

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименования института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

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

Электроника и робототехника
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему: ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК ВКЛЮЧЕНИЯ/ВЫКЛЮЧЕНИЯ СВЕТА С
ДАТЧИКОМ ДВИЖЕНИЯ

Обучающийся Д.С. Галанов
(Инициалы Фамилия) _____ (личная подпись)

Руководитель А.К. Кудинов
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия) _____

Тольятти 2023

Аннотация

Название бакалаврской работы: «Электронный блок включения/выключения света с датчиком движения».

Бакалаврская работа состоит из введения, двух разделов, заключения, списка используемой литературы с учетом зарубежных источников и графической части на 6 листах формата А1.

Объектом исследования являются датчики движения, различные по принципу работы, особое внимание уделяется инфракрасному датчику движения.

Цель работы: экономия электроэнергии и повышение удобства жизни посредством использования автоматизированного блока включения света основанного на датчике движения. Для достижения цели необходимо разработать датчик движения и подключить его к средствам освещения в помещении.

Задачи ВКР заключались в анализе состояния вопроса для выбора принципа действия датчика на основе существующих решений, Обзор методов устранения недостатков выбранного принципа действия, разработка алгоритма работы, разработка электрической принципиальной схемы, подбор необходимых элементов схемы, расчет значений элементов схемы, разработка печатной платы.

Разработка печатной платы осуществлялась при помощи программы DipTrace.

Область применения датчика движения заключается в автоматизации включения света в помещении.

Abstract

The title of the graduation work is: "Electronic Light Switching Module with Motion Sensor"

The diploma thesis consists of an introduction, two chapters, a conclusion, a list of references including foreign sources, and a graphical section spanning 6 sheets in A1 format.

The research focuses on motion sensors with different operating principles, with particular emphasis on the infrared motion sensor.

The aim of the work is to achieve energy savings and enhance convenience in daily life through the utilization of an automated light switching module based on a motion sensor. To accomplish this goal, it is necessary to develop a motion sensor and integrate it with the lighting system in a room.

The objectives of the thesis included analyzing the state of the art to select the operating principle of the sensor based on existing solutions, reviewing methods to address the identified limitations of the chosen operating principle, developing the operational algorithm, designing the electrical schematic diagram, selecting the required components for the circuit, calculating the values of the circuit elements, and designing the printed circuit board.

The development of the printed circuit board was carried out using the DipTrace software.

The application area of the motion sensor lies in the automation of light switching in indoor environments.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 Описание датчиков движения по принципу работы.	9
1.1.1 Микроволновый датчик движения	9
1.1.2 Анализ микроволновых датчиков.....	11
1.1.3 Ультразвуковой датчик движения	13
1.1.4 Анализ микроволновых датчиков.....	18
1.1.5 Инфракрасный датчик движения.....	21
1.1.6 Анализ инфракрасных датчиков	25
1.2 Обоснование выбора датчика	27
2 Основная часть	29
2.1 Анализ недостатков и их устранение.....	29
2.2 Принцип работы датчика движения.....	30
2.3 Описание элементов используемых в схеме	34
2.3.1 Описание микросхемы DA3	34
2.3.2 Описание микросхемы DA2	36
2.3.3 Описание симистора VD8.....	37
2.3.4 Описание Оптосимистора VO1	39
2.3.5 Описание светодиодов VD6, VD7.....	41
2.3.6 Описание фотоприемника BL1, BL2	42
2.3.7 Описание трансформатора TV1	43
2.3.8 Описание стабилитрона DA1	44
2.3.9 Описание транзистора VT1	45
2.3.10 Описание диодного моста VD1.....	46
2.3.11 Описание предохранителя FU1	47
2.4 Расчеты номиналов элементов схемы.....	48
2.4.1 Расчет генератора импульсов	48
2.4.2 Расчет резисторов для светодиодов.....	52

2.4.3 Расчет таймера задержки	54
2.4.4 Расчет стабилизатора	58
2.4.5 Расчет оптосимистора	61
2.4.6 Расчет RC – цепочек.....	65
Заключение	68
Список используемых источников	69

Введение

Научно-технический прогресс не стоит на месте, с каждым днем возможности, которые он предоставляет, становятся все доступнее для людей с ограниченными средствами, вынужденных постоянно вносить коррективы в уже ставшие привычными статьи расходов. Необходимость максимально сокращать свои расходы также касается всех видов бизнеса как в нашей стране, так и по всему миру.

В данной работе я затрону расходы, связанные с осветительной техникой в помещениях. Как известно, расходы на освещение касаются большинства людей на нашей планете, освещенность возникает благодаря электричеству, а оно стоит денег, во многих странах, достаточно существенных, сократить эти расходы поможет автоматическое включение света только в те моменты, когда это потребуется пользователю. Для таких систем используются датчики присутствия (движения).

Системы автоматического включения света на датчиках присутствия — это инновационное решение, которое позволяет значительно сократить расход электроэнергии и снизить эксплуатационные расходы при освещении различных объектов, например офисов, складов, квартир, подъездов и других.

Одной из главных причин использования систем автоматического включения света на датчиках присутствия является экономия электроэнергии. Благодаря этой системе свет включается только при обнаружении присутствия человека в зоне действия датчика, а затем автоматически выключается, когда человек покидает зону действия. Таким образом, избыточное освещение и потребление энергии максимально снижаются, что ведет к снижению затрат на оплату электроэнергии и повышению эффективности использования энергоресурсов.

Кроме того, системы автоматического включения света на датчиках присутствия позволяют увеличить срок службы ламп и других компонентов осветительной системы. Ведь если свет не будет гореть, когда нет

необходимости, то лампы будут использоваться меньше времени и, соответственно, будут дольше служить.

Таким образом, использование систем автоматического включения света на датчиках присутствия не только экономит электроэнергию и повышает эффективность использования ресурсов, но также увеличивает срок службы осветительных компонентов. Это современное и эффективное решение для освещения любых помещений.

1 Состояние вопроса

Датчики движения работают по простому принципу: они обнаруживают движение или появление нового объекта в заданной зоне и замыкают цепь, что приводит к включению электроприборов, подключенных к датчику. Когда движение прекращается, датчик размыкает цепь и отключает приборы.

Сейчас доступно множество различных датчиков движения, которые отличаются не только по внешнему виду и своим функциональным возможностям, но и по принципу своей работы. Необходимо изучить различные виды датчиков движения, по принципу их работы и выбрать наиболее оптимальный для дальнейшего проектирования схемы данной работы [15].

По принципу работы датчики движения классифицируются на:

— микроволновые датчики движения (присутствия) — это устройства, основанные на принципе радара, которые используют микроволновые волны для обнаружения движущихся объектов в зоне действия. Датчики работают на высоких частотах, обычно в диапазоне 5,8 ГГц, и излучают электромагнитные волны в пространство, которые затем отражаются от движущихся объектов и возвращаются на приемник датчика. По изменению параметров сигнала, связанных с изменением расстояния до объекта, можно определить наличие и направление движения объекта;

— ультразвуковые датчики движения (присутствия) представляют собой электронные устройства, которые используют ультразвуковые волны для обнаружения движения объектов в пределах определенного радиуса действия. Датчики состоят из излучателя и приемника, расположенных на разных концах устройства. Излучатель генерирует ультразвуковые волны, которые распространяются в направлении приемника. Если волны отражаются от движущегося объекта, то приемник регистрирует эхо-сигнал и передает его на обработку в микроконтроллер;

— инфракрасные датчики движения (присутствия) — это электронный датчик, который обнаруживает инфракрасное излучение, излучаемое живыми существами и другими источниками тепла, чтобы определить присутствие человека или животного в определенной зоне. Делятся на два вида по принципу своего функционирования: датчики на основе PIR – элемента и датчики, использующие собственный инфракрасный излучатель. В первом принципе работы PIR-датчики состоят из двух термопар, которые находятся внутри камеры с фокусирующей линзой, которая собирает излучение с определенной области. Измерение изменений температуры на термопарах позволяет датчику определить наличие движущихся объектов в зоне обнаружения. Во втором принципе работы датчик содержит инфракрасный излучатель, который посылает невидимый для глаз луч. Если объект движется в зоне обнаружения, он отражает этот луч, и датчик может зарегистрировать наличие движения. Датчик также содержит фотодетектор, который преобразует отраженный луч в электрический сигнал. Для обнаружения движения датчик сравнивает уровень сигнала на входе с пороговым значением. Если уровень превышает пороговое значение, датчик считает, что движение обнаружено.

1.1 Описание датчиков движения по принципу работы.

1.1.1 Микроволновый датчик движения

Эти датчики обычно используются для сигнализации охранной системы, чтобы обнаруживать движение посторонних лиц возле автомобиля или на охраняемой территории. Однако они, как и остальные типы датчиков, могут быть использованы и для других целей, например, для автоматического включения света в помещениях и коридорах при приближении или появлении людей в зоне их действия.

Этот тип датчиков работает на основе эффекта Доплера, который проявляется в изменении длины волны отраженного сигнала, если объект

находится в движении. При работе датчик постоянно излучает электромагнитные волны определенной частоты, и если в комнате нет движущихся объектов, то излученные колебания сохраняют свою длину волны неизменной. Однако, если в зоне действия датчика появляется движущийся объект, то длина волны, отраженная от него, изменяется, она смещается в большую или меньшую сторону. После этого, измененные волны возвращаются на датчик, который содержит приемник таких сигналов, и суммируются с волнами основной длины. Это приводит к созданию разностного низкочастотного сигнала, частота которого зависит от направления и скорости движения объекта. Амплитуда сигнала зависит от мощности отраженного сигнала и, соответственно, от расстояния до объекта. Датчик реагирует на изменения в отраженных волнах и замыкает цепь, включая подключенную нагрузку.

На рисунке 1 изображена принципиальная схема микроволнового датчика движения [5].

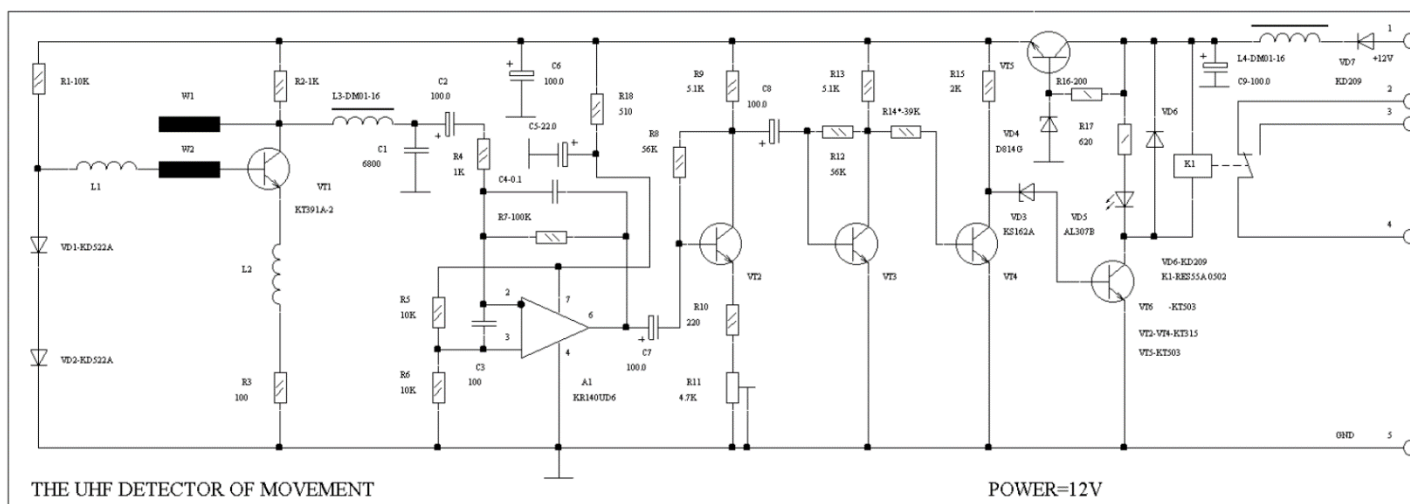


Рисунок 1 – Принципиальная схема СВЧ датчика движения

Автодин - автогенератор, работающий на транзисторе VT1 с частотой 2.4 ГГц, используется как гетеродин и смеситель для отраженного сигнала. При появлении движущегося человека в зоне охраны, частота принятого

сигнала изменяется на несколько герц из-за эффекта Доплера. Сигнал проходит через ФНЧ L3, C1 и конденсатор C2, поступает на вход каскада на A1, который одновременно является и усилителем, и низкочастотным фильтром, а затем усиливается усилителем переменного тока с высокой термостабильностью. «Роль компаратора выполняют стабилитрон VD3 и реле K1, которые позволяют обеспечить стабильность порога компарации на большом сигнале» [14, с. 129]. Регулятор чувствительности R11 может быть использован для настройки датчика. Однако схема имеет недостаток в чувствительности к понижению напряжения питания, которое не должно быть ниже 11 вольт. Для обеспечения нормальной работы датчика при просадке напряжения в систему можно включить повышающий стабилизатор питания, если охранная система питается от аккумулятора 12 вольт.

1.1.2 Анализ микроволновых датчиков

Основные преимущества и недостатки микроволновых датчиков движения включают:

Преимущества:

— высокая точность: микроволновые датчики движения отличаются высокой точностью обнаружения движения объектов. Некоторые из них могут обнаруживать движение на расстоянии до 10 метров и даже сквозь стены и окна. Это означает, что они могут использоваться в различных специфических ситуациях, например, в помещениях с высокими потоками людей, где необходимо точное обнаружение движения, к примеру, в супермаркетах, аэропортах и т.д;

— надежность в различных условиях: такие датчики движения обладают способностью работать одинаково стабильно в различных условиях, включая темноту, дым, влажность, высокую температуру и т.д. Это делает их полезными в помещениях, где могут быть неблагоприятные условия для работы других типов датчиков движения;

— широкий угол обзора: микроволновые датчики движения имеют широкий угол обзора. Они могут обнаруживать движение в широком диапазоне углов и в больших зонах, что делает их полезным инструментом для мониторинга активности внутри больших помещений или на открытых пространствах.

Недостатки:

— высокая стоимость: микроволновые датчики обычно стоят дороже, чем другие типы датчиков. Средняя цена микроволновых датчиков в России на 2023 год составляет от 3000 до 10000 рублей, в зависимости от производителя, характеристик и места покупки, тогда как, например, цена на инфракрасные датчики составляет от 500 до 2000 рублей;

— слишком высокая чувствительность: Микроволновые датчики движения очень чувствительны, замечают объекты даже за дверью или за стеклом, однако это вызывает и проблемы ложного срабатывания, когда объект находится вне поля предполагаемой видимости. Они могут реагировать на движение на расстоянии до 10-15 метров, что может быть избыточно для управления освещением в помещениях. К тому же, проблемой может стать высокая чувствительность к движущимся объектам, что может приводить к ложным срабатываниям, например, из-за движения занавесок или птиц за окнами;

— воздействие на другие электронные устройства: микроволновые датчики могут взаимодействовать с другими электронными устройствами, такими как радио, телевизоры и компьютеры, и вызывать помехи в работе этих устройств. Также они сами могут подвергаться воздействию интерференции от других радиочастотных источников, которые были названы выше, что может привести к ложным срабатываниям;

— высокая потребляемая мощность: микроволновые датчики требуют высокой мощности для работы, что может привести к высокому

энергопотреблению. Они могут быть недостаточно эффективны в случае работы от батарей, которые придется заменять достаточно часто.

На основании анализа преимуществ и недостатков микроволновых датчиков движения можно сделать вывод, что, несмотря на высокую точность и надежность работы, такой тип датчика не будет использоваться в дальнейшей работе. Это связано с тем, что микроволновые датчики могут приводить к вмешательству в работу других устройств, в том числе радиооборудования, и требуют более сложной настройки и монтажа, что усложняет их применение в некоторых условиях. Вместо этого, возможно, будут рассмотрены более дешевые альтернативные технологии датчиков движения, учитывая конкретные условия эксплуатации и требования к работе устройства.

1.1.3 Ультразвуковой датчик движения

На начальных этапах проектирования датчиков движения или присутствия основанных на ультразвуковом излучении использовали схемы, аналогичные той, что представлена на рисунке 2 под буквой а. «Приемник ВМ1 и излучатель ВФ1 располагались на стенах помещения, друг на против друга. Их размещали под потолком, такое размещение необходимо для снижения влияния внутренней обстановки помещений на работу датчиков. Излучатель ВФ1 генерировал стабильные ультразвуковые колебания, которые распространялись по всему помещению. Микрофон (приемник) ВМ1 затем преобразовывал принятые ультразвуковые сигналы в электрический сигнал. Электронное устройство, которое подключалось к приемнику усиливало, детектировало и анализировало сигнал по амплитуде» [21, с. 284]. При различных изменениях в амплитуде формируется сигнал, который, в свою очередь, включает подключенную нагрузку, в моем случае включал бы лампы.

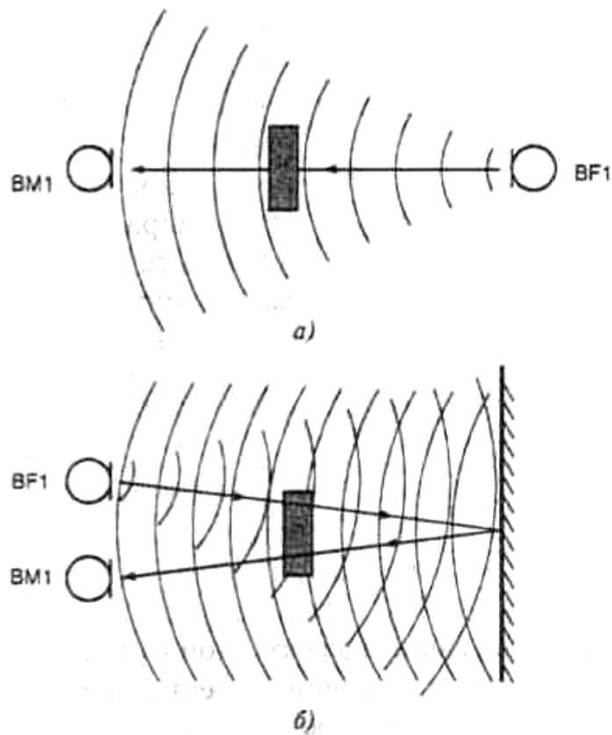


Рисунок 2 – Общий принцип работы ультразвуковых датчиков

Ультразвуковой сигнал, принимаемый микрофоном ВМ1, может иметь колебания амплитуды из-за интерференции волн, вызванной отражением от стен, пола и потолка в помещении, предположим, что помещение идеальное и герметически закрытое. «Если в помещении нет движущихся или поглощающих поверхностей, интерференционная картина и уровень энергии волн будут постоянными. Движение объектов в помещении приводит к изменению пути распространения ультразвуковых волн и, соответственно, к изменению интерференционной картины, что вызывает колебания амплитуды сигнала, записываемого микрофоном ВМ1» [23, с. 259]. «Эти колебания могут использоваться для обнаружения движущихся объектов в закрытом пространстве с высокой чувствительностью и экономичностью, так как ультразвуковая волна от излучателя ВF1 к приемнику ВМ1 проходит через помещение по наиболее короткому пути, а значит даже не успевает затухать» [24, с. 33].

С другой стороны, из-за того, что даже поток воздуха способен изменить прохождение ультразвуковой волны, что будет расценено микрофоном ВМ1 как движущийся объект, использование такой системы в реальных условиях будет неэффективно, из-за подобных ложных срабатываний.

«Для повышения устойчивости системы, излучатель ВФ1 и приемник ВМ1 размещают на одной стене, что увеличивает длину пути волны в два раза и требует большей излучаемой мощности» [7, с. 47], подобное размещение элементов изображено на рисунке 1.2 под буквой б. Это будет компенсироваться тем, что волна будет дважды проходить через поток воздуха, это поспособствует снижению шансов ложных срабатываний устройства в равномерном потоке воздуха. Однако в реальных условиях деформации стекол и дверей, а также неравномерные потоки воздуха, в результате внешних факторов могут оказывать значительное влияние на интерференционную картину в помещении и приводить к нестабильности системы. В результате, система включения/выключения света, построенная по этому принципу, оказалась неработоспособной.

«Использование метода обнаружения сигнала, основанного на частоте вместо амплитуды, значительно повышает помехоустойчивость. Этот метод основан на принципе микроволновых датчиков движения и разработан на их основе. Если объект перемещается в направлении распространения волны как на рисунке 1.2 под буквой б, то отраженная волна будет иметь смещение частоты относительно изначальной, известное как эффект Доплера. Это явление проявляется даже при перпендикулярном перемещении объекта из-за множественного отражения волн в реальном помещении, хотя слабее. Таким образом, объект, движущийся в любом направлении, может быть обнаружен.

Однако, хотя метод детектирования с использованием эффекта Доплера имеет ряд преимуществ, он не решает полностью проблему ложных срабатываний. Существует определенная граница интенсивности воздушных потоков и других факторов, при которой датчик может регистрировать

ложные перемещения. Для создания излучателя BF1 и приемника BM1, обычно используются высокоэффективные резонаторы из пьезокерамики» [7, с. 53].

На рисунке 3 «представлена принципиальная схема ультразвукового датчика, который использует пьезоэлектрические микрофоны типа УМ-1 с резонансной частотой в диапазоне от 36 кГц до 46 кГц в качестве излучателя BF1 и приемника ультразвуковых колебаний BM1. Для обеспечения оптимального уровня мощности излучения при низком напряжении питания используется генератор G1, который собран на микросхемах DD1 и DA4 по мостовой схеме» [20].

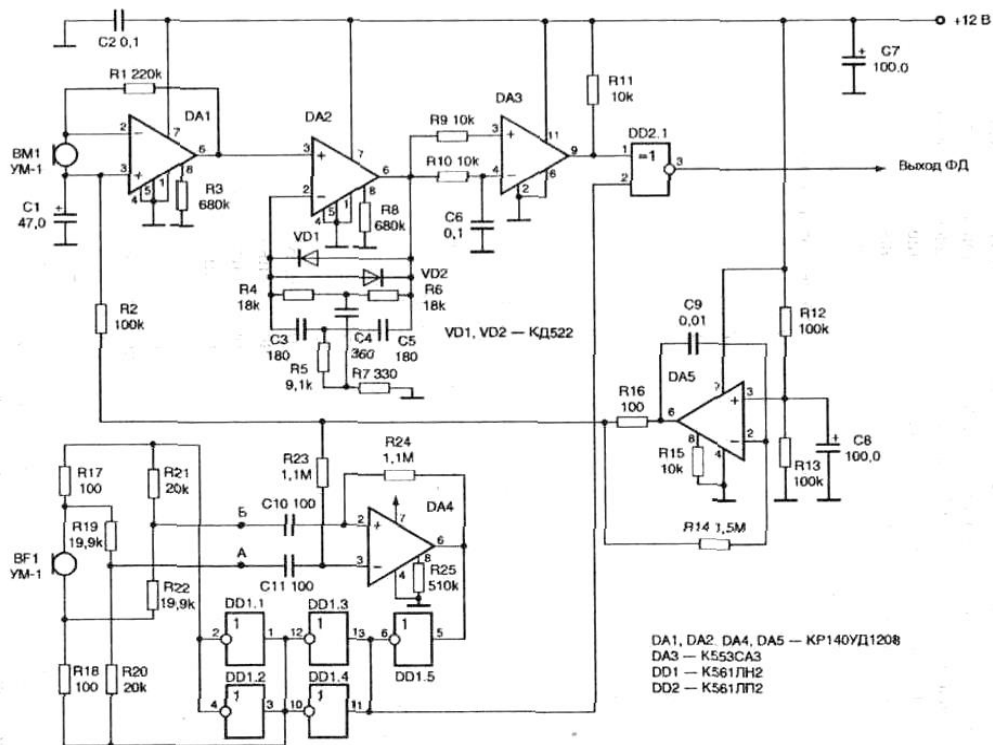


Рисунок 3 – Принципиальная схема ультразвукового датчика движения

Для генерации ультразвуковых волн на резонансной частоте пьезорезонатора BF1 используется мостовая схема. Для этого излучатель BF1 подключается параллельно между выходами инверторов DD1.1, DD1.2, и DD1.3, DD1.4, образуя мостовой выходной усилитель. Этот усилитель

создает противофазу сигналов на выходах обеих пар, что позволяет усилить амплитудное значение напряжения на излучателе BF1 и увеличить нагрузочную способность усилителя. В случаях, когда необходима более высокая нагрузочная способность, можно увеличить число инверторов в каждом плече.

Резисторы R17 и R18, работающие как датчики тока, включены в цепь излучателя BF1. Они являются своеобразными датчиками тока, потому что частота резонанса тока определяет частоту работы генератора. Для выделения сигнала образующегося на датчиках тока в случае, когда амплитудное выходное напряжение мостового усилителя слишком высоко, используются прецизионные резисторные делители R19, R20 и R21, R22 [3]. Для определения номиналов этих резисторов можно использовать следующие уравнения:

$$R20 = R19 + R17, \quad (1)$$

$$R21 = R22 + R18. \quad (2)$$

«Если исключить нагрузку, то напряжение между точками А и Б будет пропорционально току, протекающему через нагрузку.

Напряжение UAB подается на вход дифференциального усилителя переменного напряжения DA4. Это напряжение определяет уровень, при котором срабатывают инверторы микросхемы DD1 типа КМОП. Для того, чтобы подавить небольшую синфазную составляющую UAB используется дифференциальный усилитель. Она может возникнуть из-за прецизионного делителя или не идентичности выходных напряжений инверторов моста, а точнее из-за отклонений в значениях сопротивлений резисторов этих элементов схемы. Резистор R25 контролирует ток, который потребляется операционным усилителем DA4, а также скорость, с которой нарастает выходное напряжение. Чтобы оптимизировать работу генератора, емкости конденсаторов C10 и C11 должны быть выбраны под конкретную рабочую

частоту. Буферный инвертор DD1.5 генерирует импульсы с крутыми фронтами, что повышает КПД генератора на 20%» [20].

1.1.4 Анализ микроволновых датчиков

Основные преимущества и недостатки ультразвуковых датчиков движения:

Преимущества:

— высокая точность: Ультразвуковые датчики движения обладают высокой точностью и способностью точно определять наличие или отсутствие движущихся объектов в зоне обнаружения. В отличие от микроволновых датчиков они почти не реагируют на движения за стенами, однако если за стеной что-то очень громко упало или проводятся монтажные работы с использованием шумной строительной техники, это может привести к ложным срабатываниям;

— широкий диапазон обнаружения: Ультразвуковые датчики могут обнаруживать движущиеся объекты на значительном расстоянии, в зависимости от модели и типа установки. Часто диапазон обнаружения одного датчика может покрывает целую комнату;

— надежность в различных условиях: Ультразвуковые датчики обычно надежны в различных условиях эксплуатации, таких как высокая влажность, пыль, дым и т. д. Они могут работать стабильно в условиях, где, например, ИК датчики могут быть менее надежными.

Недостатки:

— влияние на окружающую среду: Ультразвуковые волны могут отражаться от объектов и создавать эхо, что может привести к звуковым загрязнениям на высоких частотах. Это может стать раздражителем для домашних животных, собак и кошек, а иногда даже для чувствительным к такому людей;

— взаимодействие с другими устройствами: Ультразвуковые датчики движения могут взаимодействовать с другими устройствами, работающими в

той же частотной области, например, с ультразвуковыми увлажнителями воздуха или промышленными ультразвуковыми очистителями. Это может привести к сбоям в работе датчика или других устройств. Устройства, вызывающие движение воздушных масс, также могут привести к ложным срабатываниям, к таким устройствам относятся вентиляторы и кондиционеры;

— дополнительные расходы: Ультразвуковые датчики движения могут стоить дороже, чем другие типы датчиков, таких как ИК датчики, что может привести к дополнительным расходам при выборе оборудования для определенного приложения. Хотя разница в цене не так существенна, как между микроволновыми и инфракрасными, но она все равно существует. Так в среднем, стоимость ультразвуковых датчиков движения в России может составлять от 1000 до 5000 рублей за одну единицу, тогда как цена на инфракрасные датчики, как было описано выше, варьируется от 500 до 3000 рублей за одну единицу.

Исходя из описанных преимуществ и недостатков ультразвуковых датчиков движения, можно сделать вывод о том, что эти датчики имеют ряд серьезных ограничений и недостатков, которые затрудняют их использование в ряде ситуаций. Несмотря на то, что они довольно точны и могут использоваться в различных условиях, их недостатки, такие как влияние на окружающую среду и проблемы с интерференцией, вкуче с не самой низкой ценой, делают их менее привлекательными в дальнейшей работе. Следовательно, в дальнейшем использование ультразвуковых датчиков движения может быть ограничено в случаях работы в помещениях в пользу более дешевых и менее вредных устройств.

1.1.5 Инфракрасный датчик движения

«Инфракрасное излучение, находящееся в электромагнитном спектре, обладает большей длиной волны по сравнению с видимым светом и невидимо для человеческого глаза. Тем не менее, существуют специальные датчики, позволяющие обнаруживать этот вид излучения. Инфракрасное излучение излучается также и от тел животных и человека, а также от различных объектов это излучение может быть обнаружено пироэлектрическими датчиками. Такие датчики изготавливаются из специального кристаллического материала, который при воздействии на него инфракрасного излучения генерирует поверхностный электрический заряд, который впоследствии попадает на встроенный усилитель транзистора. Инфракрасные датчики имеют широкий диапазон реакции на инфракрасные излучения для ограничения этого диапазона применяют фильтр. Такой фильтр ограничивает попадающее на датчик инфракрасное излучение в диапазоне 8-14 мкм» [2, с. 128].

На рисунке 4 представлена структурная схема такого датчика. Второй вывод в этом датчике подключается к корпусу через резистор, имеющим номинал 100 кОм. Два последовательно соединенных каскадов усилителя, каждый из которых согласован с предыдущим и следующим каскадами имеет коэффициент усиления 10000, принимают и усиливают сигнал, полученный с датчика. Для того, чтобы обеспечить достаточно надежное включение компаратора, когда он обнаруживает различные перепады выходного напряжения, используется фильтрация помех с высокой частотой, эта фильтрация обеспечивается усилителем, который имеет полосу пропускания, ограниченную до 10 Гц.

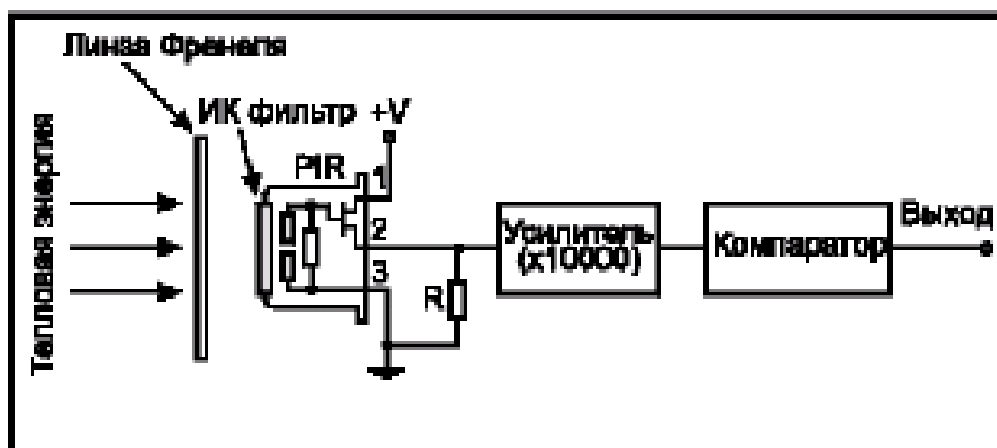


Рисунок 4 - Структурная схема детектора перемещений

Датчик PE200B, используемый для обнаружения движения, состоит из двух чувствительных элементов, подключённых в виде схемы компенсации напряжения, исключающей посторонние сигналы. «При движении в зоне действия датчика активируются сначала один, затем другой элемент, что указывает на перемещение источника излучения в горизонтальной плоскости» [11, с. 195]. Линзы Френеля используются для увеличения зоны действия датчика до 25-30 метров. Поставляемый вместе с датчиком, комплект линз P165 содержит собирающую линзу, имеющую меньшие размеры благодаря своей конструкции.

На рисунке 5 изображена схема устройства автоматического включателя освещения, использующая инфракрасный датчик движения, основанный на PIR-элементе [8].

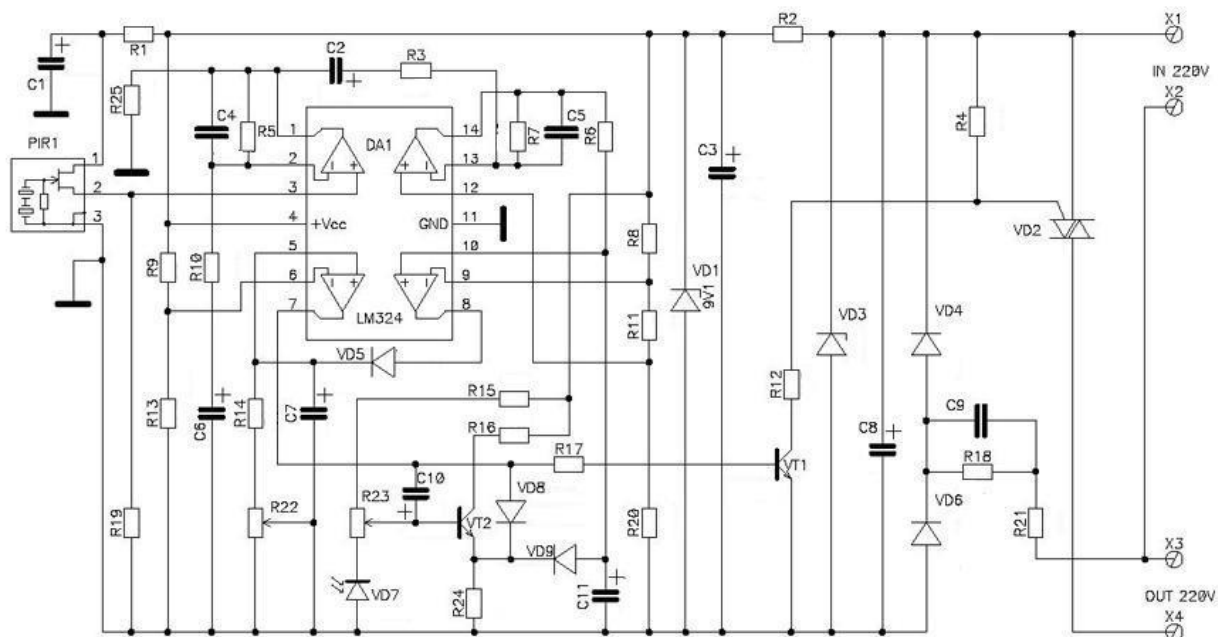


Рисунок 5 – Принципиальная схема ИК датчика движения

Приемник PIR1, основанный на принципе пирозлектричества, применяется для обнаружения ИК излучения. Он способен реагировать на различные изменения в уровне излучения инфракрасного спектра между двумя площадками. Для обнаружения движущихся объектов, излучающих тепло, используют модуляционную решетку, которую размещают перед приемником. «Такая решетка обычно состоит из множества узких непрозрачных вертикальных и прозрачных горизонтальных полосок. При движении объекта вдоль решетки, он то закрывается, то открывается перед фотоприемником, что вызывает появление переменного напряжения на выходе. Если происходит подобное изменение напряжения, значит в поле зрения датчика присутствует движущейся объект» [1, с. 51].

В схеме присутствует сглаживающий фильтр, собранный на элементах R1 и C1, через него питается PIR – приемник. В этом приемнике присутствует собственный полевой транзистор, который работает вместе с резистором R19, который является внешней нагрузкой. С вывода 2 выходной сигнал попадает на усилитель, который имеет коэффициент усиления равный

примерно 150, усилитель встроен в микросхему DA1 и находится на выводах 1, 2, 3. На выходе усилителя, при отсутствии каких-либо движений, напряжения остается постоянным. На второй каскад усиления с коэффициентом усиления равным 100, находящийся на выводах 12, 13, 14 на той же микросхеме DA1, сигнал подается только при появлении движений в зоне видимости датчика. Этот сигнал будет является переменным и попадет на усилитель после прохождения через конденсатор C2.

«Сигнал с датчика движения проходит через компаратор, который находится на выводах 8, 9, 10, этот компаратор имеет порог срабатывания, заданный через резистивные делители на резисторах R8, R11, R20. В начальном состоянии, конденсатор C7 разряжен, а напряжение, которое находится, на выходе компаратора практически равно нулю. Когда переменная составляющая сигнала превышает порог срабатывания, на выходе компаратора появляется сигнал высокого уровня, который быстро заряжает конденсатор C7, устанавливая время включения света. Диод VD5 препятствует разрядке конденсатора C7 через низкое выходное сопротивление компаратора. Второй компаратор, собранный на DA1 (выводы 5, 6, 7), имеет не инвертирующий вход, подключенный к конденсатору C7, который определяет порог срабатывания с помощью резистивного делителя R9 и R13. Конденсатор C7 разряжается через резисторы R14 и R22, это используется для установки времени задержки до выключения света от 5 секунд до 5 минут после последнего обнаруженного движения.

Сигнал с выхода второго компаратора усиливается на транзисторе VT1 и подается на управляющий вывод полупроводникового симистора VD2, который обеспечивает напряжение на нагрузке. Длительность времени работы нагрузки определяется суммой времени сигнала с датчика движения и времени разряда цепи, состоящей из конденсатора C7 и резисторов R14 и R22. Устройство включает фотодиод VD7 типа ФД263, который работает с инфракрасным датчиком движения. Напряжение питания фотодиода поступает через резисторы R15 и R23 в обратном направлении, а затем на

базу транзистора VT2 через R23. Если внешняя освещенность низкая, то транзистор остается открытым, а диод VD9 закрытым. Переменный резистор R23 используется для регулирования уровня внешней освещенности, при котором датчик движения блокируется. Если внешняя освещенность достаточно высока, то фотодиод VD7 закрывает транзистор VT2, и диод VD9 начинает заряжать конденсатор C11. При достижении низкого напряжения, C11 блокирует сигнал, поступающий на пирозлектрический датчик PIR1.

Если датчик движения включает лампу, то схема контроля внешнего освещения блокируется диодом VD8. Когда лампа выключается, конденсатор C10 создает задержку включения схемы контроля внешнего освещения на 2-3 секунды. Время задержки определяется зарядом конденсатора и предотвращает ложные переключения во время переходных процессов при выключении нагрузки.

Блок питания устройства состоит из выпрямителя, который включает элементы R21, R18, C9, VD4, VD6, C8, и двухступенчатого стабилизатора, который содержит элементы VD3, R2, C3 и VD1, трансформатор не требуется» [12].

1.1.6 Анализ инфракрасных датчиков

Основные преимущества и недостатки инфракрасных датчиков движения:

Преимущества:

— гибкость установки: инфракрасные датчики из-за своей компактности и простого устройства могут быть установлены в различных местах и на разных поверхностях, таких как стены, потолки, полы и другие, в зависимости от требований конкретного приложения. Это делает их гибкими и удобными в установке в различных ситуациях;

— низкая стоимость: как было описано ранее инфракрасные датчики движения обычно имеют более низкую стоимость, чем другие типы датчиков

движения, такие как ультразвуковые или радарные. Это делает их более доступными для широкого круга потребителей;

— отсутствие влияния на другую технику и на животных: инфракрасные датчики реагируют только на тепловое излучение объектов, не производя никаких звуков или электромагнитных волн, что позволяет использовать их вблизи компьютеров, медицинского оборудования и других электронных устройств без риска их помех или сбоев. Кроме того, также нет опасности для домашних животных, так как они не реагируют на инфракрасное излучение, в отличие от звуковых загрязнений возникающих в ходе работы ультразвуковых датчиков;

— точность обнаружения на коротких дистанциях: инфракрасные датчики движения более точны в обнаружении движения объектов на коротких расстояниях, так как они реагируют на тепловое излучение, которое имеет более ограниченную область распространения, чем ультразвук или микроволны. Так как в рамках этой работы, в основном рассматриваются случаи установки датчиков присутствия в замкнутых помещениях, где короткие дистанции являются типичными, использование инфракрасных датчиков движения может быть особенно полезным.

Недостатки:

— ложные срабатывания: инфракрасные датчики движения могут срабатывать ложно при наличии других источников теплового излучения, так как не способен отличить тепло человеческого тела, от любого другого теплового объекта. Распознать человека на фоне теплых полов датчик практически не может, вызвать ложное срабатывание может кипящий чайник, плита и даже батареи отопления. Все это может вызвать ложные срабатывания;

— ограниченный угол обнаружения: инфракрасные датчики движения могут иметь ограниченный угол обнаружения, что может привести к

пропуску некоторых зон, где может происходить движение. Это может потребовать установки нескольких датчиков, чтобы охватить все зоны;

— ограниченная дальность обнаружения: инфракрасные датчики движения имеют ограниченную дальность обнаружения, особенно на открытых пространствах. Обычно они могут обнаруживать движение только на коротких расстояниях, что может ограничивать их применение в некоторых ситуациях, таких как большие открытые помещения или наружные области;

— ограниченная способность обнаружения статичных объектов: инфракрасные датчики движения обычно хорошо обнаруживают только движущиеся объекты. Датчик испытывает трудности при повторном обнаружении неподвижных объектов, то есть если резко возникнет новый источник тепла, датчик может сработать, но если этот источник будет не подвижен, то после этого датчик может перестать как-либо на него реагировать.

Инфракрасные датчики движения обладают как преимуществами, так и недостатками. Однако, их недостатки являются менее значимыми по сравнению с другими типами датчиков. Из-за своей низкой стоимости и отсутствия воздействия на другие устройства и животных, они могут быть использованы в дальнейшей работе и улучшены для обеспечения более точного и эффективного обнаружения движения.

1.2 Обоснование выбора датчика

Для дальнейшей модернизации будет выбрана схема ИК датчика движения. Принцип действия датчиков движения, основанных на инфракрасном излучении, сам по себе «является достаточно эффективным в применении, имея при этом относительно простую конструкцию, также являются легко модернизируемыми» [22, с. 331]. Немаловажным критерием выбора являлось то, что датчик никаким образом не влияют на человека или

животных, а также на ближайшую технику, что позволит разместить его в любом месте, не опасаясь каких-либо возможных последствий после этого. «Стоит отметить и материальный фактор выбора инфракрасных датчиков, так как по сравнению с микроволновыми и ультразвуковыми датчиками оно является на порядок дешевле по своему изготовлению, что также очень важно» [22, с. 331].

Итак, выбрав инфракрасный датчик как основу для дальнейших улучшений и оптимизации, нужно определиться с задачами, которые должны быть решены в ходе работы над этим датчиком. Необходимо избавиться от некоторых недостатков такого вида датчиков, решить проблему со сложностью обнаружения статичных объектов и некоторыми ложными срабатываниями вполне возможно. Дальность и радиус обнаружения в условиях ограниченного пространства, например в комнате или коридоре не является особенно большим недостатком, однако в своей работе я постараюсь частично нивелировать их. Необходимо будет спроектировать принципиальную схему и печатную плату, подобрать подходящие элементы и рассчитать их номиналы.

В итоге, учитывая описанные ранее задачи, можно составить список задач, который будет включать в себя следующие пункты:

- обзор методов устранения недостатков датчиков;
- проектирование принципиальной схемы;
- проектирование печатной платы;
- подбор необходимых элементов схемы;
- расчет значений номиналов элементов схемы.

2 Основная часть

2.1 Анализ недостатков и их устранение

«Инфракрасные датчики движения и присутствия реагируют на появление или исчезновение инфракрасного излучения на фотоэлементе, это является основой такого типа датчика. Чаще всего такое излучение связано с деятельностью человека, однако воздействие тепловых излучений, вырабатываемые бытовыми приборами также засекается датчиком. Это будет приводить к ложным срабатываниям датчиков» [25, с. 262]. Ложные срабатывания будут возникать из-за PIR элемента, встроенного в датчик. По физической природе, инфракрасное излучение и видимый свет одинаковы, датчик не способен отличить тепло человеческого тела, от любого другого теплого объекта.

Также проблемой является обнаружение неподвижного объекта, если человек попал в область работы датчика, то освещение включится, однако если человек будет неподвижен или будет совершать небольшие движения, например движения рукой при работе за компьютером датчик может не среагировать на них и после времени ожидания предустановленном в датчике он разомкнет цепь и освещение пропадет, человеку придется сделать заметное движение, чтобы датчик его заметил.

В ходе проектирования схемы, приемник инфракрасного излучения на PIR элементе будет заменен на датчик препятствий на приёмнике TSOP1736, который принимает ИК-излучение только частотой модуляции около 36 КГц. Благодаря этому датчик не будет реагировать на лишние раздражители, такие как другие источники тепла в комнате. Приемник будет реагировать только на отраженное от человека излучение названной выше частотой модуляции. Также, с помощью таймера NE555, TSOP1736 сможет поддерживать цепь с подключенному к ней освещением замкнутой, даже когда человек сидит неподвижно. В схеме будет использоваться два таймера, один для генерации

сигнала 36КГц, другой для реализации задержки до размыкания цепи в случае, если человек ненадолго вышел из радиуса.

2.2 Принцип работы датчика движения

На рисунке 6 изображена принципиальная схема датчика движения, спроектированного мной в ходе работы

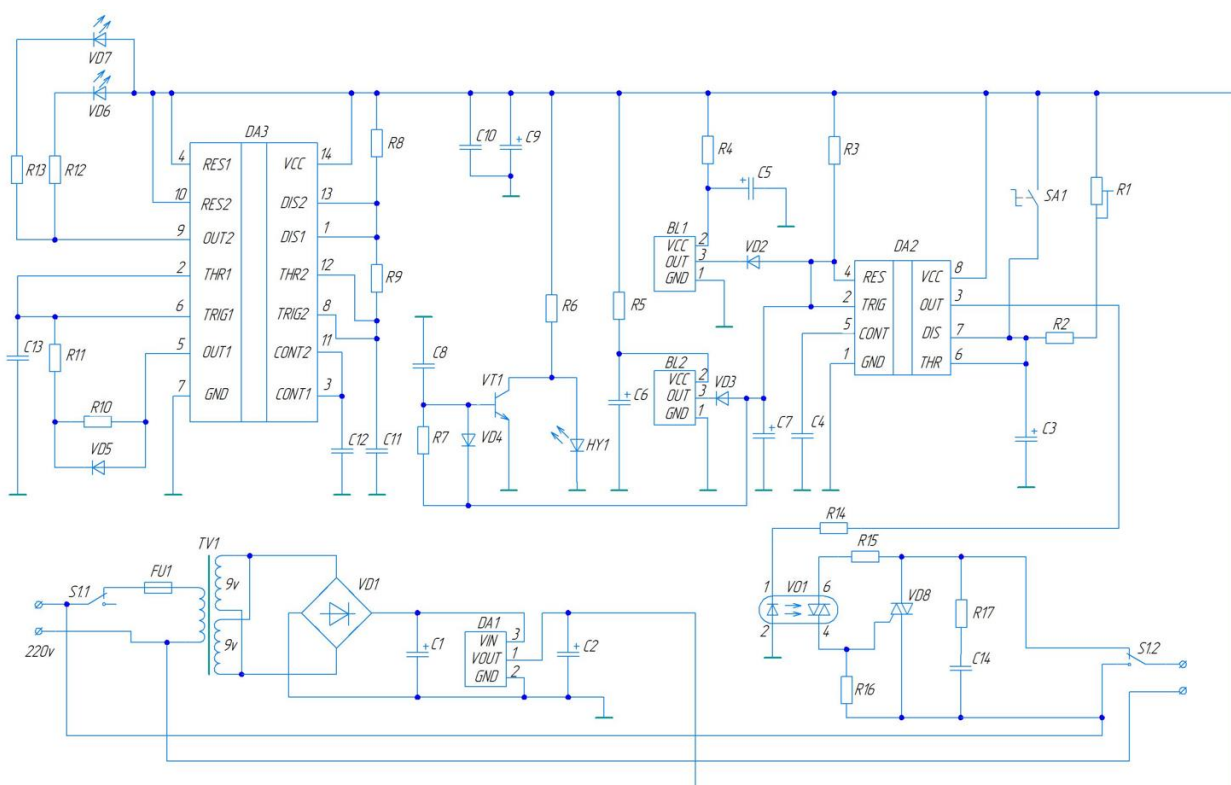


Рисунок 6 – Принципиальная схема инфракрасного датчика

ИК-светодиоды VD6 и VD7 излучают модулированный сигнал 36кГц, пока рядом нет другого излучателя инфракрасного света (которым и является человек), сигнал пропадает, то есть поглощается от предметов мебели, а не отражается от них, так как они не являются излучателями, а значит не возвращается на приемник. Два светодиода позволяют покрыть достаточный

для рабочего места диапазон пространства, каждый по 25 градусов, вместе 50.

Когда в радиусе, примерно, 10-12 метра появляется новый объект, излучающий инфракрасное излучение, например человек, ИК-сигнал светодиода отражается от этого объекта и принимается приемниками ИК-сигнала на TSOP 1736. Сигнал от TSOP принимает таймер NE555 и начинает отсчет, однако если объект не покинул зону воздействия ИК-излучения, сигнал опять попадает на фотоприемник и с него на таймер, отсчет начинается заново, таким образом таймер сбрасывается и свет горит, пока объект находится в радиусе датчика, даже если он не подвижен, на это не способны датчики, описанные ранее и датчик в 512 кабинете.

Как только объект покидает радиус датчика, ИК-излучение отражаясь от предметов мебели рассеивается, не успев попасть на фотоприемник, сигналы не поступают на таймер, и он больше не сбрасывает свой отсчет. Включается задержка на выключение, в моей схеме эта задержка будет составлять примерно 2 минуты, после чего схема переходит в дежурный режим ожидания. Это сделано на случай, если человек ненадолго отошел от рабочего места или если данный датчик установлен у входной двери подъезда, чтобы свет не погас пока человек дожидается лифта.

Задержка на выключение зависит от резистора R1 и конденсатора C3, конденсатор заряжается со скоростью, зависимой от резистора. Когда он накопит заряд, сигнал от таймера переходит на оптрон МОС3041, впоследствии включая подключенные к схеме лампы [17].

На таймере NE556 (DA3) собран генератор импульсов 36кГц, частотой совместимой с приемником TSOP1736. Генератор импульсов на NE556 является мультивибратором, который генерирует прямоугольные импульсы заданной длительности и частоты. Принцип его работы основан на использовании положительной обратной связи через конденсаторы и резисторы [4].

Схема генератора имеет два компаратора, подключенных вместе через резисторы и конденсаторы в виде петли обратной связи. Когда напряжение на компараторах не совпадает, выходной сигнал на одном компараторе находится на максимальном уровне, а на другом - на минимальном. Ток заряжает конденсатор через резистор, пока напряжение на нем не станет достаточным для переключения состояния компараторов.

Когда напряжения на компараторах становятся равными, выходные сигналы изменяются, и конденсатор начинает разряжаться через другой резистор. Таким образом, сигнал переключается с одного компаратора на другой, и цикл зарядки и разрядки конденсатора повторяется, создавая прямоугольные импульсы.

Частота генерируемых импульсов зависит от значений резисторов и конденсаторов в петле обратной связи. Длительность импульсов определяется соотношением между значениями резисторов и конденсаторов. Также можно управлять длительностью импульсов путем изменения сопротивления внешнего резистора или переменного резистора, подключенного к управляющему пину генератора. На рисунке 7 представлен график импульсов NE556 в режиме мультивибратора

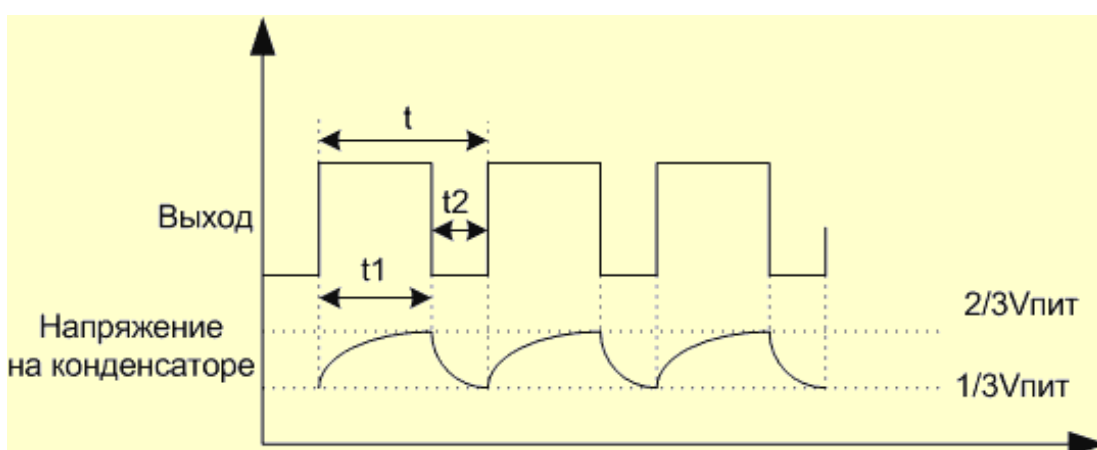


Рисунок 7 – График импульсов NE556

Таким образом, на выходе мы получаем последовательность прямоугольных импульсов. Частота импульсов, зависит от величин C_{11} , R_8 и R_9 .

Был выбран фотоприемник TSOP1736 так как он нечувствителен к дневному солнечному свету, электрическому свету от ламп и помехам, так как снабжен полосовым фильтром, автоматической регулировкой усиления (AGC) и интегратором. Ложные срабатывания могут произойти только от пульта ДУ от телевизора. Это так же можно отнести к достоинствам данного приемника, в случае если датчик установлен в комнате возможно дистанционное включение света, если направить пульт на устройство.

Схема включения ламп выполнена на оптроне МОС3041 и тиристоре BT139-600. Тиристор включает лампы, а оптрон используется для генерации управляющего сигнала, который управляет тиристором. Оптрон состоит из светодиода и фототранзистора, которые расположены в одном корпусе. Управляющий сигнал поступает на светодиод, который излучает свет, который в свою очередь освещает фототранзистор. При освещении фототранзистора, его ток увеличивается, что позволяет использовать его для управления тиристором. В данной схеме, тиристор подключается параллельно с нагрузкой (в данном случае лампой) и управляется сигналом, полученным от оптрона. Когда оптрон получает сигнал управления, он освещает фототранзистор, что позволяет управлять тиристором и включать нагрузку. При этом, тиристор открывается и пропускает ток через нагрузку, что приводит к включению лампы.

Чтобы пользователь знал, когда начинается режим задержки на выключение был добавлен транзистор VT1 с светодиодом НУ1, на их основе сделан «индикатор присутствия». Светодиод горит пока приемник принимает сигналы и сбрасывает таймер, то есть пока горит свет из-за присутствия объекта в зоне видимости датчика, так же горит и светодиод. Затухание этого светодиода свидетельствует о том, что датчик не видит объектов и начинается отсчёт задержка на выключение.

Питание на устройство подается от сети 220 вольт через трансформатор, диодный мост и стабилизатор. В моем случае нужно получить два идентичных по напряжению сигналов для последующей подачи их на диодный мост. Был использован трансформатор, который понижает входное сетевое напряжение с 220 вольт на первичной обмотке до 9 вольт на двух вторичных, также он создает гальваническую развязку между сетью и устройством, в случае неполадок потребитель не получит сетевую нагрузку на устройство, просто расплавится катушка [13]. Затем напряжение выпрямляется диодным мостом, он преобразует переменный ток, который подается на него в постоянный, диодная сборка меняет знак синусоиды на противоположный. В результате этих манипуляций с током на выходе диодного моста возникает пульсирующий ток одной полярности [16]. Однако такой ток, все же нельзя назвать постоянным. Пульсации тока мешают и вредят работе электроники, поэтому их необходимо дополнительно сгладить после диодного моста, для этой цели был установлен стабилизатор. Чтобы он не генерировал собственные пульсации на вход и выход были установлены конденсаторы C1 и C2, соответственно. для снижения высокочастотного шума на входе стабилизатора используется входной конденсатор C1, а для снижения низкочастотного шума на выходе стабилизатора - выходной конденсатор C2. После фильтрации питание подается на плату.

2.3 Описание элементов используемых в схеме

2.3.1 Описание микросхемы DA3

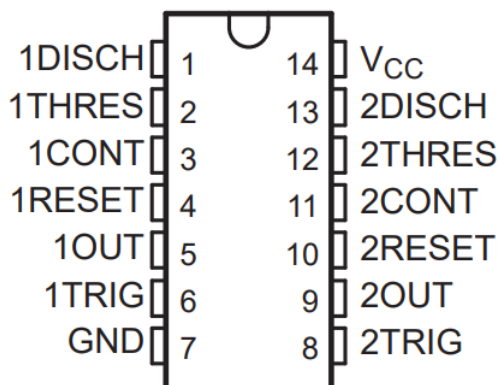
Микросхема NE556 — это двух таймерная (dual timer) интегральная микросхема, состоящая из двух отдельных таймеров, NE555. Каждый таймер в микросхеме NE556 может использоваться независимо друг от друга или одновременно.

Каждый таймер NE556 имеет три вывода: 1 (GND), 2 (TRIG) и 3 (OUT) для первого таймера, и 8 (VCC), 6 (THRES) и 5 (CTRL) для второго таймера.

Кроме того, у каждого таймера есть два входа: вход триггера (TRIG) и вход сброса (RESET).

Таймер NE556 позволяет генерировать сигналы различной формы, такие как прямоугольные, импульсные, меандр и другие. Он может использоваться в различных электронных устройствах, таких как таймеры, секундомеры, счетчики, генераторы частоты, и т.д. Кроме того, микросхема NE556 имеет высокую стабильность и точность, а также низкое энергопотребление. Микросхема NE556 является широко используемой интегральной микросхемой в электронике благодаря своей гибкости и универсальности. Она может использоваться в различных приложениях, требующих таймеров или генераторов сигналов. На рисунке 8 изображено расположение контактов микросхемы NE556:

Аналоги: два независимых таймера NE555



1 — разряд; 2 — стоп; 3 — контроль; 4 — сброс; 5 — выход; 6 — запуск;
7 — минус питания (общий); 8 — запуск; 9 — выход; 10 — сброс;
11 — контроль; 12 — стоп; 13 — разряд; 14 — плюс питания.

Рисунок 8 - Микросхема NE556

Основные характеристики:

- рабочее напряжение: от 4,5 В до 16 В;
- ток потребления: около 6 мА (при напряжении питания 5 В);
- максимальный ток выхода: 200 мА;

- количество независимых таймеров: 2;
- температурный диапазон работы: от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- диапазон рабочих частот: 0.001 Гц - 500 кГц;
- пакеты: DIP-14, SOIC-14.

2.3.2 Описание микросхемы DA2

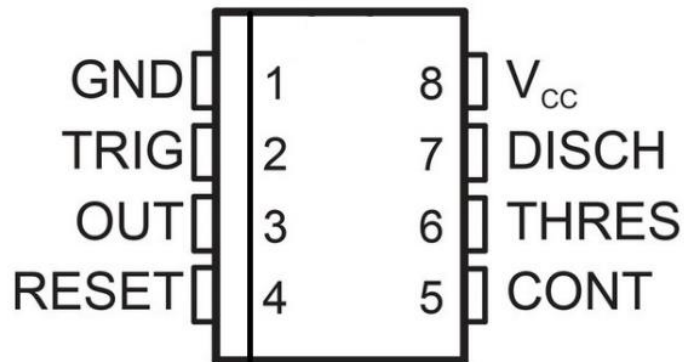
Микросхема NE555 — это одноканальный таймер, который широко используется в электронике для создания точных задержек, импульсов и генерации сигналов. Она была разработана компанией Signetics (теперь это часть Philips) в 1971 году и с тех пор стала одной из самых популярных интегральных микросхем в истории электроники.

NE555 имеет внутренний операционный усилитель, два компаратора и астабильный мультивибратор. Он работает от однополярного источника питания, который может колебаться в диапазоне от 4,5 В до 15 В. Микросхема имеет 8 выводов, которые подключаются к внешним элементам цепи.

NE555 может использоваться в нескольких режимах работы, включая моностабильный, астабильный и бистабильный режимы. В моностабильном режиме, микросхема может генерировать импульсы заданной длительности, в астабильном режиме - периодические прямоугольные сигналы, а в бистабильном режиме - сигналы, которые меняют свое состояние только при наличии внешнего воздействия.

Микросхема NE555 имеет широкий спектр применений, включая использование в таймерах, регуляторах скорости, генераторах сигналов, преобразователях постоянного тока в переменный ток, системах контроля уровня, датчиках движения и многих других устройствах. На рисунке 9 изображено расположение контактов микросхемы NE555:

Аналоги: LM555, KA555, LM556, TLC555.



1 — минус питания (общий); 2 — запуск; 3 — выход; 4 — сброс;
5 — контроль; 6 — стоп; 7 — разряд; 8 — плюс питания.

Рисунок 9 - Микросхема NE555

Основные характеристики:

- рабочее напряжение: от 4,5 В до 16 В;
- ток потребления: около 3 мА (при напряжении питания 5 В);
- максимальный ток выхода: 200 мА;
- количество независимых таймеров: 1;
- температурный диапазон работы: от -40°С до +85°С;
- диапазон рабочих частот: 0.001 Гц - 500 кГц;
- пакеты: DIP-8, SOIC-8.

2.3.3 Описание симистора VD8

Симистор ВТ139-600 — это полупроводниковый прибор, предназначенный для управления электрическим током. Он является одним из наиболее распространенных типов симисторов и часто применяется в различных электронных устройствах.

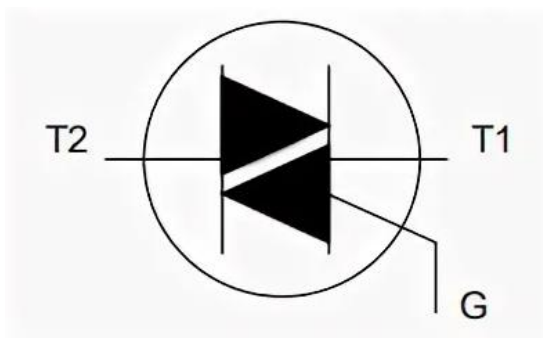
Симистор ВТ139-600 имеет максимальное рабочее напряжение 600 В и максимальную токовую нагрузку 16 А. Он имеет три вывода: анод (А), катод (К) и управляющий затвор (G).

Когда на затвор подается управляющий сигнал, симистор переходит в открытое состояние и ток начинает течь от анода к катоду. Он остается в

открытом состоянии до тех пор, пока ток не снизится ниже уровня удержания, после чего он автоматически переходит в закрытое состояние. Важно отметить, что симистор является управляемым элементом, и его поведение зависит от входного сигнала, а также от параметров схемы и нагрузки. Имеет высокую надежность и широкий диапазон рабочих температур от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$, что делает его подходящим для использования в различных условиях окружающей среды. Он также обладает низким уровнем утечки тока, что делает его популярным в промышленности и других отраслях.

Симистор ВТ139-600 является компактным и удобным в использовании прибором, который предоставляет возможность управлять электрическим током в различных приложениях. Он может быть использован как в качестве ключевого элемента в схемах управления током, так и в качестве элемента защиты от перенапряжения и перегрузок. На рисунке 10 изображено расположение контактов симистора VD9:

Аналоги: TIC126M, BTA16-600, Q4006LT.



T1 — катод; T2 — анод; G — управляющий затвор.

Рисунок 10 – Симистор VD8

Основные характеристики:

- максимальное напряжение повторяющейся пробивки: 600 В;
- максимальное удерживающее напряжение: 600 В;

- максимальный ток повторяющейся пробивки: 40 мА;
- максимальный ток в режиме управления: 16 А;
- максимальный пиковый ток: 160 А;
- максимальное удерживающее токоотношение: 12 мА;
- максимальный прямой напряжение в открытом состоянии: 1,6 В;
- максимальная рабочая температура: от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

2.3.4 Описание оптосимистора VO1

Оптосимистор МОС3041 — это прибор, который объединяет в себе два устройства: оптопару и симистор. Он используется для управления электрическим током в различных электронных схемах, включая регулируемые источники питания, твердотельные реле, управление двигателями и другие.

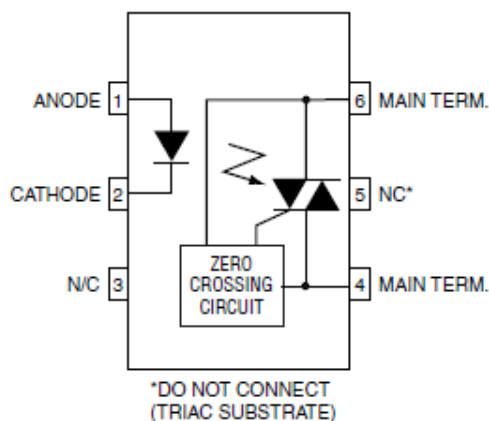
Оптосимистор МОС3041 состоит из оптопары и симистора, соединенных вместе. Оптопара состоит из инфракрасного светодиода и фототранзистора, расположенных в одном корпусе. Она используется для изоляции управляющего сигнала от нагрузки и обеспечения гальванической развязки между управляющим и управляемым сигналами. Имеет максимальное рабочее напряжение 600 В и максимальную рабочую токовую нагрузку 4 А.

Оптосимистор МОС3041 обладает характеристиками переключения, которые позволяют управлять электрическим током с помощью управляющего сигнала на затворе. Когда на затвор подается управляющий сигнал от оптопары, симистор переходит в открытое состояние и ток начинает течь от анода к катоду. Он остается в открытом состоянии до тех пор, пока ток не снизится ниже уровня удержания, после чего он автоматически переходит в закрытое состояние. Имеет широкий диапазон рабочих температур от -40°C до $+100^{\circ}\text{C}$, что делает его подходящим для использования в различных условиях окружающей среды. Он также обладает

низким уровнем утечки тока и высокой надежностью, что делает его популярным в промышленности и других отраслях.

Оптосимистор МОС3041 является компактным и удобным в использовании прибором, который предоставляет возможность управлять электрическим током с помощью оптопары и симистора в одном корпусе. На рисунке 11 изображено расположение контактов оптосимистора VO1:

Аналоги: МОС3031, МОС3061, МОС3081, TLP3042, ОРТОБЗО.



1 — анод; 2 — катод; 3 — не используется; 4 — управляющий затвор 1;
5 — не используется; 6 — управляющий затвор 2.

Рисунок 11 - Оптосимистор VO1

Основные характеристики:

- максимальный управляющий ток: 50 мА;
- максимальный управляющий напряжение: 1,5 В;
- максимальное обратное напряжение: 400 В;
- максимальное обратное токоотношение: 1 мкА;
- максимальный ток симистора: 4 А;
- максимальное удерживающее напряжение: 800 В;
- максимальное удерживающее токоотношение: 10 мА;
- максимальное ударное напряжение: 800 В;
- максимальное время удержания: 1 мс;

— рабочая температура: от -40 °C до +85 °C.

2.3.5 Описание светодиодов VD6, VD7

Инфракрасный светодиод TSAL6200 — это электронный компонент, способный генерировать инфракрасное излучение. Он относится к семейству светодиодов, но его особенность заключается в том, что он излучает световую энергию в инфракрасном диапазоне, невидимую для человеческого глаза.

Инфракрасные светодиоды, такие как TSAL6200, нашли широкое применение в различных областях, особенно в системах дистанционного управления. Они используются в пультах управления для передачи сигналов через инфракрасное излучение и позволяют нам управлять различными устройствами, такими как телевизоры, DVD-плееры, кондиционеры и другие, издали. TSAL6200 обладает высокой светоотдачей в инфракрасном диапазоне, что позволяет ему генерировать интенсивный поток инфракрасного света при подаче электрического тока. Он обеспечивает эффективную передачу сигналов и стабильную работу в соответствии с требованиями приложений, где требуется использование инфракрасного излучения. Также отличается надежностью и долговечностью, что делает их стабильными и долговечными компонентами во многих электронных системах.

Основное назначение инфракрасных светодиодов, в том числе TSAL6200, заключается в создании и передаче инфракрасного света для различных приложений, требующих беспроводной связи, дистанционного управления и обнаружения объектов в инфракрасном диапазоне.

Основные характеристики:

- длина волны: 940 нм;
- мощность ИК излучения: 60 мВт/ср;
- угол по горизонтали и вертикали: 25 °;

— оптимальный ток потребления 20 мА.

2.3.6 Описание фотоприемника VL1, VL2

Фотоприемник TSOP 1736 — это высокочувствительный приемник инфракрасного излучения, который используется в системах дистанционного управления, автоматизации процессов и других приложениях, где требуется прием информации посредством инфракрасного излучения.

TSOP 1736 имеет корпус в виде черного прямоугольника, который содержит фотодиод, усилитель сигнала и демодулятор. Фотодиод преобразует входной инфракрасный сигнал в электрический, который усиливается и демодулируется в усилителе и демодуляторе соответственно.

Фотоприемник TSOP 1736 обладает высокой чувствительностью к инфракрасному излучению с длиной волны 36 кГц, что позволяет ему принимать сигналы на больших расстояниях и при небольшой мощности передатчика. Кроме того, фотоприемник имеет широкий угол обзора, что упрощает его установку и настройку. Его угол обзора составляет 35 градусов. Это означает, что приемник может обнаруживать инфракрасные сигналы, направленные в пределах угла обзора в 35 градусов от его оси, поэтому в схеме используется два фотоприемника для покрытия угла в 90 градусов. Также имеет высокую устойчивость к помехам от окружающей среды, таких как шумы электрической сети и световые помехи. Это обеспечивает надежный и стабильный прием сигналов в различных условиях эксплуатации.

В целом, фотоприемник TSOP 1736 является надежным и эффективным компонентом для приема информации посредством инфракрасного излучения в электронных устройствах. Он может быть использован в различных приложениях, где требуется прием информации посредством инфракрасного излучения на больших расстояниях и в условиях электромагнитных помех.

Аналоги: SFH506-36, TSOP1836, GP1UX311QS, TSOP28436, TSOP4136.

Основные характеристики:

- диапазон длин волн: 950 нм;
- напряжение питания: 2.5 В до 5.5 В;
- рабочая частота: 36 кГц;
- угол приема: ± 45 градусов;
- выходное напряжение в неактивном состоянии: < 0.4 В;
- выходное напряжение в активном состоянии: > 4.5 В;
- потребляемый ток в неактивном состоянии: < 0.35 мА;
- потребляемый ток в активном состоянии: 0.85 мА;
- размер корпуса: 3 мм \times 3 мм \times 1.4 мм;
- рабочая температура: от -25 до +85 градусов Цельсия.

2.3.7 Описание трансформатора TV1

Трансформатор Diemen E3005005 2x9V 0.6 VA — используется для преобразования высокого напряжения переменного тока, например, 230 Вольт, в более низкие уровни напряжения, которые могут использоваться для питания электронных устройств. Как правило, они имеют две или более катушки проводника на одном магнитопроводе, и каждая катушка обычно имеет свой выходной контакт.

Трансформатор Diemen E3005005 имеет две независимые катушки с выходным напряжением 9 Вольт каждая. Каждая катушка имеет свой выходной контакт и может использоваться для питания различных электронных устройств. Этот трансформатор герметичен и имеет клеммы для подключения на печатную плату, что делает его удобным для использования в

электронных устройствах, имеет двойную изоляцию, что уменьшает риск электрического поражения и обеспечивает безопасность в эксплуатации.

Максимальная мощность трансформатора Diemen E3005005 составляет 0,6 Ватт, что означает, что он может обеспечить питание для небольших электронных устройств, например, для низковольтных источников питания, зарядных устройств для аккумуляторов и т.д.

Трансформатор Diemen E3005005 имеет габариты 44,5 мм x 35,6 мм x 30,5 мм, что делает его компактным и удобным для использования в малогабаритных электронных устройствах. Он также имеет надежную конструкцию и может длительное время работать в режиме непрерывной нагрузки.

Аналоги: Block BV EI 4820 2x9V 0.6VA, TALEMA 70021K 2x9V 0.6VA, Amgis LLC AE15E-0906 2x9V 0.6VA.

Основные характеристики:

- номинальное входное напряжение: 230 Вольт, 50 Гц;
- номинальное выходное напряжение: 2x9 Вольт;
- номинальная мощность: 0.6 Ватт;
- электрическая изоляция между обмотками: более 4000 Вольт;
- максимальная температура эксплуатации: 70 градусов Цельсия;
- класс защиты: IP00;
- масса: около 85 грамм.

2.3.8 Описание стабилитрона DA1

Стабилитрон 78L05 является положительным стабилизатором напряжения на 5 вольт, который используется для защиты электронных компонентов от перенапряжения. Он имеет форму короткого цилиндра с двумя выводами, выполненных в виде проводов для пайки на плату. Стабилитрон представляет собой полупроводниковый диод с обратным напряжением стабилизации в 5 вольт.

Стабилитрон 78L05 может выдерживать максимальный обратный напряжение до 35 вольт и ток до 100 миллиампер. Он имеет низкое сопротивление в прямом направлении, что позволяет использовать его для стабилизации напряжения в электронных цепях.

Этот стабилитрон применяется в различных устройствах, таких как блоки питания, зарядные устройства, светодиодные преобразователи и другие электронные устройства, где требуется стабилизация напряжения на уровне 5 вольт.

Аналоги: LM7805, KA7805, MC7805.

Основные характеристики:

- номинальное выходное напряжение: 5 В;
- максимальный выходной ток: 15 мА;
- максимальная выходная мощность: 100 мВт;
- диапазон рабочих температур: -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
- три вывода: вход, выход, общий;
- низкое потребление энергии;
- низкое падение напряжения на выходе;
- надежный и долговечный;
- устойчив к перегрузкам и коротким замыканиям.

2.3.9 Описание транзистора VT1

BS170 — это N-канальный MOSFET транзистор, предназначенный для работы в качестве ключа в различных электронных схемах. Он может использоваться в устройствах управления мощностью, инверторах, преобразователях постоянного тока и других схемах.

Транзистор BS170 имеет малую мощность и низкое напряжение затвора-исток (V_{gs}) до 20 В. Его максимальное сопротивление канала (R_{ds}) составляет 5 Ом при $V_{gs} = 10$ В, что обеспечивает низкий уровень потерь

мощности и высокую эффективность работы. Максимальный ток стока (I_d) составляет 0,5 А.

BS170 имеет три вывода: исток (S), сток (D) и затвор (G). Он доступен в различных корпусах, таких как TO-92, SOT-23 и другие, что обеспечивает удобство монтажа в различных устройствах.

Аналоги: 2N7002, 2SK3018.

Основные характеристики:

- тип транзистора: N-канальный MOSFET;
- максимальное напряжение сток-исток: 60 В;
- максимальный ток сток-исток: 0.5 А;
- максимальный ток затвор-исток: 0.1 А;
- максимальная мощность, потребляемая транзистором: 0.36 Вт;
- сопротивление сток-исток при 0 затворном напряжении: 5 Ом;
- напряжение затвор-исток для открытия транзистора: 2-4 В.

2.3.10 Описание диодного моста VD1

Диодный мост KBL402 — это схема, состоящая из четырех диодов, образующих мостовое соединение для выпрямления переменного тока в постоянный. Он имеет стандартный корпус DIP (Dual In-line Package) с 4 выводами и может выдерживать максимальное обратное напряжение до 200 В и ток до 4 А.

Входы диодного моста (помеченные как AC) предназначены для подключения к источнику переменного тока, а выходы (помеченные как DC) - к потребителю постоянного тока. В каждый момент времени два диода из моста находятся в открытом состоянии, а два других - в закрытом. При смене полярности входного сигнала меняются открытые и закрытые диоды, что позволяет выпрямлять переменный ток.

Кроме того, диодный мост KBL402 имеет высокую надежность и долгий срок службы, что делает его привлекательным для использования в различных промышленных и электронных приложениях.

Аналоги: GBU4J, KBU4D, RS405L.

Основные характеристики

- Напряжение обратного тока: 200 Вольт;
- Максимальный прямой ток: 4 Ампера;
- Максимальный импульсный ток: 120 Ампер;
- Максимальная рабочая температура: от -55 до +150 градусов

Цельсия;

- Тип корпуса: KBL;
- Максимальная мощность потерь: 8 Ватт;
- Схема выпрямления: полный мост.

2.3.11 Описание предохранителя FU1

Предохранитель ВПМ-2 (взрывозащищенный предохранитель монтажный) представляет собой электрический элемент, который применяется для защиты электрических цепей от перегрузки и короткого замыкания. Он относится к типу предохранителей, обладающих защитой от взрыва.

Предохранитель ВПМ-2 выполнен в металлическом корпусе с резьбовыми клеммами для установки на печатную плату или в соединительные провода. Внутри корпуса находится тонкая проволочная вставка, которая при достижении заданного тока перегорает, обрывая цепь и защищая оборудование от повреждений.

Предохранитель ВПМ-2 имеет номинальное напряжение до 250 В и номинальный ток от 50 мА до 5 А. Он работает в широком диапазоне температур от -60 до +125 градусов Цельсия и обладает высокой степенью защиты от внешних воздействий, таких как пыль, влага и вибрации. В зависимости от производителя и модели, могут быть различия в размерах и других характеристиках, но основное назначение и принцип работы остаются неизменными.

Аналоги: ТФ-210, Flink FWP-2, ЕТА 141-В20/2.

Основные характеристики:

- Номинальное напряжение: 220 В;
- Номинальный ток: от 0,1 до 16 А;
- Тип расцепителя: быстродействующий;
- Класс защиты от короткого замыкания: 10 кА;
- Класс защиты от перегрузки: 3,2 кА;
- Рабочая температура: от -40 до +50 °С;
- Степень защиты: IP20;
- Размеры: 30 x 10 x 38 мм.

2.4 Расчеты номиналов элементов схемы

2.4.1 Расчет генератора импульсов

На рисунке 12 изображен участок схемы с генератором импульсов собранном на микросхеме NE556.

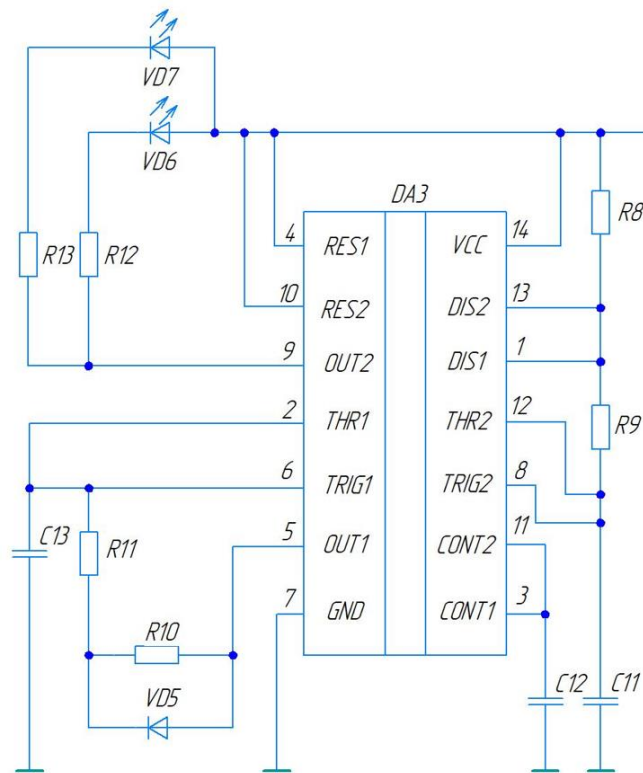


Рисунок 12 – Генератор импульсов

Для создания генератора импульсов на NE556, в котором оба таймера работают одновременно, можно использовать один таймер в качестве мультивибратора (генератора импульсов), а второй - в качестве генератора огибающей, который управляет первым таймером [10].

C11, R8 и R9 используются для формирования RC-цепочки, которая определяет частоту работы мультивибратора, собранного на первой половине NE556.

RC-цепочка работает на принципе зарядки и разрядки конденсатора через резисторы. В начале каждого периода мультивибратора конденсатор полностью разряжен, и затем начинает заряжаться через резистор R9. Когда напряжение на конденсаторе достигает уровня, равного напряжению на пине 6 (Threshold), компаратор переключается, и конденсатор начинает разряжаться через резистор R8. Когда напряжение на конденсаторе достигает

уровня, равного напряжению на пине 2 (Trigger), компаратор снова переключается, и цикл зарядки и разрядки конденсатора повторяется.

Диод VD5 в генераторе огибающей используется для формирования огибающей импульсов, которая затем используется для управления первым таймером. Огибающая формируется за счет зарядки и разрядки конденсатора C13 через резисторы R11 и R10.

В момент, когда выход второго таймера находится в состоянии "1", диод VD5 пропускает ток и конденсатор C13 заряжается через резистор R11. В момент, когда выход второго таймера переходит в состояние "0", диод VD5 блокирует обратное напряжение и конденсатор C13 начинает разряжаться через резистор R10.

Огибающая, сформированная на второй половине NE556, управляет первым таймером через пин 5. Пин 5 — это вход управления напряжением, который позволяет изменять пороговое напряжение компаратора внутри первого таймера.

Во время работы генератора огибающей, напряжение на конденсаторе C13 меняется между уровнями порогового напряжения, которые определяются настройками резисторов R11 и R10. Когда напряжение на конденсаторе превышает пороговое напряжение, компаратор первого таймера переключается и выход первого таймера меняется своё состояние. В зависимости от уровня напряжения на конденсаторе в момент переключения компаратора, изменяется длительность импульсов на выходе первого таймера.

Таким образом, огибающая на пине 5 первого таймера изменяет пороговое напряжение компаратора, что в свою очередь влияет на длительность импульсов на выходе первого таймера.

Для расчета такого генератора импульсов, необходимо определить значения сопротивлений и емкостей, которые будут использоваться в схеме.

Для расчета элементов мультивибратора, генерирующего импульсы 36 кГц, используется следующая формула:

$$f = \frac{1,44}{C11(R8 + 2R9)} \quad (3)$$

где f - желаемая частота, Гц;

$C3$ - ёмкость конденсатора, Ф;

$R2$ - значения резистора, Ом;

$R3$ - значения резистора, Ом.

Значения конденсатора подбираются с учетом уже известной частоты, равной 36 КГц. Подбор происходит путем изменения значения $R9$, так при $R8$ равной 1,3 кОм, значение $R8$ будет равно 3,6 кОм, подставив данные значения получаем:

$$C3 = \frac{1,44}{36 \cdot 10^3 (1,3 \cdot 10^3 + 2 \cdot 3,6 \cdot 10^3)} = 4,7 \cdot 10^{-9}$$

Таким образом, значение конденсатора $C11$ равно 4,7 нФ.

Значения элементов генератора огибающей, управляющего длительностью импульсов, были взяты эмпирическим путем, со схемы подобного генератора на NE556 [6]. В этой статье описана та же микросхема, генерирующая импульсы такой же частоты, как и в моей работе. Следовательно, значение конденсатора $C13$ равно 68 нФ, значение резистора $R11$ равно 15 кОм, значение резистора $R10$ равно 56 кОм.

С данными значениями элементов в генераторе огибающей, импульс принимает вид, изображенный на рисунке 13.

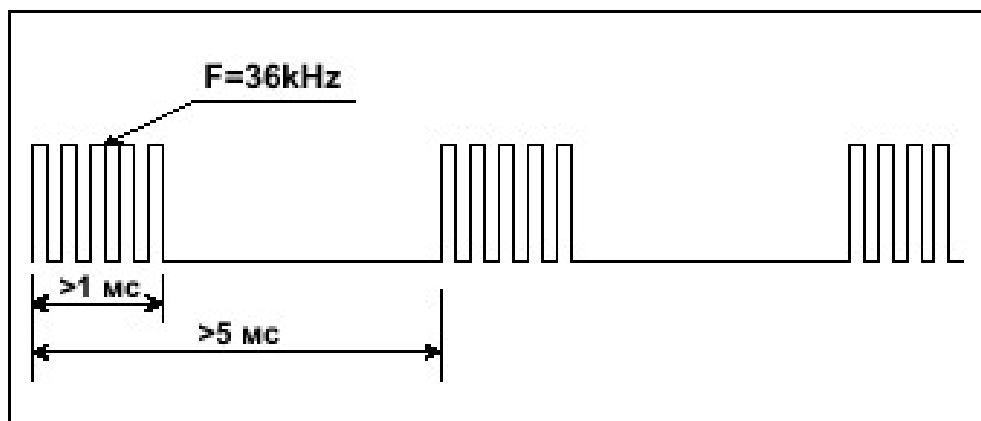


Рисунок 13 – Диаграмма импульсов

Пины 3 и 11 являются входами для подключения внешнего конденсатора, который формируют внутреннее опорное напряжение для таймеров и служит фильтром для входных сигналов также помогает устранять шумы на линии питания.

2.4.2 Расчет резисторов для светодиодов

На рисунке 14 изображен участок схемы с токоограничивающими резисторами для светодиодов VD6 и VD7.

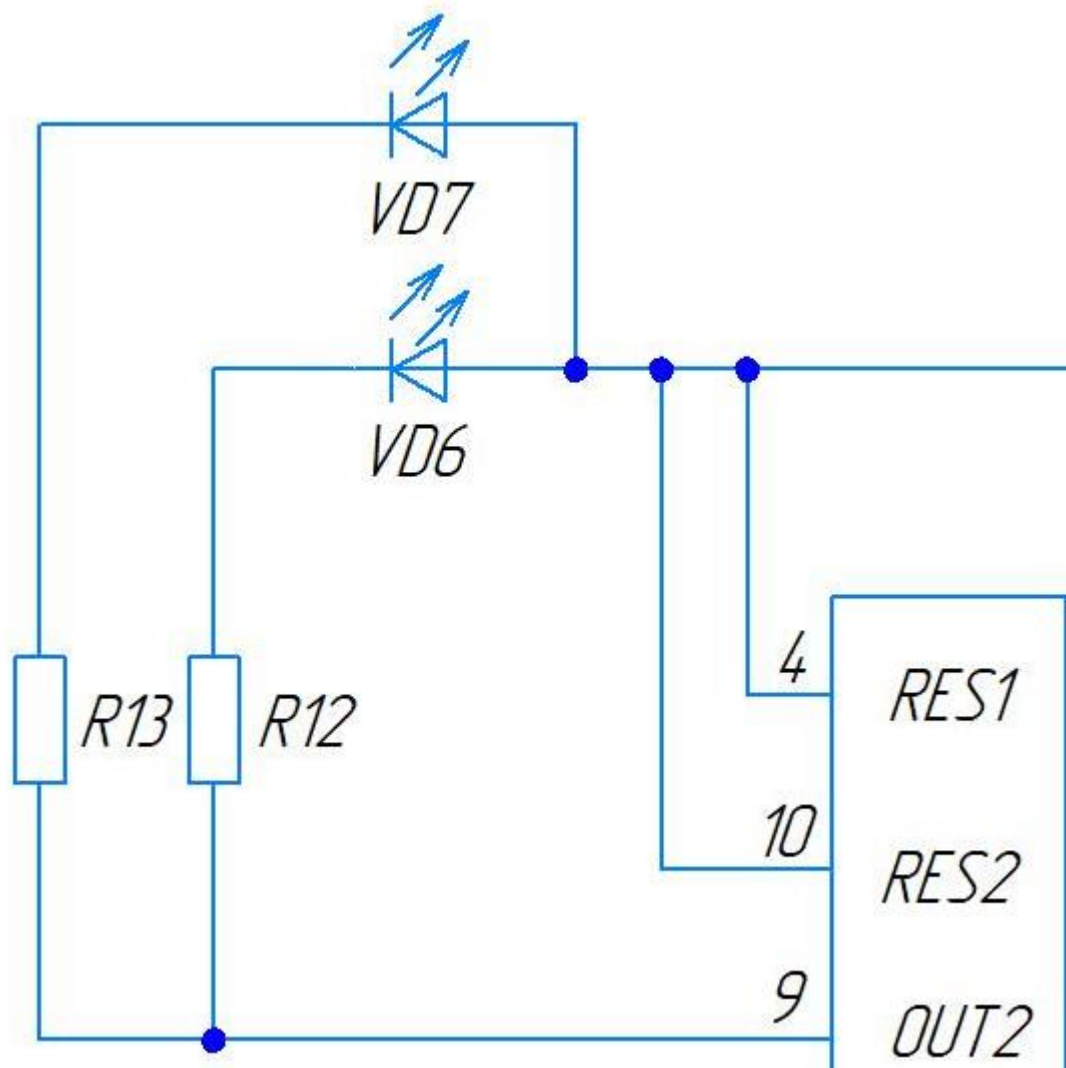


Рисунок 14 – Токоограничивающие резисторы

ИК-светодиоды VD6 и VD7 излучают сгенерированный на NE556 сигнал 36кГц. Каждый из них подключен через резисторы R12 для VD6 и R13 для VD7.

Эти резисторы используются для ограничения тока, проходящего через диоды, и защиты их от перенапряжений. Регулировка яркости светодиодов, а следовательно, и их дальности не требуется, так как два светодиода будут обеспечивать оптимальную интенсивность излучения при оптимальном для них токе.

Для расчета номиналов резисторов R12 и R13, которые ограничивают ток и защищают светодиоды от перенапряжения, необходимо определить

оптимальный ток, проходящий через светодиоды VD6 и VD7, при котором они будут светиться с средней яркостью и обладать максимальным временем жизни, а также не будут повреждены из-за превышения тока.

Согласно данным из Datasheet, напряжение на светодиоде TSAL6200 при токе 50 мА составляет примерно 1.5 В.

При подключении двух светодиодов параллельно, общий ток будет равен сумме токов каждого светодиода, то есть 100 мА. Для расчета оптимальных значений резисторов R12 и R13 можно использовать формулу для расчета сопротивления ограничителя тока:

$$R = \frac{V - Vd}{Id} \quad (4)$$

где R - сопротивление резистора, Ом;

V - напряжение питания, В;

Vd - напряжение на светодиоде, В;

Id - оптимальный ток, проходящий через светодиод, А.

Для светодиода TSAL6200, оптимальный ток составляет 50 мА.

Таким образом, для рассчитываемых резисторов получаем:

$$R = \frac{5 - 1,5}{50 \cdot 10^{-3}} = 70$$

R1 = R8 = 70 Ом.

Итак, оптимальные значения резисторов R12 и R13 составляют 70 Ом (ближайшее стандартное значение резистора - 68 Ом).

2.4.3 Расчет таймера задержки

На рисунке 15 изображен участок схемы с таймером задержки собранном на микросхеме NE555.

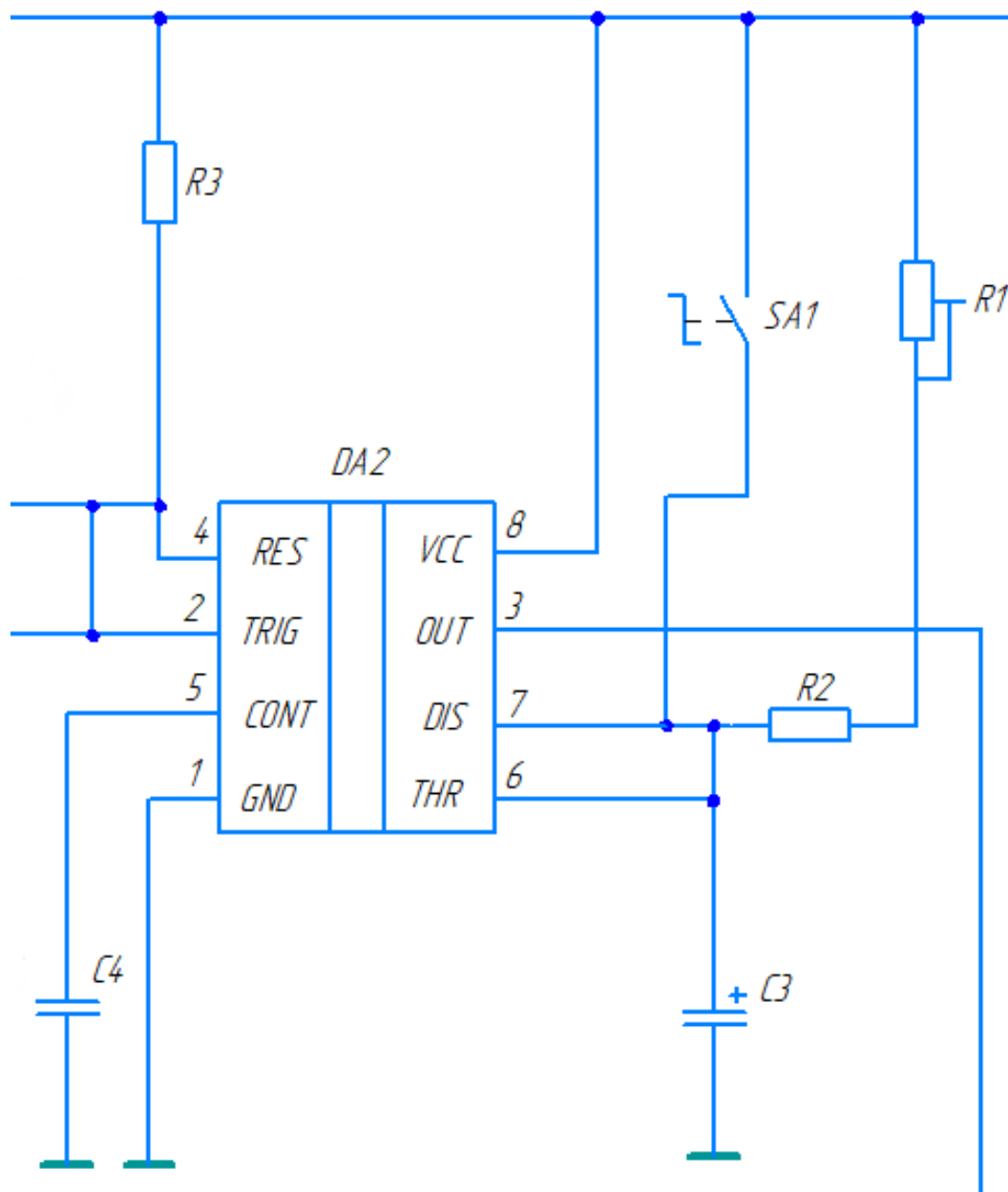


Рисунок 15 – Таймер задержки

В таймере NE555, длительности низкого и высокого уровней относятся к временным интервалам, в течение которых выходной сигнал таймера находится в состоянии "низкого" (логический уровень 0) и "высокого" (логический уровень 1) уровней соответственно.

Длительность низкого уровня (также называемая "временем разряда" или "T1") — это интервал времени, в течение которого выходной сигнал

таймера находится в состоянии "низкого" уровня. В этот момент транзистор выходного каскада таймера находится в открытом состоянии, и выходной сигнал таймера имеет низкий уровень напряжения (обычно близкий к нулю).

Длительность высокого уровня (также называемая "временем заряда" или "Th") — это интервал времени, в течение которого выходной сигнал таймера находится в состоянии "высокого" уровня. В этот момент транзистор выходного каскада таймера находится в закрытом состоянии, и выходной сигнал таймера имеет высокий уровень напряжения (обычно близкий к питающему напряжению).

Длительности низкого и высокого уровней таймера NE555 определяются значениями резисторов и конденсаторов, подключенных к таймеру, и могут быть рассчитаны с использованием соответствующих формул временных параметров таймера.

Для получения времени задержки в примерно 2 минуты (или 120 секунд) с использованием NE555, можно использовать формулы временных параметров таймера.

Для вычисления низкого уровня импульса на выходе работы схемы используется формула:

$$Tl = 0,693 \cdot R2 \cdot C3 \quad (5)$$

Длительность высокого уровня импульса на выходе работы схемы вычисляется по формуле:

$$Th = 0,693 \cdot (R1 + R2) \cdot C3 \quad (6)$$

Для определения величины полного периода применяется формула:

$$T = 0,693 \cdot C3 \cdot (2 \cdot R1 + R2) \quad (7)$$

Значение 0.693 является приближенным значением для вычисления временных параметров в таймере NE555. Фактически, это приближение для коэффициента времени, связанного с зарядкой и разрядкой конденсатора.

В точности, значение коэффициента времени составляет 0.69314718, которое является приближением числа $\ln(2)$. Оно возникает из экспоненциальной зависимости зарядки и разрядки конденсатора.

Для получения времени задержки в 2 минуты (или 120 секунд), можно выбрать соответствующие значения резисторов и конденсатора, чтобы обеспечить требуемые временные параметры таймера. Конденсатор С был выбран номиналом 100 мкФ так как он наиболее распространён при расчете таймеров на NE555, значения резисторов R2 и R1 были выбраны методом подбора, с использованием калькулятора расчета таймеров на NE555 [18]. В ходе подбора, значение резистора R1 было выбрано равное 1 МОм, значение резистора R2 было выбрано равное 470 кОм, подставив известные значения можно найти длительности излучений:

$$Tl = 0,693 \cdot 470 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 32,57$$

$$Th = 0,693 \cdot (1000 \cdot 10^3 + 470 \cdot 10^3) \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 101,9$$

$$T = 0,693 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 1000 \cdot 10^3 + 470 \cdot 10^3) = 134,5$$

Таким образом, получаем импульс низкого уровня равный 32,57 с, импульс высокого уровня равен 97,04 с, полный период равен 134,5 с.

На рисунке 16 изображен график импульсов микросхемы NE555 для таймера в 2 минуты.

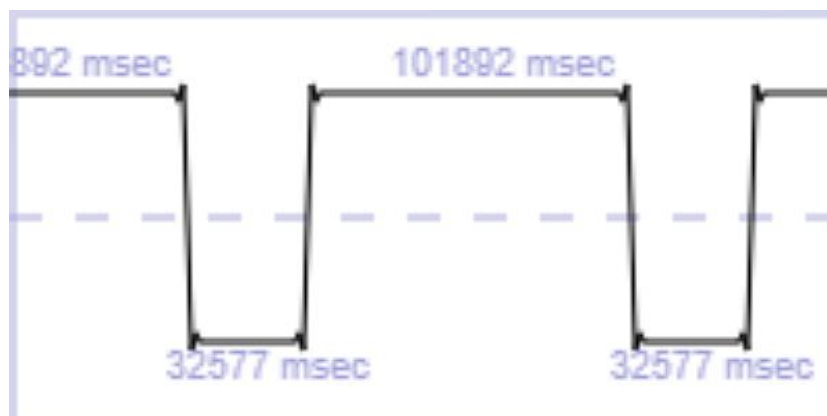


Рисунок 16 – График импульсов для таймера в 2 минуты

Таким образом, время задержки было рассчитано равное 134 секундам, что примерно равно двум минутам. Так как R1 можно регулировать, то можно рассчитать, что при R1 равной 2 мОм время задержки будет равно 204 секунды, что примерно равно 3.5 минуты. Если номинал уменьшить в два раза до 500 кОм временная задержка составит 100 секунд, то есть 1,5 минуты.

2.4.4 Расчет стабилизатора

На рисунке 17 изображен участок схемы с стабилизатором.

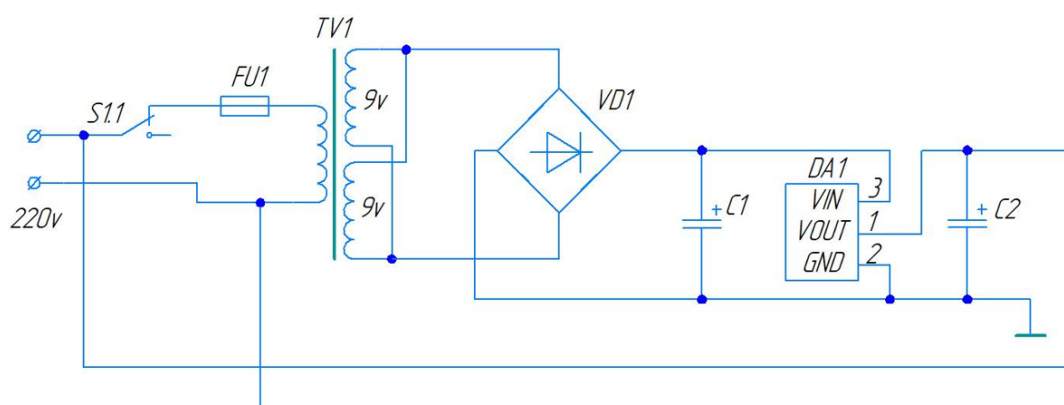


Рисунок 17 – Участок схемы с стабилизатором

Для расчета конденсаторов на входе и на выходе стабилизатора требуется учитывать различные факторы, такие как допустимое колебание напряжения на входе и на выходе, режим работы схемы, стабильность напряжения и шумы на питающей линии. В данном случае, для снижения высокочастотного шума на входе стабилизатора используется входной конденсатор (C1), а для снижения низкочастотного шума на выходе стабилизатора - выходной конденсатор (C2).

Для расчета значения конденсатора на входе стабилизатора (C1) используется следующая формула:

Его задача - сглаживание высокочастотного шума, который может присутствовать на входе стабилизатора. Значение емкости конденсатора C1 можно рассчитать по следующей формуле:

$$C1 \geq \frac{(I_{in} \cdot V_{in})}{f \cdot U} \quad (8)$$

где I_{in} - ток потребления цепи, А;

V_{out} - максимальное выходное напряжение, В;

f - частота сетевого напряжения, Гц;

U - максимально допустимое значение пульсации напряжения, В.

Цепь потребляет около 100 мА, напряжения питания равно 5 В, частота сетевого среза в России составляет 50 Гц, а максимально допустимое значение пульсации напряжения является разницей между амплитудным значением и минимально необходимым для работы стабилизатора уровнем входного напряжения. Падение напряжения на диодах равно 2 В, после выпрямления, напряжение будет равно $9\sqrt{2}$. Пульсация напряжения находится по следующей формуле:

$$U = (9\sqrt{2} - 2) - (5 + 2) = 3,7$$

Подставив известные значения переменных, получается следующее выражение:

$$C1 \geq \frac{(100 \cdot 10^{-3} \cdot 5)}{50 \cdot 3,7} = 0,0027$$

$$C1 \geq 270 \text{ мкФ}$$

Так как номинал входного конденсатора должен быть больше этого значения, было выбрано ближайшее стандартное значение 330 мкФ, то есть конденсатор C1 будет равен 330 мкФ.

Задача конденсатора на выходе стабилизатора (C2), заключается в сглаживании низкочастотного шума и обеспечение стабильного выходного напряжения. Для расчета значения емкости конденсатора C2 можно не использовать формулы, а сделать это эмпирическим методом. Так как стабилизатор питается выпрямленным напряжением частотой 50Гц, то в параллель к электролитическому входному конденсатору в большинстве случаев ставится керамический конденсатор. По даташит номинал керамического выходного конденсатора не должен быть меньше 0.1 мкФ, такой номинал используют в большинстве подобных схемах, то есть конденсатор C2 равен 0.1 мкФ.

2.4.5 Расчет оптосимистора

На рисунке 18 изображен участок схемы с оптосимистором VO1.

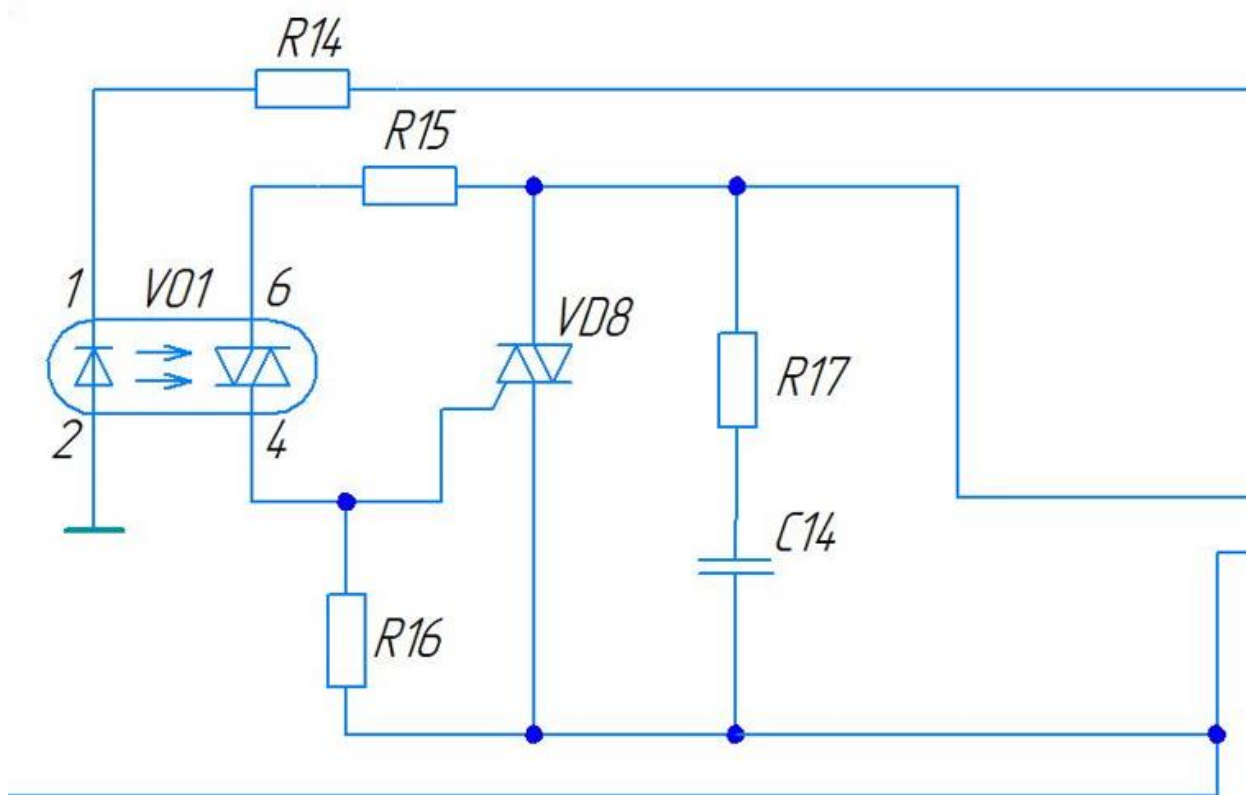


Рисунок 18 – Оптосимистор VO1

При расчете данного фрагмента схемы необходимо рассчитать номиналы резисторов R14, R15, R16, а также резистор R17 и конденсатор C14 составляющих RC – цепочку.

«Сопротивление ограничительного резистора R14 зависит от минимального прямого тока инфракрасного светодиода, необходимого для отпирания симистора» [9, с. 78].

Для расчёта этого конденсатора используется следующая формула:

$$R14 = \frac{V_{cc} - V_{sv}}{I_{sv}} \quad (9)$$

где V_{cc} - напряжение питания, В;

V_{out} - максимальное выходное напряжение, В;

V_{sv} - напряжение на светодиоде в рабочем состоянии, В;

I_{sv} - ток светодиода, А.

Для оптосимистора МОС3041, максимальный ток, который может пропустить через светодиод оптосимистора, составляет 60 мА, рабочий ток - 5 мА. Рекомендуется принять ток светодиода на уровне 10 мА, учитывая снижение эффективности светодиода со временем (запас 5 мА). При пропускании тока через светодиод оптосимистора, внутренний фотодиод преобразует оптический сигнал в электрический и создает напряжение на светодиоде. В рабочем состоянии светодиода оптосимистора это напряжение составляет примерно 1,1 - 1,7 В, в зависимости от типа оптосимистора и условий эксплуатации. В данном случае, для расчетов используется значение 1,5 В как среднее значение напряжения на светодиоде оптосимистора. Подставив значение, получается следующее выражение:

$$R14 = \frac{5 - 1,5}{0,01} = 350$$

Так как ближайшее значение резистора составляет 360 Ом, сопротивление резистора R14 равно 360 Ом.

Если в схеме используется только резистивная нагрузка, то резистор R15 не является обязательным. Тем не менее, если оптосимистор защищен фильтром собранном на RC цепочке, то R15 может использоваться для

ограничения тока, проходящего через управляющий электрод оптосимистора. Для расчета значения R15 используется следующая формула:

$$R15 = \frac{V \cdot \sqrt{2}}{I} \quad (10)$$

где V - максимальное значение действующего напряжения в сети, В;

I - максимально допустимый ток для оптосимистора, А;

«Если использовать индуктивную нагрузку, то ток и напряжение, проходящие через симистор, будут находиться в противофазе. В связи с тем, что симистор перестает быть проводником, когда ток проходит через ноль, конденсатор С13 может разряжаться через оптосимистор. В этом случае резистор R15 будет ограничивать ток разряда. Допустимый максимальный ток для оптосимистора составляет 1 ампер, а максимальное значение действующего напряжения в сети принимается равным 240 вольт. Необходимо рассчитать минимальное значение сопротивления R15» [19].

$$R15 = \frac{240 \cdot \sqrt{2}}{1} = 340$$

Так как ближайшее значение резистора составляет 360 Ом, сопротивление резистора R15 равно 360 Ом. Использовать большее значение сопротивления не имеет смысла так как слишком большая величина может привести к нарушению работы.

Значение сопротивления для резистора R16 может находиться в диапазоне от 100 до 500 Ом. Резисторы R15 и R16 используются для введения задержки отпирания симистора, и эта задержка будет более заметной при более высоких значениях сопротивлений этих резисторов. Значение резистора R16 было выбрано эмпирическим путем и составляет 330

Ом, было выбрано именно это значение так как в большинстве подобных схемах, а также в даташите МOC3041 этот номинал обозначен как самый оптимальный, то есть сопротивление резистора R16 равно 330 Ом.

Эффективная защита симисторов необходима, а для оптосимисторов, таких как МOC3041, желательна. При использовании высокоиндуктивной нагрузки, необходимо увеличить значение R16 до 360 Ом. Чтобы предотвратить внешние перенапряжения, ограничить влияние dV/dt и тока перегрузки, а также при индуктивной нагрузке, желательно использовать защитную RC-цепочку. Точный расчет значений R и C зависит от многих параметров, поэтому часто используют эмпирические значения. Использование сопротивления 39-150 Ом и конденсатора 100 нФ дает удовлетворительные результаты. Однако, значение сопротивления должно быть гораздо меньше, чем величина полной нагрузки, и достаточно высоким, чтобы ограничить ток разряда конденсатора с целью соблюдения максимального значения di/dt в момент отпирания. В данной работе будут использоваться стандартные номиналы элементов RC - цепочки, взятой с datasheet устройства МOC3041.

Таким образом, сопротивление резистора R17 равна 39 Ом, а значение конденсатора C14 равно 100 нФ.

2.4.6 Расчет RC – цепочек

На рисунке 19 изображен участок схемы с RC – фильтрами для TSOP1736.

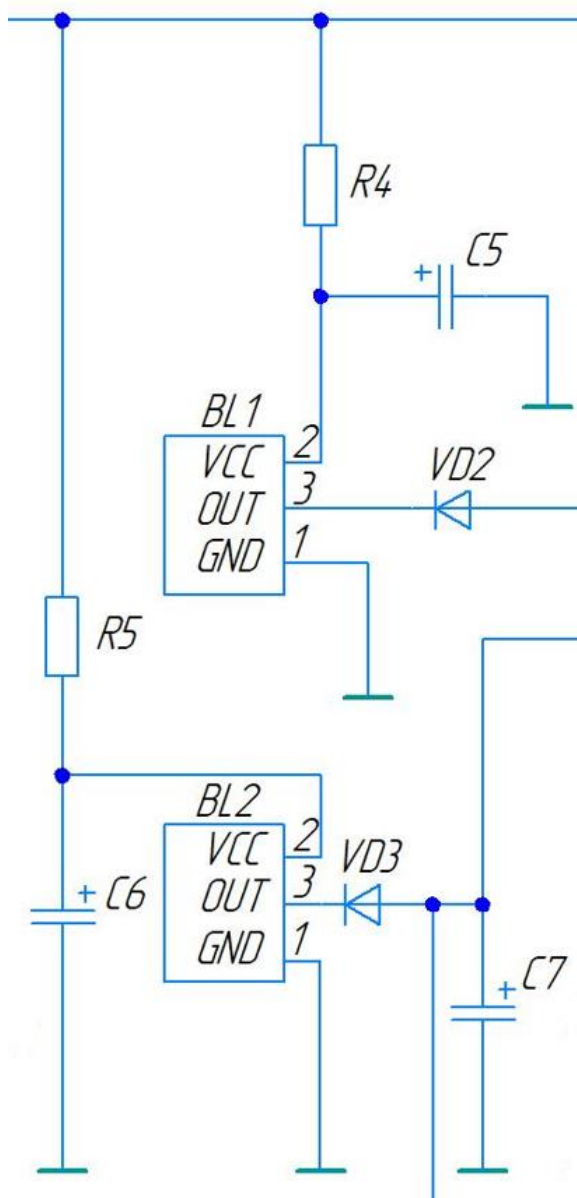


Рисунок 19 – Фильтры для TSOP1736

TSOP1736 — это ИК-приемник, предназначенный для демодуляции ИК-сигналов с модуляцией 36 кГц. Частота среза фильтра, установленного перед TSOP1736, будет влиять на прохождение сигналов через фильтр.

TSOP1736 является ИК-приемником, который обычно используется для приема инфракрасных сигналов, например, для управления устройствами удаленного управления.

Если фильтр с частотой среза около 100 Гц установлен перед TSOP1736, это может означать, что фильтр будет пропускать или ограничивать входные инфракрасные сигналы с частотами ниже этой величины. Это может быть полезно, например, для фильтрации нежелательных шумов или помех в инфракрасных сигналах, которые могут возникать от других источников света.

Фильтр, состоящий из резистора 120 Ом и конденсатора 10 мкФ, устанавливается перед приемником TSOP1736 с целью снижения влияния высокочастотных помех на его работу. Этот фильтр нижних частот (RC фильтр) выполняет функцию подавления шумов и помех, позволяя пропускать только сигналы с более низкой частотой, близкой к полезному диапазону инфракрасных сигналов, которые обрабатывает TSOP1736. Таким образом, фильтр помогает повысить надежность и точность работы приемника, исключая возможность нежелательных воздействий высокочастотных сигналов на его функционирование.

Для определения частоты среза фильтра высоких частот для приемника tsop1736 необходимо знать диапазон частот, которые нужно фильтровать, номинал резистора и конденсатора. Значение частоты среза фильтра равное примерно 100 Гц будет оптимально, для нахождения номиналов резистора и конденсатора достаточно выбрать любой номинал резистора из стандартных значений. В схемах с напряжением питания 5 В и ИК-приемником tsop1736 в основном используется резистор с номиналом 120 Ом [6]. Рассчитать номиналы резистора и конденсатора в фильтре высоких частот можно по следующей формуле:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} \quad (11)$$

где f_c - частота среза, Гц;

R - сопротивление резистора в фильтре, Ом;

C - ёмкость конденсатора в фильтре, Ф;

Частота среза и сопротивление резистора уже известны, осталось подставить значения в формулу и найти номинал конденсатора:

$$C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 120 \cdot 40 \cdot 10^3} = 13 \cdot 10^{-6}$$

Так как конденсатора со значением 13 мкФ не существует на рынке следует выбрать ближайшее из общих стандартных значения, например 10 мкФ. В этом случае частота среза фильтра будет равна примерно 130 Гц, что также допустимо. Таким образом, сопротивление резисторов R_5 и R_4 равно 120 Ом, а значение конденсаторов C_6 и C_5 равно 10 мкФ.

Заключение

В рамках проведенных исследований и разработок был успешно создан и спроектирован инфракрасный датчик присутствия, основанный на использовании приемника tsop1736. Анализ проведенных сравнительных исследований показал, что данный принцип работы датчика является оптимальным выбором с учетом требований экономичности и высокой эффективности работы. В процессе работы были решены некоторые недостатки, связанные с ложными срабатываниями и ограниченным обнаружением неподвижных объектов, путем исключения pir-элемента из схемы. Это значительно повысило точность и надежность работы датчика. Кроме того, важным этапом разработки был расчет элементов схемы и оптимизация ее параметров. Путем тщательного анализа и подбора значений компонентов удалось достичь максимальной эффективности и надежности работы датчика.

Создание инфракрасного датчика присутствия на основе приемника tsop1736 представляет собой актуальную задачу, имеющую большое значение в различных областях человеческой деятельности. Благодаря его простоте, доступности и высокой эффективности, данный датчик может быть успешно применен в различных сферах, связанных с автоматизацией и оптимизацией процессов, может быть использован для повышения удобства жизни, а также для снижения затрат на освещение помещений.

Таким образом, данная работа не только включает выбор наиболее подходящего датчика и анализ его недостатков, но также предлагает эффективные пути их решения, а также проводит расчет и оптимизацию элементов схемы.

Список используемых источников

1. Белоусов А.И. Оптико-электронные приборы и системы: Учебник для вузов. Москва: Высшая школа, 2002. - 512 с.
2. Березкин Д. Г. Датчики: теория, применение и новые разработки: учебное пособие. Москва: Издательский дом "Лори", 2019. 256 - с.
3. Варламов Р.Г. Краткий справочник конструктора радиоэлектронной аппаратуры: Справочник - Москва: Сов. радио, 1972.- 856с.
4. Дубровский В.В., Иванов Д.М., Патрусевич Н.Я. Резисторы 2-е издание: Справочник – Москва: Радио и связь, 1991. – 528 с.
5. Климов А.Г. Датчики и преобразователи: учебник для вузов. Москва: Экзамен, 2018. - 400 с.
6. Козырев Д. А. Молодой учёный №31: Информационно-технический журнал. Казань: Молодой учёный, 2020. – 171 с.
7. Лаврухин И.С. Ультразвуковые датчики: учебное пособие. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 176 с.
8. Лебедев А.Г., Смирнов С.И. Электроника: учебник для вузов. Москва: Академия, 2019. - 608 с.
9. Максина Е. Л. Электроника: учебное пособие. Саратов: Научная книга, 2019. - 159 с
10. Масленников М.Ю., Соболев Е.А. Справочник разработчика и конструктора РЭА Элементная база книга 1: Справочник - Москва: Радио и связь, 1993. - 156 с.
11. Новоселов Н.Н. Сидоров В.В. Основы технологии создания оптико-электронных систем: учебное пособие. Москва: Физматлит, 2005. – 189 с.
12. Садиков Ю. Новости электроники 5: Информационно-технический журнал. Москва: КОМПЭЛ, 2007. – 33 с.

13. Сидоров И.Н., Скорняков С.В. Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Справочник. - Москва: Радио и связь, 1994.- 320 с.
14. Складорова Л. И. Электроника для начинающих: учебное пособие. - Москва: Радио и связь, 1987. - 288 с.
15. Фрайден Дж. Современные датчики: Справочник. Москва: Техносфера, 2005. – 587 с.
16. Хрулев А.К., Черепанов В.П., Диоды и их зарубежные аналоги: Справочник – Москва: ИП РадиоСофт, 1999. – 640 с.
17. Четвертков И.И., Дьяконов М.Н., Присняков В.И. Конденсаторы: Справочник – Москва: Радио и связь, 1993 – 392 с.
18. Схем [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.07.2008 №123 (ред. От 29.07.2017). URL: https://схем.net/calc/555_calc.php
19. Elektrolife [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.07.2008 №123 (ред. От 29.07.2017). URL: <https://elektrolife.ru/elektroshemy/simistornaja-optopara-upravlenie-simistorom/>
20. Infomart [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.07.2008 №123 (ред. От 29.07.2017). URL: <http://www.infomart.ru/content/docs/1787.html>
21. De Silva C.W. Sensors and Actuators: Engineering System Instrumentation: study guide. FL: CRC Press, 2016. - 730 p.
22. Dereniak E.L., Crowe D.G. Infrared Detectors and Systems: study guide. NJ: Wiley, 2013 - 432 p.
23. Pallas-Areny R., Webster J.G. Sensors and Signal Conditioning: study guide. New York: Wiley, 2001. - 614 p.
24. Santos J. P. Ultrasonic Sensors: Technologies and Applications: study guide. New York: CRC Press. 2012. - 163 p.
25. Soloman S. Sensors and Control Systems in Manufacturing: study guide. New York: CRC Press, 2001 - 371 p.