устойчивости (стабилизации), улучшения переходных процессов, понижения чувствительности и т.п. (под чувствительностью понимается отношение бесконечно малого изменения выходного воздействия к вызвавшему его бесконечно малому входному воздействию). Положительная обратная связь усиливает выходное воздействие звена (или системы), приводит к повышению чувствительности и, как правило, к понижению устойчивости (часто к незатухающим и расходящимся колебаниям), ухудшению переходных процессов и динамических свойств и т.п.

## Автоматические системы управления

Автоматические системы управления. Это те СУ, которые способны работать без участия человека вовсе [2]. Им достаточно заранее заложить схему поведения («делать что-то пока не …», «если …, то …, иначе ...»), задать последовательность, задать координаты и т.п. Такие роботы очень удобны в тех случаях, когда работа постоянная, цикличная и не меняется в процессе её выполнения. А также не нужно тратить деньги на оператора, да и скорости автоматические СУ достигают более высокой, чем прочие (где участвует человек). Не менее важно то, что при работе таких роботов повышается безопасность, так как участие человека в техническом процессе либо минимально, либо отсутствует вовсе.

Программные — это подкатегория СУ, в которой роботы имеют заранее заданную последовательность действий - программу. Позволяют с высокой скоростью, надежностью и эффективностью выполнять повторяющиеся действия. Главный плюс - легко перепрограммируются, что повышает их адаптивность.

Адаптивные — это подкатегория СУ, которая является модифицированной версией программных. Главное отличие — это наличие адаптивного обеспечения: камер, ультразвуковых датчиков расстояния, датчиков касания, системы распознавания цвета/размера/образа и т.п. Всё это позволяет роботу самостоятельно корректировать свои действия и подстраиваться под изменения внешних условий.

Интеллектуальные — это подкатегория СУ, являющаяся еще более глубокой модернизацией предыдущих двух подкатегорий. Наиважнейшим отличием является возможность обратного общения с человеком, планирование и перепланирование поведения, навигация, самообучение и общение, взаимодействие с другими роботами и оборудованием, инструментами.

## Биотехнические системы управления

Биотехнические системы управления. Это категория, в которой манипулятор робота в точности копирует движение руки оператора [2]. Это довольно удобно, так как человек-оператор может находиться на достаточно большом расстоянии от зоны выполнения работ, где ему может угрожать как опасность самых низких уровней (обольёт водой), так и средних (попадет в глаза раствором), так и высокой, и смертельной (из-за аварии упадет какой-либо тяжелый агрегат). Также удобным фактором является то, что задачи можно выполнять с масштабированием (например, сантиметровое смещение руки оператора равно 5 см смещения манипулятора).

Командные — это подкатегория СУ, в которой управление реализуется при помощи рычагов и кнопок, каждая из которых отвечает за своё звено, или какую-либо функцию. Плюсы здесь являются обратной стороной минусов — с одной стороны можно очень точно выставить каждое звено в необходимое оператору положение, а с другой - сделать это занимает много сил, времени и усердия.

Копирующие — это подкатегория СУ, которые повторяют движения человека. Наиболее распространенным видом являются экзоскелеты, которые одеваются на всё тело, на несколько частей тела или на отдельную конечность. Обладают некоторой портативностью (хоть и далекой от идеала), что позволяет использовать их даже в повседневной жизни. Другой вид — это СУ, где движение передается задающим органом (например, рычагом). На данный момент, один из копирующих манипуляторов умеет поднимать до 3 тонн груза. Пример: экзоскелет *XOS* от компании *Sarcos*. Он увеличивает силу человека и позволяет с минимальной затратой сил переносить тяжелые физические нагрузки. *XOS* обладает продвинутой системой связи человека с механической частью, благодаря чему движения пилота и машины практически синхронны. Датчики мускульной активности со всех частей тела передают информацию на бортовой компьютер (находится на спине экзоскелета), который координирует все действия экзоскелета. В результате этого человек практически не испытывает усталости при физических нагрузках. Минус данной конструкции - огромное энергопотребление и ограниченность движений пилота.

Полуавтоматические - это подкатегория СУ, которая, по сути, является глубокой модернизацией предыдущих двух подкатегорий в том плане, что на систему устанавливается микро-ЭВМ, которая занимается вычислением движений робота, что позволяет с помощью одного рычага управлять всей кинематикой робота.

## Нечеткая логика

Основы нечёткой логики были заложены в конце 60-х годов 20 века в работах известного американского математика Латфи Заде. Исследования такого рода было вызваны возрастающим недовольством экспертными системами. "искусственный интеллект", который легко справлялся с задачами управления сложными техническими комплексами, был беспомощным в простейших непредвиденных ситуациях. Ситуация отражается в высказываниях из повседневной жизни, типа: "Если в машине перед тобой сидит неопытный водитель - держись от нее подальше". Для создания действительно интеллектуальных систем, способных адекватно взаимодействовать с человеком, был необходим новый математический аппарат, который переводит неоднозначные жизненные утверждения в язык четких и формальных математических формул. Первым серьезным шагом в этом направлении стала теория нечетких множеств, разработанная Заде. Его работа "*Fuzzy Sets*", опубликованная в 1965 году в журнале "*Information and Control*", заложила основы моделирования интеллектуальной деятельности человека и стала начальным толчком к развитию новой математической теории интеллектуальных систем управления.

Нечёткие системы возникли благодаря желанию описывать стратегии управления на качественном лингвистическом уровне [3].

Построение терм множеств лингвистических переменных является важным этапом формирования баз знаний нечётких систем, и, в особенности, нечётких регуляторов. Структура терм множества лингвистической переменной характеризуется числом и типом функции принадлежности, характеризующих элементы терм – множества данной переменной рисунок 1.

В практике создание БЗ нечётких систем, построение терм – множеств осуществляется экспертом на основании личного опыта. Либо БЗ интерактивно подбирается, до достижения ее оптимальной структуры. Выбор структуры лингвистических переменных косвенно влияет на объем и адекватность получаемой базы продукционных правил.

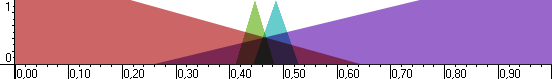


Рисунок 1. Лингвистическая переменная

Коротко перечислим преимущества *fuzzy*-систем по сравнению с другими:

1. Возможность оперировать нечёткими входными данными: например, непрерывно изменяющиеся во времени значения (динамические задачи), значения, которые невозможно задать однозначно (результаты статистических опросов, рекламные компании и т.д.);

2. Возможность нечёткой формализации критериев оценки и сравнения: оперирование критериями "большинство", "возможно", "преимущественно" и т.д.;

3. Возможность проведения качественных оценок, как входных данных, так и выходных результатов: возможность оперировать не только значениями данных, но и их степенью достоверности и ее распределением.

На рисунке 2 представлена типичная система управления с нечётким контроллером. На вход контроллеру поступают ошибка управления, ее интеграл и изменения. Выход контроллера — это ПИД – коэффициенты управления системой.



Рисунок 2. Структура САУ с нечётким регулятором

## Нейронные сети

Нейронная сеть — попытка с помощью математических моделей воспроизвести работу человеческого мозга для создания машин, обладающих искусственным интеллектом [4].

Искусственная нейронная сеть обычно обучается с учителем. Это означает наличие обучающего набора, который содержит примеры с истинными значениями: тегами, классами, показателями.

Неразмеченные наборы также используют для обучения нейронных сетей, но мы не будем здесь это рассматривать.

Например, если вы хотите создать нейросеть для оценки тональности текста, базой знания будет список предложений с соответствующими каждому эмоциональными оценками. Тональность текста определяют признаки: слова, фразы, структура предложения, которые придают негативную или позитивную окраску. Веса признаков в итоговой оценке тональности текста зависят от математической функции, которая вычисляется во время обучения нейронной сети.

Раньше люди генерировали признаки вручную. Чем больше признаков и точнее подобраны веса, тем точнее ответ. Нейронная сеть автоматизировала этот процесс.

Искусственная нейронная сеть состоит из трех компонентов рисунок 3:

* Входной слой;
* Скрытые (вычислительные) слои;
* Выходной слой.

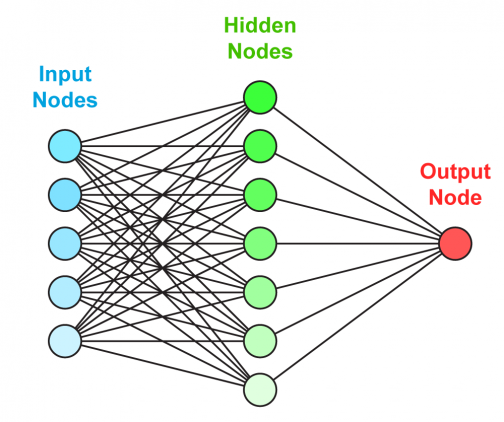


Рисунок 3. Трехслойная нейронная сеть

Обучение нейросетей происходит в два этапа:

* Прямое распространение ошибки;
* Обратное распространение ошибки.

Во время прямого распространения ошибки делается предсказание ответа. При обратном распространении ошибка между фактическим ответом и предсказанным минимизируется.

**Прямое распространение ошибки**

Прямое распространение ошибки изображено на рисунке 4.

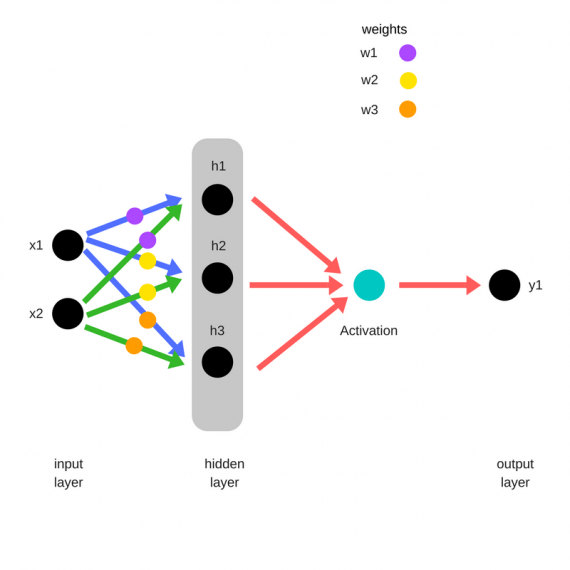


Рисунок 4. Прямое распространение ошибки

Зададим начальные веса случайным образом:

* *w1*
* *w2*

Умножим входные данные на веса для формирования скрытого слоя:

*h1 = (x1 \* w1) + (x2 \* w1)* (1)

*h2 = (x1 \* w2) + (x2 \* w2)* (2)

*h3 = (x1 \* w3) + (x2 \* w3)* (3)

Выходные данные из скрытого слоя передается через нелинейную функцию (функцию активации), для получения выхода сети:

*y\_ = fn(h1 , h2, h3)* (4)

**Обратное распространение**

Обратное распространение ошибки изображено на рисунке 5.

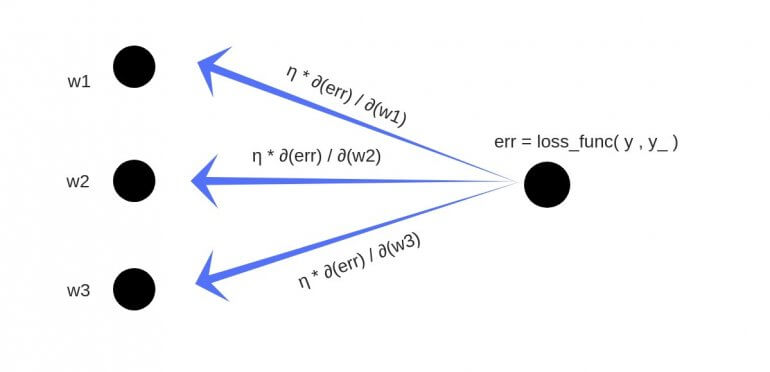


Рисунок 5. Обратное распространение ошибки

Суммарная ошибка (*total\_error*) вычисляется как разность между ожидаемым значением «*y*» (из обучающего набора) и полученным значением «*y\_*» (посчитанное на этапе прямого распространения ошибки), проходящих через функцию потерь (*cost function*).

Частная производная ошибки вычисляется по каждому весу (эти частные дифференциалы отражают вклад каждого веса в общую ошибку (*total\_loss*)).

Затем эти дифференциалы умножаются на число, называемое скорость обучения или *learning rate (η)*.

Полученный результат затем вычитается из соответствующих весов.

В результате получатся следующие обновленные веса:

*w1 = w1 — (η \* ∂(err) / ∂(w1))* (5)

*w2 = w2 — (η \* ∂(err) / ∂(w2))* (6)

*w3 = w3 — (η \* ∂(err) / ∂(w3))* (7)

То, что мы предполагаем и инициализируем веса случайным образом, и они будут давать точные ответы, звучит не вполне обоснованно, тем не менее, работает хорошо.

Если вы знакомы с рядами Тейлора, обратное распространение ошибки имеет такой же конечный результат. Только вместо бесконечного ряда мы пытаемся оптимизировать только его первый член.

Смещения – это веса, добавленные к скрытым слоям. Они тоже случайным образом инициализируются и обновляются так же, как скрытый слой. Роль скрытого слоя заключается в том, чтобы определить форму базовой функции в данных, в то время как роль смещения – сдвинуть найденную функцию в сторону так, чтобы она частично совпала с исходной функцией.

**Частные производные**

Частные производные можно вычислить, поэтому известно, какой был вклад в ошибку по каждому весу. Необходимость производных очевидна. Представьте нейронную сеть, пытающуюся найти оптимальную скорость беспилотного автомобиля. Если машина обнаружит, что она едет быстрее или медленнее требуемой скорости, нейронная сеть будет менять скорость, ускоряя или замедляя автомобиль. Что при этом ускоряется/замедляется? Производные скорости.

**Функция активации (*activation function*)**

Функция активации — это один из самых мощных инструментов, который влияет на силу, приписываемую нейронным сетям. Отчасти, она определяет, какие нейроны будут активированы, другими словами, и какая информация будет передаваться последующим слоям рисунок 6.

Без функций активации глубокие сети теряют значительную часть своей способности к обучению. Нелинейность этих функций отвечает за повышение степени свободы, что позволяет обобщать проблемы высокой размерности в более низких измерениях. Ниже приведены примеры распространенных функций активации:

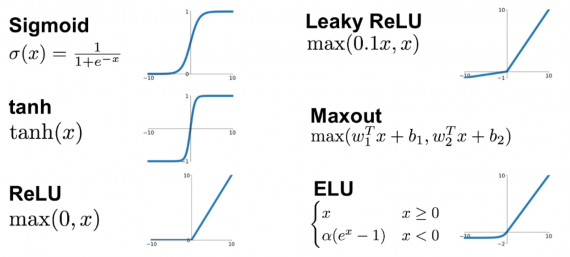


Рисунок 6. Функция активации

**Функция потери (*loss function*)**

Функция потерь находится в центре нейронной сети. Она используется для расчета ошибки между реальными и полученными ответами. Наша глобальная цель — минимизировать эту ошибку. Таким образом, функция потерь эффективно приближает обучение нейронной сети к этой цели.

Функция потерь измеряет «насколько хороша» нейронная сеть в отношении данной обучающей выборки и ожидаемых ответов. Она также может зависеть от таких переменных, как веса и смещения.

Функция потерь одномерна и не является вектором, поскольку она оценивает, насколько хорошо нейронная сеть работает в целом.

Некоторые известные функции потерь:

* Квадратичная (среднеквадратичное отклонение);
* Кросс-энтропия;
* Экспоненциальная (*AdaBoost*);

Среднеквадратичное отклонение – самая простая функция потерь и наиболее часто используемая рисунок 7. Она задается следующим образом:

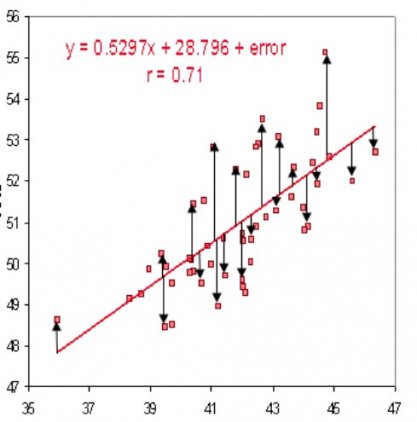


Рисунок 7. Среднеквадратическое отклонение

Функция потерь в нейронной сети должна удовлетворять двум условиям:

* Функция потерь должна быть записана как среднее;
* Функция потерь не должна зависеть от каких-либо активационных значений нейронной сети, кроме значений, выдаваемых на выходе.

# Электрические сигналы у высших растений

Так программно-алгоритмический стенд дает возможность создавать нейронные сети, которые позволят людям с протезами быстрее адоптироваться к их нейро импульсам. Для начала работы нужно понимать, как снимать нужные нам сигналы с живого существа. В программно-аппаратном стенде живых существ будут представлять растение.

Чем отличаются растения от животных? На этот вопрос биолог даст развернутый ответ, приведя ряд особенностей, свойственных только растениям, к примеру фотосинтез, Простой человек не приближенный к биологии отметит лишь одну наиболее яркую особенность – животные обладают чувствительностью и активно реагируют на внешние воздействия. Растения, как правило, ведут неподвижный или малоподвижный образ жизни и внешне не проявляют быстрых реакций на действие раздражителей. На самом деле это не так. Растениям, свойственна элементарная чувствительность, в осуществлении которой важную роль играет электрический тип сигнализации. По общим признакам он очень напоминает электрические процессы в нерве во время распространения нервного импульса.

Одним из первых мысль о том, что растения обладают раздражимостью, то есть способны быстро реагировать на внешние воздействия и передавать сигнал об этом воздействии от одного органа к другому, высказал Ч. Дарвин (1875) [5]. Его внимание привлекли насекомоядные растения, например мухоловка, которые могут с помощью специальных приспособлений захватывать мелких насекомых и использовать их в пищу. Ловчие органы этих растений очень быстро механически реагируют на прикосновение насекомого. В этом Ч. Дарвин увидел большое сходство с поведением животных. Однако он не знал, что является основой такой высокой чувствительности. В 1887 году Бердон-Сандерсон показал, что быстрое движение мухоловки сопровождается распространением в ее лопастях электрических импульсов, которые очень напоминают потенциалы действия в нерве. В начале XX века решающее значение в изучении процессов раздражимости и возбудимости у растений имели работы индийского ученого Джагдиш Чандра. Боса [6]. Д. Бос проводил опыты на мимозе, которая, так же, как и насекомоядные растения, проявляет способность к быстрым движениям в ответ на механическое раздражение. Используя весьма чувствительную экспериментальную технику, Д. Бос установил, что раздражение листа мимозы вызывает возникновение в черешке электрических импульсов, которые, распространяясь до листовых подушечек, приводят к их сокращению и опадению листа. Электрические импульсы в черешке мимозы оказались очень похожими на те, которые возникают в ответ на раздражение у животных. Проводя многочисленные эксперименты с мимозой, Д. Бос все больше убеждался в сходстве восприятия и передачи раздражения у животных и растений. Этому сходству Д. Бос придавал большое значение, справедливо видя в нем убедительное подтверждение мысли о том, что растения и животные при всем кажущемся различии в их образе жизни, не отличаются принципиально своими реакциями на внешние воздействия. Для утверждения этой идеи было важно выяснить, является ли свойство раздражимости присущим только небольшой «экзотической» группе растений с быстрыми двигательными реакциями, или оно характерно для всех высших растений. Уже в опытах Д. Боса были получены данные, показывающие, что весьма быстрые электрические ответные реакции на внешние раздражители можно наблюдать и у некоторых высших растений. Если взять высшее растение, к примеру, тыкву и поднести к кончику листа горящую спичку и чуть-чуть подпалить его. Нам известно то, что растения внешним видом не отреагирует на это воздействие. Но если до этого подвести к стеблю растения два электрода и соединим их с устройством считывания электрических сигналов, то, будет видно, что спустя короткий промежуток времени после рaздражения устройство зарегистрирует электро-сигнал, распространяющийся от листьев к корню, который и является сигналом о внешнем воздействии. Похожий электрический сигнал, но проходящий от корня к листьям, можно получить, подействовав на корни. Возникает такой сигнал и при воздействие раздражителей на другие участки растений.

Набор раздражителей, на которые растение откликается, возникновением электро-сигнала, очень большой. К примеру, изменение показателей температурного режима, механические воздействия, облучения части растений светом разного спектрального состава. При этом неправильно предполагать, что растения меньше способны реагировать на внешние раздражения, нежели животные. Существуют случаи, когда клетки растений отвечают созданием электро-сигналов на такие раздражители, которые кажутся не существенными. Например, отрезок волоса весом всего в 0,0001 мг при соприкосновении с щупальцем росянки, вызывает ответную реакцию и заметное движение щупальца. В наших опытах понижение температуры от 23С вызывало создание распространяющихся электро-сигналов в стебле тыквы [7]. Так, в обычной обстановке появление электрических импульсов у растения должно быть связано с действиями не только сильных, раздражающих факторов, но и слабых изменениях в окружающей среде, которые наблюдается в естественных условиях.

Удалось выявить по крайней мере три типа электрических сигналов, возникающих у растений в ответ на внешние воздействия. Первый тип – это потенциалы действия. Такое название этот тип электрических сигналов у растений получил благодаря тому, что по ряду признаков и механизму возникновения он соответствует потенциал действия, возникающим в нервах животных. На рисунке 8 представлены записи потенциала действия стебля. Видно, что внешне они состоят из двух ветвей: восходящей (или фазы деполяризации, во время которой происходит уменьшение потенциала возбудимой мембраны) и нисходящей (или фазы реполяризации, в ходе которой мембранный потенциал восстанавливается до исходного уровня). Амплитуда ПД составляет несколько десятков милливольт. Поэтому общая длительность ПД в стебле тыквы достигает нескольких секунд и даже десятков секунд.

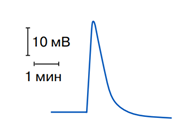


Рисунок 8. Потенциал действий

Второй тип электрических сигналов у высших растений – это так называемые вариабельные потенциалы, которые возникают при действии весьма сильных раздражителей (ожог, механическое повреждение ткани). Как видно из рисунка 9, они лишь частично напоминают потенциал действия.

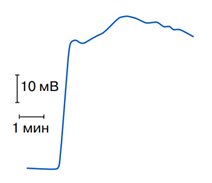


Рисунок 9. Вариабельный потенциал

Как и у ПД, у них четко наблюдается фаза деполяризации. Однако фаза реполяризации очень растянута. Вариабельные потенциалы имеют природу, несколько отличную от природы ПД. Наконец, с помощью специальной чувствительной техники у высших растений были зарегистрированы микроритмы рисунок 10, которые имеют очень небольшую амплитуду (обычно несколько микровольт) и носят весьма нерегулярный характер.

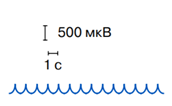


Рисунок 10. Микроритмы высших растений

Природа микроритмов пока остается неясной. Из всех типов электрических сигналов у растений особое внимание уделяется ПД, поскольку его генерация и распространение представляют собой один из универсальных способов передачи информации о внешнем воздействии в живой природе.

Возникнув в той или иной части растения, ПД распространяются по нему обычно со скоростью нескольких сантиметров в 1 с (или в 1 мин) и таким образом передают известие о внешнем раздражении. Как известно, у животных проводниками ПД являются нервные волокна. Их возникновение в ходе эволюции было большим шагом вперед в развитии этих организмов. Есть ли что-то аналогичное нервам у высших растений? В поиске ответа на этот вопрос естественно обратить внимание на проводящие пучки («жилки»), которые пронизывают все ткани и органы растения. Давно известно, что проводящие пучки служат для транспортировки по растению воды и питательных веществ. Но, может быть, они “по совместительству” могут служить каналом и для распространения ПД? Решение этого вопроса имеет принципиальное значение. Очень образно на этот счет высказался К.А. Тимирязев, который отметил, что “если у растений подтвердится (предполагаемое некоторыми учеными) существование известных путей, по которым раздражение сообщается быстрее, чем по другим, то в них придется признать нечто по крайней мере физиологически соответствующее нервам”. Д. Бос одним из первых экспериментально доказал причастность проводящих пучков высших растений к распространению ПД. Для этого он использовал разработанный им метод электродного зондирования. Суть метода состояла в том, что с помощью микровинтов в ткани растения погружали металлический микроэлектрод, который был соединен с измерительной установкой. Таким образом можно было отводить электрические сигналы от разных зон стебля или черешка. На основании этих опытов Д. Бос пришел к выводу, что только в проводящих пучках происходит распространение ПД. При этом важно, что электрические импульсы распространяются не по крупным сосудам, а по мелким пучковым клеткам (мелким клеткам флоэмы и протоксилемы). Это свидетельствует о том, что каналы передвижения веществ и распространения электрических импульсов в проводящих пучках пространственной разделены. Следовательно, у растений, хотя и отсутствуют специальные образования (наподобие нервов), приспособленные только для проведения ПД, в проводящих пучках имеются особые ткани, выполняющие эту функцию. С помощью экспериментальных приемов этот вопрос детально исследовали в нашей лаборатории. Применяя зондирование стебля тыквы микроэлектродом, было установленно, что в месте раздражения ПД возникают примерно одинаковой амплитуды не только в указанных выше мелких клетках пучка рисунок 11, но и в клетках окружающей его основной паренхимы на расстоянии 50мм рисунок 12.

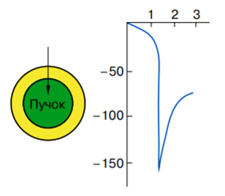


Рисунок 11. ПД в месте раздражения

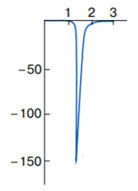


Рисунок 12. ПД на расстоянии 50мм от раздражения

Однако на расстоянии от этого места ПД регистрируются только в проводящих пучках. Таким образом, ПД генерируют как пучковые, так и вне пучковые клетки, но проводить его могут только первые. Как было показано [7], причина этих различий лежит в особенностях межклеточных связей. У мелких пучковых клеток такие связи выражены гораздо лучше, что и обеспечивает их лучшую способность проводить ПД.

Когда стало ясно, что ПД у высших растений – это весьма универсальное и широко распространенное явление, возник вопрос о том, что же они собой представляют. Конечно, они очень напоминают ПД нервов.

Может, это сходство только внешнее? Ведь очень сильно отличаются по образу жизни растения и животные. Поскольку генерация ПД у животных связана с передвижением через возбудимую мембрану ионов натрия и калия, то поведение ионов при генерации ПД у растений ученых интересовало. Используя различные методы исследования, ученые показали, что, когда в растении генерируется ПД, так же, как и в нерве, происходят потоки ионов. Сперва под воздействием внешних раздражителей увеличивается проницаемость мембраны для ионов кальция в результате чего происходит открытие кальциевых каналов.

Ионы кальция проникают внутрь проводящих ПД клеток, так как их больше в внешней среде. Попав внутрь возбудимой клетки, они открывают хлорный канал. Из-за этого процесс приходит к возникновению направленных наружу потоков ионов хлора, из-за того, что их количество выше, чем внутри клеток. Поток отрицательно заряженных ионов хлора наружу приводит к деполяризации мембраны, поскольку ее внешняя сторона заряжена положительно, а внутренняя – отрицательно. Возникает восходящая ветвь ПД. Деполяризация мембраны способствует открыванию калиевых каналов и возникновению направленного наружу потока ионов калия, которых, также, как и ионов хлора, больше внутри клетки, чем в наружной среде. Нетрудно понять, что этот поток будет оказывать на мембранный потенциал деполяризующее действие, то есть приводить к восстановлению его исходного значения.

Нарисованная картина очень напоминает то, что происходит при генерации ПД в нерве, только вместо ионов натрия в качестве деполяризующего иона у высших растений выступают ионы хлора. Это представляется чрезвычайно важным заключением, поскольку свидетельствует об общности механизмов генерации ПД в живой природе. Что касается механизма распространения ПД у растений, то он также подобен таковому у животных. Деполяризация, лежащих в основе генерации ПД у высших растений (объяснение в тексте), и схема распространения ПД в возбудимой мембране. При возбуждении между невозбужденными участками мембраны и возбужденным участком протекают местные токи, которые вызывают деполяризацию возбужденного участка. В то же время соседние с возбужденным участки деполяризуются. Когда величина деполяризации впереди фронта возбуждения достигает порогового уровня, здесь возникает ПД. Этот механизм обеспечивает его распространение. Сзади фронта возбуждения ПД не возникает, так как там имеется состояние не возбудимости (рефрактерности).

участка ткани в месте генерации ПД приводит к возникновению круговых местных токов, протекающих между деполяризованным возбужденным участком ткани и соседними участками, где мембранный потенциал клеток сохраняет нормальный уровень. Эти токи деполяризуют соседние с возбужденным участком области, что приводит к возникновению в них ПД и таким образом к его распространению от исходного места. Ярким подтверждением такого механизма являются опыты с изменением электропроводности окружающей среды. Если вокруг участка проводящего пучка растения поместить раствор вазелинового масла (непроводящая среда, препятствующая возникновению круговых токов), то, дойдя до этого места, ПД дальше не распространяется.

Мы подошли к одному из самых важных вопросов проблемы потенциалов действия у растений. Для чего нужна генерация ПД растениям? Может быть, она представляет собой свойство, которое когда-то было позаимствовано ими от предков, но в дальнейшем получило развитие только у одной весьма специфической группы насекомоядных растений, а у остальных растений никакой функциональной нагрузки не выполняет? Очевидно, что ответ на этот вопрос имеет большое принципиальное значение не только для понимания жизнедеятельности растений, но и в общебиологическом аспекте. Полученные в настоящее время результаты позволяют утверждать, что у высших растений распространяющиеся ПД выполняют вполне определенную функциональную роль. Они служат наиболее быстрым сигналом об изменениях в среде их обитания. Однако при этом надо иметь в виду, что у растений нет центральной нервной системы – этой “диспетчерской”, откуда управляющие сигналы после поступления туда информации о внешнем раздражителе направляются к различным органам. У растений ПД сам несет в себе возможность непосредственно влиять на функции органов и тканей, по которым он распространяется. Это связано прежде всего с тем, что при прохождении ПД по данному участку ткани или в месте, до которого он дошел, сильно меняется ионный состав, в особенности содержание ионов калия и хлора, которые, как мы видели, выходят из возбудимых клеток при генерации импульса. В результате их концентрации в окружающих проводящий пучок тканях могут увеличиться. Меняется соотношение и других ионов, хотя и в меньшей степени. В то же время известно, что уровень обменных процессов в ткани сильно зависит от ионного состава. Поэтому ПД в состоянии оказывать влияние на органы или ткани, по которым они распространяются или которых они достигают. При этом следует иметь в виду, что возникновение ПД в ответ на действие внешнего раздражителя неспецифично, то есть самые разные воздействия вызывают, как правило, однотипную электрическую реакцию. Кроме того, у растений обычно в ответ на действие раздражителя генерируются одиночные импульсы (в отличие от животных, у которых возникают ритмически повторяющиеся ПД). Исходя из этого можно заключить, что у высших растений распространяющиеся ПД не имеют специфической информационной нагрузки, а являются скорее сигналом о каком-то внешнем воздействии. Сам по себе ПД как сигнал неспецифичен, но в тканях и органах наряду с общими неспецифическими явлениями он вызывает изменение некоторых специфических процессов, свойственных данному органу (например, в листьях изменение фотосинтеза, в корнях усиление поглощения веществ и т.д.). Сигнальная роль ПД проявляется прежде всего в ряде естественных процессов. Например, при попадании пыльцы на рыльце пестика в нем возникают многочисленные электрические импульсы, распространяющиеся по направлению к завязи. Это запускает цикл процессов, подготавливающих завязь к восприятию пыльцы и оплодотворению. ПД возникают и в усиках вьющихся растений при соприкосновении с механической опорой и, по-видимому, способствуют их лучшей ориентации в пространстве. При умеренных изменениях в состоянии окружающей среды также могут возникать ПД, причем они иногда генерируются в ответ на очень слабые воздействия (например, перепад температур всего 1 – 2°*С*). Генерация ПД растением в этом случае, казалось бы, лишена какого-либо смысла. Зачем применять экстренный тип сигнализации с помощью электрических сигналов на довольно слабые и не оказывающие существенного влияния внешние воздействия? Однако оказалось, что это не так. Для растения и в этом случае генерация электрических импульсов имеет определенный смысл, состоящий, как нам удалось показать, в своеобразном “предупреждении” его органов и тканей о вполне вероятных весьма существенных изменениях во внешних условиях. Например, незначительный перепад температур в сторону охлаждения сам по себе может быть и незначим для растения, однако он может свидетельствовать о возможном предстоящем заметном понижении температуры окружающей среды. “Предупреждающая” роль ПД сводится, как оказалось, к временному повышению устойчивости органов и тканей растения к неблагоприятным воздействиям. Это временное повышение устойчивости носит, по-видимому, неспецифический характер (то есть проявляется по отношению к разным воздействиям) и может рассматриваться как своеобразная предадаптация. Она служит как бы подготовкой к глубокой адаптации, если вслед за “предупреждением” действительно наступит усиление данного внешнего фактора (например, вслед за незначительным понижением температуры резкое похолодание).

Таким образом, можно считать, что при действии слабых и умеренных раздражителей мы имеем дело с ролью ПД, которая связана с опережающим отражением действительности. Отсюда нами было сделано заключение, что растениям свойственна элементарная недифференцированная чувствительность. Постулируя у высших растений наличие определенной чувствительности, было бы неверно утверждать вслед за Бекстером, что эта чувствительность соответствует эмоциональным восприятиям животных (например, что растения чувствуют человека, который повредил их, и при его появлении реагируют усиленной генерацией электрических импульсов). Это именно элементарная чувствительность, но она, очевидно, играет существенную роль во взаимоотношениях растения со средой. Наконец, при действии сильных раздражителей ПД выполняют роль первичной экстренной сигнальной связи, которая позволяет растению оперативно начать перестройку жизненных функций в экстраординарных условиях. Итак, по современным представлениям сигнальной функции ПД принадлежит вполне определенная роль в осуществлении быстрых взаимодействий высших растений с окружающей средой.

Данный обзор современных представлений о сигнальной роли электрических импульсов у растений показывает, новую сторону в жизнедеятельности этих организмов. Дальнейшее изучение данной темы поможет лучше понять, что общего в реакции и поведении растений и животных.

# Аппаратная реализация стенда

## Arduino Mega 2560

Для управления устройствами и датчиками программно-алгоритмического стенда был выбрана плата *Arduino* *mega* рисунок 13.

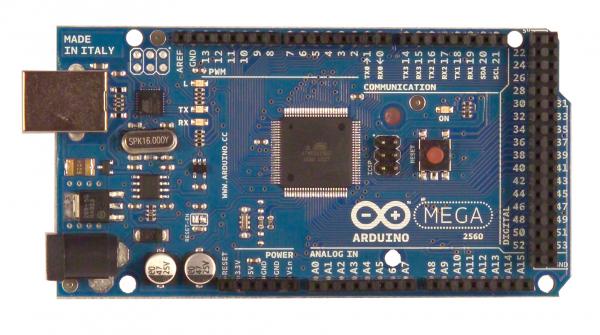


Рисунок 13. Плата *Arduino Mega*

*Arduino* *Mega* [9] разработана на микроконтроллере *ATmega*2560, на устройстве находятся 54 цифровых входа/выходов (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов,4 последовательных порта *UART*, кварцевый генератор 16 МГц, *USB* выход, разъем питания, разъем *ICSP* и кнопка перезагрузки. Для начала использования нужно подключить микроконтроллер к компьютеру с помощью кабеля *USB* или аккумуляторной батареей. *Arduino* *Mega* 2560 поддерживает большое количество плат расширения, разработанными для платформ *Uno* или *Duemilanove*. Технические характеристики[10] представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики *Arduino* *Mega*

|  |  |
| --- | --- |
| Микроконтроллер | ATmega2560 |
| Рабочее напряжение | 5В |
| Входное напряжение | 7-12В |
| Цифровые Входы/Выходы | 54 |
| Аналоговые входы | 16 |
| Постоянный ток через вход/выход | 40 *mA* |
| Постоянный ток для вывода 3.3 В | 50 *mA* |
| Флеш-память | 256 *KB* |
| ОЗУ | 8 *KB* |
| Энергонезависимая память | 4 *KB* |
| Тактовая частота | 16 *MHz* |

Arduino Mega может получать питание как через подключение по USB, так и от внешнего источника питания. Источник питания выбирается автоматически.

Контроллер может работать при питании от 6В до 20В. Если напряжение будет ниже 7 В, то выход 5*V* может выдавать меньше 5В, при этом контроллер может работать нестабильно. Если используемое напряжения более 12В регулятор напряжения может перегреться и повредить плату. Рекомендуемый диапазон от 7 В до 12 В.

Плата *Mega*2560 для обмена данными по *USB* используется микроконтроллер *Atmega8U2*, запрограммированный как конвертер *USB-to-serial*.

На платформах *Arduino Mega*2560 установлены устройства для осуществления связи с компьютером и другими устройствами *Arduino* или микроконтроллерами. *ATmega*2560 поддерживает 4 порта последовательной передачи данных *UART* для *TTL*. Установленная на плате микросхема *ATmega8U2* устанавливает один из интерфейсов через *USB*, предоставляя виртуальный *COM* порт. Утилита мониторинга последовательной шины (*Serial Monitor*) среды разработки *Arduino* позволяет посылать и получать текстовые данные при подключении к платформе. Светодиоды *RX* и *TX* на платформе будут мигать при передаче данных через микросхему *ATmega8U2* и *USB*.

Платформа программируется посредством среды разработки *Arduino*.

## Датчики

***DS18B20*** — это цифровой датчик температуры. Датчик очень прост в использовании [11].

Выбранный датчик цифровой и он имеет только один контакт для связи с микроконтроллером, с которого можно получить полезный сигнал. Это значит, что, пользователь имеет возможность подсоединять к одному микроконтроллеру одновременно большое количество данных датчиков.

*Arduino* датчик температуры *DS18B20*

Датчик находится во влагозащитном корпусе. Он выдерживает погружения в воду и может использоваться под дождем.

Такие датчики изготавливаются с тремя выходными контактами (черный - *GND*, красный - *Vdd* и белый - *Data*).

На рисунке 14 изображен влагозащищенный датчик температуры *DS18B20*



Рисунок 14. Датчики температуры *DS18B20*

*DS18B20* удобен в использовании. Запитать его можно через контакт *data*, в таком случае используются всего два контакта из трех для подключения [12]. Сенсор основные характеристики указаны в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики датчика температуры

|  |  |
| --- | --- |
| Модель | *DS18B20* |
| Диапазон измеряемых температур | −10…+85 °*C* |
| Точность | ±0,5°*C* |
| Время получения данных | 94 мс |
| Напряжение питания | 3-5,5 В |
| Потребляемый ток при опросе | 1 мА |

Что вам понадобится для контроля температуры с помощью *Arduino* и *DS18B20*:

* Программное обеспечение
* Естественно, вам необходима *Arduino* *IDE*;
* Библиотека *OneWire* *library*, которая значительно облегчает работу с *Arduino* и датчиком *DS18B20*;

Скачать *Arduino* *IDE* можно с официального сайта *Arduino*.

Библиотеку *OneWire* *Library* можно скачать на *OneWire Project Page* (желательно скачивать последнюю версию библиотеки).

Подключение *DS18B20* к *Arduino*

Датчик подключается элементарно.

Контакт *GND* с *DS18B20* подключается к *GND* на *Arduino*.

Контакт *Vdd* с *DS18B20* подключается к +5*V* на *Arduino*.

Контакт *Data* с *DS18B20* подключается к любому цифровому выходу на *Arduino*. В данном примере используется вход 2.

**Сенсор *BH*1750** представляет собой цифровой 16-битный цифровой датчик[13] освещённости, что задаёт диапазон его измерений: от 1 до 65535 люкс рисунок 15. Согласно техническому документации, сенсор *BH*1750 чувствителен к видимому свету и практически не подвержен влиянию инфракрасного излучения, т.е. реагирует примерно на тот же спектральный диапазон, что и человеческий глаз. Вследствие этого такие сенсоры получили широкое распространение в современной электронной аппаратуре – мобильных устройствах, фото- и видеокамерах, в системах «умный дом» и многих других, основные характеристики приведены в таблице 3.

Подключение модуля производится по двухпроводному интерфейсу *I2C*, а питание осуществляется от +5 В.

Люкс — единица измерения освещённости в Международной системе единиц (СИ). Люкс равен освещённости поверхности площадью 1 м² при световом потоке падающего на неё излучения, равном 1 лм. 1 лк = 1 лм/м2 [14]

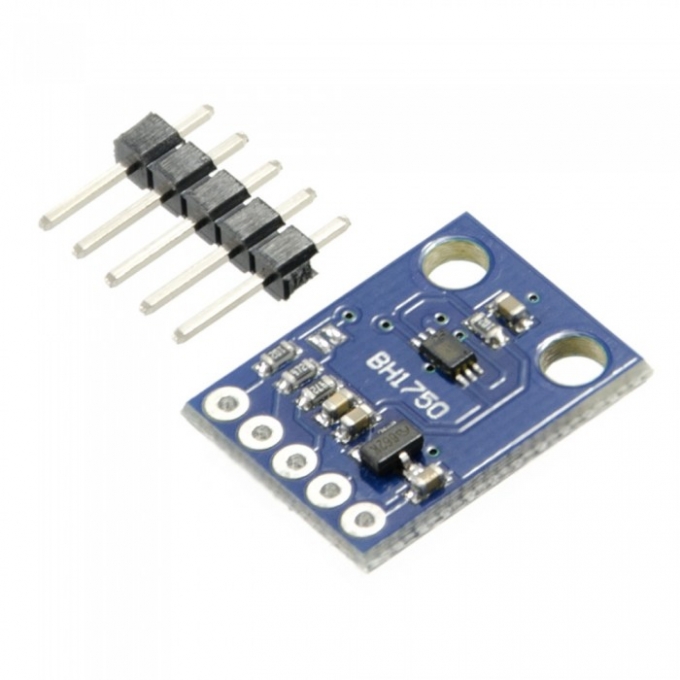


Рисунок 15. Сенсор *BH*1750

Таблица 3. Характеристики датчика освещенности

|  |  |
| --- | --- |
| Модель | *GY*-302 |
| размеры | 13.9 х 18.5 мм |
| Чип | *BH1750FVI* |
| Питание | 3-5 В |
| Диапазон измерений | 1-65535 *lux* |
| Шина передачи данных | *I2C* |
| Единица измерения датчика | *lux* |

Плюсы этого датчика в том:

* Быстрая передача данных между микроконтроллером и модулем по шине *I2C*;
* Присутствует спящий режим;
* Малый потребляемый ток 120 мкА;
* Малые габариты;
* Различает более 60 тыс. световых градаций.

Интерфейс *I2C* в платах *Arduino* реализован на аналоговых входах *A4* и *A5*, которые отвечают за *SDA* (шина данных) и *SCL* (шина тактирования), соответственно. Вывод *ADDR* модуля *GY*-302 можно оставить не подключённым или соединить с землёй.

**Датчик влажности почвы** *Arduino* предназначен для определения влажности почвы [15], в которой он находится рисунок 16. Датчик помогает получить информацию о избытке или нехватке влаги для растения. Подключение датчика к контроллеру поможет в автоматизации процесса полива растения.

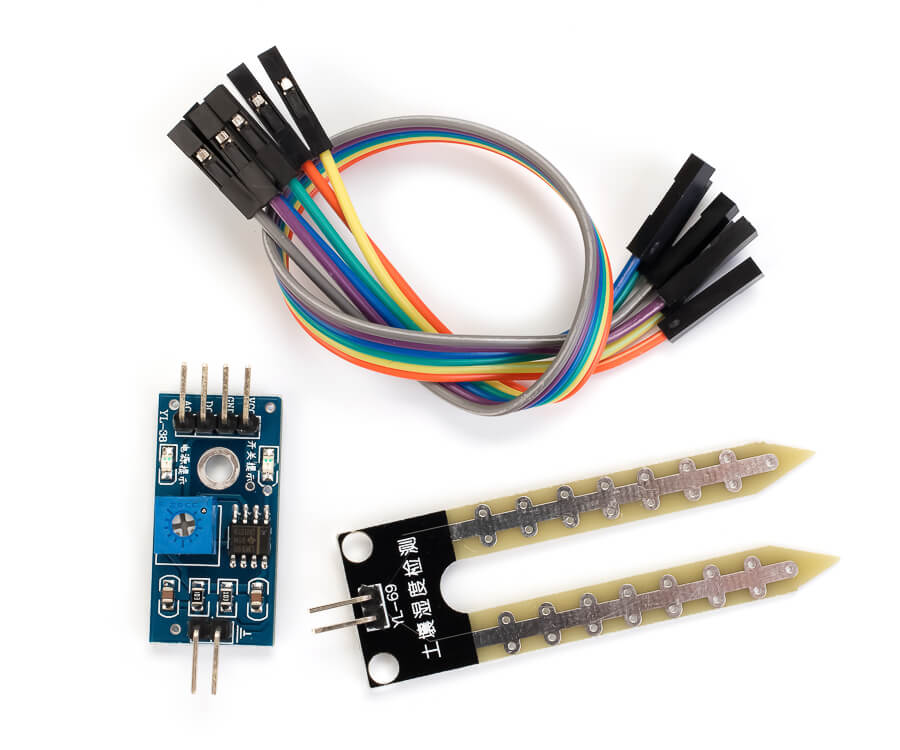


Рисунок 16. Датчик влажности почвы

Модуль соединяет в себе две части: контактный щуп *YL*-69 и датчик *YL*-38. С помощью электродов, расположенных на щупе *YL*-69, можно определить сухая почва или нет, если сопротивление велико и ток идет меньше значит, что почва сухая. Если сопротивление меньше, а ток чуть больше то земля влажная. По получившемуся сигналу можно сделать выводы о степени влажности почвы [16]. Щуп *YL*-69 подключен к датчику *YL*-38 двумя проводами. Помимо контакта соединения с щупом, на датчике *YL*-38 находятся четыре контакта для подключения к контроллеру.

* *Vcc* – питание датчика;
* *GND* – земля;
* *A0* - аналоговое значение;
* *D0* – цифровое значение уровня влажности.

Технические характеристики устройства указаны в таблице 4. Датчик YL-38 построен на основе компаратора *LM393*, выдающий напряжение на выход *D0*: влажная почва – низкий логический уровень, сухая почва – высокий логический уровень. Уровень можно регулировать, устанавливая пороговые значения с помощью потенциометра. На вывод *A0* подается аналоговое значение, готовое для передачи в контроллер для дальнейшей обработки сигнала и принятие решения на его основе. На датчик *YL*-38 находятся два светодиода, оповещающих о поступлении на датчик питания и уровня сигнала на выход *D*0. Благодаря цифровому выводу и светодиоду на уровне D0 данный модуль можно использовать без контроллера.

Таблица 4. Технические характеристики датчика влажности

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение питания | 3.3-5 В |
| Потребляемый ток | 35 мА |
| Выход | Цифровой и аналоговый |
| Размер модуля | 16×30 мм |
| Размер щупа: | 20×60 мм |

## Свет

Для того чтобы растениям расти, им требуется источники света. Но дневного света для растений может быть недостаточно. В этом случае на помощь придет фитолампа для рассады. Она потребляет немного электроэнергии и позволяет "досвечивать" растения в один из самых уязвимых периодов их роста и развития [17].

1. **Лампа биколорная**. Самый простой вид, включающий всего два типа ламп – синего и красного цвета. Эти цвета благотворно влияют на рост и развитие растений и важны для активизации фотосинтеза. Такая лампа подходит для любых растений, которые выращивают на подоконнике, в качестве дополнения к естественному освещению.
2. **Лампа мультиспектровая**. В ней сочетаются теплый белый, красный, синий и дальний красный цвета. Такой световой "микс" максимально стимулирует цветение и плодоношение. Мультиспектровую лампу используют для загущенных посадок и взрослых комнатных растений (если стоит пасмурная погода, например). Для рассады такая фитолампа подходит в меньшей степени, зато с ее помощью можно получить урожай перца, лука и т.д.
3. **Лампа полного спектра.** В таком светильнике собраны все цвета радуги (пиковая яркость – у красного и синего светодиодов). Поэтому иногда лампы полного спектра называют "личным солнцем". Используя полно спектральную подсветку, можно выращивать растения от стадии семян до получения урожая при полном отсутствии солнца и света (даже в темной кладовке). Такое "агрессивное" свечение идеально подходит для выращивания острого красного перца, который иногда получается не слишком жгучим из-за "вялого" северного солнца.

Исследования подтверждают положительное влияние синего и красного спектра на развитие растений.

Количественно длина волны света измеряется в нанометрах (нм), от 400 в фиолетовом спектре до 800 в красном [18]. Фотосинтез происходит на свету, при помощи воды и углекислого газа. Почему мы видим тот или иной цвет? Потому что именно эту часть спектра отражает предмет. Зеленый лист отражает свет 510-570 нм. Поэтому наш глаз видит зеленый. Получается, что растение не поглощает эту часть спектра. И здесь появляется новое слово «фотоморфогенез». Фотоморфогенез — это процессы, происходящие в растении под влиянием света различного спектрального состава и интенсивности.

Исследования подтверждают положительное влияние синего и красного спектра на развитие растений. Синий способствует развитию корней, красный необходим для роста листьев и стеблей. Вместе они позволяют получить крепкую рассаду, которая не вытягивается и правильно развивается.

Выбираем фитолампу по параметрам.

Прежде чем приобрести фитолампу, их нужно сравнить, что есть на рынке.

Для расчета освещенности нужен показатель светового потока (в люменах — лм). Фотосинтетическая активность указывается производителем в ФАР (*PAR*).

Для растений нужно освещенность в 8000 *lux*. На светильниках указываются люмены. Чтобы рассчитать освещенность (лк), нужно разделить люмены (лм) на площадь (м²). Для освещения 1 м² рассады нужно 8000 разделить на показатель, указанный в характеристиках лампы, в результате получится количество ламп для освещения 1м² [14].

**Первая группа — точечные фитолампы**

*HTF* Светодиодное освещение. Светодиодная лампа для рассады *E*27 9 *PLT* 9*W* 220*V* *SPOT* (*FITO*) рисунок 16.

Эта серия фитоламп производится из высококачественных светодиодов «*Epistar*» с длиной волны 460 нм (оттенок синего) и 620 нм (оттенок красного) [19]. Характеристики фитолампы указаны в таблице 4.



Рисунок 16. лампа для рассады *HTF SPOT FITO*

Таблица 4. Характеристики фитолампы *HTF SPOT FITO*

|  |  |
| --- | --- |
| Рекомендуемая высота подвеса | 1-1,2 м |
| Эффективная освещаемая площадь | 3-3,5 м² |
| Световой поток | лм 500±15 % |
| Потребляемая мощность | *W* 9±10 % |
| Количество светодиодов | 9 шт |

*RDM-Garden*. Фитолампа *RDM*-27

Фитолампы *RDM* — универсальные устройства обеспечения освещения растений как в качестве дополнительного к естественному освещению [20], так и в качестве основного освещения рисунок 17.

Основные характеристики указаны, в таблице 5.

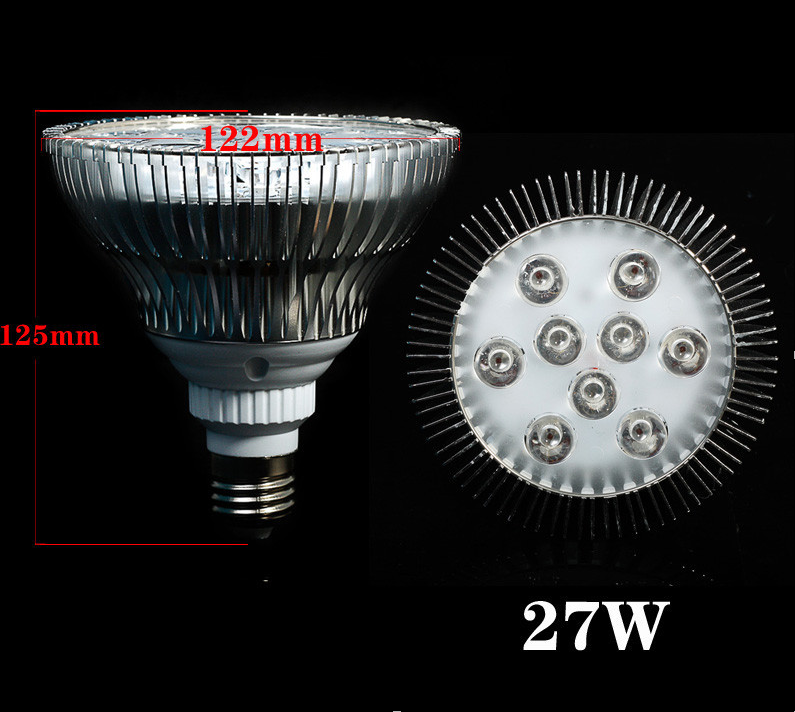


Рисунок 17. фитолампа *RDM-Garden*

Таблица 5. Характеристики фитолампы *RDM-Garden*

|  |  |
| --- | --- |
| Потребляемая мощность | 9 *W* |
| Площадь умеренного освещения | 0,27 м2 |
| Количество светодиодов | 9 шт |
| красный 660 нм | 6 шт |
| синий 445 нм | 3 шт |

Ситуация с точечными фитолампами получается такой:

* они рассчитаны на небольшую площадь подсветки;
* поможет тем растениям, которые попадут в зону площадью около 0,3 м².

**Вторая группа — линейные фитолампы**

По форме они напоминают всем нам знакомые лампы дневного света. Только начинка в них другая. Вместо паров ртути — светодиоды тех же цветов, что и у точечных фитосветильников.

Ультратонкий светодиодный светильник для растений «Фито» 18*W* 0,9м 12*V* *IP*44 *GL* от компании *HTF*, обещает освещать площадь 5-6 м² рисунок 18.



Рисунок 18. Фитолампа *GL HTF*

Фитолампа линейная светодиодная для выращивания рассады *LN*-1200 «Фито-М», 220 В

В лампе важна не просто мощность светового потока [21], а в определенном спектре! Именно поэтому не стоит обращать внимание на люксы (*Lux*) и люмены (*Lm*) в характеристиках светодиодных ламп. Нам нужен другой параметр – *PAR* (*Photosynthetically Active Radiation*), показатель фотосинтетической активной радиации. *PAR* относится к спектральному диапазону света от 400 до 700 нм. Который и участвует в фотосинтезе… Именно спектральный состав и показатель *PAR* – определяет, насколько эффективно работает та или иная лампа и насколько хорошо (быстро) будет происходить рост растения!

## Устройство полива

Для полива управлением поливом был использован насос омывателя для автомобилей 2110 [22] рисунок 19.

Основные характеристики указаны в таблице 6

Таблица 6. Характеристики насоса омывателя для ваз 2110

|  |  |
| --- | --- |
| Рабочая температура | -40С - +125С |
| Номинальное напряжение | 12В |
| Давление | 0,25 Мпа |
| Расход жидкости | Более 30 мл/с |
| Потребляемый ток | Менее 4,5 А |



Рисунок 19. Насос омывателя ваз 2110

## Реле

Реле Arduino изображенный на рисунке 20, помогает подключить приборы, для работы которых нужны большие токам или напряжения, одно из таких устройств является фитолампа. Нет возможность подключить к плате Arduino световые устройства напрямую – плата не предназначена для такой нагрузки и не сможет обеспечить работу устройства [23]. поэтому придется добавить реле, который можно встретить в сложных проект.



Рисунок 20. Реле

Реле – это шлюз, позволяющий соединить вместе электрические цепи с различным уровнем тока. Реле включает или выключает подключенные устройства, выполняя замыкания и размыкания отдельной электрический цепи, в которую подключены устройства. Технические характеристики реле в таблице .

Таблица . Технические характеристики реле

|  |  |
| --- | --- |
| Питание | 5В |
| Ток потребления | до 75 мА на каждый включённый канал |
| Время срабатывания реле | до 10 мс |
| Скорость механических переключений | до 300 операций/мин |
| Рабочая температура | -25 ... +70 °C; |
| Рабочая влажность | 45 ... 85% |

Одноканальный модуль реле имеет всего 3 контакта, подключение к Arduino происходит таким образом: *GND* – *GND*, *VCC* – +5*V*, *In* – любой аналоговый выход. Вход реле – инвертирован, так что высокий уровень на аналоговом выходе выключает катушку, а низкий – включает.

Светодиоды нужны для индикации – при загорании красного диода подается напряжение на реле, при загорании зеленого происходит замыкание.

## Осциллограф

Для считывания информации с растения будет использоваться осциллограф от компании *AKTAKOM* модели *ADS* 2061 *MV* рисунок 20.

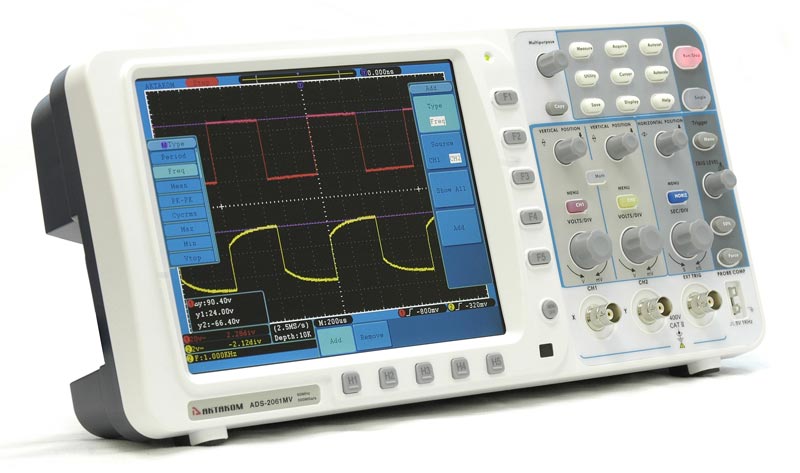


Рисунок 20. Осциллограф *AKTAKOM ADS* 2061 *MV*

Оригинальная модель двухканального цифрового запоминающего осциллографа [24], которую можно отнести к гибридным, так как конструкция прибора настольная, но настолько плоская, к тому же, прибор может работать от батареи, что это скорее гибрид настольного и портативного прибора. это первые цифровые осциллографы Актаком с глубиной записи 10 миллионов точек на каждый канал. Встроенное описание работы с прибором – отображается на экране

Имеются *VGA* выход для внешнего монитора или телевизора. Наличие этой возможности хорошее решение для применения в учебном процессе.

Два вида бесплатного (в комплекте поставки) программного обеспечения: *AKTAKOM* *DSO Soft* и более мощное - *AKTAKOM DSO-Reader Light* с расширенной обработкой сигнала, включая фильтрацию; программное прореживание; БПФ (10 типов окон); 3 типа персистенции; сохранение в форматы *AUL*, \**bmp*, \**wmf*, \**emf*; масштабирование; настройку цветовых схем; курсорные и авто измерения.

Осциллограф защищает тонкий по современным меркам корпус толщиной 7 см, устройство достаточно легкое массой в 1,8 кг. Имеет удобную конструкцию ножек с возможность установки в двух положениях. У цветного жидкокристаллического экрана диагональ 8 дюймов и разрешение 800 × 600 точек. Экран способен отобразить 65536 цветов. Прибор имеет понятный и дружелюбный интерфейс.

Место для батарей находится снизу устройства. Ресурса батареи хватает для использования осциллографа в течение нескольких часов.

## Схема подключения

На основе технической документации о используемых устройств, была составлена схема подключения, датчиков к микроконтроллеру *Arduino* рисунок 21*.*

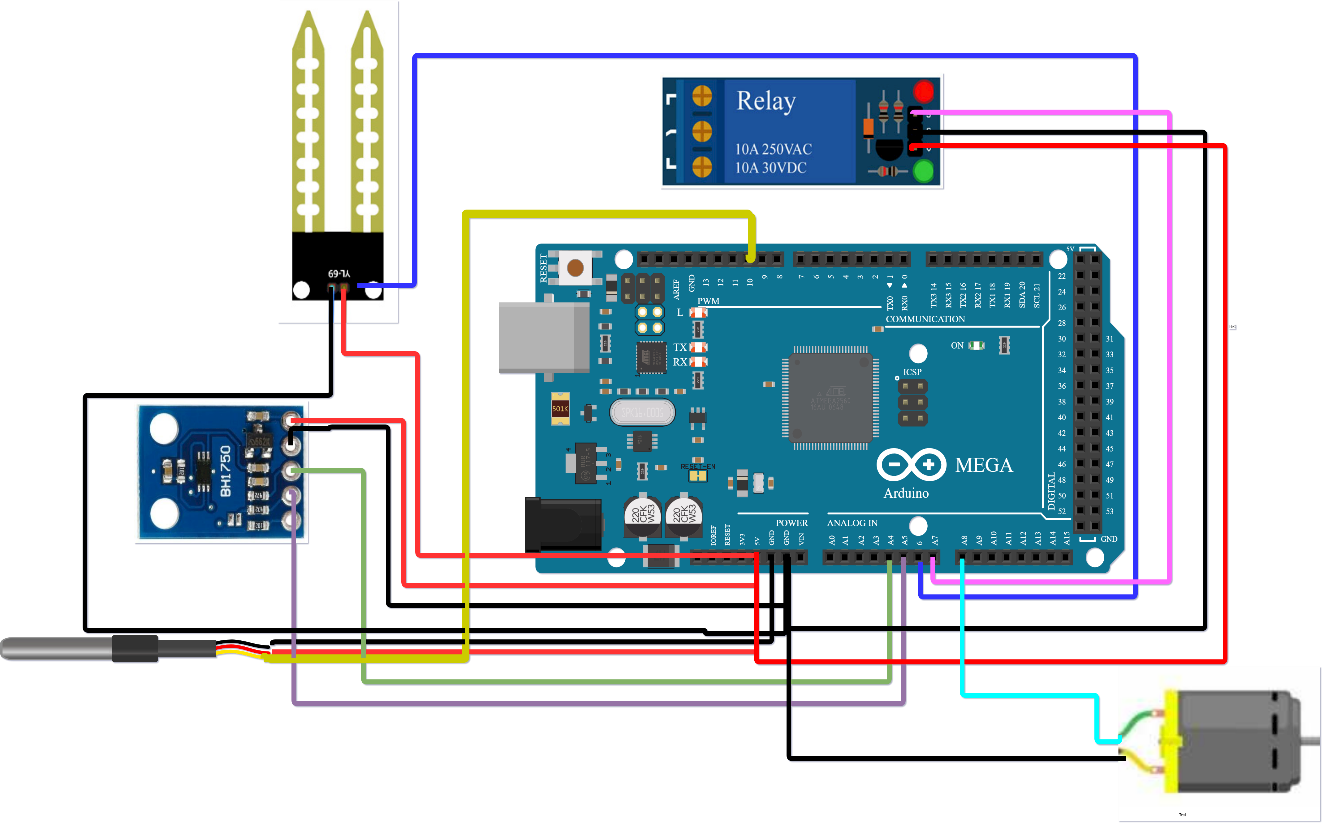


Рисунок 21. Схема подключения стенда

# программная реализация

Разработанное программное средство будет осуществлять, полив растения, включения света, а также считывание нейронных сигналов с растения при помощи осциллографа и выводить график, отображающий реакцию растения на внешние раздражители

Полив растения и включение света будет осуществлен с помощью отправляемых сигналов с компьютера, по *c*om порту на плату *Arduino*. Плата *Arduino* будет обрабатывать полученный сигнал, и отправлять команды исполняющим устройствам.

С помощью датчиков подключенных будет получена информация о температуре, влажности почвы, а также уровне освещенности. Реализовано будет с помощью контроллера *Arduino* который будет опрашивать датчики, получать от них значения, далее будет отправка этих значений по *com* порту на компьютер. По полученным значениям будет строится график функции в приложении, а так же будет происходит сохранение полученных значений в базу данных.

## Модель системы

### Логическая модель системы

Логическая модель системы описывает, что должна делать проектируемая система рисунок. На данном этапе не рассматривается, как система будет удовлетворять предъявленным требованиям. Модель требований использует такие средства, как унифицированный язык моделирования.

В настоящее время для объектно-ориентированного моделирования проблемной области широко используется унифицированный язык моделирования *UML* (*Unified* *Modeling Language*).

*Unified Modeling Language* (*UML*) — язык графического описания для объектного моделирования в области разработки программного обеспечения. UML содержит стандартный набор диаграмм и нотаций самых разнообразных видов.

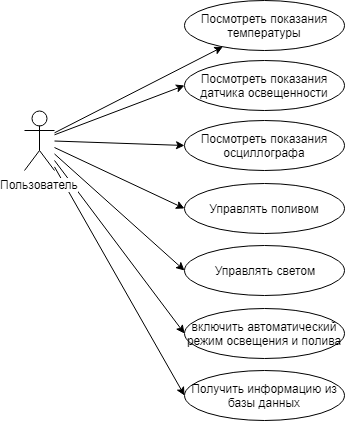


Рисунок .логическая модель системы

### Физическая модель системы

Физическая модель системы показывает, как система будет удовлетворять предъявленным к ней требованиям. Здесь представлены детализированные UML диаграммы, для основных процессов.

Для получения информации с датчиков и дальнейшей записи их в базу данных в приложении система автоматически, с определенным интервалом, опрашивает плату Arduino рисунок . Получив сигнал, микроконтроллер считывает информацию с датчиков. Получив информацию контроллер готовит её к отправке на ПК и отправляет её. Получив данные от Arduino на экране в график функции добавляются полученные значения. Эти значения Приложение отправляет на запись в базу данных.

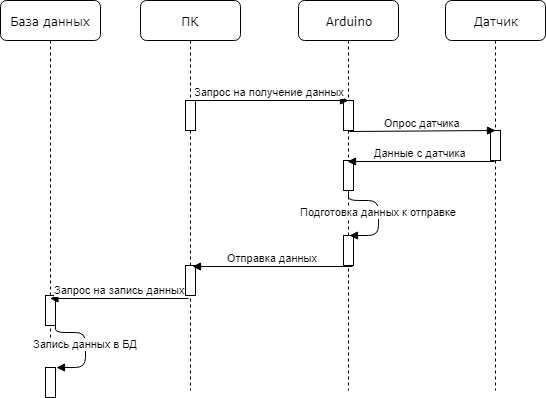


Рисунок . Декомпозиция процесса получения информации с датчиков

Декомпозицию отправки управляющих сигналов с ПК к устройствам представлено на рисунке . С ПК на Arduino отправляется управляющий сигнал. Контроллер его принимает, определяет какое действие нужно выполнить. Создает команду для исполнения и отправляет её к устройству на исполнение. После того как с ПК был отправлен управляющий сигнал, в базу данных записывается информация о том, что с ПК был запрос на исполнение данный команды

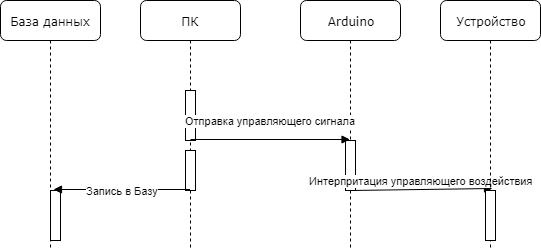


Рисунок . Декомпозиция процесса отправки управляющего сигнала

## Модель данных

Модель данных — это абстрактное, самодостаточное, логическое определение объектов, операторов и прочих элементов, в совокупности составляющих абстрактную машину доступа к данным, с которой взаимодействует пользователь. Эти объекты позволяют моделировать структуру данных [23]

### Логическая

Информация, использующаяся в проектируемой системе, хранится в базе данных системы. Логической моделью данных описываются понятия предметной области, их взаимосвязь, рисунок .

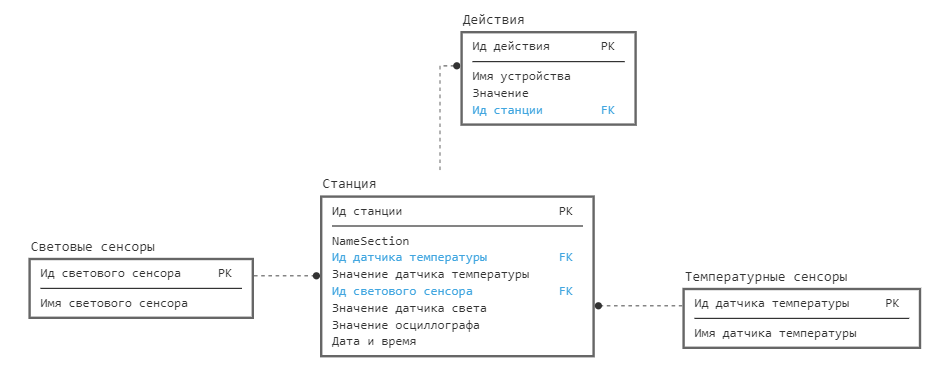


Рисунок . Логическая модель данных

Таблица «Станция» предназначена для хранения информации о тех устройствах и датчиках, которые будут отвечать за показатели на определенном участке стенда таблица 6.

Таблица 6. Описание таблицы «Станция»

|  |  |
| --- | --- |
| Поле | Описание |
| Ид Станция | Уникальный идентификатор станции |
| Название секции | Название секции |
| Ид датчика температуры | Уникальный идентификатор датчика температуры, расположенного на секции |
| Значение датчика температуры | Значение, полученное с помощью датчика температуры |
| Ид светового сенсора | Уникальный идентификатор светового сенсора |
| Значение датчика света | Значение, полученное с помощью датчика света |
| Значение осциллографа | Значение, полученное с помощью осциллографа |
| Дата и время | Дата и время, когда производился замер показателей |

Таблица Световые сенсоры предназначена для хранения информации о всех датчиках света в системе таблица 7.

Таблица 7. Описание таблицы «Световые сенсоры»

|  |  |
| --- | --- |
| Поле | Описание |
| Ид светового сенсора | Уникальный идентификатор датчика света |
| Имя светового сенсора | Название датчика света |

Таблица Температурные сенсоры температуры предназначена для хранения информации о всех датчиках температуры в системе таблица 8.

Таблица 8. Описание таблицы «Температурные сенсоры»

|  |  |
| --- | --- |
| Поле | Описание |
| Ид датчика температуры | Уникальный идентификатор датчика температуры |
| Имя датчика температуры | Название датчика температуры |

Таблица Действия предназначена для хранения действий, производимых пользователям во время работы, таблица 9.

Таблица 9. Описание таблицы «Действия»

|  |  |
| --- | --- |
| Поле | Описание |
| Ид действия | Уникальный идентификатор, соответствующий деятельности |
| Имя устройства | Имя устройства, которое совершило действие |
| Ид станции | Уникальный идентификатор станции, на которой было совершено действие |

### 4.2.2 Физическая

Данная модель рисунок представлена для СУБД *Oracle* 10.x/11.x, все названия написаны английскими буквами, все атрибуты указаны со своими типами. Данная модель является реляционной моделью, приведенной в третью нормальную форму, для используемой в проекте базы данных. Эта модель построена с помощью *SQLdbm*

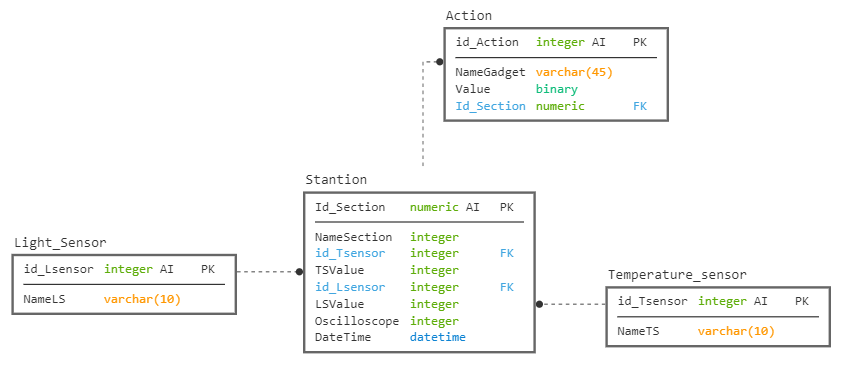


Рисунок . Физическая модель данных

## 4.3 Описание программы

Программное средство для компьютера состоит из 2 экранных форм:

* Стенд;
* История.

Одной из важных составляющих программного средства является её простой, приятный и интуитивно понятный интерфейс.

При запуске программы, открывается главная форма приложения «Стенд». Пользователю для работы с программой нужно выбрать два *com* порта, из всплывающих списков чтобы указать системе с какими портами ей работать.

После выбора портов и нажатия кнопки «подключить» происходит связь между подключенными устройствами и начинается, циклический процесс получения информации с датчиков.

На главном экране приложения рисунок , изображено четыре графика, графики заполняются автоматически, данными которые программа принимает от контроллера.

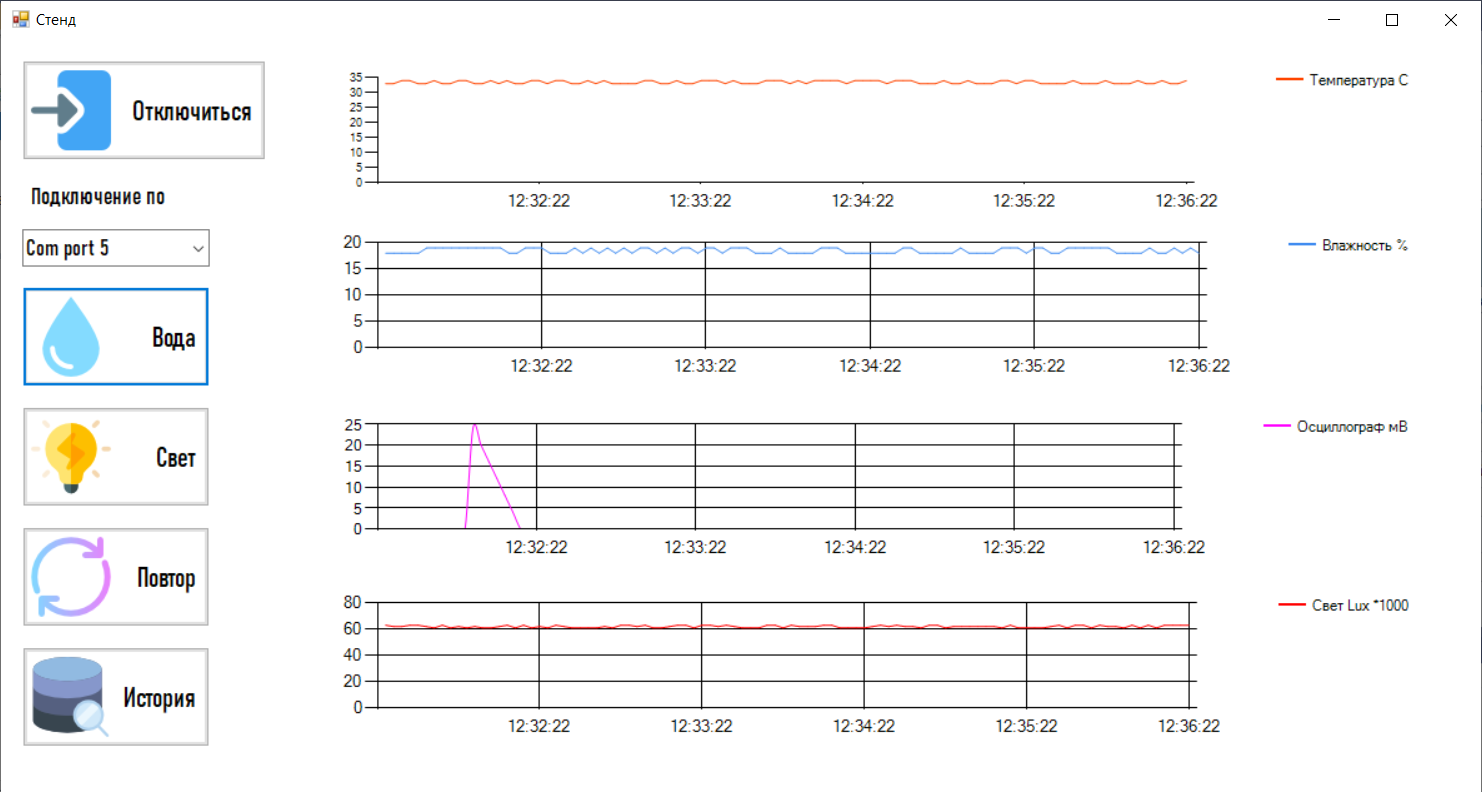


Рисунок . Главный экран приложения

Связь между программой и контроллером осуществляется с помощью библиотеки *IO.Ports*.

Программное средство отправляет управляющий сигнал, являющийся строкой. Для получения информации с обоих датчиков, используется одна команда.

После отправки сигнала о получении информации с датчиков, микроконтроллер начинает опрашивать подключенные датчики по очереди и формирует строку ответа для компьютера. Получив строку с ответом, программа, разделяет полученную информацию и начинает заполнять графики, каждый своими данными.

Опрос осциллографа происходит аналогичным методом, так как устройство может быть подключено как виртуальный com порт.

Опрос датчиков происходит в автоматическом режиме, в бесконечном цикле, активируемом по таймеру, с интервалом в 10 секунд.

Таким образом получается автоматическое заполнение графиков.

Полученные сигналы с датчиков, записываются в базу данных.

На форме присутствует пять кнопок:

* Отключится;
* Вода;
* Свет;
* Повтор;
* История.

Кнопка «Отключится» закроет соединение между осциллографом и контроллером.

По нажатию на кнопку «Вода» система посылает управляющий сигнал на контроллер. Контроллер, получив сигнал, подает напряжение на моторчик стеклоомывателя, тем самым происходит полив растения.

Такое управляющее действие тоже записывается в базу данных, для того чтобы сопоставить при анализе информации, что вызвало раздражение у растения.

При нажатии кнопки «Свет» происходит отправка управлявшего сигнала на включение в микроконтроллер. *Arduino* обрабатывая сигнал инвертирует сигнал и подает низкий логический уровень на реле, тем самым замыкая цепь.

Данные управляющие сигналы тоже записываются в базу данных.

Это сделано для того, чтобы была возможность собирать базу знаний так как будет известно, что такое внешнее раздражение вызвано именно этим действием.

Кнопка «Повтор» позволяет нам автоматизировать процесс полива и включения и выключения света. Функция повтор работает так, зная время и какие устройства были включены, система будет автоматически повторять действия пользователя, который он совершил 24 часа назад. Функция будет автоматически проверять были включено какое устройство сутки назад, и, если да оно включит его, и зафиксирует момент включения, для следующего дня.

Нажимая кнопку, «История», открывается вторая форма приложения рисунок .

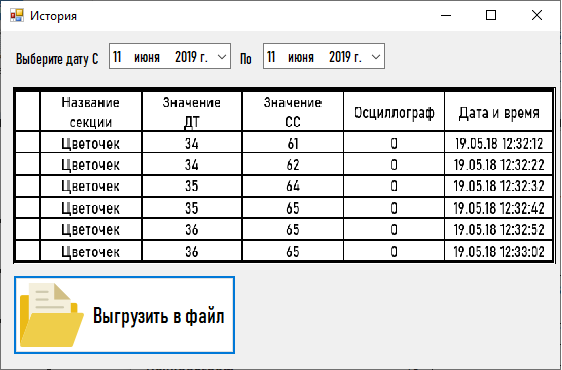


Рисунок . Вторая форма приложения

На форме находится таблица, в которой находятся значения, сохраненные в базе данных.

На окне находятся два компонента *timedatapicker* c помощью которых настраивается период, за который выводятся показатели датчиков.

На форме так же располагается кнопка «Выгрузить файл» по нажатию которой открывается окно для выбора пути сохранения файла, в который будут записаны показания датчиков за выбранный период.

Написания кода для контроллера происходила в специальной интегрированной среде разработки с названием «*Arduino* *IDE*». Данная среда разработки создана специально для программирования микроконтроллеров на базе *Arduino*. Так же она содержит в себе большую базу примеров кода, для работы с подключаемыми компонентами.

Написание приложения для персонального компьютера было написано на я зыке программирования *C*#.

*C*# — простой, современный объектно-ориентированный и тип безопасный язык программирования. *C*# относится к широко известному семейству языков *C*.

*C*# является объектно-ориентированным языком, но поддерживает также и компонентно-ориентированное программирование, модель программирования на основе свойств, методов и событий. Каждый компонент имеет атрибуты, предоставляющие декларативные сведения о компоненте, а также встроенные элементы документации. *C*# предоставляет языковые конструкции, непосредственно поддерживающие такую концепцию работы. Благодаря этому *C*# отлично подходит для создания и применения программных компонентов.

# Заключение

Описание стенда и че на нем в итоге можно делать будет, тут про задел на магистерскую работу, с возданием нейро сети

И какое развитие будет у системы

# Список литературы

1. Обратная связь [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2012 ― Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/083/233.htm>, свободный (дата обращения 26.04.19)
2. Устройства управления мехатронных систем/роботов [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2018 ― Режим доступа: [https://ru.wikiversity.org/wiki/](https://ru.wikiversity.org/wiki/%D0%A3%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC/%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2)Устройства\_управления\_мехатронных\_систем/роботов, свободный (дата обращения 26.04.19)
3. Решетников А.Г. Оптимизация процессов интеллектуального управления на основе генетических алгоритмов с дискретными ограничениями: Диссертация … Доцента/ГУД ― М, 2012. ― 39 с.
4. Станислав Исаков. Как работает нейронная сеть: алгоритмы, обучение, функции активации и потери [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2018 ― Режим доступа: https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/osnovy-nejronnyh-setej-algoritmy-obuchenie-funkcii-aktivacii-i-poteri/, свободный (дата обращения 29.04.19)
5. Дарвин Ч. Насекомоядные растения — Соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. ― с 170 ―191.
6. Бос Д.Ч. Избранные произведения по раздражимости растений ― М.: Наука, 1964. ― с 56 ―79.
7. Опритов В.А, Пятыгин С.С, Ретивин В.Г. Биоэлектрогенез у высших растений. М.: Наука, 1991.
8. Опритов В.А.// Соровский образовательный журнал. 1996. N10. ― с 22 ―26.
9. Arduino Mega 2560 [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2017― Режим доступа: http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560, свободный (дата обращения 13.05.19)
10. Getting Started with Arduino and Genuino MEGA2560 [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2017 ― Режим доступа: https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560, свободный (дата обращения 13.05.19)
11. Цифровой термометр DS18B20 [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2018 ― Режим доступа: <https://wiki.iarduino.ru/page/cifrovoy-termometr-trema-modul/>, свободный (дата обращения 15.05.19)
12. Arduino и цифровой датчик температуры DS18B20 [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2018 ― Режим доступа: http://arduino-diy.com/arduino-tsifrovoy-datchik-temperatury-DS18B20, свободный (дата обращения 15.05.19)
13. Подключаем BH1750 датчик освещенности Gy-30,Gy-302 к Arduino [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2018 ― Режим доступа: https://lesson.iarduino.ru/page/podklyuchaem-bh1750-datchik-osveschennosti-gy-30-gy-302-k-arduino/, свободный (дата обращения 16.05.19)
14. Люкс [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2016 ― Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/люкс, свободный (дата обращения 16.05.19)
15. ArturosTV. Умная теплица на Ардуино. Первые шаги. [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2017 ― Режим доступа: https://pikabu.ru/story/umnaya\_teplitsa\_na\_arduino\_pervyie\_shagi\_4992726, свободный (дата обращения 18.05.19)
16. Виктор Петин. Умная теплица на arduino- делаем первые шаги [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2016 ― Режим доступа: https://playarduino.ru/uroki-arduino/umnaya-teplitsa-na-arduino-delaem-pervye-shagi/, свободный (дата обращения 18.05.19)
17. Владимир Марченко. Фитолампы для рассады – какую выбрать и почему [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2019 ― Режим доступа: https://www.ogorod.ru/ru/ogorod/seedling/10025/Fitolampy-dlya-rassady-%E2%80%93-kakuyu-vybrat-i-pochemu.htm, свободный (дата обращения 20.05.19)
18. Ирина. Выбираем фитолампу для рассады [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2017 ― Режим доступа: https://7dach.ru/irindom/vybiraem-fitolampu-dlya-rassady-110168.html, свободный (дата обращения 20.05.19)
19. Светодиодная фитолампа для растений E27 9 PLT 9W 220V SPOT (FITO) [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2017 ― Режим доступа: http://ekaled.ru/svetodiodnaya-fitolampa-dlya-rastenij-e27-9-plt-9w-220v-spot-fito-, свободный (дата обращения 20.05.19)
20. Фитолампа RDM-27 для рассады [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2016 ― Режим доступа: https://tiu.ru/p58045600-fitolampa-rdm-dlya.html, свободный (дата обращения 20.05.19)
21. ФИТО-ЛАМПА СВЕТОДИОДНАЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ LN-1200 "ФИТО-М" [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2016 ― Режим доступа: https://ug-servis.su/p248790361-fito-lampa-svetodiodnaya.html, свободный (дата обращения 20.05.19)
22. Насос омывателя ВАЗ-2110 [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2015 ― Режим доступа: https://www.avtoall.ru/nasos\_omyvatelya\_vaz\_2110\_gaz\_zil\_12v\_2\_5atm\_\_kzae-033693/, свободный (дата обращения 22.05.19)
23. Подключение реле к Ардуино [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2015 ― Режим доступа: https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/podklyuchenie-rele-k-arduino/, свободный (дата обращения 23.05.19)
24. ADS-2061MV Осциллограф цифровой [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2015 ― Режим доступа: http://www.aktakom.ru/kio/index.php?SECTION\_ID=1053&ELEMENT\_ID=40137, свободный (дата обращения 23.05.19)
25. Модель данных [Электронный ресурс] — Электрон. Текст ­ — 2018 ― Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Модель\_данных, свободный (дата обращения 26.05.19)