

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond
Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
Siduselektronika õppetool

Anna Kobernjuk

Signalisatsiooni juhtimine

Bakalaureusetöö

Juhendaja: dotsent Mihhail Pikkov

Tallinn

2015

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus ning kinnitan, et esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud. Kinnitan, et antud töö koostamisel on kõikide teiste autorite seisukohtadele, probleemipüstitustele, kogutud arvandmetele jmt viidatud.

Kuupäev:

Autor: Anna Kobernjuk

.....

/allkiri/

Annotatsioon

Bakalaureusetöö teemal: "Signalisatsiooni juhtimine".

Bakalaureusetöö eesmärk on näidata samm-sammult häireseade töö , kirjeldada passivne infrapunaanduri tööd, leida minimaalse toitu häireseade töötamiseks ja arendada häireseade trükkplaadi.

Bakalaurusetöö praktiline väärtus seisneb sellest, et arenenud projekti on võimalik kodus teha.

Bakalaurusetöö on kirjutanud vene keeles ja koosneb 46 leheküljest.

Annotation

Bachelor work is on the topic of " Burglar Alarm Managment".

The aim of this bachelor work is to show work of the alarm, describe the work of a passive infrared motion sensor, find the minimum power for performance of an alarm and develop an alarm´s printed circuit board.

The practical value of this work is that created project can be done at home.

Bachelor work is written in Russian and contains 46 pages.

Аннотация

Бакалаврская работа на тему: « Управление сигнализацией».

Целью бакалаврской работы является показать пошаговую работу схемы сигнализации, дать описание работы пассивного инфракрасного датчика движения, найти минимальное питание для работоспособности схемы сигнализации, определить порог срабатывания и разработать печатную плату устройства сигнализации.

Практическая ценность дипломной работы заключается в том, что разработанный проект можно осуществить в домашних условиях.

Бакалаврская работа написана на русском языке и содержит 46 страниц.

Оглавление

Введение	8
1. Краткое описание и принцип работы пассивного инфракрасного датчика движения	9
2. Разработка структурной схемы сигнализации	13
3. Описание электрической схемы устройства сигнализации	15
3.1 Каскад усиления и фильтрации входного сигнала датчика	16
3.2 Каскад усиления и фильтрация сигнала	17
3.3 Узел задания порога срабатывания	18
3.4 Краткое описание двухполюсного двухпозиционного реле	20
3.5 Электронная цепь задания тока стабилитрону, делителю напряжения и пассивному инфракрасному датчику движения	21
4. Расчеты токов и напряжений для разных узлов цепи	22
4.1 Расчет тока стабилитрона, делителя напряжения и сенсора	22
4.2 Расчет напряжения на операционных усилителях	24
4.3 Расчет минимальных напряжений для переключения операционных усилителей	26
4.4 Расчет каскада, управляющего реле	29
4.5 Расчет блока питания	31
5. Сравнение расчетов с результатом симуляции схемы	33
6. Определение минимального напряжения питания	35
7. Определение порога срабатывания	37
8. Изменение величины сопротивления потенциометров, задание напряжений срабатывания	38
9. Печатная плата	41
10. Экономическая часть	44
Заключение	45
Используемая литература	46

Нумерация рисунков и таблиц

Рис. 1.1 Внешний вид датчика.....	9
Рис 1.2 Иллюстрация принципа работы датчика.....	10
Рис. 1.3 Инфракрасное излучение человека.....	11
Рис. 1.4 Внешний вид датчика.....	12
Рис. 1.5 Внутреннее строение датчика.....	12
Рис. 2.1 Структурная схема сигнализации.....	13
Рис. 3.1 Электрическая схема устройства сигнализации.....	15
Рис. 3.2 Каскад усиления и фильтрации входного сигнала датчика.....	16
Рис. 3.3 Каскад усиления и фильтрация сигнала.....	17
Рис. 3.4 Узел задания порога срабатывания.....	18
Рис. 3.5 Двухполюсное двухпозиционное реле	20
Рис. 3.6 Электронная цепь задания тока стабилитрону, делителю напряжения и пассивному инфракрасному датчику движения.....	21
Рис 4.1 Делитель напряжения.....	22
Рис. 4.2 Операционные усилители U1C и U1D и делитель напряжения.....	24
Рис. 4.3 Второй каскад на основе операционного усилителя U1B.....	26
Рис. 4.4 Каскад, управляющий реле.....	29
Рис. 4.5 Внешний вид блока питания.....	31
Таблица 5.1 Ток, протекающий по делителю напряжения.....	33
Таблица 5.2 Ток питания пассивного инфракрасного датчика движения.....	33
Таблица 5.3 Ток питания стабилитрона, делителя напряжения и датчика.....	33
Таблица 5.4 Напряжение на неинвертирующем входе операционного усилителя U1C.....	34
Таблица 5.5 Напряжение на инвертирующем входе операционного усилителя U1D.....	34
Таблица 5.6 Напряжение на резисторе R6.....	34
Рис. 6.1 Работа схемы сигнализации при 5 В.....	35
Рис. 6.2 Работа схемы сигнализации при 6 В.....	35
Рис. 6.2 Работа схемы сигнализации при 7 В.....	36
Рис 7.1 Работа схемы сигнализации при сигнале 400×10^{-6} В.....	37
Рис. 7.2 Работа схемы сигнализации при сигнале 442×10^{-6} В.....	37
Рис. 8.1 Делитель напряжения с измененными напряжениями срабатывания на потенциометрах.....	38
Рис. 9.1 Расположение компонентов на плате.....	41
Рис.9.2 Контур платы.....	41
Рис.9.3 Верхний слой платы.....	42
Рис. 9.4 Общий вид платы.....	42
Рис. 9.5 Нижний слой платы.....	43
Рис. 9.6 Нижний слой платы в 3D масштабе.....	43
Рис. 9.7 Верхний слой платы в 3D масштабе.....	43
Таблица 10.1 Стоимость компонентов платы.....	44

Введение

Так как с каждым годом число ограблений увеличивается, то потребность в охранных сигнализациях растет. Необходима охранная сигнализация, которая сканирует местность и реагирует быстро на опасность. На данный момент на рынке находится большое количество всевозможных сигнализаций любых типов и для любых помещений.

Однако часто охранные сигнализации ограничены высокой стоимостью, большим потреблением электричества, сложной схемой и подобными недостатками. Преодолеть эти проблемы можно благодаря использованию датчика (с приемлемой ценой), который сможет засечь грабителей, попадающих в его диапазон, и сгенерировать выходной сигнал. Дальше выходной сигнал обрабатывается или используется для активации других приборов (например, лампочка, записывающее устройство и похожие элементы). Это поможет сократить потребление энергии, так как некоторые компоненты будут задействованы лишь в тот момент, когда нарушители попадут в поле действия датчика.

Пассивный инфракрасный датчик движения стоит недорого, потребляет мало энергии и довольно надежен. После обнаружения инфракрасного излучения, датчик генерирует выходной сигнал в виде электрического сигнала. Выходной сигнал датчика несколько милливольт. Сигнализация срабатывает, когда поступает минимально необходимый уровень сигнала для включения и остается в выключенном состоянии, если сигнала нет. Таким образом, потребление энергии всей цепи снижено.

В данной работе проводится исследование работы сигнализации в разных условиях при определенном пассивном инфракрасном датчике движения.

Трудность данной работы заключается в том, что сложно выделить сигнал пассивного инфракрасного датчика движения, так как уровень сигнала маленький. Задача состоит в том, что нужно выделить сигнал датчика в определенном частотном диапазоне и усилить. Для решения данной проблемы потребуется усилительный каскад и фильтр, пропускающий определенный диапазон частот. Поскольку уровень сигнала слишком низкий, усилитель сигнала состоит из двух каскадов.

1. Краткое описание и принцип работы пассивного инфракрасного датчика движения

Пассивный инфракрасный датчик движения является ключевым элементом в определении движения и может быть использован в сигнализациях, автоматических дверях или автоматических лампах. Обычно эти датчики используются для определения присутствия людей в помещении. Например, если кто-то обнаружен в некой области, то сигнализация может сработать или лампы в данной комнате загорятся.

Многие объекты, в том числе и люди, излучают инфракрасное излучение. Инфракрасное излучение объекта зависит от разных параметров: его температура, цвет и состав. Человек не видит это излучение, но датчик может его зафиксировать. На рисунке 1.1 представлен внешний вид датчика. [1]

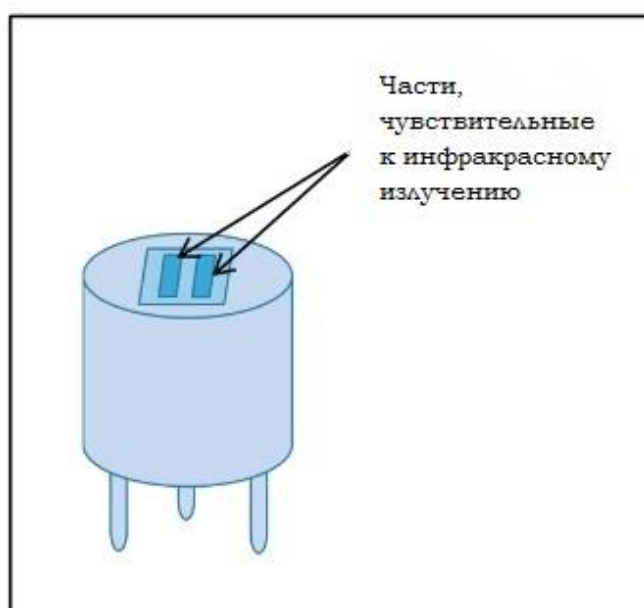


Рис. 1.1 Внешний вид датчика

Целью использования датчика является необходимость зафиксировать движение в определенном месте. Как видно на рисунке 1.1, датчик

содержит две чувствительные к инфракрасному излучению зоны. Так как движение играет здесь главную роль, сигнал содержит разное количество инфракрасного излучения, которое засекает каждая зона. Если обе зоны улавливают одинаковое количество инфракрасного излучения, то датчик ничего не улавливает. Если же одна зона улавливает больше или меньше излучения, чем вторая зона, то датчик улавливает движение и выходной сигнал изменяется. [1]

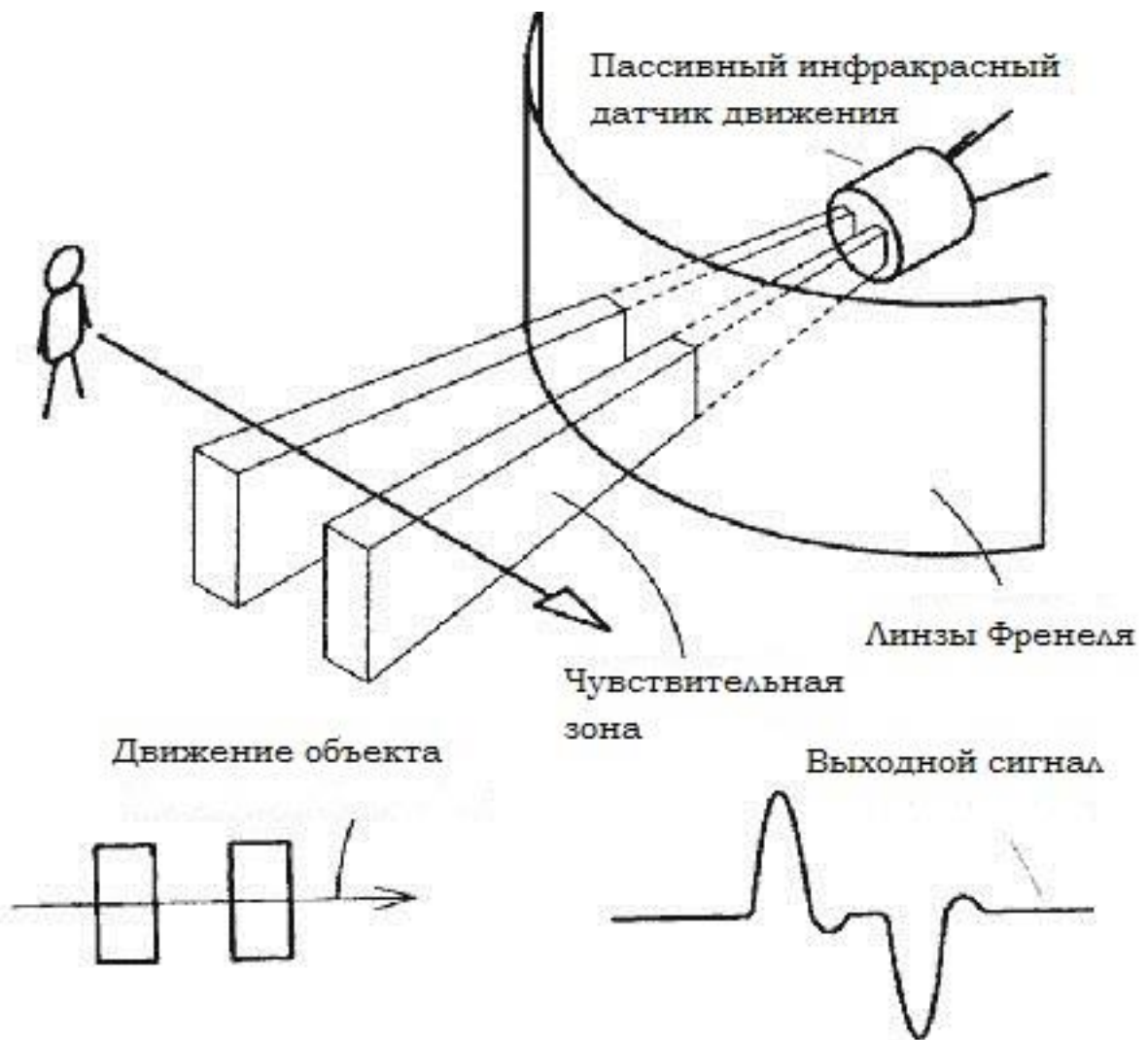


Рис 1.2 Иллюстрация принципа работы датчика

Область, которая чувствительна к инфракрасному излучению, очень мала. Для увеличения области нужно:

1. Увеличить количество датчиков
2. Использовать линзы Френеля

Вся система функционирует на инфракрасном излучении, которое излучается человеческим телом. Было установлено, что человек с нормальной температурой излучает инфракрасную волну длиной от 10 микрометров до 12 микрометров. [1]



Рис. 1.3 Инфракрасное излучение человека

Датчик является пассивным электронным устройством, который регистрирует колебания инфракрасных излучений.

Сам датчик инфракрасного излучения находится в герметично запакованной металлической упаковке, что значительно повышает иммунитет к шумам/ температуре/ влажности. [1]

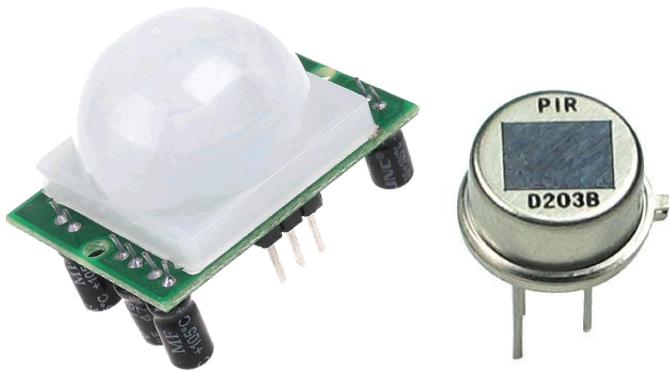


Рисунок 1.4 Внешний вид датчика

На рисунке 1.5 показано внутреннее строение датчика. Рядом с кристаллами внутри корпуса размещен полевой транзистор. Резистор нужен для фильтрации шумов. Датчик улавливает в своем поле действия движение, возникает разность напряжения, и сигнал поступает на затвор полевого транзистора, а дальше на клемму входного сигнала усилителя. [8]

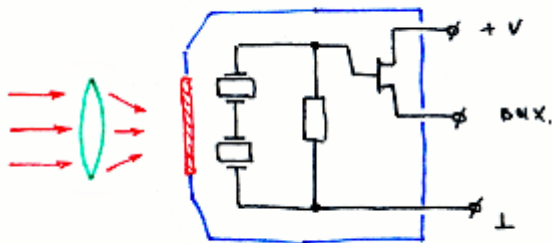


Рис. 1.5 Внутреннее строение датчика

2. Разработка структурной схемы сигнализации

Ниже представлена структурная схема сигнализации:

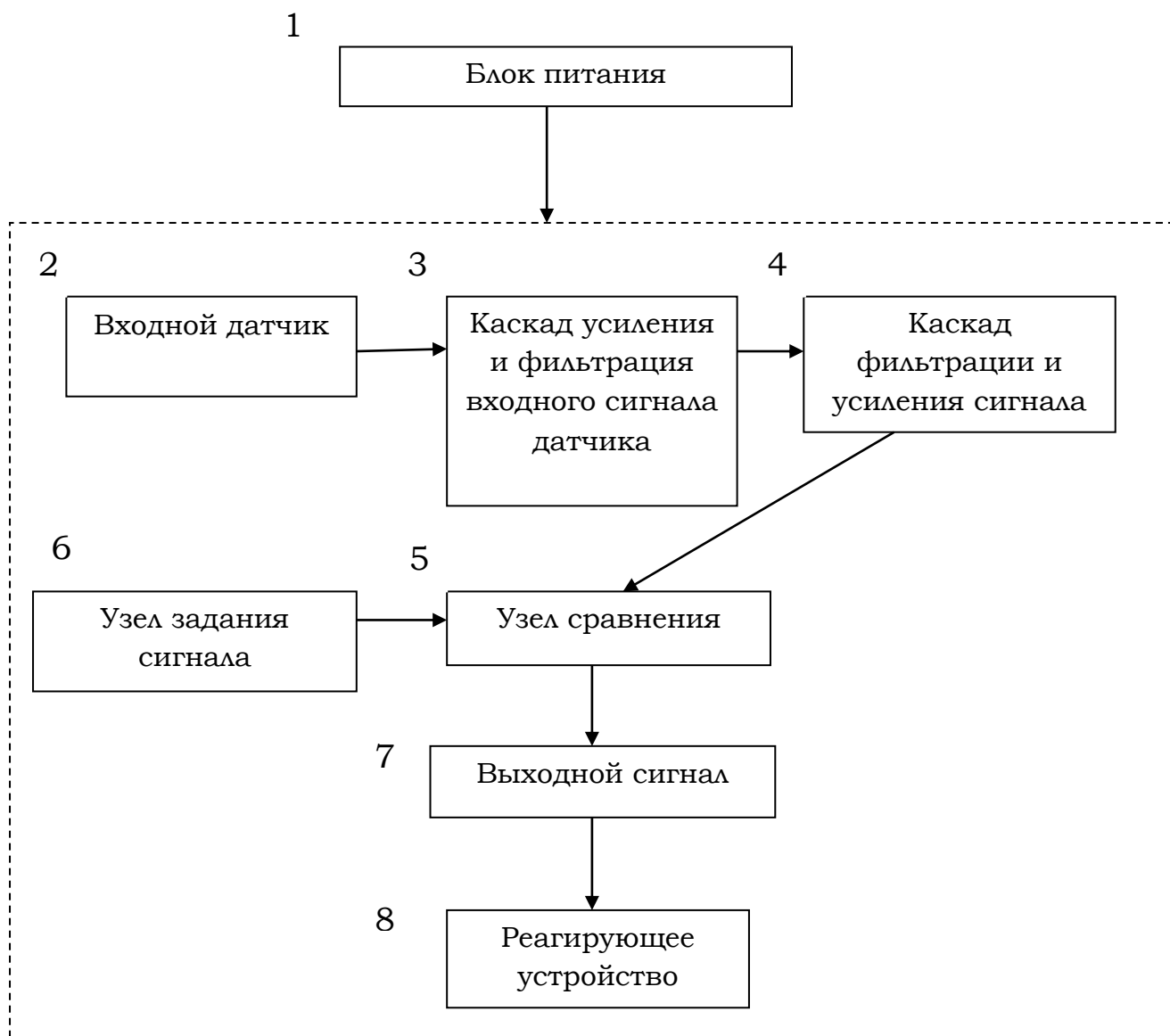


Рис. 2.1 Структурная схема сигнализации

1. Блок питания обеспечивает питание для всех узлов устройства. Сетевое напряжение выпрямляется и стабилизируется на 12 В.

2. В устройство поступает сигнал пассивного инфракрасного датчика движения.

- 3.Сигнал пассивного инфракрасного датчика движения проходит фильтрацию и усиление.
- 4.Обработанный сигнал с первого каскада проходит фильтрацию и усиление на втором каскаде.
- 5.Задается конкретное напряжение, выходной сигнал со второго каскада сравнивается с заданным напряжением.
6. Задается напряжение сравнения с помощью делителя напряжения.
7. Генерация выходного сигнала после сравнения.
8. Выходной сигнал поступает на реагирующее устройство.

3. Описание электрической схемы устройства сигнализации

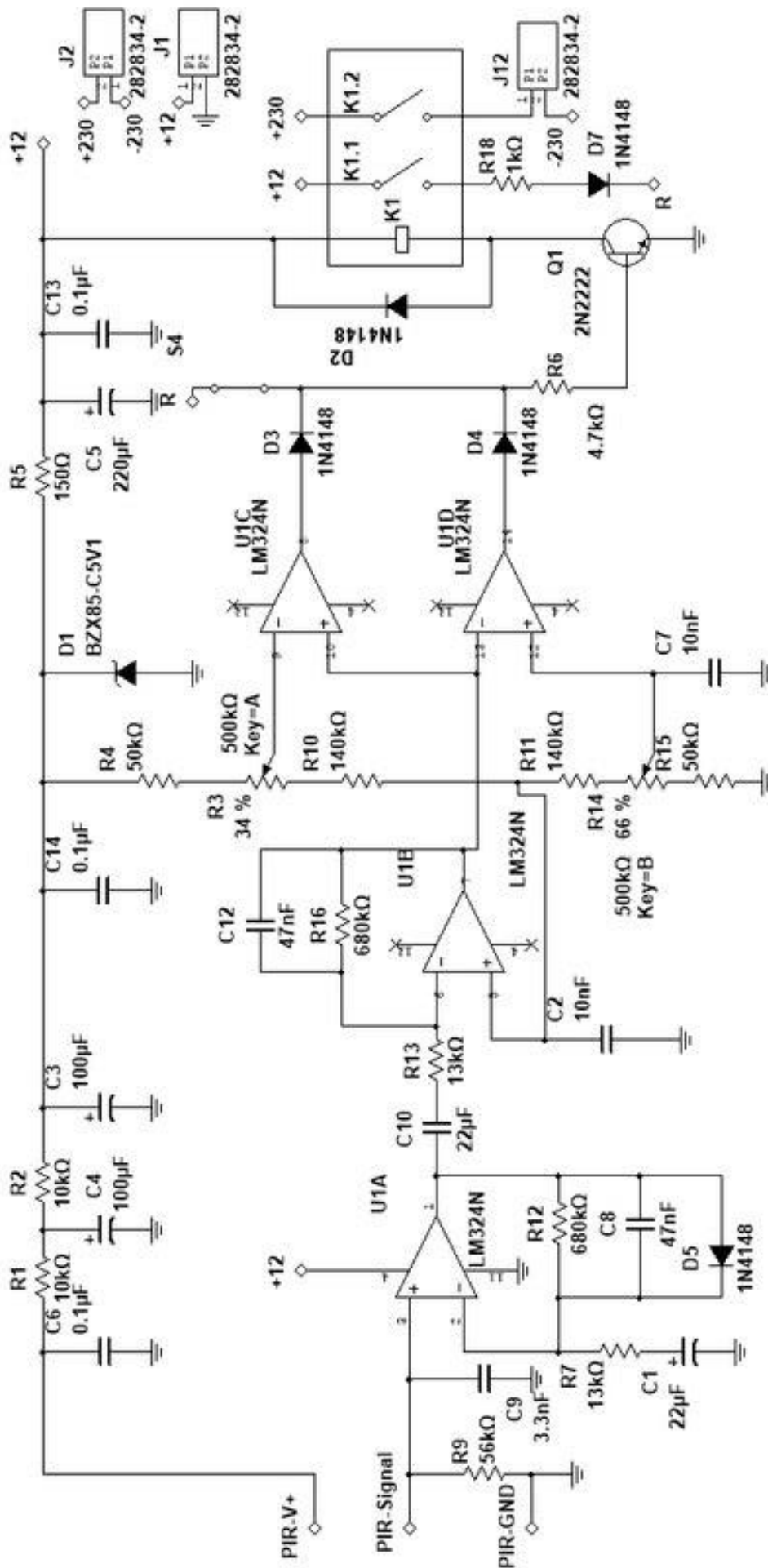


Рис. 3.1
Электрическая
схема
устройства
сигнализации

3.1 Каскад усиления и фильтрации входного сигнала датчика

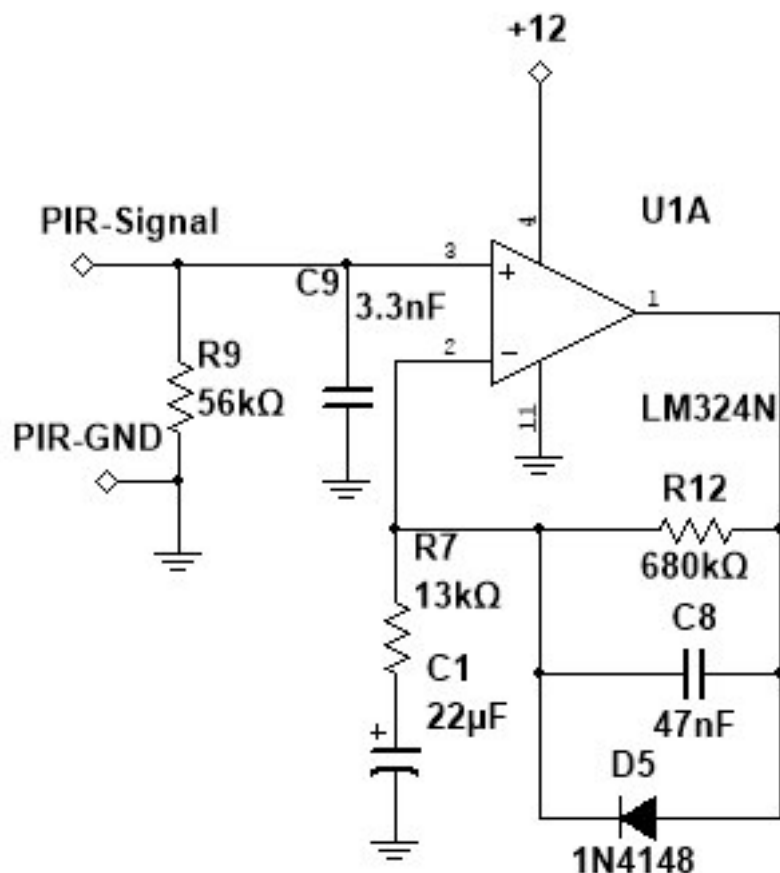


Рис. 3.2 Каскад усиления и фильтрации входного сигнала датчика

Первый каскад усиливает переменный сигнал, происходит фильтрация высоких и низких частот, пропуская определенный диапазон частот (от 0,6 Гц до 5 Гц).

Сигнал попадает на операционный усилитель U1A. Резистор R12 и конденсатор C8 фильтруют высокие частоты.

Фильтр, состоящий из резистора R7 и конденсатора C1, пропускает высокие частоты входного сигнала, переставая усиливать частоты сигнала ниже частоты среза (что составляет 0,6 Гц). Если частота входного сигнала будет слишком маленькая, то будет увеличиваться сопротивление конденсатора.[1]

3.2 Каскад усиления и фильтрация сигнала

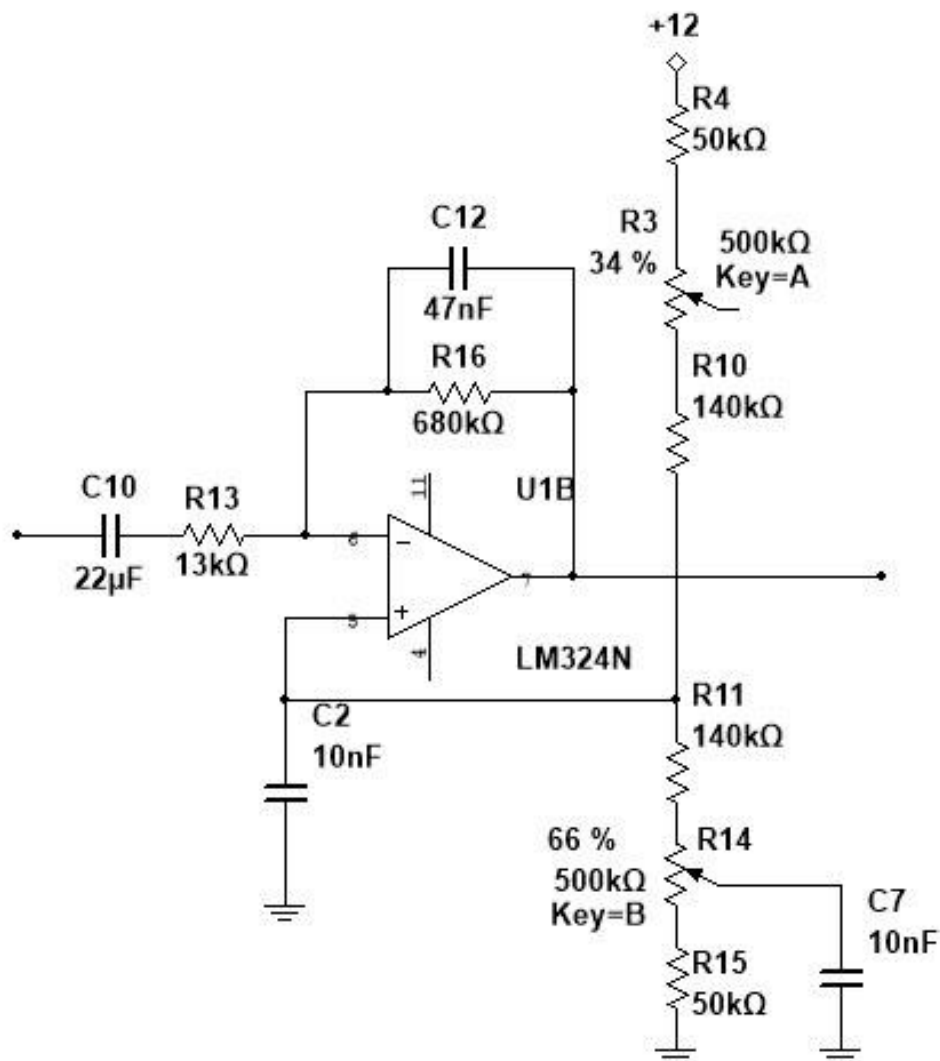


Рис. 3.3 Каскад усиления и фильтрация сигнала

На втором каскаде операционный усилитель U1B усиливает сигнал.

На данном каскаде происходит инвертирование сигнала, так как усилитель построен на базе инвертирующего усилителя, так как сигнал поступает на инвертирующий вход операционного усилителя U1B.

Резисторы R4, R3, R11, R10, R14 и R15 задают на неинвертирующий вход операционного усилителя U1B напряжение в два раза меньшее, чем на стабилитроне D1. Так как на стабилитроне D1 5.1 В, то на неинвертирующий вход операционного усилителя U1B поступает 2.55 В. Данный этап необходим для установления сдвига и состояния покоя операционного усилителя U1B.

3.3 Узел задания порога срабатывания

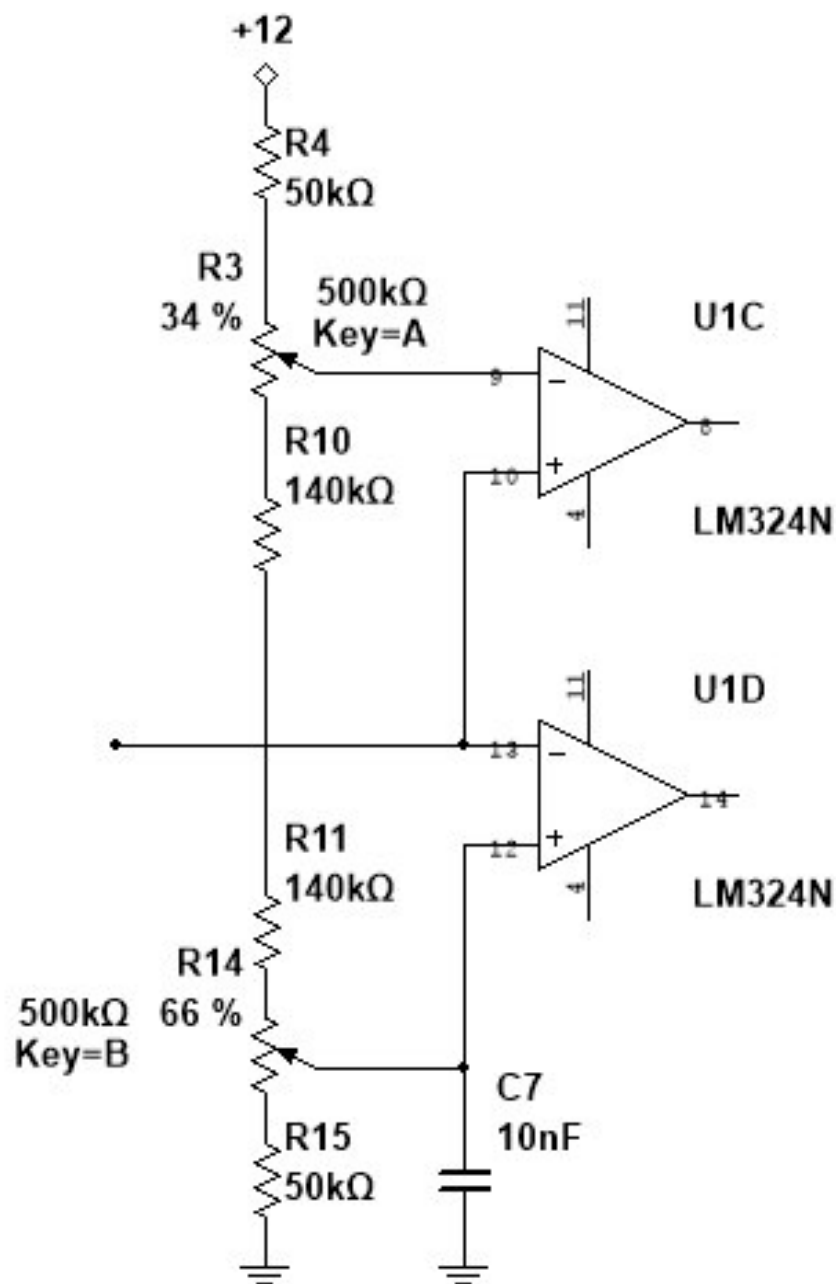


Рис. 3.4 Узел задания порога срабатывания

Узел сравнения состоит из двух операционных усилителей U1C и U1D. Задача их состоит в том, чтобы сравнить поступающий сигнал с заданным напряжением. При зафиксированном движении значение входного сигнала будет выше значения напряжения сравнения, что вынудит один из операционных усилителей переключиться. Если сигнал на входе

операционного усилителя U1C станет слишком высоким, то он переключится. Но если сигнал, наоборот, окажется слишком низким, то тогда сработает операционный усилитель U1D.

При срабатывании одного из операционных усилителей сработает реагирующее устройство.

Происходит это следующим образом: сигнал становится слишком высоким, то на одном из 2-х операционных усилителей срабатывает переключение, что откроет транзистор Q1. Транзистор Q1, в свою очередь, позволит току протекать по управляющей обмотке реле K1. Реле K1 переключится. Переключившись, она заблокирует цепь и включит реагирующее устройство.

Делитель напряжения нужен для того, чтобы регулировать чувствительность схемы. Задавая напряжение, настраиваются операционные усилители U1D и U1C (при каком уровне сигнала сработает каждый операционный усилитель).

3.4 Краткое описание двухполюсного двухпозиционного реле

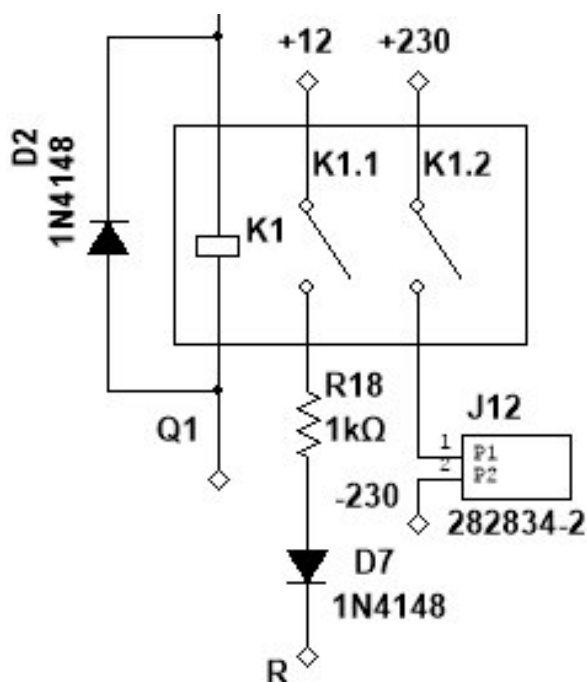


Рис. 3.5 Двухполюсное двухпозиционное реле

Это двухполюсное двухпозиционное реле. При протекании тока по обмотке, в сердечнике создается магнитное поле, замыкающее контакты. Это вызывает включение реагирующего устройства. Реле будет находиться в таком состоянии, пока необходимый электрический ток будет проходить по обмотке. Как только ток перестанет проходить через обмотку, переключатели вернуться в прежнее состояние и реагирующее устройство прекратит работу.

3.5 Электронная цепь задания тока стабилитрону, делителю напряжения и пассивному инфракрасному датчику движения

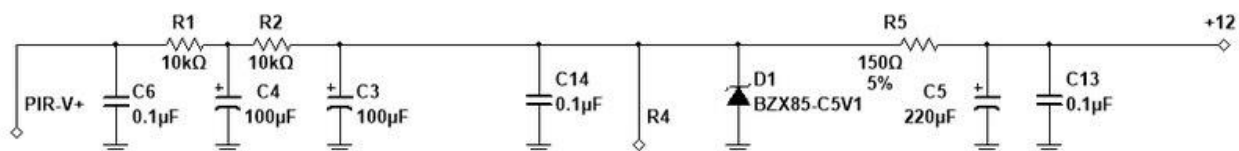


Рис. 3.6 Электронная цепь задания тока стабилитрону, делителю напряжения и пассивному инфракрасному датчику движения

Самым простым стабилизатором напряжения является стабилитрон D1. Конденсаторы используются для сглаживания пульсаций.

На анод стабилитрона D1 подается отрицательное напряжение, а на катод положительное.

При напряжении 5.1 В через стабилитрон D1 протекает ток 45 мА. [9]

4. Расчеты токов и напряжений для разных узлов цепи

4.1 Расчет тока стабилитрона, делителя напряжения и сенсора

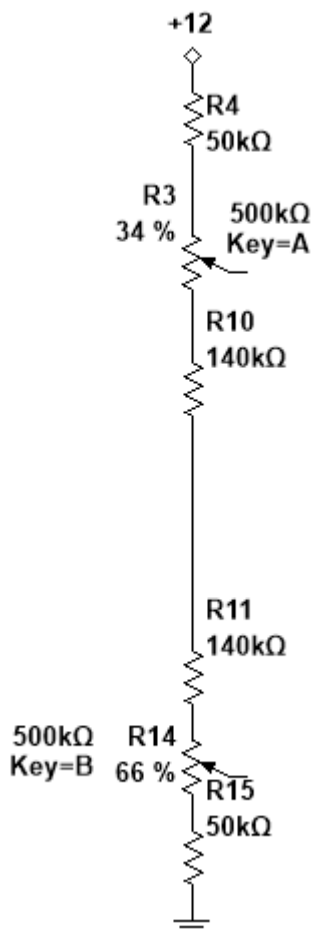


Рис 4.1 Делитель напряжения

Найдем общее сопротивление делителя напряжения:

$$R_{\Sigma} = R_4 + R_3 + R_{10} + R_{11} + R_{14} + R_{15} = (50 + 500 + 140 + 140 + 500 + 50) \times 10^3 \text{ Ом} = 1380 \times 10^3 \text{ Ом}$$

На основании справочных данных, напряжение стабилизации стабилитрона D1 $U_{D1} = 5.1 \text{ В}$:

Найдем суммарный ток, протекающий по делителю напряжения:

$$I_{\Sigma} = U_{D1} / R_{\Sigma} = 5,1 \text{ В} / 1380 \times 10^3 \text{ Ом} = 3,7 \times 10^{-6} \text{ А}$$

В справочных данных датчика указано минимальное питание $V_{\text{датчик}} = 2\text{В}$.
Рассчитаем ток для питания пассивного инфракрасного датчика движения:

$$I_{\text{датчик}} = (U_{D1} - U_{\text{датчик}}) / (R_1 + R_2) = (5,1 \text{ В} - 2 \text{ В}) / (10 + 10) \times 10^3 \text{ Ом} = 155 \times 10^{-6} \text{ А}$$

В справочных данных стабилитрона D1 указано, что при напряжении V_{D1} типичный ток для минимальной работы и способности держать напряжения 5.1 В составит $I_{D1} = 45 \times 10^{-3} \text{ А}$.

Через резистор R_5 протекает ток I_{R5} :

$$I_{R5} = I_{D1} + I_{\Sigma} + I_{\text{датчик}} = 45 \times 10^{-3} \text{ А} + 155 \times 10^{-6} \text{ А} + 3,7 \times 10^{-6} \text{ А} = 45,16 \times 10^{-3} \text{ А}$$

4.2 Расчет напряжения на операционных усилителях

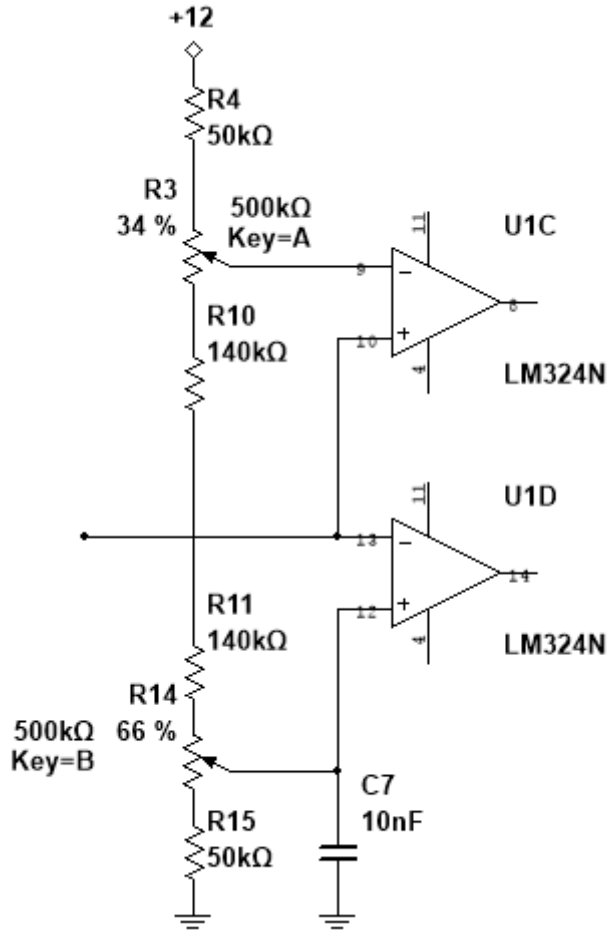


Рис. 4.2 Операционные усилители U1C и U1D и делитель напряжения

Напряжение на инвертирующем входе операционного усилителя U1C.

Напряжение $U_{D1} = 5.1$ В. Общее сопротивление делителя напряжения из резисторов R4, R3, R10, R11, R14, R15 составляет $R_{\Sigma} = 1380 \times 10^3$ Ом. Потенциометр R3 выкручен на 34 %, что задает делитель напряжения со следующим номиналам сопротивления:

$$R3|_{34\%} = (500 - 170) \times 10^3 \text{ Ом} = 330 \times 10^3 \text{ Ом}.$$

$$U_{U1C(\text{инвертирующий вход})} = U_{D1} \times (R3|_{34\%} + R10 + R11 + R14 + R15) / R_{\Sigma} = 5,1 \text{ В} \times (330 + 140 + 50 + 500 + 140) \times 10^3 \text{ Ом} / 1380 \times 10^3 \text{ Ом} = 4,29 \text{ В}$$

Чтобы операционный усилитель U1C переключился, сигнал на выходе операционного усилителя U1B должен превысить напряжение 4,29 В.

Напряжение на неинвертирующем входе операционного усилителя U1D.

Потенциометр R14 выкручен на 66 %, что задает делитель напряжения со следующим номиналам сопротивлений:

$$R_{14|66\%} = (500 - 330) \times 10^3 \text{ Ом} = 170 \times 10^3 \text{ Ом}.$$

$$U_{U1D(\text{неинвертирующий})} = U_{D1} \times (R_{14|66\%} + R_{15}) / R_{\Sigma} = 5.1\text{В} \times (170 + 50) \times 10^3 \text{ Ом} / 1380 \times 10^3 \text{ Ом} = 0,813 \text{ В}$$

Чтобы операционный усилитель U1D переключился, сигнал на выходе операционного усилителя U1B должен превысить напряжение 0.813 В.

4.3 Расчет минимальных напряжений для переключения операционных усилителей

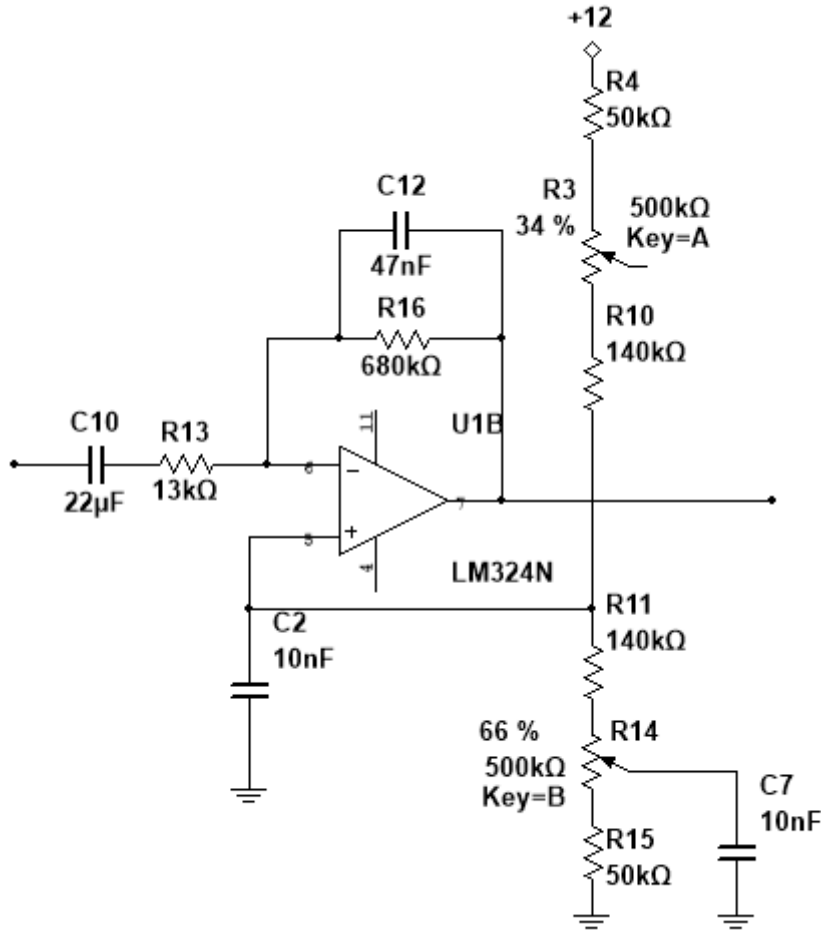


Рис. 4.3 Второй каскад на основе операционного усилителя U1B

Напряжение на неинвертирующем входе операционного усилителя U1B

Напряжение $U_{D1} = 5.1$ В. Сопротивления $R4 = 50 \times 10^3$ Ом, $R3 = 500 \times 10^3$ Ом, $R10 = 140 \times 10^3$ Ом, $R_{\Sigma} = 1380 \times 10^3$ Ом.

$$U_{U1B(\text{неинвертирующий вход})} = U_{D1} \times (R4 + R3 + R10) / R_{\Sigma} = 5.1 \text{ В} \times (50 + 500 + 140) \times 10^3 \text{ Ом} / 1380 \times 10^3 \text{ Ом} = 2.55 \text{ В}.$$

На неинвертирующий вход операционного усилителя U1B поступает 2,55 В. Между резисторами R13 и R16 напряжение 2,55 В.

Минимальное напряжение для переключения операционного усилителя U1C

Ток, протекающий через резистор R16.

Напряжение на выходе U1B $U_{U1B-OUT} = 4.29$ В. Напряжение на неинвертирующем входе U1B $U_{U1B} = 2.55$ В. Сопротивление $R16 = 680 \times 10^3$ Ом.

$$I_{R16} = (V_{U1B} - V_{U1B-OUT})/R16 = (2,55\text{В} - 4.29\text{В}) / 680 \times 10^3 \text{ Ом} = - 2,56 \times 10^{-6} \text{ А}$$

Падение напряжения на резисторе R13

Сопротивление $R13 = 13 \times 10^3$ Ом.

$$U_{R13} = I_{R16} * R13 = - 2,56 \times 10^{-6} \text{ А} \times 13 \times 10^3 \text{ Ом} = -33,26 \times 10^{-3} \text{ В}$$

Сигнал на входе первого каскада для переключения операционного усилителя U1C.

Расчет усиления первого каскада K_u :

$$K_u = 1 + R12/R7 = 1 + 680 \times 10^3 \text{ Ом} / 13 \times 10^3 \text{ Ом} = 53,3$$

Усиление первого каскада усилителя $K_{u1} = 53$.

Найденная переменная составляющая показывает разницу сигналов. Таким образом, переменный сигнал, поступивший на вход первого усилителя:

$$U_{sis} = (- 33,3 \times 10^{-3} \text{ В}) / 53 = -638 \times 10^{-6} \text{ В}$$

Эффективное значение напряжения:

$$U_{sis\text{eff}} = -638 \times 10^{-6} \text{ В} / \sqrt{2} = - 451.1 \times 10^{-6} \text{ В}$$

Таким образом, было найдено минимальное напряжение на входе первого каскада усилителя на основе операционного усилителя U1A, чтобы на третьем каскаде операционный усилитель U1C переключился.

Минимальное напряжение для переключения операционного усилителя U1D.

Ток, протекающий через резистор R16.

Напряжение на выходе U1B $U_{U1B-OUT} = 0,813$ В. Напряжение на неинвертирующем входе U1B $U_{U1B} = 2,55$ В. Сопротивление $R16 = 680 \times 10^3$ Ом.

$$I_{R16} = (V_{U1B} - V_{U1B-OUT})/R16 = (2,55В - 0,813В) / 680 \times 10^3 \text{ Ом} = 2,56 \times 10^{-6} \text{ А}$$

Падение напряжения на резисторе R13

Сопротивление $R13 = 13 \times 10^3$ Ом.

$$U_{R13} = I_{R16} * R13 = 2,56 \times 10^{-6} \text{ А} \times 13 \times 10^3 \text{ Ом} = 33,2 \times 10^{-3} \text{ В}$$

Сигнал на входе первого каскада для переключения U1D.

Усиление первого каскада усилителя $K_{u1} = 53$.

Найденная переменная составляющая показывает разницу сигналов. Таким образом, переменный сигнал, поступивший на вход первого усилителя:

$$U_{sis} = 33,2 \times 10^{-3} \text{ В} / 53 = 626 \times 10^{-6} \text{ В}$$

Эффективное значение напряжения:

$$U_{sis_{eff}} = 626 \times 10^{-6} \text{ В} / \sqrt{2} = 442,65 \times 10^{-6} \text{ В}$$

Таким образом, было найдено минимальное напряжение на входе первого каскада усилителя на основе операционного усилителя U1A, чтобы на третьем каскаде операционный усилитель U1D переключился.

4.4 Расчет каскада, управляющего реле

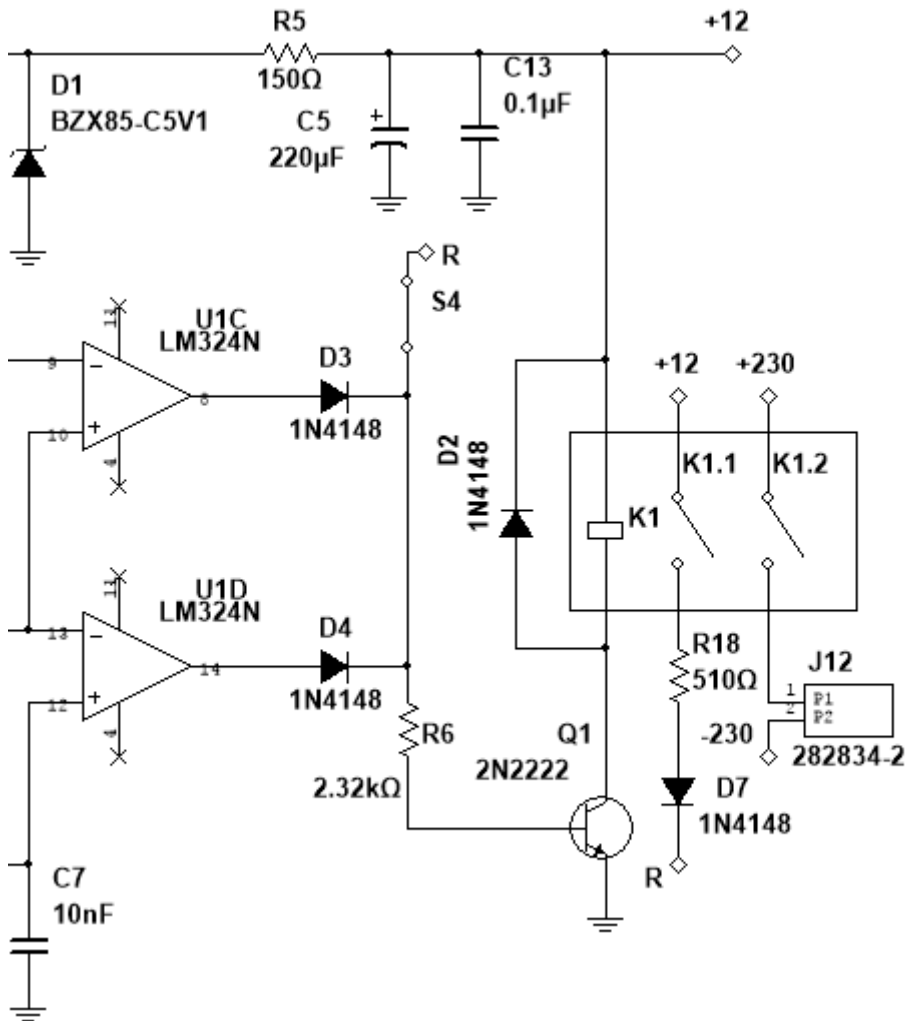


Рис. 4.4 Каскад, управляющий реле

По справочным данным реле (G2R2) через катушку реле K1 протекает ток 100мА. Ток на коллекторе транзистора Q1 $I_{kQ1} = 100 \times 10^{-3} \text{ A}$, $V_{Q1} = 50$, $K_{нас} = 2$.

$$I_{bQ1} = I_{kQ1} / V_{Q1} \times K_{нас} = 100 \times 10^{-3} \text{ A} / 50 \times 2 = 4 \times 10^{-3} \text{ A}.$$

Расчет резистора R6.

Исходя из руководства по эксплуатации операционного усилителя LM324, будет учитываться, что максимальное напряжение на выходе операционных усилителей U1C и U1D составит $U_{out} = V_{cc} - 1.5 \text{ В}$, при напряжении питания $V_{cc} = 12 \text{ В}$:

$$U_{out} = 12 \text{ В} - 1.5 \text{ В} = 10.5 \text{ В}$$

Падение напряжения на диодах D4 и D3 составит $U_{fD4} = U_{fD3} = 0.6 \text{ В}$.

Напряжение база-эмиттер транзистора Q1 $U_{бэQ1} = 0.6$ В. Падение напряжения на резисторе R6:

$$U_{R6} = U_{out} - U_{fD4} - U_{бэQ1} = U_{out} - U_{fD3} - U_{бэQ1} = 10.5 \text{ В} - 0.6 \text{ В} - 0.6 \text{ В} = 9.3 \text{ В}.$$

Сопротивление резистора R6 при токе базы транзистора Q1 $I_{бQ1} = 4 \times 10^{-3}$ А:

$$R6 = U_{R6} / I_{бQ1} = 9.3 \text{ В} / 0.004 \text{ А} = 2.325 \times 10^3 \text{ Ом}.$$

Расчет резистора R18.

Падение напряжения на диоде D7 составит $U_{fD7} = 0.6$ В.

Падение напряжения на резисторе R18:

$$U_{R18} = V_{cc} - U_{fD7} - U_{R6} = 12 \text{ В} - 0.6 \text{ В} - 9.3 \text{ В} = 2.1 \text{ В}.$$

Сопротивление резистора R18:

$$R18 = U_{R18} / I_{бQ1} = 2.1 \text{ В} / 0.004 \text{ А} = 525 \text{ Ом}.$$

4.5 Расчет блока питания

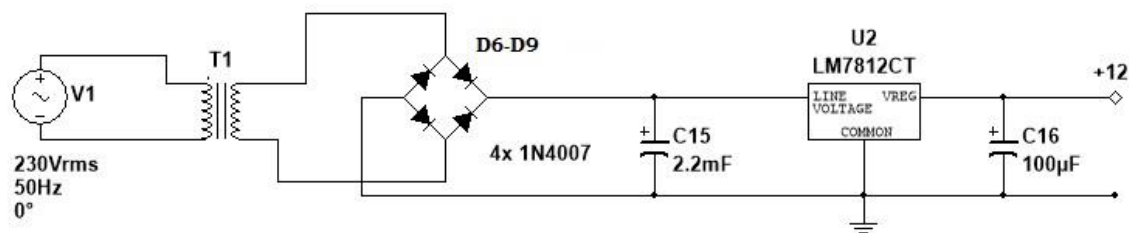


Рис. 4.5 Внешний вид блока питания

В схеме используется стабилизатор LM7812 (U2). По справочным данным, ему необходимо $(x+2)V$ на вход для нормального процесса стабилизации, где x – выходное напряжение, которое будет стабилизировано (в данном случае, это 12 В). [10]

$$U_{in\text{стаб}} = (x + 2) \text{ В} = 12 \text{ В} + 2 \text{ В} = 14 \text{ В}.$$

Данное напряжение является выпрямленным, пройдя через диодный мост D6- D9.

$$U_{in\text{стаб}} = U_2 \times 0.9 \text{ В}$$

$$U_2 = 14 \text{ В} / 0.9 \text{ В} = 15.6 \text{ В}$$

Напряжение $U_{in\text{стаб}}$ сглаживается за счет конденсатора C15.

Эффективное напряжение $U_{2\text{эфф}}$ на вторичной обмотке.

$$U_{2\text{эфф}} = U_2 / \sqrt{2} = 15,6 \text{ В} / \sqrt{2} = 11,03 \text{ В}$$

По руководству операционного усилителя LM324 потребляемый ток составляет $I_{LM324} = 40 \times 10^{-3} \text{ А}$. [11] По руководству стабилизатора VZX85-C5V1 типичный ток составляет $I_{D1} = 45 \times 10^{-3} \text{ А}$. [9]

$$I_2 = I_{LM324} + I_{D1} = (40 + 45) \times 10^{-3} \text{ А} = 85 \times 10^{-3} \text{ А}$$

Тогда мощность P_2 второй обмотки:

$$P_2 = U_{2\text{эфф}} \times I_2 = 11,03 \text{ В} \times 0,085 \text{ А} = 0,938 \text{ Вт}.$$

Типовая мощность трансформатора T1 P_t при КПД 75% ($\eta=0.75$):

$$P_t = P_2 / \eta = 0,938 \text{ Вт} / 0,75 = 1,251 \text{ ВА}$$

Для уменьшения пульсаций на входе стабилизатора ставится конденсатор $2200 \times 10^{-6} \text{ Ф}$, а на выходе $100 \times 10^{-6} \text{ Ф}$.

5. Сравнение расчетов с результатом симуляции схемы

Была использована программа «Мультисим» для симуляции схемы сигнализации. Для подачи сигнала с пассивного инфракрасного датчика движения использовался генератор сигналов, а реагирующим устройством была выбрана лампочка.

Были сравнены полученные в расчетах токи и напряжения. Была проверена верность полученных результатов.

Ток, протекающий по делителю напряжения.

Ток по расчетам	Ток из симуляции
$3,7 \times 10^{-6} \text{ A}$	$3,66 \times 10^{-6} \text{ A}$

Таблица 5.1 Ток, протекающий по делителю напряжения

Ток питания пассивного инфракрасного датчика движения.

Ток по расчетам	Ток из симуляции
$155 \times 10^{-6} \text{ A}$	$155 \times 10^{-6} \text{ A}$

Таблица 5.2 Ток питания пассивного инфракрасного датчика движения

Ток питания стабилитрона, делителя напряжения и сенсора.

Ток по расчетам	Ток из симуляции
$45,16 \times 10^{-3} \text{ A}$	$46 \times 10^{-3} \text{ A}$

Таблица 5.3 Ток питания стабилитрона, делителя напряжения и сенсора

Напряжение, поступающее на неинвертирующий вход операционного усилителя U1C.

Напряжение по расчетам	Напряжение из симуляции
4,29 В	4,294 В

Таблица 5.4 Напряжение на неинвертирующем входе операционного усилителя U1C

Напряжение, поступающее на инвертирующий вход операционного усилителя U1D.

Напряжение по расчетам	Напряжение из симуляции
$813 \times 10^{-3} \text{ В}$	$831,8 \times 10^{-3} \text{ А}$

Таблица 5.5 Напряжение на инвертирующем входе операционного усилителя U1D

Напряжение на резисторе R6.

Напряжение по расчетам	Напряжение из симуляции
9,3 В	9,53 В

Таблица 5.6 Напряжение на резисторе R6

6. Определение минимального напряжения питания

Рассматривается несколько вариантов поданного питания, и как схема при этом будет реагировать.

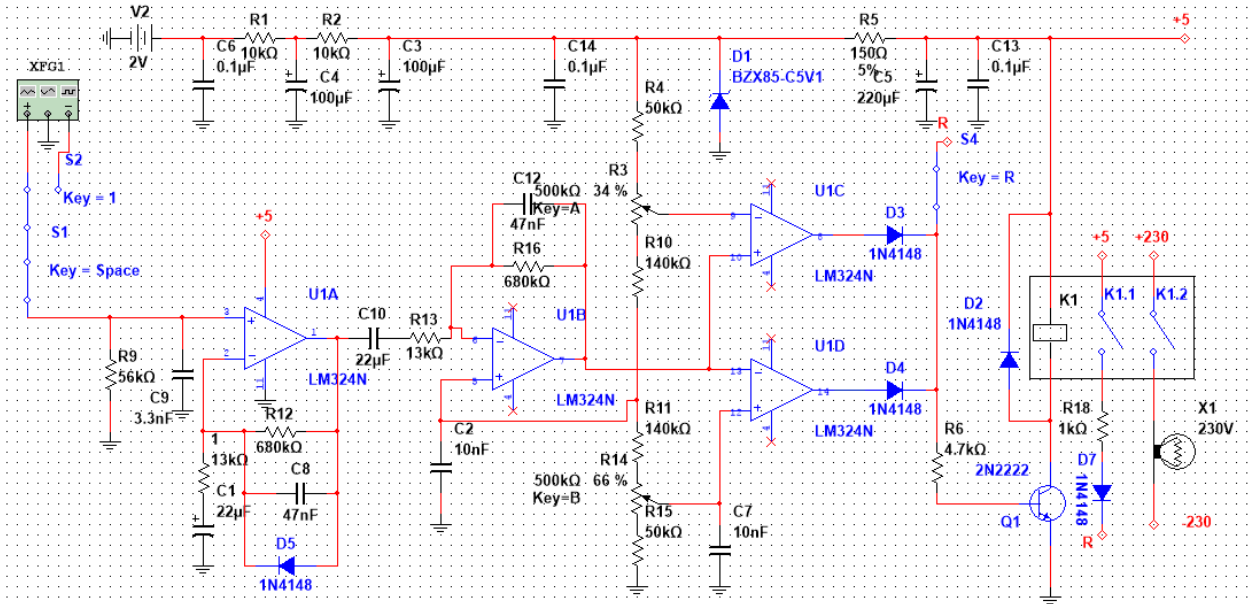


Рис. 6.1 Работа схемы сигнализации при 5 В

Если будет подаваться питание 5 В и ниже, то схема не будет срабатывать. Лампочка не загорается.

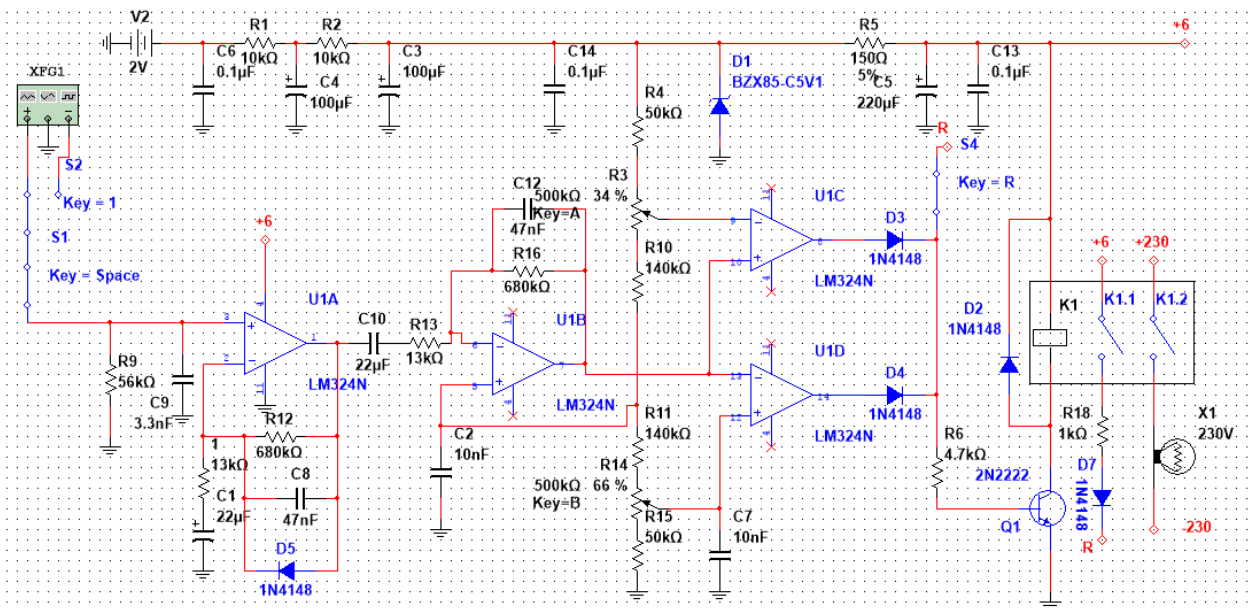


Рис. 6.2 Работа схемы сигнализации при 6 В

При подаче питания в размере 6 В, лампочка загорится на 2 секунды, но потом снова потухнет.

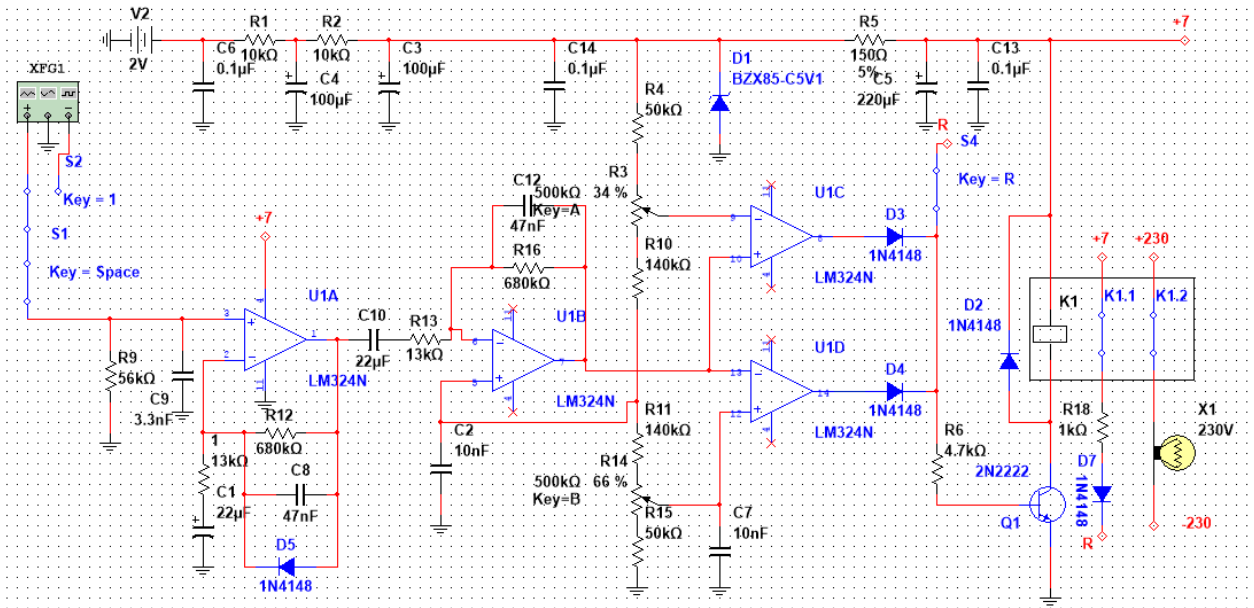


Рис. 6.2 Работа схемы сигнализации при 7 В

При подаче 7 В и выше схема срабатывает и лампочка реагирует.

Получается, что для работоспособности схемы необходимо минимально 7 В.

7. Определение порога срабатывания

Ранее в расчетах мы находили минимальный сигнал для срабатывания схемы. Он был равен $442,65 \times 10^{-6}$ В.

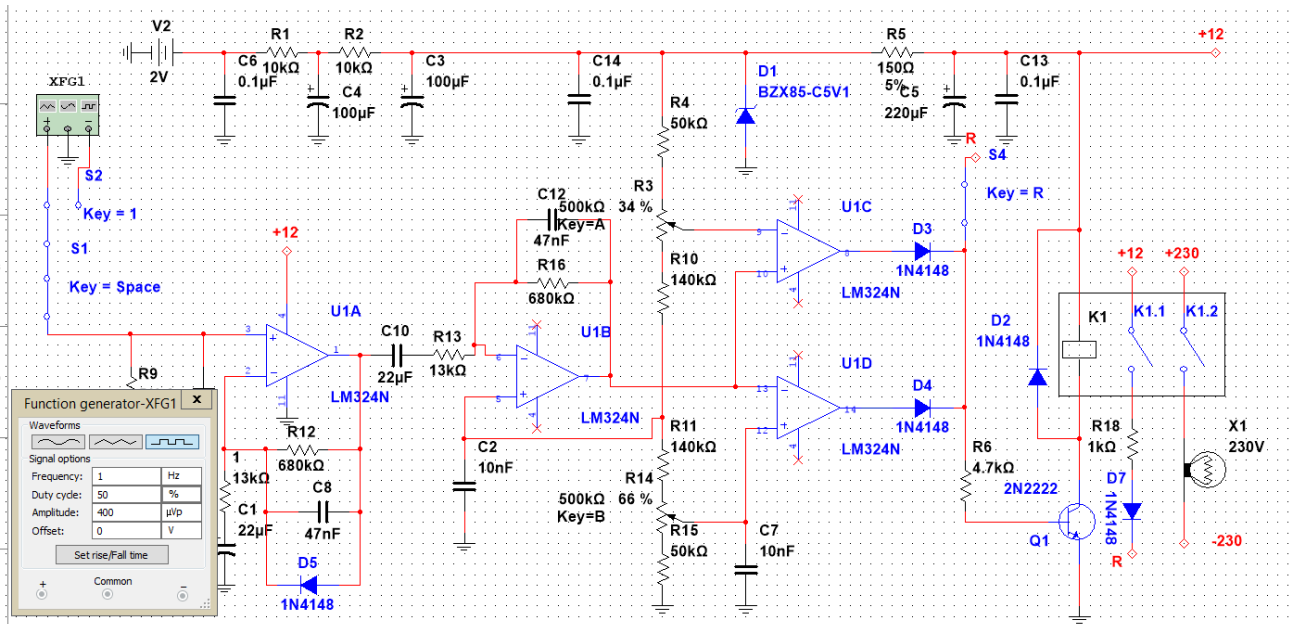


Рис 7.1 Работа схемы сигнализации при сигнале 400×10^{-6} В

Если подавать сигнал 400×10^{-6} В или ниже, то схема не заработает.

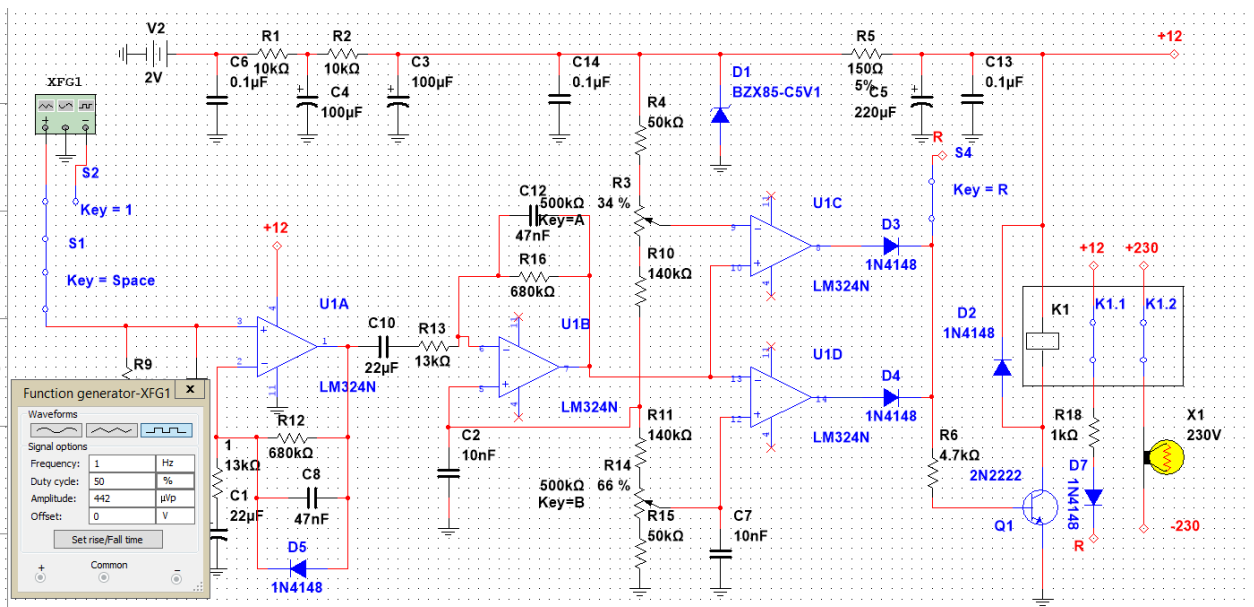


Рис. 7.2 Работа схемы сигнализации при сигнале 442×10^{-6} В

Но вводя амплитуду 442×10^{-6} В, схема возвращается в рабочее состояние и лампочка загорается.

8. Изменение величины сопротивления потенциометров, задание напряжений срабатывания

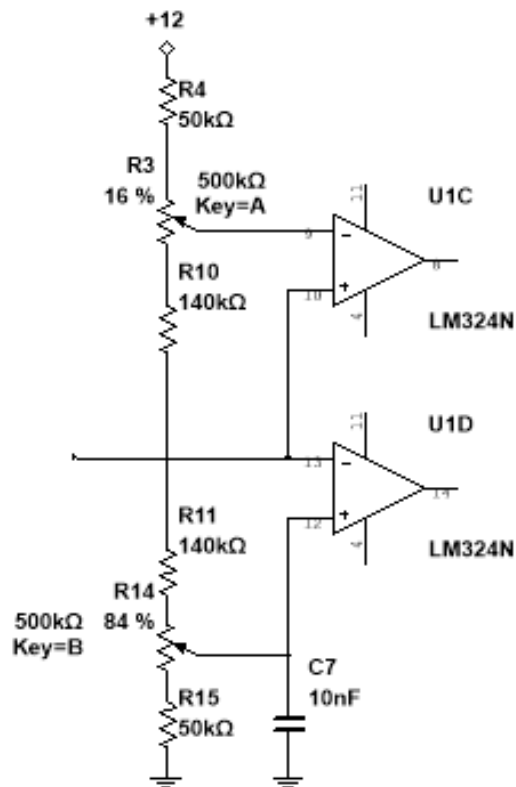


Рис. 8.1 Делитель напряжения с измененными напряжениями срабатывания на потенциометрах

Изменяя значения потенциометров, можно посмотреть, как изменится работа схемы.

Рассчитаем изменения в схеме сигнализации при изменении значений потенциометров:

$$U_{U1C(\text{инвертирующий вход})} = U_{D1} \times (R3 | 16\% + R10 + R10 + R14 + R15) / R_{\Sigma} = 5,1 \text{ В} \times (420 + 140 + 50 + 500 + 140) \times 10^3 \text{ Ом} / 1380 \times 10^3 \text{ Ом} = 4,62 \text{ В}$$

$$U_{U1D(\text{неинвертирующий вход})} = U_{D1} \times (R14 | 84\% + R15) / R_{\Sigma} = 5,1 \text{ В} \times (80 + 50) \times 10^3 \text{ Ом} / 1380 \times 10^3 \text{ Ом} = 0,48 \text{ В}$$

Чтобы операционный усилитель U1C переключился, сигнал на выходе операционного усилителя U1B должен превысить напряжение 4,62 В.

Чтобы операционный усилитель U1D переключился, сигнал на выходе операционного усилителя U1B должен быть ниже 0,48 В.

Ток, протекающий через резистор R16.

$$I_{R16} = (V_{U1B} - V_{U1B-OUT})/R16 = (2,55 \text{ В} - 4,62 \text{ В}) / 680 \times 10^3 \text{ Ом} = -3,04 \times 10^{-6} \text{ А}$$

Падение напряжения на резисторе R13

Сопротивление R13 = 13×10^3 Ом.

$$U_{R13} = I_{R16} * R13 = -3,04 \times 10^{-6} \text{ А} \times 13 \times 10^3 \text{ Ом} = -39,57 \times 10^{-3} \text{ В}$$

Сигнал на входе первого каскада для переключения U1D.

Усиление первого каскада усилителя $K_{u1} = 53$.

Найденная переменная составляющая показывает разницу сигналов. Таким образом, переменный сигнал, поступивший на вход первого усилителя:

$$U_{sis} = -39,57 \times 10^{-3} \text{ В} / 53 = -747,2 \times 10^{-6} \text{ В}$$

Эффективное значение напряжения:

$$U_{sis_{eff}} = -747,2 \times 10^{-6} \text{ В} / \sqrt{2} = -528,35 \times 10^{-6} \text{ В}$$

Таким образом, было найдено минимальное напряжение на входе первого каскада усилителя на основе операционного усилителя U1A, чтобы на третьем каскаде операционный усилитель U1C переключился.

Чтобы операционный усилитель U1D переключился, сигнал на выходе операционного усилителя U1B должен быть ниже 0,48 В.

Ток, протекающий через резистор R16.

$$I_{R16} = (V_{U1B} - V_{U1B-OUT})/R16 = (2,55 \text{ В} - 0,48 \text{ В}) / 680 \times 10^3 \text{ Ом} = 3,04 \times 10^{-6} \text{ А}$$

Падение напряжения на резисторе R13

Сопротивление R13 = 13×10^3 Ом.

$$U_{R13} = I_{R16} * R13 = 3,04 \times 10^{-6} \text{ А} \times 13 \times 10^3 \text{ Ом} = 39,52 \times 10^{-3} \text{ В}$$

Сигнал на входе первого каскада для переключения U1D.

Усиление первого каскада усилителя $K_{u1} = 53$.

Найденная переменная составляющая показывает разницу сигналов. Таким образом, переменный сигнал, поступивший на вход первого усилителя:

$$U_{sis} = 39,52 \times 10^{-3} \text{ В} / 53 = 745,7 \times 10^{-6} \text{ В}$$

Эффективное значение напряжения:

$$U_{sis_{eff}} = 745,7 \times 10^{-6} \text{ В} / \sqrt{2} = 527,28 \times 10^{-6} \text{ В}$$

Таким образом, было найдено минимальное напряжение на входе первого каскада усилителя на основе операционного усилителя U1A, чтобы на третьем каскаде операционный усилитель U1D переключился.

На операционный усилитель U1A нужно подать напряжение больше.

9. Печатная плата

Здесь находится информация о печатной плате устройства.

Размеры печатной платы: 121 мм на 63 мм, а ширина дорожек 1.5 мм.

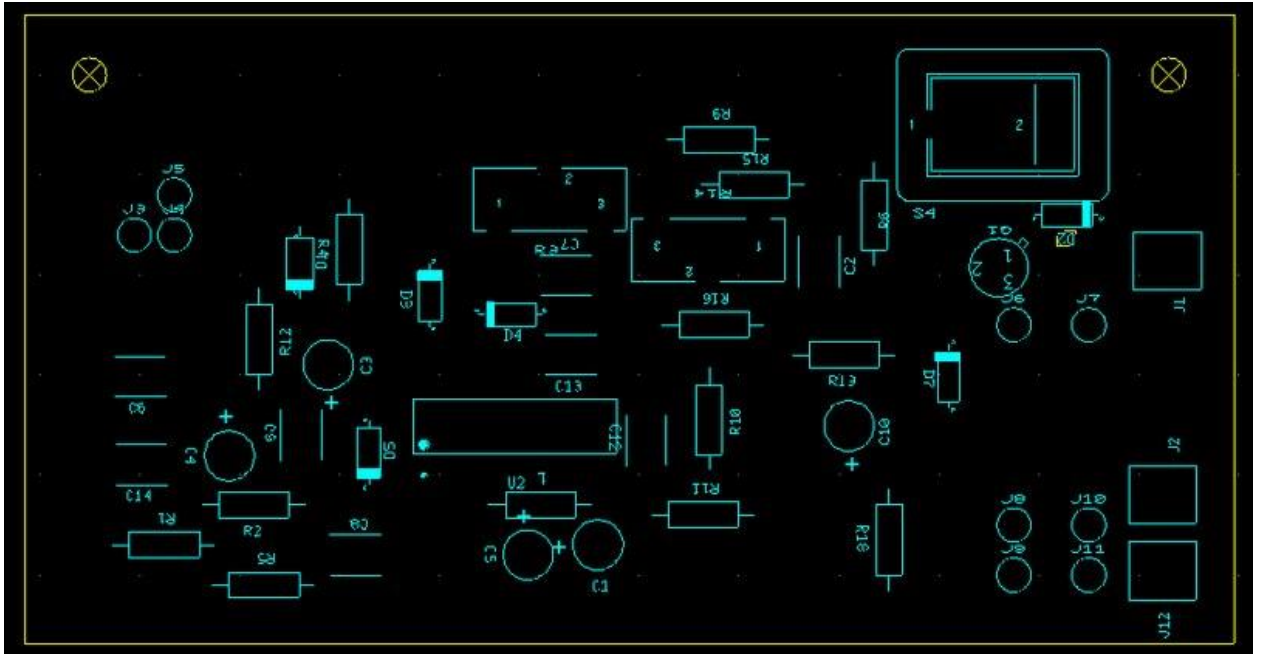


Рис. 9.1 Расположение компонентов на плате



Рис.9.2 Контур платы

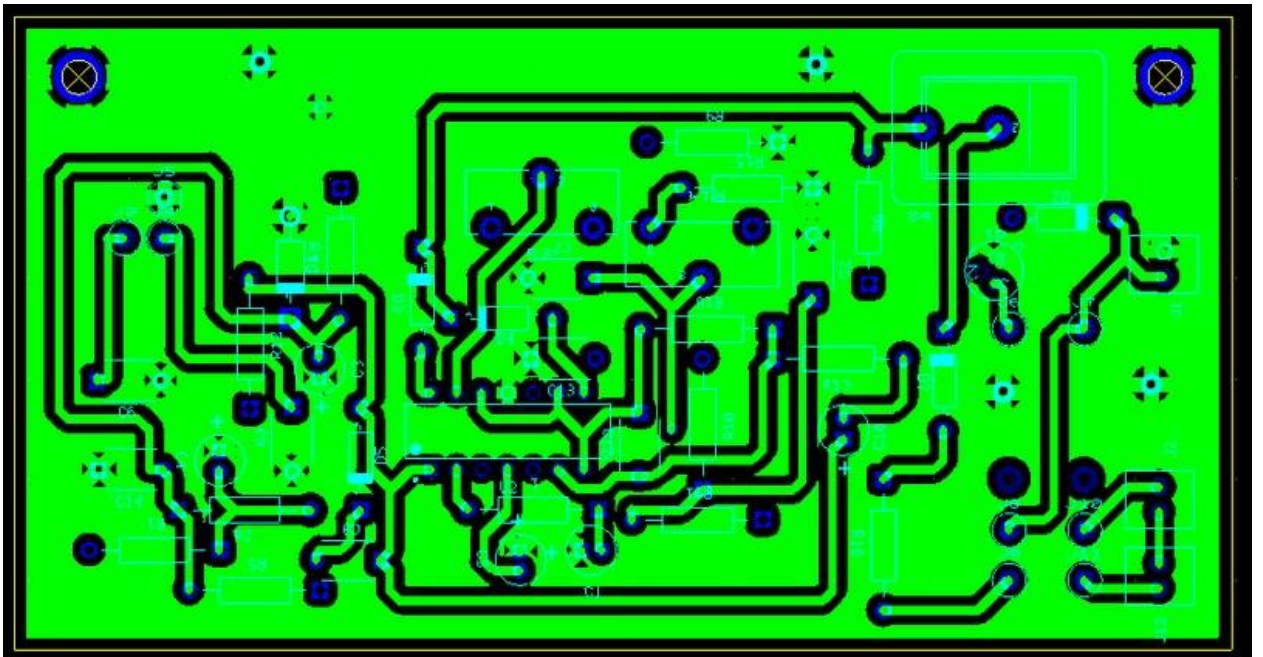


Рис.9.3 Верхний слой платы

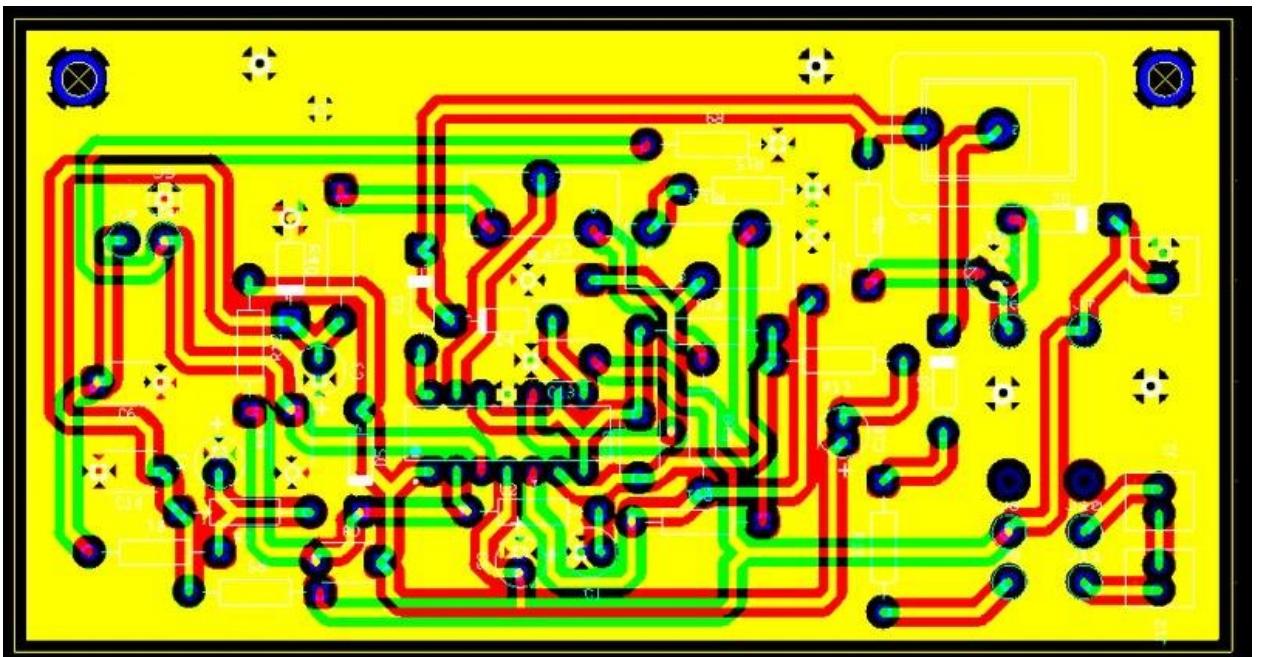


Рис. 9.4 Общий вид платы

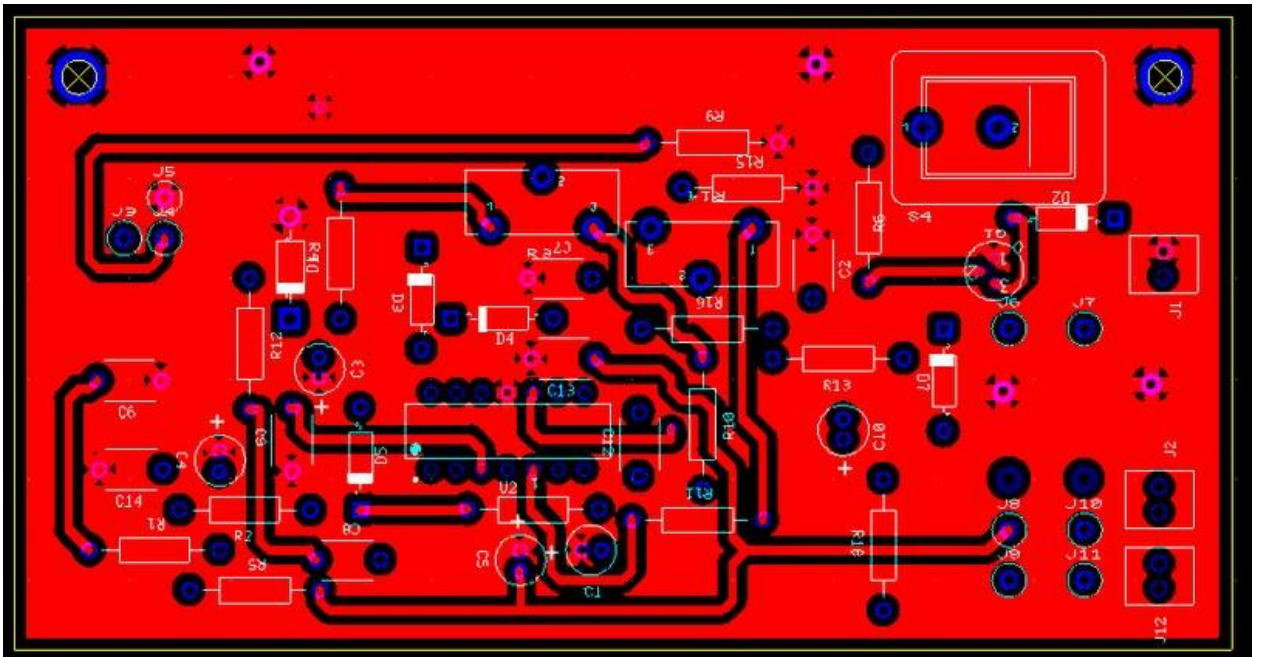


Рис. 9.5 Нижний слой платы

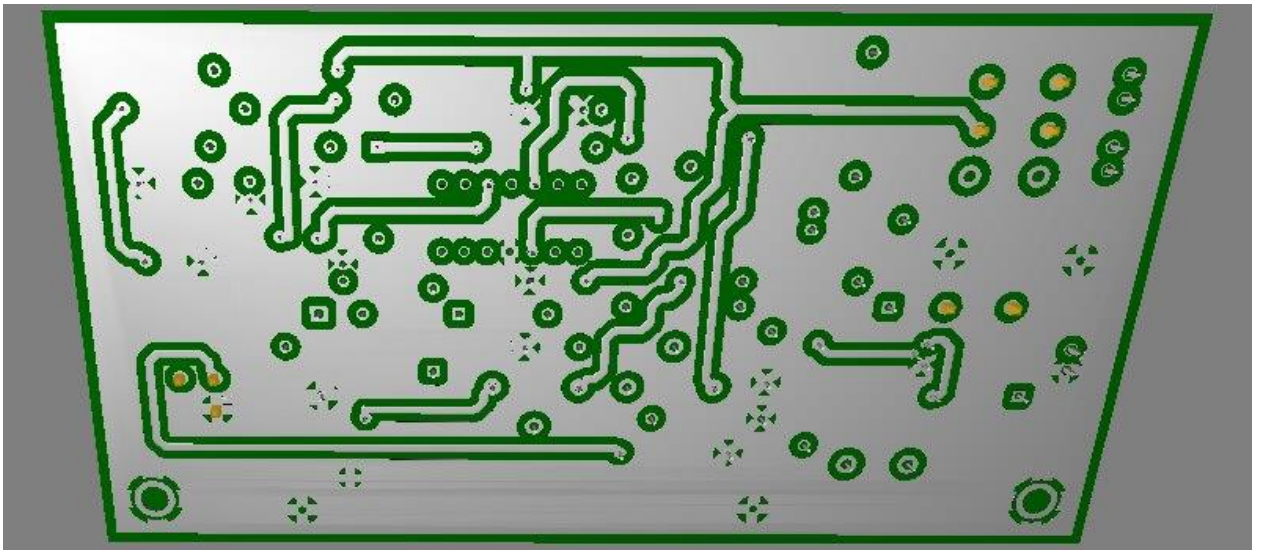


Рис. 9.6 Нижний слой платы в 3D масштабе

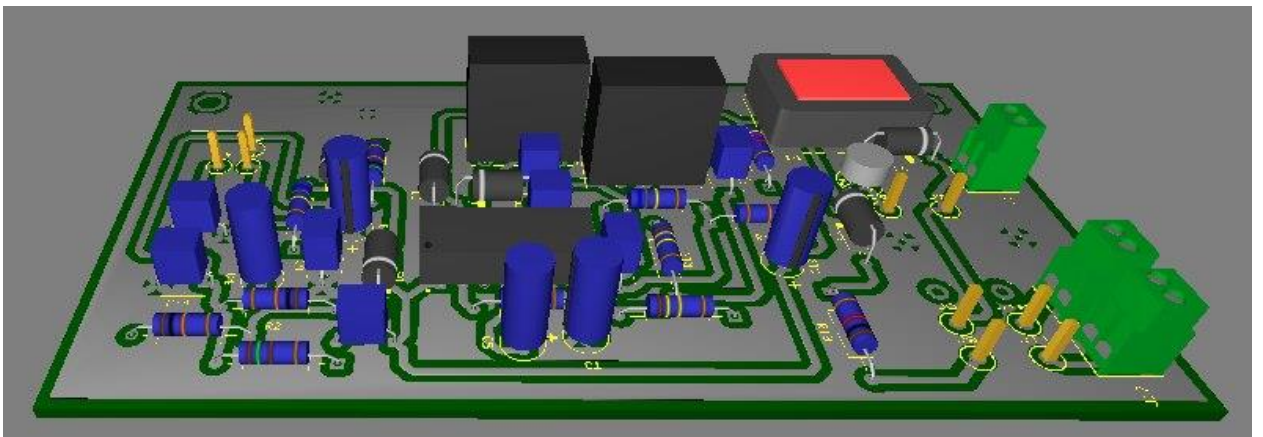


Рис. 9.7 Верхний слой платы в 3D масштабе

10. Экономическая часть

В этой части приводится список необходимых компонентов и их стоимость.

Цены проверялись в интернет-магазине Oomipood.ee по состоянию на 25.05.2015.

	A	B	C	D
1	Quantity	Description	RefDes	Цена 1 шт
2	2	RESISTOR, 10kΩ	R1, R2	0,05
3	1	RESISTOR, 150Ω 5%	R5	0,05
4	2	RESISTOR, 13kΩ	1, R13	0,05
5	2	RESISTOR, 680kΩ	R12, R16	0,05
6	2	CAP_ELECTROLIT, 100μF	C3, C4	0,4
7	1	CAP_ELECTROLIT, 220μF	C5	2
8	3	CAPACITOR, 0.1μF	C6, C13, C14	0,1
9	2	CAPACITOR, 47nF	C8, C12	0,1
10	5	SWITCHING_DIODE, 1N4148	D2, D3, D4, D5, D7	0,12
11	2	RESISTOR, 140kΩ	R10, R11	0,05
12	2	POTENTIOMETER, 500kΩ	R3, R14	1,5
13	2	RESISTOR, 50kΩ	R4, R15	0,05
14	2	CAPACITOR, 10nF	C2, C7	0,1
15	1	RESISTOR, 4.7kΩ	R6	0,05
16	1	RESISTOR, 1kΩ	R18	0,05
17	2	SPST,	S2, S4	3
18	1	RESISTOR, 56kΩ	R9	0,05
19	1	OPAMP, LM324AD	U1	0,4
20	1	CAP_ELECTROLIT, 22μF	C1	0,6
21	1	CAPACITOR, 3.3nF	C9	0,1
22	1	CAPACITOR, 22μF	C10	0,1
23	1	BJT_NPN, 2N2222	Q1	0,1
24	1	ZENER, BZX85-C5V1	D1	0,1278
25	1	SPDT,	S1	2

Таблица 10.1 Стоимость компонентов платы

Плюс цена за реле (G2R2) 6 евро, а за датчик (IRA – E700) еще 5 евро.

Общая цена элементов платы составляет 22,25 евро.

Заключение

Цель бакалаврской работы заключалась в том, чтобы изучить пошаговую работу сигнализации на основе пассивного инфракрасного датчика движения.

В первой главе дипломной работы описаны принципы работы пассивного инфракрасного датчика движения.

Во второй главе разработана структурная схема сигнализации и дано краткое описание каждому блоку.

В третьей главе дипломной работы подробно описана электрическая схема устройства сигнализации.

В четвертой главе проведены расчеты токов и напряжений цепи.

В пятой главе сравнивались полученные расчеты с симуляцией.

В шестой главе проведена проверка минимального питания, которое необходимо для работоспособности схемы.

В седьмой главе работы проведена проверка порога срабатывания.

В восьмой главе изменены значения на потенциометрах и показано, как это отобразится на работе схемы.

В девятой главе представлена печатная плата сигнализации.

В десятой главе произведен экономический анализ и представлен список компонентов с ценами.

Таким образом, цель работы достигнута, рассмотрена работа сигнализации.

Используемая литература

1. http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/application_note/DM00096551.pdf (21.04.2015)
2. <http://ijarece.org/wp-content/uploads/2013/08/IJARECE-VOL-1-ISSUE-3-86-90.pdf> (21.04.2015)
3. <http://syslog.co.in/files/ecarm/Design%20and%20Implementation%20of%20Pyroelectric%20Infrared%20Sensor%20based%20Security%20System.pdf> (22.04.2015)
4. http://www.electfreaks.com/wiki/index.php?title=PIR_Motion_Sensor_Module:DYP-ME003 (23.04.2015)
5. <https://pirtechnology.wordpress.com/> (23.04.2015)
6. <http://www.instructables.com/id/PIR-Motion-Sensor-Tutorial/step1/How-does-it-work/> (24.04.2015)
7. <http://www.circuitstoday.com/wp-content/uploads/2011/07/PIR-Sensor-Based-Security-System.jpg> (25.04.2015)
8. <http://habrahabr.ru/post/167201/> (30.05.2015)
9. <http://ru.mouser.com/ProductDetail/Fairchild-Semiconductor/BZX85C5V1/?qs=SSucg2PyLi7vToSyUzMKQA%3D%3D> (30.05.2015)
10. <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM7805.pdf> (30.05.2015)
11. http://www.ehu.eus/instru_virtualdaq/Planoak/LM324.pdf (30.05.2015)
12. Чарльз Платт, Электроника для начинающих, 2009 год, 450 страниц. (15.03.2015)