

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Системное программное обеспечение вычислительных машин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту
на тему
СИСТЕМА ПОЛИВА ДОМАШНИХ РАСТЕНИЙ

БГУИР КП 1–40 02 01 01 527 ПЗ

Студент

А.П. Холупова

Руководитель

В.А. Ковшик

МИНСК 2021

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет: ФКСиС. Кафедра: ЭВМ.

Специальность: 40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети».

Специализация: 40 02 01-01 «Проектирование и применение локальных компьютерных сетей».

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ЭВМ
_____ Б.В.Никульшин
«____» _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ
по курсовому проекту студента
Холуповой Анастасии Павловны

1 Тема проекта: «Система полива домашних растений».

2 Срок сдачи студентом законченного проекта: 10 декабря 2021 г.

3 Исходные данные к проекту: Разработать схему электрическую структурную, электрическую функциональную и электрическую принципиальную системы полива домашних растений.

4 Содержание пояснительной записки (перечень вопросов, которые подлежат разработке):

Введение 1. Обзор источников. 2. Разработка структурной схемы. 3. Разработка функциональной схемы. 4. Разработка принципиальной схемы. Заключение. Список использованной литературы. Приложения.

5 Перечень графического материала (с точным обозначением обязательных чертежей и графиков):

5.1 Система полива домашних растений. Схема электрическая структурная.

5.2 Система полива домашних растений. Схема электрическая функциональная.

5.3 Система полива домашних растений. Схема электрическая принципиальная.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов дипломного проекта	Объем этапа, %	Срок выполнения этапа	Примечания
Подбор и изучение литературы. Сравнение аналогов.	10	14.09 – 29.09	
Разработка структурной схемы	15	30.09 – 10.10	
Разработка функциональной схемы	25	10.10 – 28.10	
Разработка принципиальной схемы	30	29.10 – 15.11	
Оформление пояснительной записки	15	16.11 – 09.12	

Дата выдачи задания: 14.09.2021

Руководитель

В. А. Ковшик

ЗАДАНИЕ ПРИНЯЛ К ИСПОЛНЕНИЮ

А. П. Холупова

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ.....	6
1.1 Постановка задачи	6
1.2 Анализ аналогов	6
2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ	9
3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ	11
4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ	15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	29
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ А Ведомость документов	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Система полива домашних растений. Схема электрическая структурная	32
ПРИЛОЖЕНИЕ В Система полива домашних растений. Схема электрическая функциональная.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Система полива домашних растений. Схема электрическая принципиальная	34

ВВЕДЕНИЕ

Многие увлекаются выращиванием комнатных растений. Это занятие - не только интересное, но и вполне полезное хобби. Оно успокаивает нервную систему, отлично снимает стрессы, дает толчок к самоусовершенствованию и новым познаниям. Успеха в выращивании комнатных растений можно достичь только при систематическом их поливе. Но ведь сделать это не всегда возможно. Командировки, работа, множество других причин, которые не позволяют поливать растения в определенное время. Идеально для решения этой проблемы подходит система автоматизированного полива. Имея такую систему, не стоит беспокоиться за состояние домашних растений во время отпуска или командировки. Вы можете быть уверены, что ваши растения получают необходимое количество питательной влаги.

Вы можете выбрать капельницы для внутрипочвенного полива растений или дозаторы для капельного полива растений. Также вы можете настроить индивидуальный объем жидкости в дозаторах. Ухаживая за комнатными растениями, особое внимание нужно уделять правильному поливу, так как недостаток или излишек воды может привести к их гибели.

На сегодняшний день автоматические системы полива являются незаменимым помощником каждого, у кого есть домашние растения. Это приспособление необходимо как в повседневной жизни, так и в экстренных ситуациях наподобие командировки и отпуска.

1 ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ

1.1 Постановка задачи

Разработать устройство способное обеспечить своевременный автоматический полив комнатных растений.

Контролировать процесс автоматического полива проще всего с помощью фотодатчика и датчика влажности. Как только оба датчика сообщат о необходимости полива, по управляющему сигналу сработает электронасос и осуществится полив растений.

1.2 Анализ аналогов

Многие сталкиваются с ситуацией, когда домашние растения погибают от нехватки влаги. Люди зачастую забывают о поливе домашних растений или просто не имеют возможности сделать это в определённой ситуации, поэтому хорошим решением становится автоматизировать процесс полива комнатных растений, ведь на данный момент существуют разные варианты систем, которые могут взять на себя эту обязанность. Также такие системы полива просто необходимы во время путешествий или командировок.

На данный момент существует множество вариантов систем автоматического полива с датчиком влажности, таймером, различных видов и размеров. Хотелось бы отдельно рассмотреть следующие варианты:

- Микрокапельные устройства автоматического полива — для коллекции растений в одном помещении подойдут микрокапельные системы автоматического полива. Это домашние аналоги садово-огородных систем. Подача и выключение воды в таких устройствах происходит в заданное время благодаря встроенному таймеру. Оптимальный вариант для дома или квартиры со средней коллекцией до 30 растений — системы микрокапельного полива с резервуаром. Из резервуара выходит множество трубочек, по которым вода поступает к капельницам. Последние бывают пластиковыми или с керамическим наконечником, который втыкается непосредственно в грунт.

- Керамические конусы — в среде цветоводов популярны керамические конусы. Это своеобразные "морковки", от которых отходят пластиковые трубочки. "Морковка" втыкается в горшок, а конец трубочки опускается в резервуар с водой. При этом процесс подачи воды не контролируется вручную. Влага поступает из сосуда под давлением каждый раз при высыхании земли.

Судить о практичности подобного приема автополила однозначно нельзя. Производители заявляют о бесперебойной работе системы, единственное условие – своевременно наполнять резервуар водой. Любители комнатных цветов не всегда остаются удовлетворёнными. Периодически возникают ситуации, когда конус засоряется и автополив растений

прекращается, то есть контроль над процессом все же необходим. Решением о предупреждении засора станет перенос резервуара с водой на более высокое место, тогда придется следить, чтобы не было переизбытка увлажнения почвы с комнатным растением. Одним словом проблемы те же, что и с системой полива комнатных растений, сделанной своими руками.

– Шары-клизмы — внешне "клизмы" выглядят как шарообразные колбы с поливочными пипетками, которые наполняются водой и вставляются в горшок. Когда грунт начинает высыхать, кислород поступает в ножку колбы и выталкивает необходимое растению количество воды.

– Кашпо с автополивом - изделие представляет комплект из двух емкостей: во внутренней находится комнатное растение, внешняя содержит воду, которая поступает к корневой системе через специальные фитили.

Обычно кашпо оснащено индикатором воды, поэтому следить за уровнем жидкости и необходимостью долива не представляет сложностей. Горшок с автополивом можно приобрести для растения любых размеров, от компактных фиалок до шикарного ветвистого фикуса. Набор включает: внешнее кашпо, тару под комнатное растение, резервуар для воды, индикатор уровня влажности, буферный слой.

Порядок сборки достаточно прост. После высадки потребуется 3 месяца, чтобы корни растения достигли дна и смогли самостоятельно обеспечивать себя влагой. При необходимости можно приобрести высокие кашпо, где вставная емкость дает возможность не наполнять тару субстратом на всю глубину.

Самые миниатюрные размеры кашпо с автополивом составляют 10-13 см, такие модели востребованы в офисах для размещения на рабочем столе. Для комнатных растений внушительных размеров стоит присмотреться к кашпо, которые предназначены для использования на полу. Все горшки с автополивом обладают легким весом.

Модели больших размеров оснащены подставкой с колесиками, которая выдерживает вес до 180 кг. Данный элемент чрезвычайно удобен при необходимости передислокации комнатного растения. Благодаря наличию на дне горшка углублений, конструкция с колесиками прочно стыкуется и надежно скрывается под кашпо.

Запустить в действие систему автополива достаточно просто. Алгоритм действий включает следующие шаги:

- предварительно дно горшка с автополивом заполняется специальным субстратом, который отлично дозирует подачу влаги;
- засыпается часть почвосмеси, подходящей для данного комнатного растения;
- высаживается само растение;
- остальной объем емкости заполняется остатками грунта;
- на протяжении 12 недель растение поливают обычным способом, чтобы корни достигли дна;
- по истечении отведенного времени резервуар заполняют водой, после чего можно полностью переходить на систему автополива;

- производители заявляют о способности кашпо с автополивом поддерживать нужный уровень влажности комнатного цветка на протяжении 3 месяцев.

Пример кашпо с автополивом приведён на рисунке 1.1.

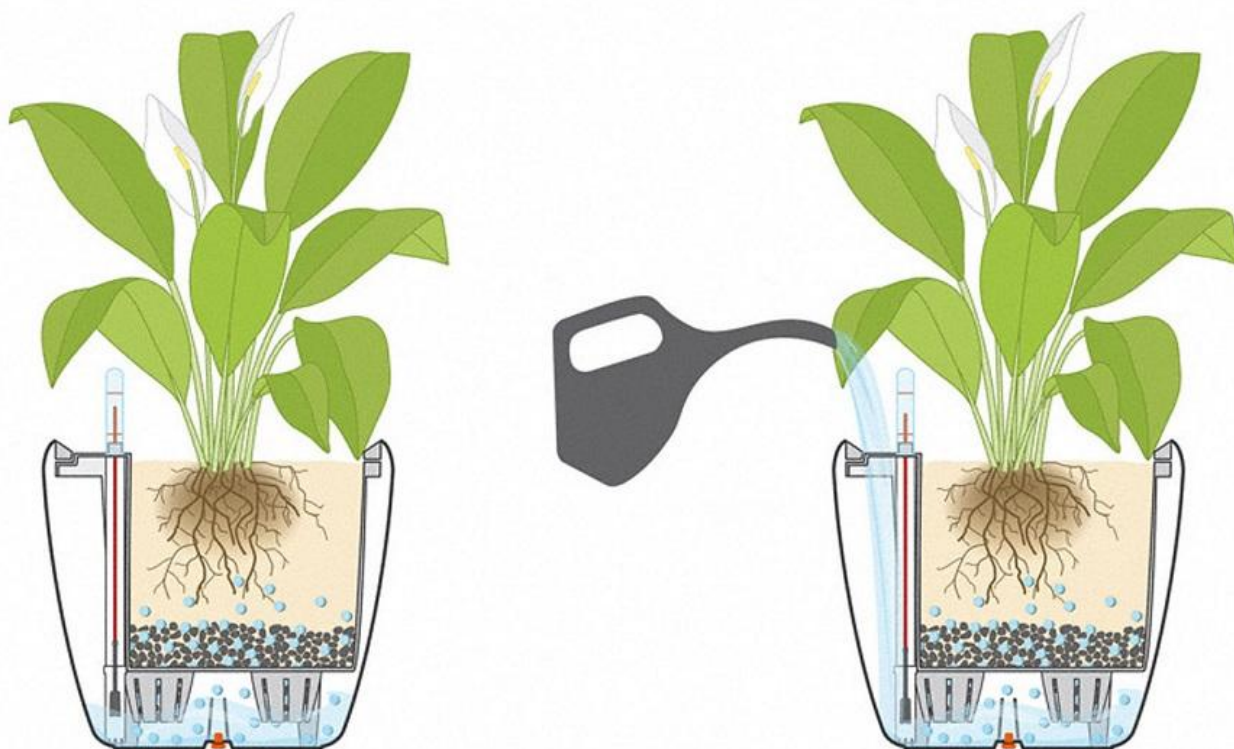


Рисунок 1.1 – Кашпо с автополивом

У кашпо с автополивом есть замечательная особенность: его можно размещать не только в помещении, но и выставлять на открытое пространство. Пластик, из которого изготовлен горшок, устойчив к УФ излучению, механическим воздействиям и не боится низких температур. Дно корпуса содержит сливное отверстие, закрытое пробкой. При эксплуатации кашпо с автополивом на улице пробка удаляется. Эта мера предотвратит риск переувлажнения почвы с комнатным растением во время естественных осадков. Излишки дождевой воды будут свободно выходить наружу.

Очередное достоинство – сменный внутренний блок с ручками. Эта конструкция позволяет без труда пересаживать растения или формировать корневую систему.

В заключение следует отметить, что выбор того или иного варианта автополива зависит от количества комнатных цветов. Для регулярного автополива лучше остановиться на готовых микрокапельных системах, которые подключаются к центральному водопроводу или оснащены резервуаром. Также можно выбрать для комнатных растений кашпо с автополивом.

2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

Обычно, простой автомат для полива домашних растений представляет собой датчик влажности и схему, включающую полив, если в горшке сухо. Таким образом, полив может происходить довольно часто. Но есть растения, которым такой режим полива вреден, их нужно поливать значительно реже.

В данном курсовом проекте разрабатывалась схема автомата именно на такой случай. Автомат состоит из таймера, датчика влажности, датчика освещённости и выходного реле, которое включает насос. Предполагается, что поливать растение нужно не водопроводной водой, а отстоянной. Поэтому нужно установить ёмкость с этим раствором и накачивать жидкость для полива из него. Автомат имеет два датчика, отвечающих за выбор времени полива: фотодатчик и датчик влажности.

В общем случае работу аппарата можно описать так: регистрируется освещённость при помощи фотодатчика и влажность почвы с помощью датчика влажности. Если два фактора срабатывают (освещённость уменьшилась и земля в горшке сухая), происходит полив растения, благодаря срабатыванию насоса. Данный процесс условно представлен на рисунке 2.1.

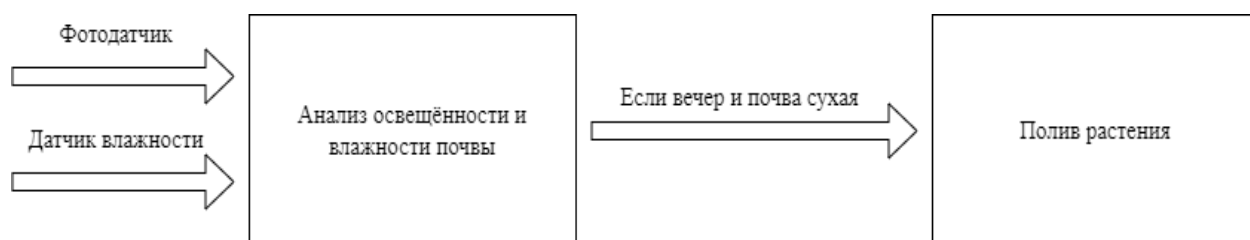


Рисунок 2.1 – Работа системы автополива

В данном устройстве можно выделить 6 основных блоков:

- блок фотодатчика;
- триггер Шмитта;
- блок датчика влажности;
- блок таймера насоса;
- блок управления насосом;
- блок насоса.

Блок фотодатчика отвечает за отслеживание времени суток, так как автомат будет производить полив в вечернее время. На выбор можно использовать различные элементы: фотодиод, фоторезистор, фототранзистор. В данной работе использовался фотодиод.

Самый полезный полив растений происходит именно вечером. За прохладную ночь до утра вода успевает хорошо впитаться. При поливе утром, если ожидается жаркий солнечный день, изрядное количество воды может просто испариться.

Блок датчика влажности почвы отвечает за отслеживание

увлажнённости почвы. Полив не будет происходить, если почва достаточно увлажнена.

Уход за растениями заключается в трех правилах: растения нельзя заливать, их нужно вовремя пересаживать и подкармливать. Зачастую садоводов преследует одна небольшая, но очень важная ошибка: неправильная дозировка полива. Недолив, если растение не засохло, не страшен и даже стимулирует цветение, а вот при переливе из почвы исчезает кислород, корни задыхаются, гибнут. И кроме этого, с дренажом уходят элементы питания.

Триггер Шмитта на выходе выдаёт прямоугольный сигнал, который требуется нам для чёткого определения времени (если вечернее время суток, можно производить полив растения).

Блок таймера насоса отвечает за время работы насоса. Это необходимо, чтобы не переувлажнить почву, но при этом дать ей достаточное количество влаги.

Блок управления насосом отвечает за сам включение и выключение двигателя насоса.

Блок насоса отвечает за сам полив растения. Данный блок может корректно выполнять свои функции только при исправной работе всех предыдущих блоков. Для запуска двигателя насоса требуется срабатывание таймера насоса, достаточная увлажнённость почвы, уменьшение светового потока (наступление вечернего времени дня).

Структурная схема представлена в приложении Б.

3. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Это раздел пояснительной записки, дающий ключ к пониманию процессов, протекающих в проектируемом устройстве.

Функциональная схема представлена в приложении В.

Первый блок представленного устройства для полива растений – блок фотодатчика. Фотодатчик представлен фотодиодом, вольтамперная характеристика которого приведена на рисунке 3.1.

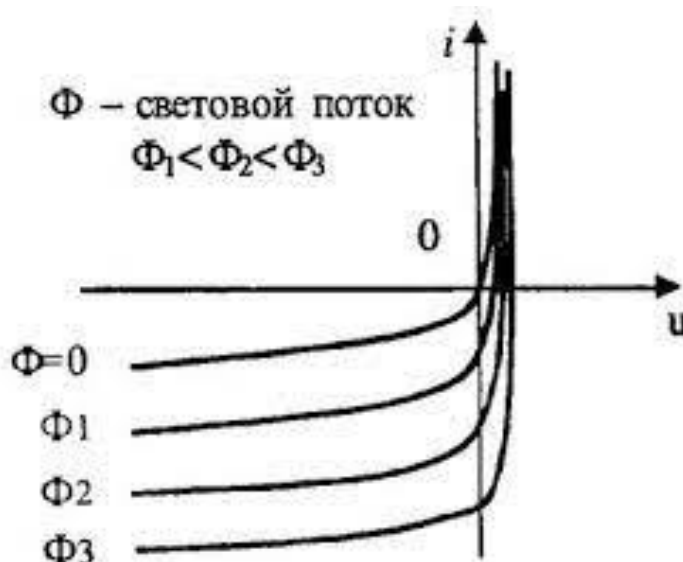


Рисунок 3.1 – Вольтамперная характеристика фотодиода

Для корректной работы данного прибора необходимо отслеживать время суток. Это происходит при помощи фотодатчика - фотодиода, который преобразует попавший на его фоточувствительную область свет в электрический заряд. Далее сигнал поступает на второй блок - триггер Шмитта, построенный на элементах микросхемы К561ЛЕ5.

Триггер Шмитта - импульсное устройство с двумя устойчивыми состояниями. Особенность триггера в том, что он меняет состояние при определенном значении напряжения входного сигнала. Значения входных сигналов для перехода от высокого напряжения к низкому и наоборот различны. Разность между этими напряжениями называют напряжением гистерезиса.

Третий блок – блок датчика влажности. Для его включения в цепь используются два конденсатора, которые развязывают цепь электродов датчика влажности. С помощью датчиков происходит измерение сопротивления почвы. Грунты любого рода — песок, глина, чернозем — в абсолютно сухом состоянии обладают большим удельным сопротивлением, то есть являются практически непроводниками тока. Это справедливо для грунтов как с малым, так и с большим содержанием растворимых веществ, ибо, как известно, сухие соли, безводные кислоты и основания в твердом виде тока не проводят. Если же грунт увлажнить, то сопротивление его

уменьшится в десятки и даже сотни раз благодаря растворению в воде солей, кислот и оснований, содержащихся в грунте, а также за счет проводимости самой воды. Изменение удельного сопротивления грунта в зависимости от содержания в нем влаги представлено на рис 3.2.

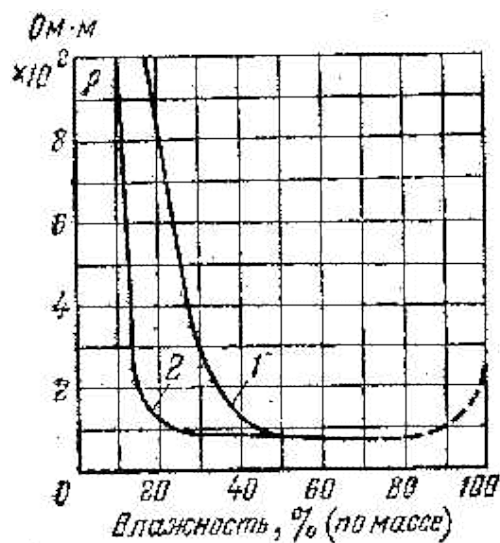


Рисунок 3.2 – Изменение удельного сопротивления грунта в зависимости от содержания в нем влаги

Четвёртый блок – таймер насоса. На выходе триггера Шмитта получаем прямоугольные импульсы большой длительности (рис.3.3 а). Данные импульсы, проходя через блок датчика влажности, превращаются в короткие импульсы (рис.3.3 б). Эти импульсы через конденсатор поступают на вход элемента DD1.3 серии К561ЛЕ5 блока таймера насоса. Туда же, через резистор R8, поступает некоторый уровень постоянного напряжения (рис.3.3 в) с делителя напряжения, образованного резисторами R7 и R6.

Когда общий уровень напряжения на входе DD1.3 (рис.3.3 г) достигает порога срабатывания (отмечено точкой), запускается таймер на элементах DD1.3, DD1.4. Длительность управляющего импульса на выходе DD1.4 определяется постоянной времени RC-цепи. Постоянную времени можно регулировать при помощи подбора сопротивления резистора и ёмкости конденсатора.

Пятый блок – блок управления насосом. Данный блок представлен силовым ключом на транзисторах. Когда силовой ключ открыт, ток протекает по цепи и включается двигатель насоса.

Шестой блок – блок насоса. Данный блок представлен двигателем насоса, а также светодиодом и пьезоэлектрическим звукоизлучателем, которые активируются, когда запускается двигатель насоса.

Для того, чтобы аппарат смог самостоятельно работать длительное время, нужно было решить, как автоматизировать доставку воды к растениям. В промышленных поливальных установках для этих целей используется либо

электромеханические клапаны, либо насосы. Недостаток электромеханического клапана в том, что ему требуется некоторый напор

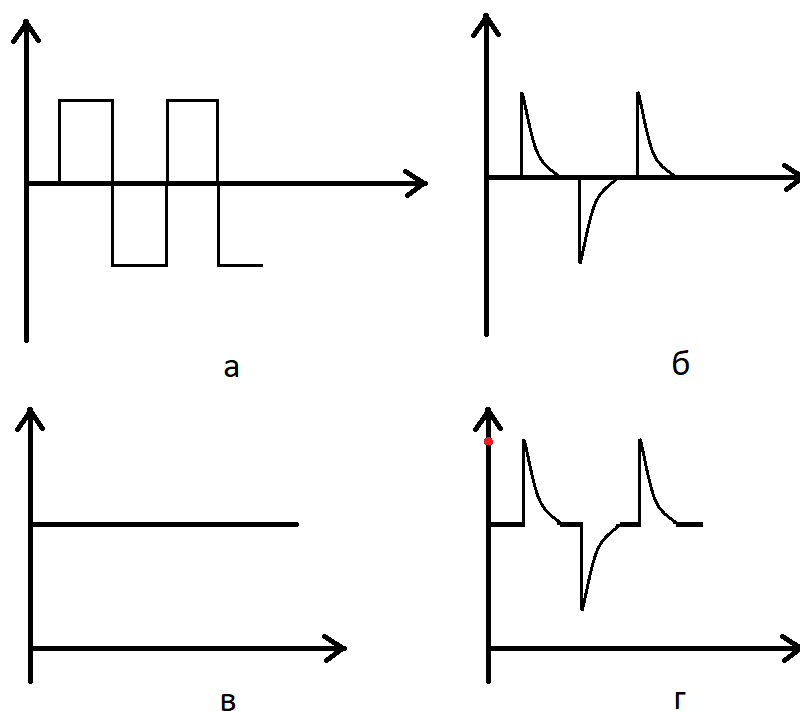


Рисунок 3.3 – Графики импульсов

воды. Следовательно, пришлось бы поднимать сосуды с водой выше уровня вазонов. Поднимать большой объём воды сложно и опасно.

Подключить аппарат к водопроводу нельзя, так как вода для полива не должна содержать хлора, то есть должна быть отстоянной. Дело в том, что в водопроводной воде много нерастворимых солей, которые накапливаются на в почве, на поверхности корней. Поэтому считается, что в отстоянной воде нерастворимые соли оседают на дне. Кроме того, полив такой "жесткой водой" может привести к изменению pH в большую сторону, что категорически не приемлемо для культур, растущих только в кислой почве (например, чай растет при pH 4-5). Лучше, конечно, использовать дождевую или талую снеговую воду для полива растений, но в городских условиях эта вода очень загрязнена выхлопами автотранспорта и выбросами предприятий по сравнению с взятой в загородном лесном массиве.

Также при отъезде даже не несколько дней, водопроводные вентили следует перекрывать, так как это единственный способ снять с себя ответственность при прорыве труб. Исходя из всех требований, выбор пал на водяной насос, так как он может качать воду снизу вверх. При этом любая течь сможет проявить себя только в очень короткие промежутки времени, а именно тогда, когда происходит полив. За считанные минуты, небольшая протечка воды вряд ли может нанести большой ущерб. Если же случится авария и насос не выключится, то намного проще разорвать цепь питания схемы управления насосом, чем перекрыть воду перед заклинившим электромеханическим клапаном.

В конце очередного светового дня сопротивление фотодиода увеличивается и на выходе DD1.2 появится положительный фронт импульса. Далее через диод импульс последует к блоку индикации влажности и на вход DD1.3 блока таймера насоса. Если влажность почвы снизилась до заранее установленного предела, то амплитуды вышеупомянутого импульса хватит для запуска таймера, который в свою очередь запустит насос.

Для того чтобы снова запустить насос, необходимо, чтобы были выполнены два условия. Первое – фотодатчик должен переключить выход DD1.2 с низкого уровня на высокий. Второе – сопротивление почвы должно быть достаточно высоко, чтобы обеспечить необходимую амплитуду импульса на входе DD1.3. Амплитуда этого импульса также зависит от положительной составляющей напряжения на входе DD1.3, которая определяется делителем напряжения на резисторах R7 и R6.

4. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Это основной раздел пояснительной записки, дающий ключ к пониманию работы проектируемого устройства, а также информацию об обработке цифровых и аналоговых сигналов согласно назначению устройства.

Функциональная схема представлена в приложении Г.

Логика данного устройства построена на работе микросхемы К561ЛЕ5 (рис. 4.1). Микросхема К561ЛЕ5 содержит по четыре двухвходовых базовых элемента ИЛИ с инверсией выходного сигнала. Аналогами данной микросхемы являются микросхемы К176ЛЕ5 и CD4001А.

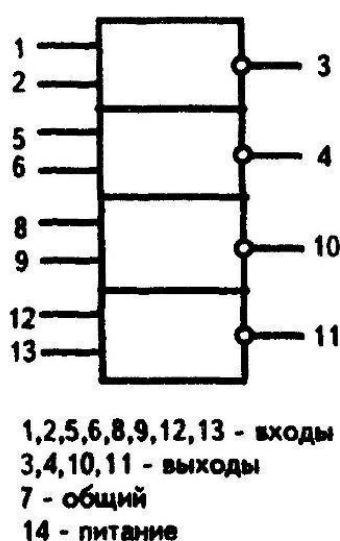


Рисунок 4.1 – Входы и выходы К561ЛЕ5

Рассмотрим внутреннюю структуру двухвходового логического элемента ИЛИ-НЕ (рис. 4.2). Основу этого элемента составляют два транзистора структуры МОП с индуцированным каналом р-типа VT1 и VT2 и два транзистора с каналом n-типа VT3 и VT4. Резисторы и диоды являются вспомогательными и в нормальной работе элемента участия не принимают.

При подаче на оба входа напряжения, близкого к нулю (лог. 0), транзисторы VT3 и VT4 закрыты, транзисторы VT1 и VT2 открыты и соединяют выход элемента с источником питания. На выходе элемента напряжение близко к напряжению источника питания (лог. 1). Если на один из входов, например вход 1, подать лог. 1, транзистор VT2 закроется, транзистор VT4 откроется и соединит выход элемента с общим проводом, на выходе элемента появится лог. 0. Такой же результат будет при подаче лог. 1 на вход 2 или при подаче лог. 1 на оба входа одновременно.

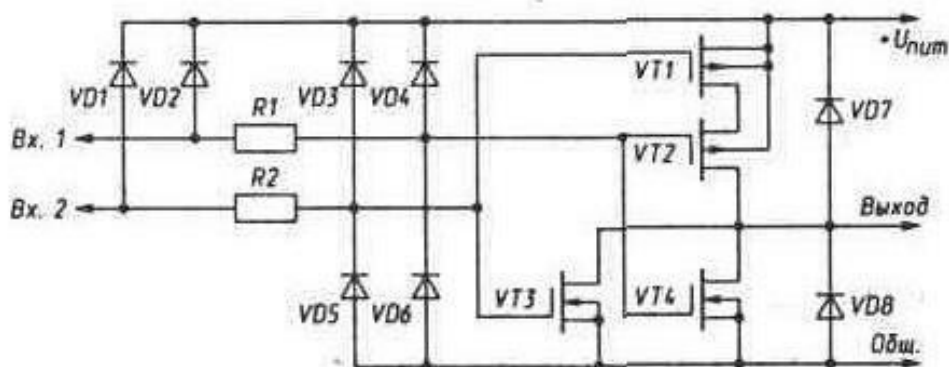


Рисунок 4.2 – Внутренняя структура двухвходового логического элемента ИЛИ-НЕ

Таким образом, изображенный на схеме рисунке 4.2 элемент выполняет функцию ИЛИ-НЕ на два входа. Для увеличения числа входов элемента увеличивают число последовательно соединенных транзисторов с каналом р-типа и параллельно соединенных транзисторов с каналом п-типа. Для построения элементов с функцией И-НЕ транзисторы с каналом р-типа соединяют параллельно, с каналом п-типа - последовательно.

На рисунке 4.3 приведена статическая переключательная характеристика инвертирующего МОП-элемента - зависимость его выходного напряжения от входного. Как видно из зависимости, переключение элемента происходит при входном напряжении, близком к половине напряжения питания. Диоды VD7 и VD8 (рис. 4.2) являются неотъемлемой частью МОП-транзисторов, диоды VD1 - VD6 и резисторы R1 и R2 специально вводятся в состав элемента для защиты МОП-транзисторов от статического электричества.

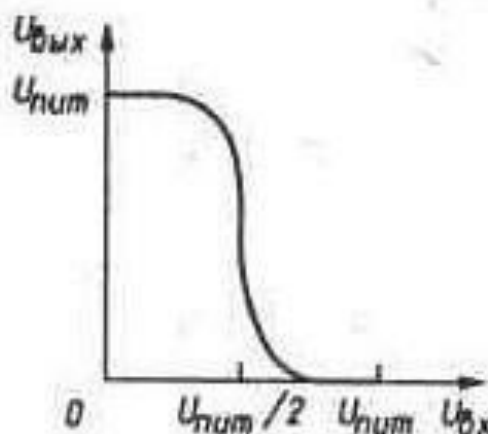


Рисунок 4.3 – Статическая переключательная характеристика инвертирующего МОП-элемента

При превышении входным напряжением напряжения источника питания открываются диоды VD1 - VD4, что исключает подачу на затворы транзисторов напряжения, превышающего напряжение питания. При

снижении входного напряжения до уровня, более низкого, чем потенциал общего провода, открываются диоды VD5 и VD6. В микросхемах серии K176 первых выпусков для защиты входов использовались диоды-стабилитроны с напряжением включения порядка 30 В, которые устанавливались вместо VD5 и VD6.

Логика работы элемента микросхемы K561ЛЕ5 следующая. При подаче на оба входа напряжения низкого уровня, т.е. нуля, транзисторы VT1 и VT2 оказываются открытыми, а VT3 и VT4 закрытыми. То есть на выходе оказывается напряжение высокого уровня, т.е. единица. Если на какой-либо вход подать напряжение высокого уровня (1), то на выходе микросхемы K561ЛЕ5 будет напряжение низкого уровня (0), т.к. один из транзисторов VT1, VT2 будет закрыт, а один из VT3, VT4 открыт. Девиз логического элемента ИЛИ-НЕ — единица на любом входе даёт ноль на выходе. Таблицу истинности микросхемы K561ЛЕ5 в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Таблица истинности микросхемы K561ЛЕ5

ВХОДЫ						ВЫХОДЫ					
1	2	5	6	8	9	12	13	3	4	10	11
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

В таблице 4.2 приведены электрические параметры K561ЛЕ5.

Таблица 4.2 – Таблица электрических параметров микросхемы K561ЛЕ5

Электрические параметры	Значение
Напряжение питания	3-15 В
Выходное напряжение низкого уровня	$\leq 0,01$ В
Выходное напряжение высокого уровня: при $U_{\text{п}} = 10$ В	$\geq 9,99$ В
Выходное напряжение высокого уровня: при $U_{\text{п}} = 5$ В	$\geq 4,99$ В
Максимальное выходное напряжение низкого уровня: при $U_{\text{п}} = 10$ В	$\leq 2,9$ В

Таблица 4.2 – Таблица электрических параметров микросхемы К561ЛЕ5

Максимальное выходное напряжение низкого уровня: при $U_{\text{п}} = 5 \text{ В}$	$\leq 0,95 \text{ В}$
Минимальное выходное напряжение высокого уровня: при $U_{\text{п}} = 10 \text{ В}$	$\geq 7,2 \text{ В}$
Минимальное выходное напряжение высокого уровня: при $U_{\text{п}} = 5 \text{ В}$	$\geq 3,6 \text{ В}$
Ток потребления: при $U_{\text{п}} = 10 \text{ В}$	$\leq 5 \text{ мкА}$
Ток потребления: при $U_{\text{п}} = 5 \text{ В}$	$\leq 0,5 \text{ мкА}$

В таблице 4.3 приведены предельно допустимые режимы эксплуатации К561ЛЕ5.

Таблица 4.3 – Таблица предельно допустимых режимов эксплуатации микросхемы К561ЛЕ5

Предельно допустимые режимы эксплуатации	Значение
Напряжение питания	3-15 В
Напряжение на входах	$-0,2-(U_{\text{п}+0,2}) \text{ В}$
Максимальная потребляемая мощность при $t 25^\circ \text{С}$	150 мВт
Максимальный допустимый ток на один (любой) вывод	10 мА
Температура окружающей среды	$-45 - +85^\circ \text{С}$

Для регулирования времени полива растений требуется фотодатчик, которым могут служить фотодиод, фототранзистор или фоторезистор. В данной работе роль фотодатчика выполняет фотодиод VD1.

Для того, чтобы выбрать оптимальный элемент на роль фотодатчика, ниже были рассмотрены плюсы и минусы всех трёх элементов.

Фоторезистор — это полупроводниковый прибор (датчик), который при облучении светом изменяет (уменьшает) своё внутреннее сопротивление. В отличие от фотоэлементов других типов (фотодиодов и фототранзисторов) данный прибор не имеет р-п перехода. Это значит, что фоторезистор может проводить ток независимо от его направления и может работать не только в цепях постоянного тока, где присутствует постоянное напряжение, но и с переменными токами.

Пример строения фоторезистора представлен на рисунке 4.4.

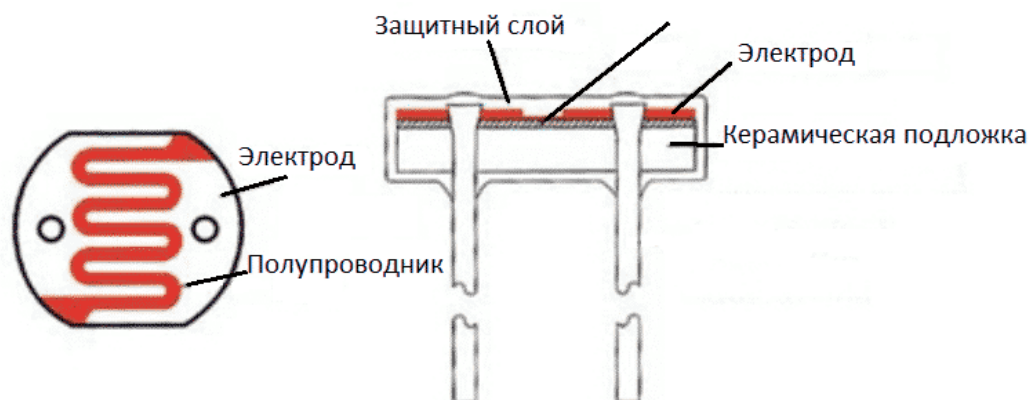


Рисунок 4.4 – Строение фоторезистора

Принцип работы фоторезистора: в неактивном состоянии полупроводник проявляет свойства диэлектрика. Для того, чтобы он проводил ток, необходимо воздействие на вещество внешнего стимулятора. Таким стимулятором может быть термическое воздействие или световое.

Под действием фотонов света полупроводник насыщается электронами, в результате чего он становится способным проводить электрический ток. Чем больше электронов образуется, тем меньшее сопротивление току оказывает полупроводниковый материал.

Главное преимущество фоторезистора – практически линейная зависимость сопротивления от освещенности, поэтому их удобно использовать в аналоговых приборах – датчиках и измерителях освещенности.

Недостатки фоторезисторов:

- достаточно высокие сопротивления, с которыми не всегда удобно работать (к примеру, ТТЛ микросхемы цифровой техники напрямую не смогут управляться таким резистором – слишком «грубые» их входы не смогут работать с делителями, собранными на сопротивлениях большого номинала: на это способны только микросхемы КМОП, собранные на полевых транзисторах);

- достаточно низкая, по сравнению с другими типами фотоэлементов, чувствительность;

- низкая скорость реакции на свет. При частоте световых импульсов выше килогерца форма электрического сигнала на фоторезисторе неудовлетворительна.

Фототранзисторы являются твердотельными полупроводниками с внутренним усилением, применяемым для передачи цифровых и аналоговых сигналов. Этот прибор выполнен на основе обычного транзистора.

Аналогами фототранзисторов являются фотодиоды. Их принцип действия похож на работу фоторезистора.

Пример строения фототранзистора представлен на рисунке 4.5.

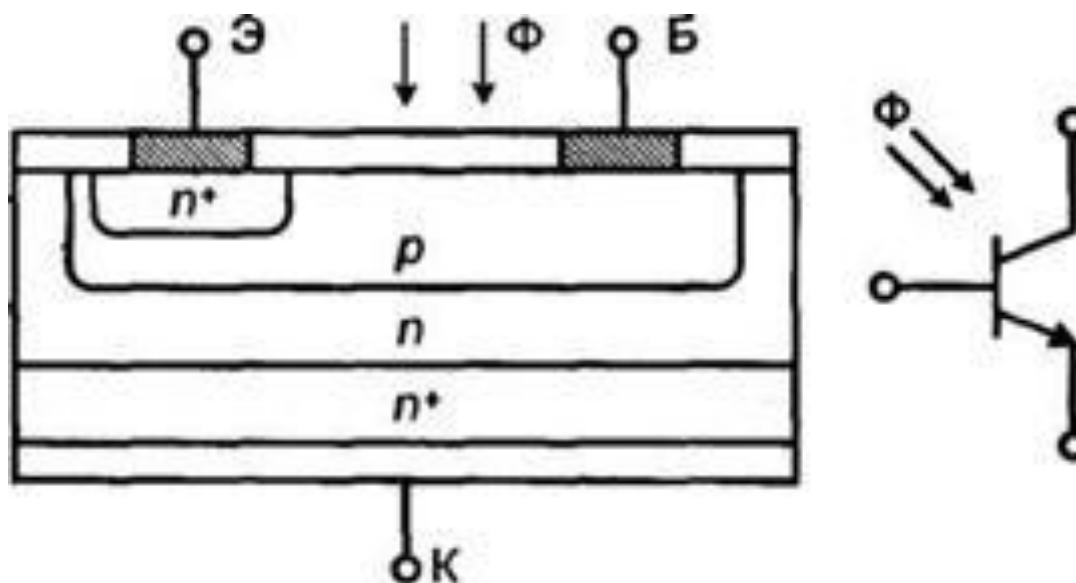


Рисунок 4.5 – Строение фототранзистора

Принцип действия: транзистор включает в себя базу, коллектор и эмиттер. При функционировании фототранзистора база не включена в работу, так как свет создает электрический сигнал, который дает возможность протекать току по полупроводниковому переходу.

При нерабочей базе переход коллектора транзистора смещается в обратном направлении, а переход эмиттера в прямом направлении. Прибор остается без активности до тех пор, пока луч света не осветит его базу. Освещение активизирует полупроводник, при этом создавая пары дырок и электронов проводимости, то есть носители заряда. В итоге через коллектор и эмиттер проходит ток.

Преимущества:

- способны создать мгновенную высокую величину тока выхода;
- способность создания повышенного напряжения;
- невысокая стоимость.

Фототранзисторы являются аналогом фотодиодов, однако имеют серьезные недостатки, которые создают условия для узкой специализации этого полупроводника.

Недостатки — низкое быстродействие, поэтому эти приборы непригодны для применения в качестве приемников излучения в высокоскоростных оптоволоконных линиях связи. Также недостаток фототранзисторов — относительно большой темновой ток.

Недостатки:

- многие виды фототранзисторов изготавливают из кремния, поэтому они не могут работать с напряжением более 1 кВ;
- такие светочувствительные полупроводники имеют большую

зависимость от перепадов напряжения питания в электрической цепи, в таких режимах фотодиод ведет себя гораздо надёжнее;

- малая скорость носителей заряда.

Исходя из минусов фототранзистора и фоторезистора, было принято решение использовать фотодиод — приёмник оптического излучения, который преобразует попавший на его фоточувствительную область свет в электрический заряд за счёт процессов в р-п-переходе.

Режим фотогенератора осуществляется без источника электропитания. Наиболее распространены фотогенераторы, созданные на базе кремния — дешевого, распространенного, хорошо изученного. Обладают невысокой стоимостью, но их КПД достигает всего 20%. Более прогрессивными являются пленочные элементы.

Пример строения фотодиода изображён на рисунке 4.6.

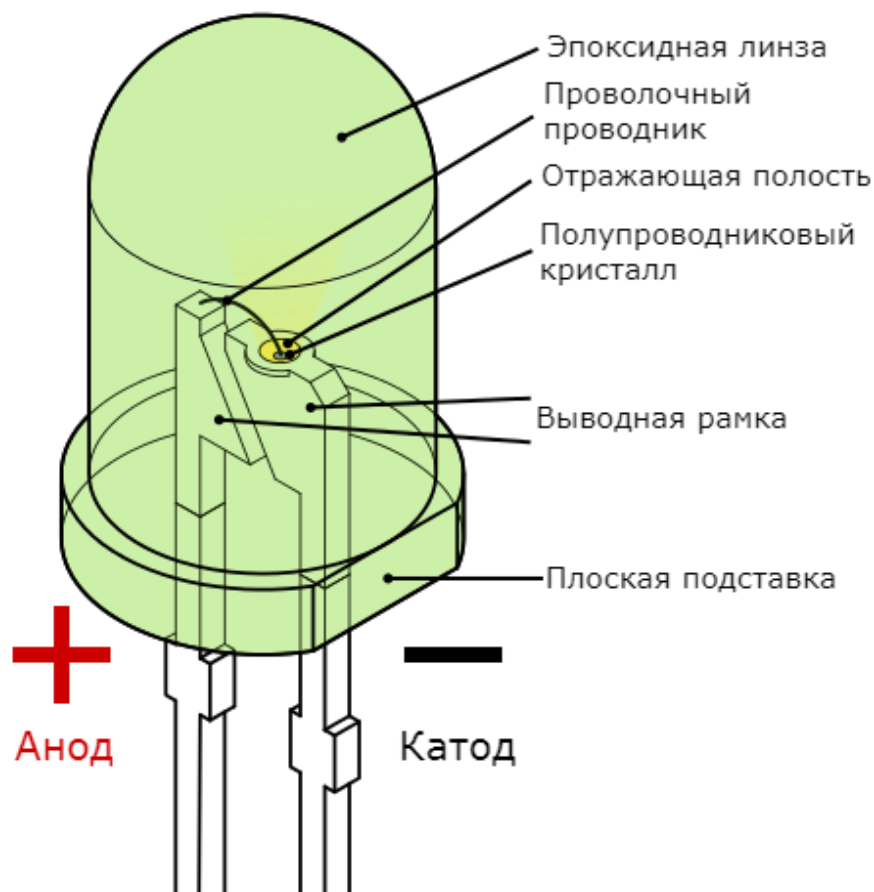


Рисунок 4.6 – Строение фотодиода

При эксплуатации фотодиода рабочий интервал температуры окружающей среды должен составлять от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Вместе с резистором R1 фотодиод VD1 образует делитель напряжения. Конденсатор C1 является помехоподавляющим.

На элементах микросхемы DD1.1 и DD1.2 серии K561ЛЕ5 построен триггер Шмитта. Когда освещённость уменьшается, сопротивление фотодиода VD1 увеличивается и на выходе элемента DD1.2 появляется высокий уровень. Резистор R2 создаёт необходимый гистерезис усилителю сигнала фотодатчика для обеспечения надёжного переключения.

Триггер Шмитта – это схема, обладающая парой стабильных выходных состояний, которые под действием входного сигнала сменяют друг друга скачком, то есть на выходе получается именно прямоугольный сигнал.

Характерная особенность триггера Шмитта заключается в наличии определенного диапазона между уровнями напряжений для входного сигнала, при выходе напряжения входного сигнала за который происходит переключение на выходе данного триггера с низкого уровня — на высокий и наоборот. Данное свойство триггера Шмитта называется гистерезисом, а участок характеристики между пороговыми входными значениями — областью гистерезиса. Разница между верхним и нижним пороговыми значениями для входа триггера Шмитта определяет ширину области его гистерезиса, которая служит мерой чувствительности триггера. Чем шире область гистерезиса — тем менее чувствителен триггер Шмитта, чем уже область гистерезиса — тем его чувствительность выше.

На рисунке 4.7 показан принцип работы триггера Шмитта.

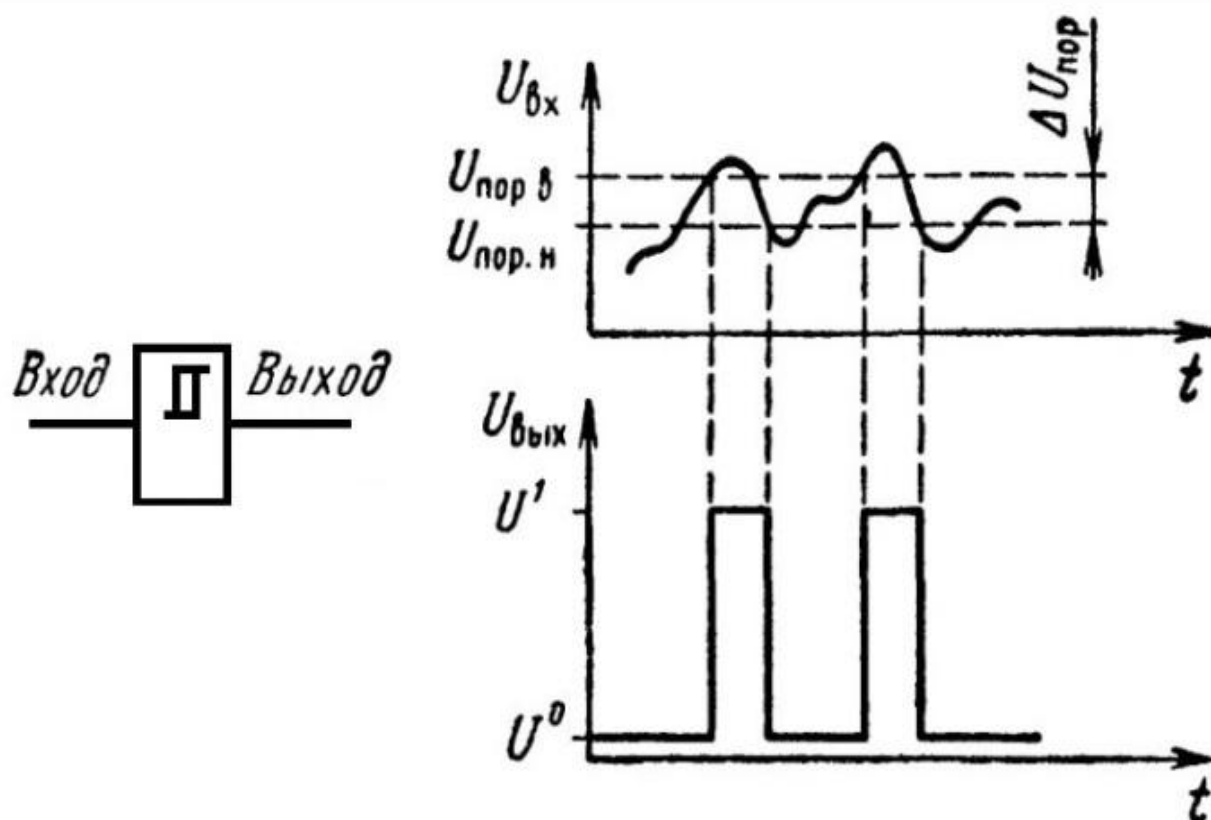


Рисунок 4.7 – Принцип работы триггера Шмитта

Здесь представлены передаточная и временная характеристики. При уровне входного сигнала $U_{вх}$ ниже нижнего порога срабатывания $U_{пор.н}$, на

выходе триггера Шмитта — тоже, соответственно, напряжение низкого уровня U_0 , близкое к нулю.

В процессе нарастания напряжения входного сигнала $U_{вх}$, его значение сначала достигает нижней границы области гистерезиса $U_{пор.н}$, нижнего порога, при этом на выходе как и прежде ничего не изменяется. И даже когда входное напряжение $U_{вх}$ заходит в область гистерезиса, и в течение некоторого времени находится внутри нее, то на выходе все равно ничего не происходит — на выходе по-прежнему напряжение низкого уровня U_0 . Но как только уровень входного напряжения $U_{вх}$ сравнивается с верхним порогом области гистерезиса $U_{пор.в}$ (области срабатывания) — выход триггера скачком переходит в состояние высокого уровня напряжения U_1 . Если входное напряжение $U_{вх}$ будет продолжать нарастать дальше (в пределах допустимого для микросхемы), выходное напряжение $U_{вых}$ изменяться уже не будет, так как достигнуто одно из двух устойчивых состояний — высокий уровень U_1 .

Для контроля направления электрического тока можно использовать полупроводниковый диод, его применение обеспечивает ровный ток. Данную роль в данном проекте выполняет диод VD2.

Полупроводниковый электрический диод — это устройство, которое выполнено из полупроводниковых материалов (как правило, из кремния) и работает только с односторонним потоком заряженных частиц. Основным компонентом является кристаллическая часть, с р-п переходом, которая подключена к двум электрическими контактами. Трубки вакуумного диода имеют два электрода: пластину (анод) и нагретый катод.

Полупроводниковые или выпрямительные диоды имеют довольно простой принцип работы. Диод изготовлен из кремния таким образом, что один его конец р-типа, а другой конец типа n. Это означает, что оба контакта имеют различные характеристики. На одном наблюдается избыток электронов, в то время как другой имеет избыток отверстий. Естественно, в устройстве есть участок, в котором все электроны заполняют определенные пробелы. Это означает, что внешние заряды отсутствуют. В связи с тем, что эта область обедняется носителями заряда и известна как объединяющий участок. На рисунке 4.8 представлен принцип работы диода.

Несмотря на то, что объединяющий участок очень мал, (часто его размер составляет несколько тысячных долей миллиметра), ток не может протекать в нем в обычном режиме. Если напряжение подается так, что площадь типа р становится положительной, а тип n, соответственно, отрицательной, отверстия переходят к отрицательному полюсу и помогают электронам перейти через объединяющий участок. Точно так же электроны движутся к положительному контакту и как бы обходят объединительный. Несмотря на то, что все частицы движутся с разным зарядом в разном направлении, в итоге они образуют однонаправленный ток, что помогает выпрямить сигнал и предупредить скачки напряжения на контактах диода.

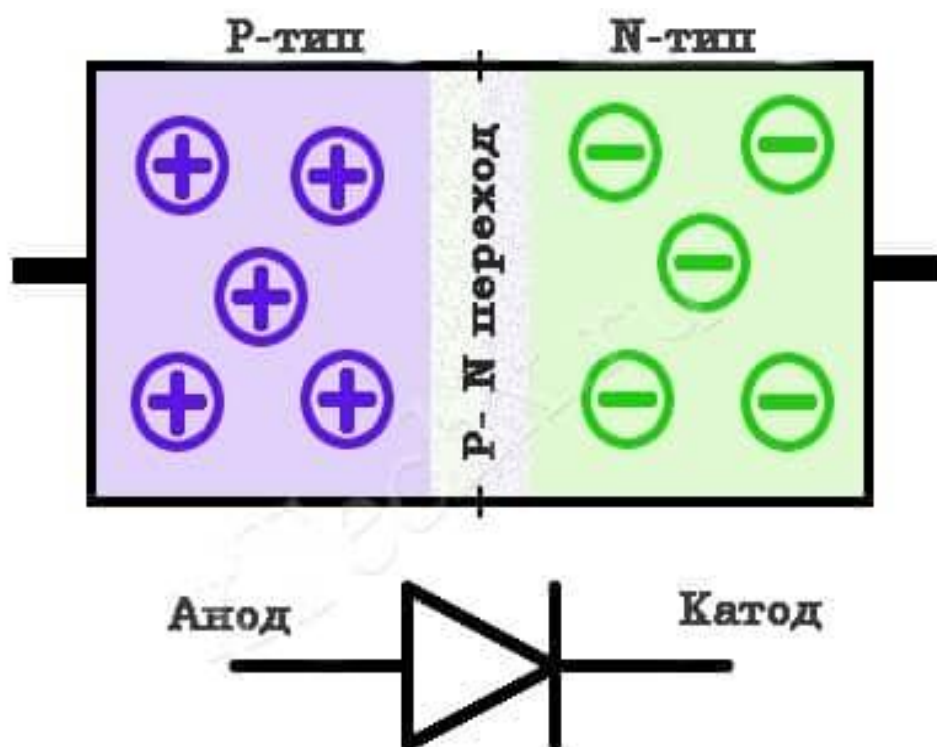


Рисунок 4.8 — Принцип работы диода

Если напряжение прикладывается к полупроводниковому диоду в противоположном направлении, ток не будет проходить по нему. Причина заключается в том, что отверстия привлекаются отрицательным потенциалом, который находится в области р-типа. Аналогично электроны притягиваются к положительному потенциалу, который применяется к области n-типа. Это заставляет объединяющий участок увеличиваться в размере, из-за чего поток направленных частиц становится невозможным.

За диодом VD2, контролирующим направление тока, следует резистор R3, ограничивающий выходной ток схемы. Резистор R4 позволяет регулировать амплитуду выходного сигнала, устанавливает порог срабатывания. Для юстировки автомата достаточно вставить электроды датчика влажности почвы в горшок, почва которого уже требует полива, и установить резистор R4 в такое положение, при котором только-только начнёт мигать светодиод VD3.

Конденсаторы C2 и C4 разделительные. Они не пропускают в измерительную цепь постоянный ток, которые генерирует почва. Между данными конденсаторами находятся электроды датчика влажности. Помимо данных элементов, в блоке датчика влажности находятся конденсатор C3 и резистор R5. Конденсатор C3 является помехозащищающим. Резистор R5 определяет максимальное входное сопротивление измерительной цепи. Оба эти элемента снижают чувствительность датчика, но их отсутствие может привести к ложным срабатываниям.

Подстроечным резистором R8 через делитель напряжения на резисторах R6 и R7 устанавливается начальное смещение на входе элемента DD1.3 типа К561ЛЕ5.

Таймер выполнен по очень простой схеме на элементах DD1.3 и DD1.4 микросхемы типа К561ЛЕ5 с RC-цепью. Цепь, задающая интервал состоит из резистора R9 и конденсатора C5.

Конденсатор C5 включается параллельно. При работе таймера его замыкает и разряжает, что происходит быстро, а вот зарядка конденсатора C5 длительная, она происходит через резистор R9 большого сопротивления. Время заряда конденсатора определяет время работы таймера.

Приблизительный расчёт времени срабатывания таймера производится по формуле $t = 0,7CR$, где t – время в секундах, C – ёмкость в микрофарадах, R – сопротивление в мегомах.

Резистор R10 ограничивает выходной ток схемы.

Транзисторы VT1 и VT2 – силовой ключ управления насосом. Когда схема находится в дежурном режиме конденсатор C5 уже заряжен через резистор R9. Напряжение на C5 на уровне логической единицы. При этом на выходе элемента DD1.4 будет логический ноль, и транзистор VT2 будет закрыт. Когда на выходе DD1.4 логическая единица, ключ на транзисторах VT1 и VT2 открывается и подает ток на двигатель насоса, пьезоэлектрический звукопередатчик и светодиод VD3, которые сигнализируют о работе насоса. В данной работе светодиод является одним из элементов, отвечающих за индикацию работы насоса.

Светодиод — это полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.

Излучаемый светодиодом свет лежит в узком диапазоне спектра, то есть светодиод изначально излучает практически монохроматический свет — в отличие от лампы, излучающей более широкий спектр, от которой определённый цвет свечения можно получить лишь применением светофильтра. Спектральный диапазон излучения светодиода в основном зависит от типа и химического состава использованных полупроводников и ширины запрещённой зоны.

Пример строения светодиода изображён на рисунке 4.9.

Светодиод является низковольтным прибором. Для индикаторных видов напряжение питания должно составлять 2-4 В при токе до 50 мА. Диоды для освещения потребляют такое же напряжение, но их ток выше — достигает 1 Ампер. В модуле суммарное напряжение диодов оказывается равным 12 или 24 В.

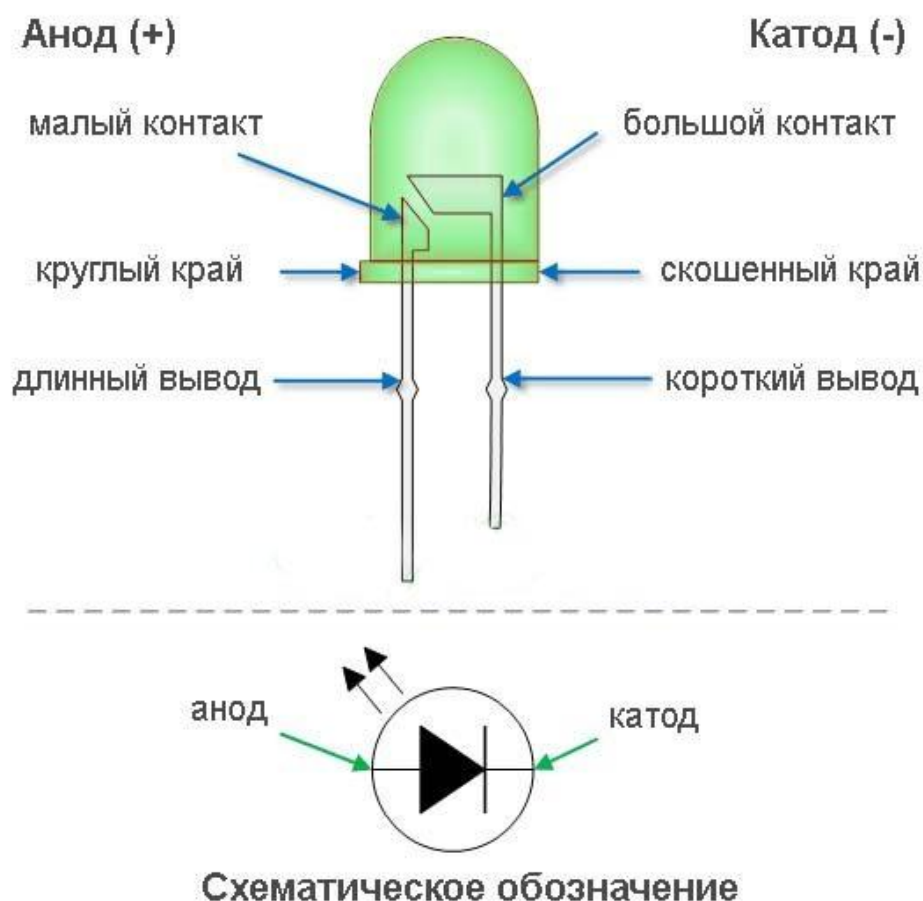


Рисунок 4.9 – Строение светодиода

Элемент FU является предохранителем плавки – это компонент одноразового применения, который защищает источник тока от излишней нагрузки. Они входят в состав практически всех электросетей. Это устройство состоит из отрезка проволоки, сечение которого рассчитано на прохождение тока определенной величины. При возникновении чрезмерной нагрузки в цепи, плавкий элемент расплавляется и разрывает цепь.

Плавкие предохранители включают в промежуток электрической цепи таким образом, что по ним проходит общий ток нагрузки этой цепи. До превышения верхней границы тока проволоочный элемент теплый, либо холодный. Но, при появлении в цепи значительной нагрузки или возникновения короткого замыкания величина тока значительно повышается, расплавляет плавкий проволоочный элемент, что приводит к автоматическому разрыву цепи.

Пример строения плавкого предохранителя изображён на рисунке 4.10.

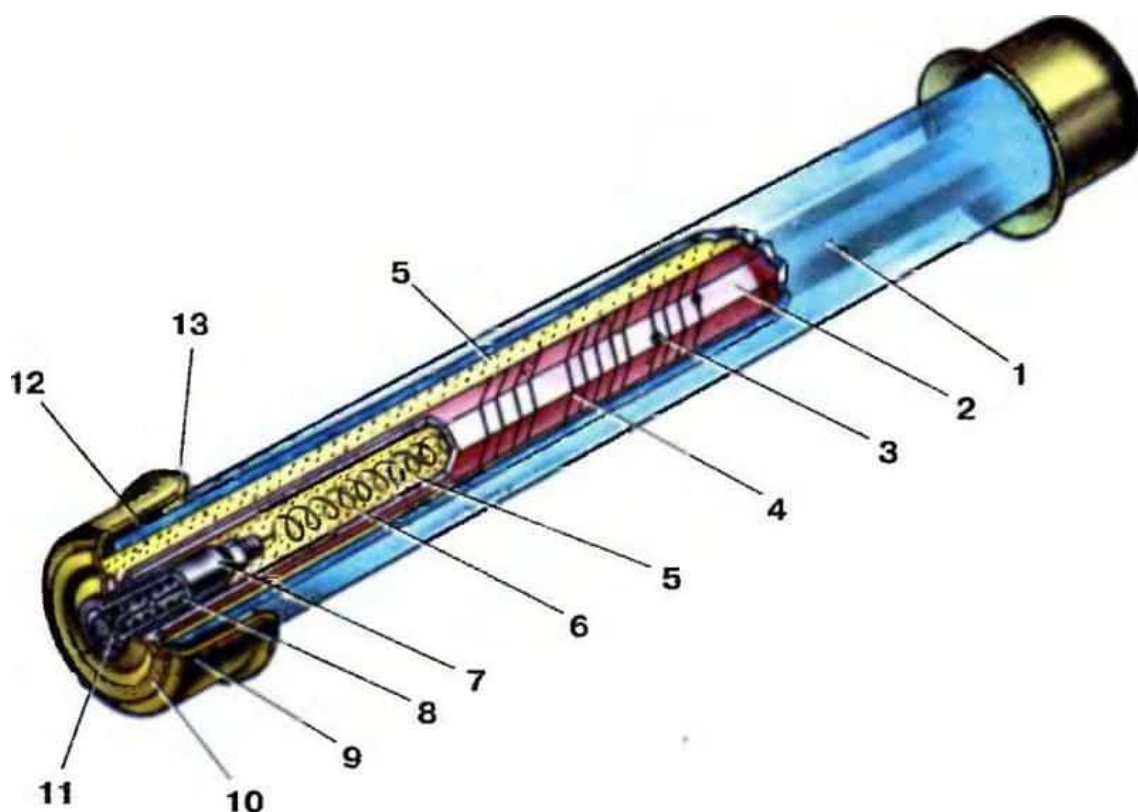


Рис. 4.10 - Строение плавкого предохранителя

Цифрами на рисунке обозначено:

- 1 – патрон;
- 2 – плавкая пластина;
- 3 – шарики из олова;
- 4 – плавкая вставка;
- 5 – кварцевый песок;
- 6 – пружина;
- 7 – текстолитовая шайба;
- 8 – спусковой механизм указателя срабатывания;
- 9 – колпачок;
- 10 – ободок колпачка;
- 11 – указатель срабатывания;
- 12 – асбоцементная прокладка;
- 13 – цементная заливка.

Плавкие предохранители идентифицируются двумя характеристиками: номинальным напряжением и величиной номинального тока. В промышленном оборудовании эти показатели могут достигать десятков киловольт и тысяч ампер.

На контактах распространённых моделей номинальные токи составляют от 10 до 2500 А, а на концах плавких вставок – от 2 до 2500 А.

К достоинствам плавких предохранителей относятся:

- полная гарантия отключения аварийного участка цепи;
- стабильность технических характеристик защиты;

- можно применять для избирательности;
- быстроедействие;
- безотказность;
- простота конструкции.

Основные недостатки:

- вероятность длительного горения дуги;
- влияние окружающей среды (температуры) на характеристики плавких вставок;
- необходимость замены вставки после каждого срабатывания защиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данного курсового проекта были применены на практике знания, полученные в ходе изучения курса Схемотехника, а также в ходе самостоятельного обучения. Благодаря этому была разработана система полива домашних растений. Разработаны схема электрическая структурная, электрическая функциональная и электрическая принципиальная системы полива домашних растений

К достоинствам проекта можно отнести доступность элементной базы, простоту конструкции и последующей реализации, возможность замены отдельных элементов аналогами.

В дальнейшем возможно исправление предоставленных недочетов, внесение необходимых корректировок и расширение функционала разработанной системы полива домашних растений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Самофалов К. Г. Прикладная теория цифровых автоматов/ Самофалов К. Г., Романкевич А. М., Валуйский В. Н., Каневский Ю. С., Пиневи́ч М. М.; – К. : Ви́ща школа, 1987. — С. 375.

[2]. Схемы простых самодельных устройств на микросхеме К561ЛА7 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://radiostorage.net/5213-skhemy-prostyh-samodelnyh-ustrojstv-na-mikroskheme-k561la7.html>.

[3]. Глецевич И. И. Вычислительные машины системы и сети: дипломное проектирование/ Глецевич И. И., Прытков В. А., Сидорович А. С. – К. : БГУИР 2019. — С. 99.

[4]. Цоколевка микросхем КМОП [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://esxema.ru/?p=851>.

[5]. На основе базовых ЛЭ спроектированы все микросхемы, входящие в состав серий КМОП: 561, К561, 564, 564В, К564, Н564, КР1561, 1564 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://poznayka.org/s19826t2.html>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Ведомость документов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Схема структурная

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Схема функциональная

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

Схема принципиальная