

Министерство образования Российской Федерации
Пензенский государственный университет
Кафедра «Вычислительная техника»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту по дисциплине
«Электротехника, электроника и схемотехника»
на тему: «Устройство измерения и управления»

Выполнил:
студент группы 23BVB2
Стрельцов А.П.

Принял:
Бычков А. С.

485
26.6.25
[подпись]

Пенза 2025

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет: Вычислительная техника
Кафедра: Вычислительная техника

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой _____ М.А. Митрохин

« _____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

на курсовое проектирование по курсу
Электротехника, электроника и схемотехника

Студенту :Стрельцову А.П

Группа: 23BVB2

Тема проекта: Устройство измерения и управления - 43

Исходные данные (технические требования) на проектирование

Устройство предназначено для контроля уровня задымлённости или освещённости в рабочем помещении и использует в качестве датчика фоторезистор типа СФ2-16.

При рабочем напряжении $U_p = 15$ В диапазон изменения тока датчика равен (20...180) мкА. Устройство преобразует сигнал с датчика в выходное напряжение, меняющееся в диапазоне (0...+2) В. Для устройства задаются верхний порог 160 мкА и нижний порог 40 мкА. При преодолении установленных порогов устройство выполняет определённые действия, управляя двумя светодиодами, двумя реле и одним динамиком с активным сопротивлением 120 Ом. В устройстве должны использоваться реле типа TRC-D-5

Если освещённость окажется выше верхнего порога, то первый светодиод должен мигать с периодом 2 секунды три раза с момента превышения порога, первое реле должно включиться на время преодоления порога, динамик должен гудеть с частотой 1024 Гц одновременно с миганием светодиода.

Если освещённость окажется ниже нижнего порога, то второй светодиод должен включиться на время преодоления порога, второе реле должно включиться на 5 секунд с момента преодоления порога, динамик должен гудеть с частотой 512 Гц в течение трёх секунд с момента преодоления порога.

При проектировании принципиальной схемы устройства следует ориентироваться на применение цифровых элементов серии ТТЛ.
Разрешается применять для питания устройства напряжения ± 5 В, ± 15 В.

Объём работы по курсу

1. Расчётная часть

Разработать структурную, функциональную и принципиальную устройства, максимально используя интегральные микросхемы, краткие технические параметры используемых микросхем, рассчитать навесные компоненты, описать работу устройства по функциональной принципиальной схеме с привлечением временных диаграмм, выполнить электронное моделирование устройства (входной усилитель, компаратор), часть выходных цепей по согласованию с руководителем и представить результаты, определив при этом параметры смоделированной части.

2. Графическая часть

Схема электрическая структурная – 1 лист формата A3 (297x420 мм²)
Схема электрическая функциональная – 1 лист формата A3 (297x420 мм²)
Схема электрическая принципиальная – (1-2) формата A2 (420x594 мм²)

3. Экспериментальная часть

Электронное моделирование блока

Срок выполнения проекта по разделам

Согласно графику выполнения проекта, представленного в методических указаниях к курсовому проекту

Дата выдачи задания 15.02.2025

Дата защиты проекта.....

Руководитель



15.02.2025

Задание получил

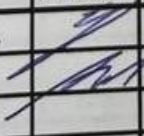
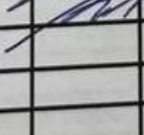
15.02.2025

Студент



Содержание

Введение	4
1 Разработка структурной схемы устройства	5
1.1 Постановка задачи	5
1.2 Описание структурной схемы устройства	6
2 Разработка функциональной схемы устройства	7
2.1 Описание работы устройства по временным диаграммам	7
2.2 Разработка функциональных схем блоков управления	8
2.2.1 Блоки управления светодиодами	8
2.2.2 Блоки управления реле	9
2.2.3 Блоки управления динамиком	10
2.3 Описание работы устройства по функциональной схеме	11
3 Разработка принципиальной схемы устройства	13
3.1 Расчет усилителя	13
3.2 Расчет схем формирования порогов	14
3.2.1 Расчет схемы формирования верхнего порога	14
3.2.2 Расчет схемы формирования нижнего порога	15
3.3 Расчет схем управления светодиодами	16
3.4 Расчет схем управления реле	18
3.5 Расчет схем управления динамиком	19
3.6 Описание работы устройства по принципиальной схеме	20

ПГУЗ.090301.43 001 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Стрельцов А.П.		
Провер.		Бычков А. С.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Утверд.				

Устройство измерения и управления Пояснительная записка			Лит.	Лист	Листов
			1	2	36
ФВТ, гр. 23ВВВ2					

4 Моделирование устройства.....	22
Заключение.....	26
Список используемых источников.....	27
Приложение А - Схема электрическая структурная.....	28
Приложение Б. Схема электрическая функциональная.....	30
Приложение В. Схема электрическая принципиальная.....	32
Приложение Г. Перечень элементов.....	34

					<i>ПГУ3.090301.43 001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						3
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		
<i>Инв. № подл.</i>		<i>Подпись и дата</i>		<i>Взам инв. №</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подпись и дата</i>

Введение

В курсовой работе решается задача преобразования физической величины в электрическое напряжение в заданном диапазоне, и обработка напряжения с целью контроля этой физической величины (уровень задымленности или освещенности) и управления исполнительными устройствами.

В качестве исполнительных устройств в курсовой работе применяются, датчик, реле, динамик, светодиоды.

1 Разработка структурной схемы устройства

1.1 Постановка задачи

Устройство предназначено для контроля уровня задымлённости или освещённости в рабочем помещении и использует в качестве датчика фоторезистор типа СФ2-16.

При рабочем напряжении $U_p=15$ В диапазон изменения тока датчика равен $(20...180)$ мкА. Устройство преобразует сигнал с датчика в выходное напряжение, меняющееся в диапазоне $(0...+2)$ В. Для устройства задаются верхний порог 160 мкА и нижний порог 40 мкА. При преодолении установленных порогов устройство выполняет определённые действия, управляя двумя светодиодами, двумя реле и одним динамиком с активным сопротивлением 120 Ом. В устройстве должны использоваться реле типа TRC-D-5

Если освещённость окажется выше верхнего порога, то первый светодиод должен мигать с периодом 2 секунды три раза с момента превышения порога, первое реле должно включиться на время преодоления порога, динамик должен гудеть с частотой 1024 Гц одновременно с миганием светодиода.

Если освещённость окажется ниже нижнего порога, то второй светодиод должен включиться на время преодоления порога, второе реле должно включиться на 5 секунд с момента преодоления порога, динамик должен гудеть с частотой 512 Гц в течение трёх секунд с момента преодоления порога.

При проектировании принципиальной схемы устройства следует ориентироваться на применение цифровых элементов серии ТТЛ.

Разрешается применять для питания устройства напряжения ± 5 В, ± 15 В.

1.2 Описание структурной схемы устройства

С учётом постановки задачи разработана структурная схема устройства. Она представлена в приложении А. Устройство содержит: датчик, усилитель, компараторы, блоки управления светодиодами, динамиками и реле. Согласно предложенной схеме при срабатывании первого компаратора в случае превышения верхнего порога блок управления динамиками обеспечивает необходимое управление согласно заданию. Блок управления первым светодиодом включает определенным образом первый светодиод, а блок управления первым реле заставляет реле сработать.

Если будет преодолен нижний порог, то второй компаратор на своем выходе сформирует активный сигнал. Благодаря блоку управления динамиками, вторым реле и вторым светодиодом будут выполняться необходимые функции, которые соответствуют интервалу преодоления сигналом нижнего порога.

2 Разработка функциональной схемы устройства

В ходе выполнения курсовой работы была составлена функциональная схема устройства, предложенная на чертеже Э2. Ниже приводится наглядное описание этой схемы по временным диаграммам, а также отдельно рассмотрен каждый функциональный блок схемы.

2.1 Описание работы устройства по временным диаграммам

Работу устройства можно представить на временных диаграммах, которая продемонстрирована на рисунке 1.

Из диаграммы видно, что при превышении значения датчика верхнего порога, первый компаратор формирует на своем выходе «1». По активному фронту компаратора первый светодиод должен мигать с периодом 2 секунды три раза, должно включиться первое реле и выключиться при преодолении верхнего порога и динамик должен гудеть с частотой 1024Гц одновременно с миганием светодиода.

Когда значение через датчик оказывается ниже нижнего порога, создается активный фронт второго компаратора, то второй светодиод должен включиться на время преодоления порога, второе реле должно включиться на 5 секунд, динамик должен гудеть с частотой 512Гц в течении 3 секунд.

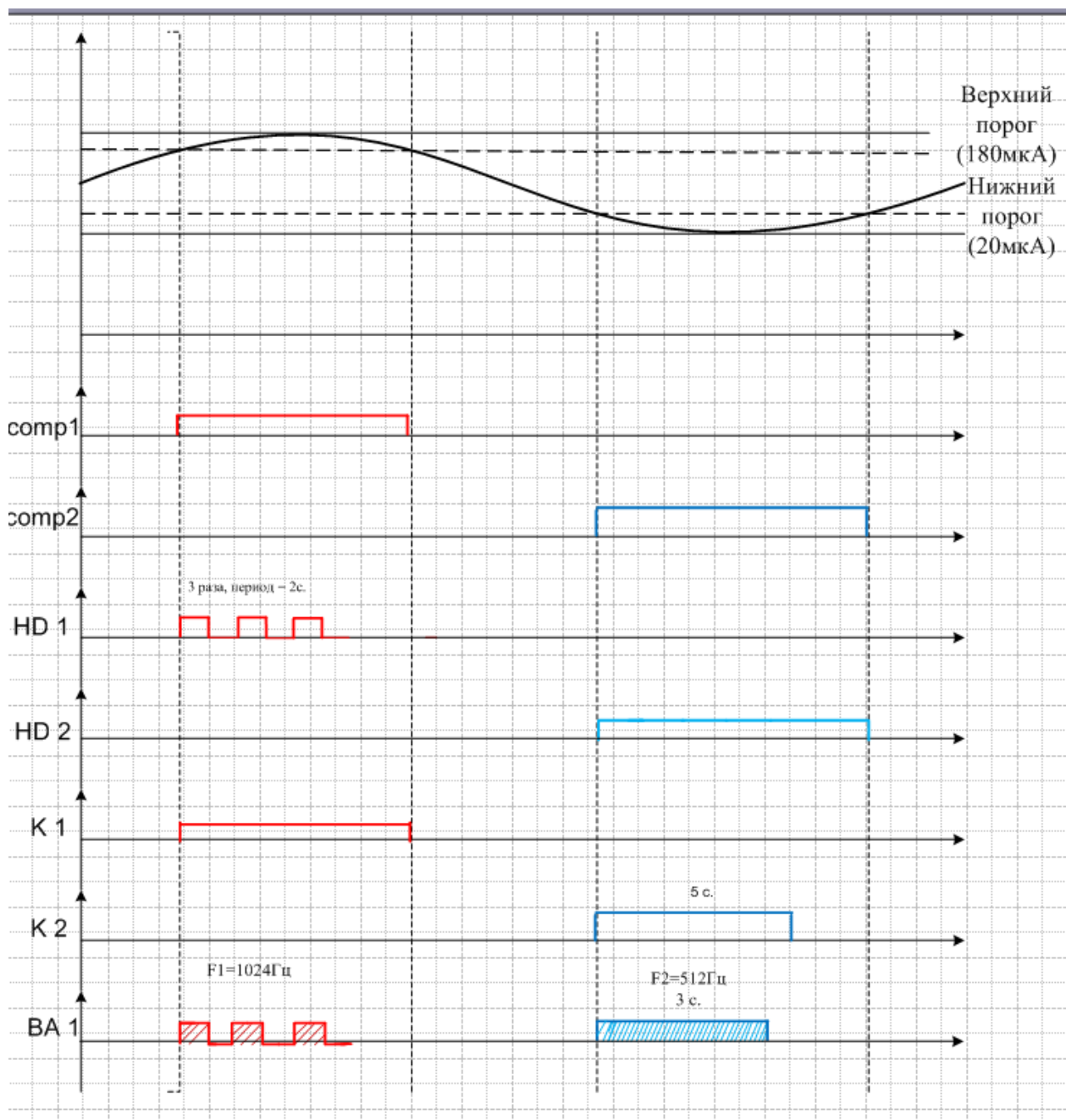


Рисунок 1 – Временная диаграмма

2.2 Разработка функциональных схем блоков управления

2.2.1 Блоки управления светодиодами

В задании сказано, что первый светодиод должен мигать с периодом 2 сек три раза с момента превышения порога. Для этого происходит занесение в триггер единицы. Это приводит к началу работы генератора импульсов. Генератор импульсов начинает вырабатывать импульсы с заданным

периодом 2 секунды, а счётчик осуществляет подсчёт количества сформированных генератором 3 импульса. Как только закончится действие 3 импульса, появится единица, которая будет действовать на вход сброса триггера. Триггер сбросится в ноль и запретит генератору формирование следующего импульса. Одновременно с инверсного выхода триггер сбросит счётчик в нулевое состояние, что приведёт к формированию нуля на выходах счётчика. Далее сигнал подаётся на усилитель, который управляет первым светодиодом HD1. Схема управления первым светодиодом показана на следующем рисунке 2.

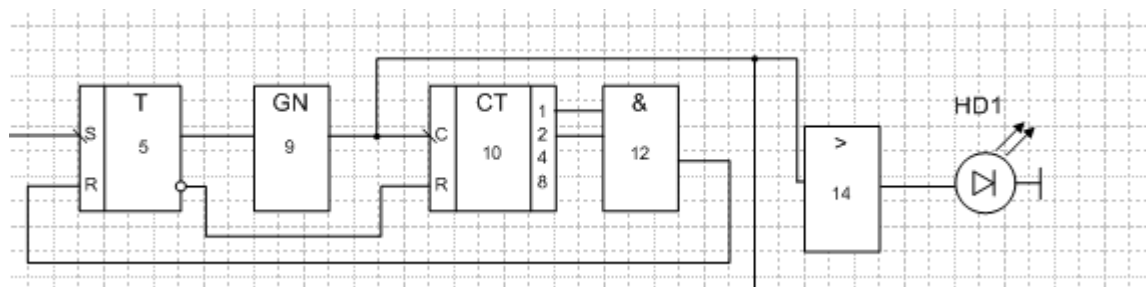


Рисунок 2 – Схема управления диодом

При преодолении нижней границы диапазона напряжения второй светодиод включиться на время преодоления порога. Полученную схему управления можно увидеть на рисунке 3.

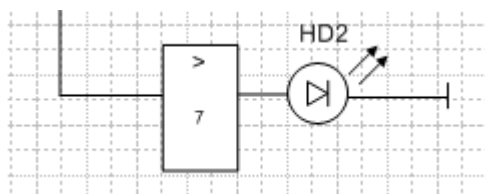


Рисунок 3 – Управление вторым диодом

2.2.2 Блоки управления реле

При преодолении верхней границы диапазона напряжения первое реле должно включиться на время преодоления порога. Полученную схему управления можно увидеть на рисунке 4.

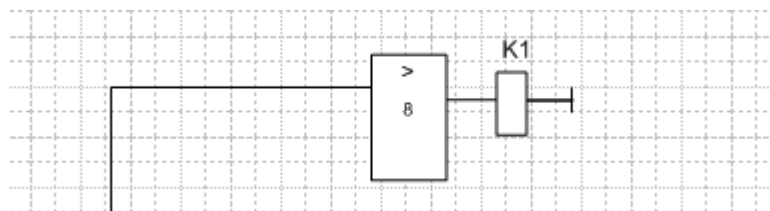


Рисунок 4 – Схема управления реле

При преодолении нижней границы диапазона напряжения второе реле должно включиться на 5 секунд, при этом генерацию импульса для реле выполняет одновибратор.

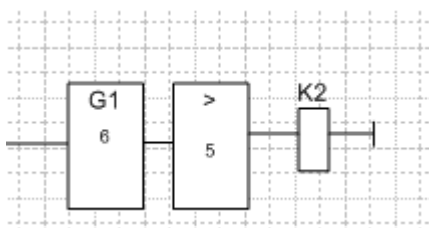


Рисунок 5 – Управление вторым реле

2.2.3 Блоки управления динамиком

Для управления динамиком использовали схему, показанную на рисунке 6. Блок управления динамиком состоит из двух частей: работа динамика при преодолении верхнего порога, и работа динамика при преодолении нижнего порога.

При преодолении верхнего порога, динамик должен гудеть с частотой 1024Гц одновременно с миганием светодиода. При превышении порога происходит занесение в триггер единицы. Это приводит к началу работы генератора импульсов. Генератор импульсов начинает вырабатывать импульсы с заданным периодом 2 секунды, а счётчик осуществляет подсчёт количества сформированных генератором трех импульсов. Как только закончится действие третьего импульса, на выходе конъюнктора появится единица, которая будет действовать на вход сброса триггера. Триггер сбросится в ноль и запретит генератору формирование следующего

импульса. Одновременно с инверсного выхода триггер сбросит счётчик в нулевое состояние, что приведёт к формированию нуля на выходах счётчика. Далее сигнал подаётся на генератор импульсов для задания частоты, равной 1024Гц.

При преодолении нижнего порога динамик гудит с частотой 512Гц 3 секунды с момента преодоления порога. Сигнал подается на генератор импульсов для задания необходимой частоты. При этом генерацию импульса для генератора выполняет одновибратор.

Сигнал обеих частей схемы подается на дизъюнктор, и с нее на усилитель динамика.

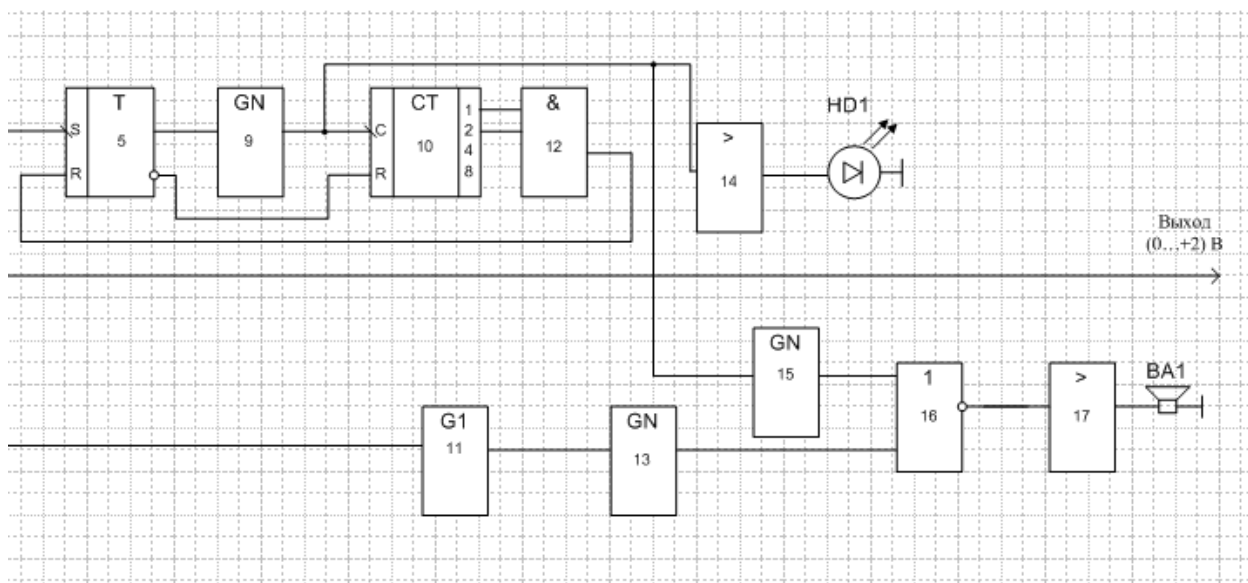


Рисунок 6 – Схема управления динамиком

2.3 Описание работы устройства по функциональной схеме

Учитывая предложенные решения, была разработана функциональная схема, представленная в приложении В.

Разработанное устройство содержит:

8,14,5,7,17,2 – операционные усилители; 3, 4 – компараторы; 11,6 – одновибратор; 9,13,15 – генераторы импульсов; 16 – дизъюнктор; 10 – счётчики; 5 – триггер;

Устройство работает следующим образом:

Если компаратор 3 формирует уровень логической единицы при превышении верхнего порога, то схема формирования, содержащая триггер 5, генератор импульсов – 9, двоичный счётчик 10, конъюнктор 12 обеспечивает работу светодиода HD1 – подаёт на его вход 3 импульса с периодом 2 секунды. Включается реле К1 при выходе за верхнюю границу диапазона напряжения. Схема формирования, содержащая триггер 5, генератор импульсов – 9, двоичный счётчик 10, и генератор импульсов 15 разрешает работу динамика ВА1 – подаёт на вход дизъюнктора 17 три импульса с периодом 2 секунды и частотой 1024Гц.

Если компаратор 4 формирует уровень логической единицы при превышении нижнего порога, то светодиод HD2 включается на 5 секунд. Включается реле К2, на которое приходит сигнал с усилителя 5, при этом одновибратор 6 вырабатывает импульсы длительностью 5 секунд. Одновибратор 11 формирует импульс длительностью три секунды и подает на вход генератора 13. Генератор 13 подают на вход дизъюнктора 17 импульсы частотой 512Гц и разрешают работу динамика ВА1.

3 Разработка принципиальной схемы устройства

Ранее были рассмотрены все функциональные особенности разрабатываемого устройства. На основании этих данных разработана принципиальная схема устройства.

3.1 Расчёт усилителя

Устройство предназначено для контроля задымленности и освещенности и использует в качестве датчика микросхему СФ2-16, которая питается от 15В. Требуемый диапазон измерения простирается от 20 мкА до 180 мкА. Устройство преобразует сигнал с датчика в выходное напряжение, меняющееся в диапазоне (0...2) В. Для устройства задаются верхний порог 160 мкА и нижний порог 40 мкА.

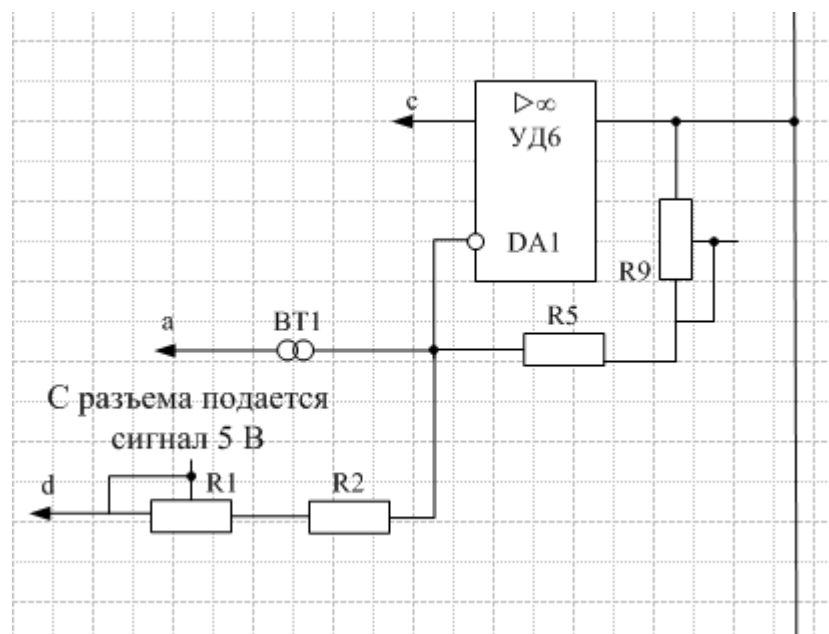


Рисунок 7 – Схема усилителя

Для предложенной схемы справедливо уравнение:

$$E_2/R_2 + I_{BT} = -U_{out}/R_5$$

Сопротивление фоторезистора (для верхнего порога) = $15\text{В}/180\text{мкА} = 83,33\text{кОм}$

Сопротивление фоторезистора (для нижнего порога) = $15\text{В}/20\text{мкА} = 750\text{кОм}$

Составим системы уравнений для верхнего и нижнего уровней:

$$\begin{cases} -\frac{5B}{R2} + 20\text{мкА} = 40\text{мкА} \\ -\frac{5B}{R2} + 180\text{мкА} = 160\text{мкА} \end{cases}$$

$$\begin{cases} -\frac{5B}{R2} = 20\text{мкА} \\ -\frac{5B}{R2} = -20\text{мкА} \end{cases}$$

$$R2 = 5\text{В}/20\text{мкА} = 250\text{кОм}$$

$$R5 = 2\text{В}/160\text{мкА} = 12500\text{ Ом}$$

3.2 Расчёт схем формирования порогов

Согласно заданию устройство при преодолении входным сигналом заданных порогов должно выполнять определенные функции. Для решения этой задачи сигнал с усилителя мы подадим на два компаратора. Для сравнения этого сигнала с пороговым необходимо сформировать напряжение верхнего и нижнего порогов.

ОУ выдает напряжение от 0 В до +2В в зависимости от освещенности. Выберем компаратор LM111N.

3.2.1 Расчет схемы формирования верхнего порога

Верхний показатель тока 160 мкА, напряжение на выходе ОУ 1.9В. Рассчитаем номиналы резисторов для схемы формирования порогов. Напряжение 2 В получается из напряжения 5В с использованием резисторного делителя (рис. 8).

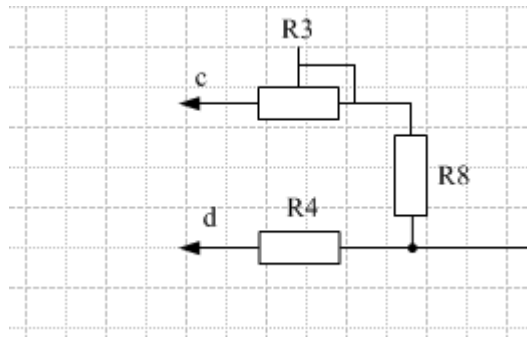


Рисунок 8 – Схема резисторного делителя

В цепи течёт ток 160 мкА. Тогда $I = I_{R4} + I_{R8}$

$$I_{R8} = \frac{U_{\text{пор}}}{R8} \Rightarrow R8 = \frac{1.9\text{В}}{70\text{мкА}} = 24.2\text{кОм}$$

Выберем сопротивление меньше полученного $R8 = 24\text{кОм}$

Последовательно с $R8$ поставим подстроечный резистор $R3$ с сопротивлением 200 Ом.

$$R4 = \frac{E - U_{\text{пор}}}{I} = \frac{3.1\text{В}}{90\text{мкА}} = 38.4\text{кОм}$$

Выберем сопротивление $R4 = 38.4\text{кОм}$

3.2.2 Расчет схемы формирования нижнего порога.

Нижний показатель тока 40 мкА, напряжение на выходе ОУ 0.15В. Рассчитаем номиналы резисторов для схемы формирования порогов. Напряжение 0.15В получается из напряжения 5В с использованием резисторного делителя (рис. 9).

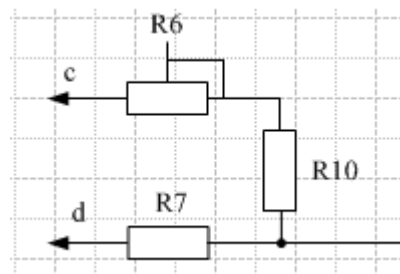


Рисунок 9 – Схема резисторного делителя

В цепи течёт ток 160 мкА. Тогда $I = I_{R7} + I_{R10}$

$$I_{R10} = \frac{U_{\text{пор}}}{R10} \Rightarrow R10 = \frac{0.15\text{В}}{13\text{мкА}} = 11.538\text{кОм}$$

Выберем сопротивление меньше полученного $R10 = 11\text{кОм}$

Последовательно с $R10$ поставим подстроечный резистор $R6$ с сопротивлением 600 Ом .

$$R7 = \frac{E - U_{\text{пор}}}{I} = \frac{4.85\text{В}}{27\text{мкА}} = 179.5\text{кОм}$$

Выберем сопротивление $R7 = 179.5\text{кОм}$

3.3 Расчёт схем управления светодиодами

Согласно заданию, первый светодиод должен мигать с периодом 2 сек шесть раз с момента превышения порога.

Для этого необходимо использовать триггер, который реализуется на микросхеме 564ТМ2, генератор импульсов, который реализуется на микросхеме К555ГГ1, счетчик, который реализован на микросхеме 554ИЕ10.

Светодиод выберем модели L52ID, у которого прямое напряжение равно $0,7\text{В}$.

$$\text{Рассчитаем резистор } R21: R = \frac{E - U_{\text{д}}}{I_{\text{д}}} = \frac{5 - 0,7}{0,001} = 4,3 \text{ (кОм)}.$$

Для построения необходимо использовать генератор импульсов с емкостью C_{18} — найдем её.

$$f = \frac{2 \times 10^{-4}}{C}, \text{ где } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ (Гц)}, \text{ откуда } C18 = \frac{2 \times 10^{-4}}{0,5} = 4 * 10^{-4}(\text{ф}).$$

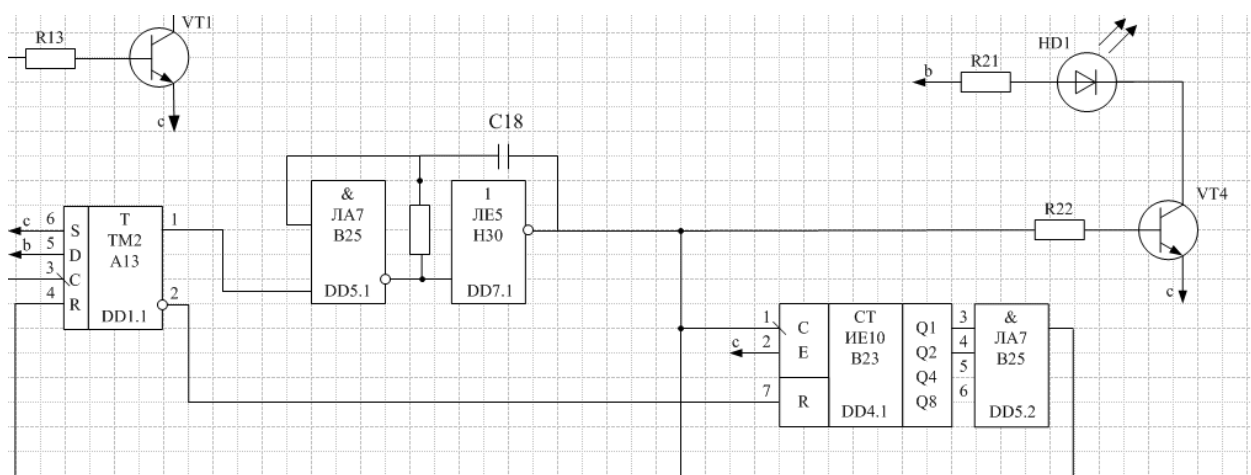


Рисунок 10 – Схема управления первым светодиодом

Согласно заданию, второй светодиод включается на время выхода за границы нижнего порога.

Светодиод выберем модели L52ID, у которого напряжение равно 0,7В. Для управления светодиодом обычно используется последовательно с ним соединённый токоограничивающий резистор.

$$\text{Рассчитаем резистор R15: } R = \frac{E - U_{\text{д}}}{I_{\text{д}}} = \frac{5 - 0,7}{0,001} = 4,3 \text{ (кОм)}.$$

Схемное решение управления вторым светодиодом представлено ниже, на рисунке 11. В нем мы использовали усилитель.

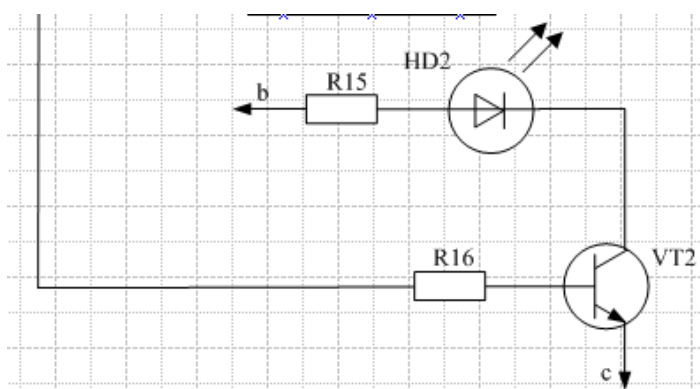


Рисунок 11 – Схема управления вторым светодиодом

3.4 Расчёт схем управления реле

Согласно заданию, первое реле должно включиться при превышении верхнего порога.

Согласно заданию, нужно использовать реле типа TRC-D-5 с сопротивлением обмотки $R=350(\text{Ом})$ и током срабатывания $I_{\text{ср}}=36(\text{мА})$.

Определим требуемое для срабатывания реле напряжение:

$U_{\text{ср}} = R \times I_{\text{ср}} = 350 \text{ Ом} \times 0,036 \text{ А} = 12,6 \text{ В}$. Для формирования такого напряжения нужно использовать напряжение 15(В) и последовательно включенный резистор. В качестве усилителя можно использовать биполярный транзистор.

Рассчитаем токоограничивающий резистор с помощью закона Ома: $R = \frac{U}{I} = 417(\text{Ом})$. В качестве данного резистора выберем резистор С2-23-1-450 (Ом) $\pm 1\%$.

Диод VD защищает транзистор при выключении реле. Был выбран выпрямительный диод 1N4007.

Схемное решение управления первым реле представлено на рисунке 12.

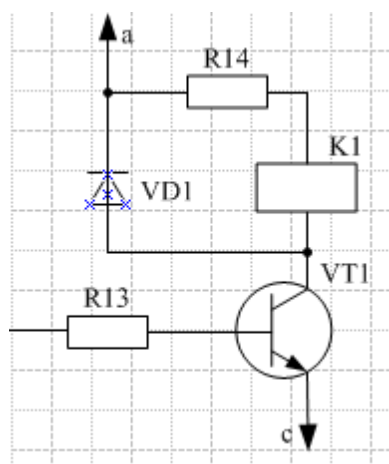


Рисунок 12 – Схема управления первым реле

В задании сказано, что второе реле должно включиться на 5 секунд при преодолении нижнего порога.

Для формирования определенной длительность задержки работы светодиода, необходимо рассчитать RC– цепь. $t = 0,32 * C * (R + 0,7)$, $t = 5$ (с), а сопротивление резистора R выберем равным 1(кОм). Получаем $C_{17} = 6,4$ (мкФ). Получившаяся схема представлена на рисунке 13.

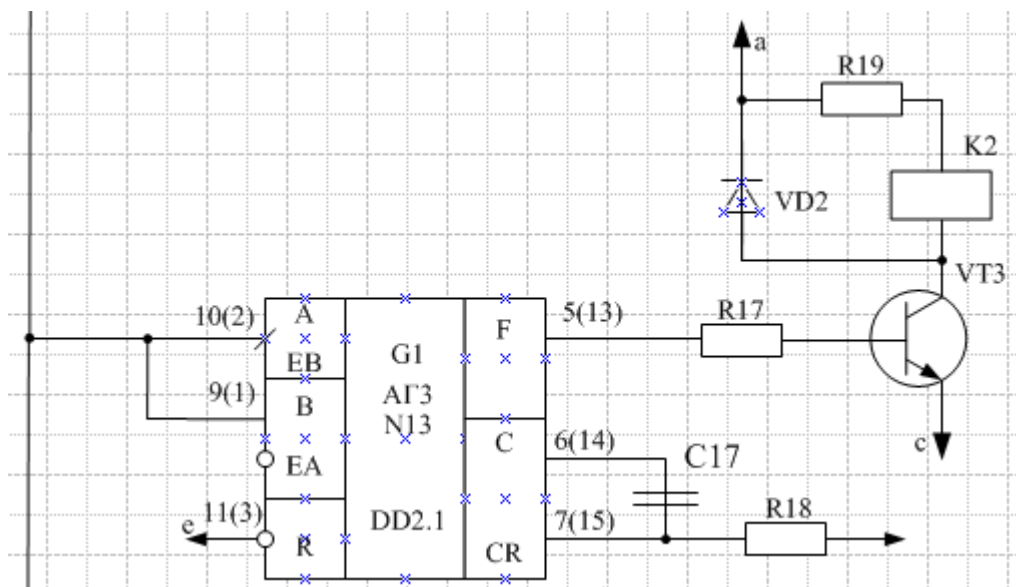


Рисунок 13 – Схема управления вторым реле

3.5 Расчёт схем управления динамиком

Для управления динамиком потребуются управляемые генераторы импульсов.

В работе будем использовать микросхемы технологии ТТЛ для генераторов импульсов.

При преодолении верхнего порога динамик должен гудеть с частотой $F1 = 1024$ Гц три раза с периодом 2 секунды. Это обеспечивается генератором с подключенным конденсатором C20.

Вычислим емкость:

$$C_{20} = 5 * 10^{(-4)} / 1024 = 0,49 * 10^{(-7)}(\Phi)$$

Сигнал с компаратора управляет высокочастотным генератором с частотой F1 через усилитель, заставляющий динамик гудеть.

Если превышен верхний порог, то на выходе первого компаратора формируется нарастающий фронт и формируется уровень логической единицы. По нарастающему фронту сигнал приходит на усилитель, управляющего работой реле К1, а также на тригер, генератор, который управляет работой светодиода, также формирует импульсы для генератора, управляющего работой динамика, а также формирующего импульсы для счётчика, управляющего продолжительностью процесса работы первого светодиода.

Если превышен нижний порог, то на выходе второго компаратора формируется уровень логической единицы. По нарастающему фронту сигнал приходит на вход одновибратора, разрешающего работы генератора, управляющего работой динамика, также на вход одновибратора, управляющего работой реле К2, также на вход усилителя, управляющего работой второго светодиода.

4 Моделирование устройства

Моделирование в статике:

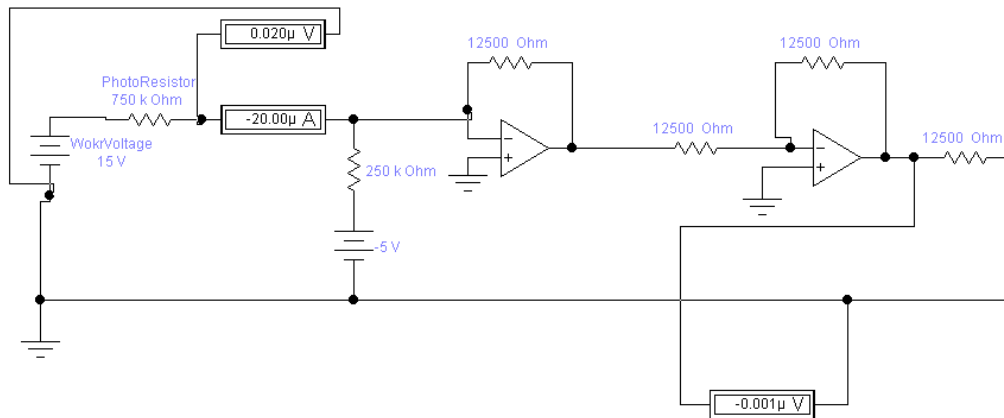


Рисунок 15-Моделирование нижнего порога усилителя в статике

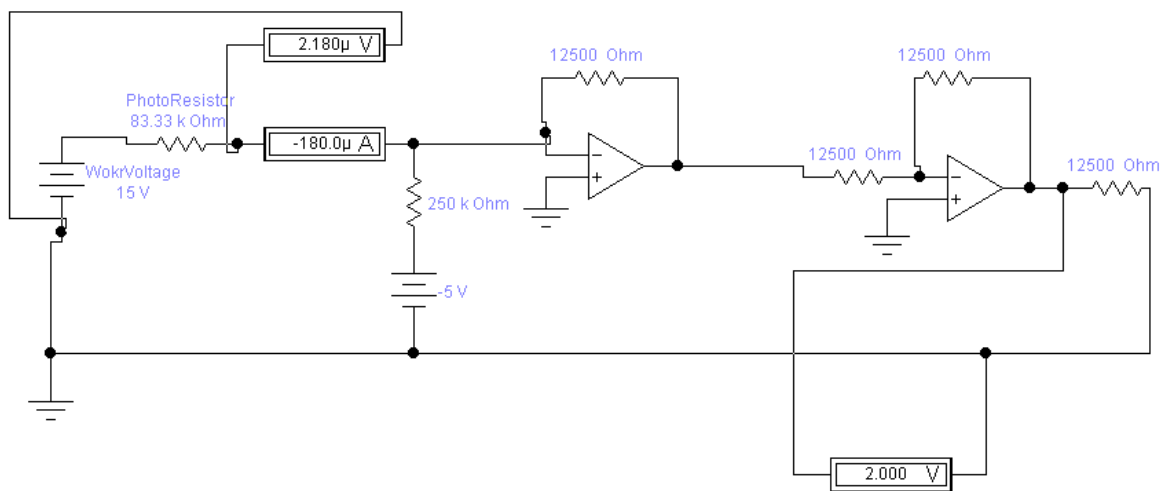


Рисунок 16-Моделирование верхнего порога усилителя в статике

В динамике:

$$A_{\text{sin}} = (2,18 - 0,242) / 2 = 0,969 \text{ мкВ};$$

$$A_{\text{sin действ}} = 0,969 * 0,707 = 0,685 \text{ мкВ}.$$

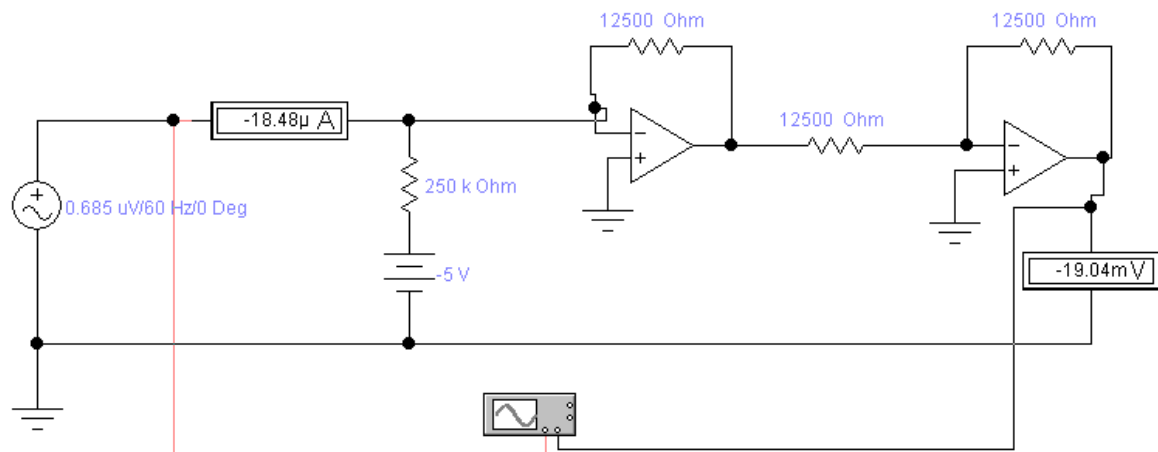


Рисунок 17 -моделирование усилителя в динамике

Осциллограф показывает значения входного и выходного сигналов на границах заданного диапазона.

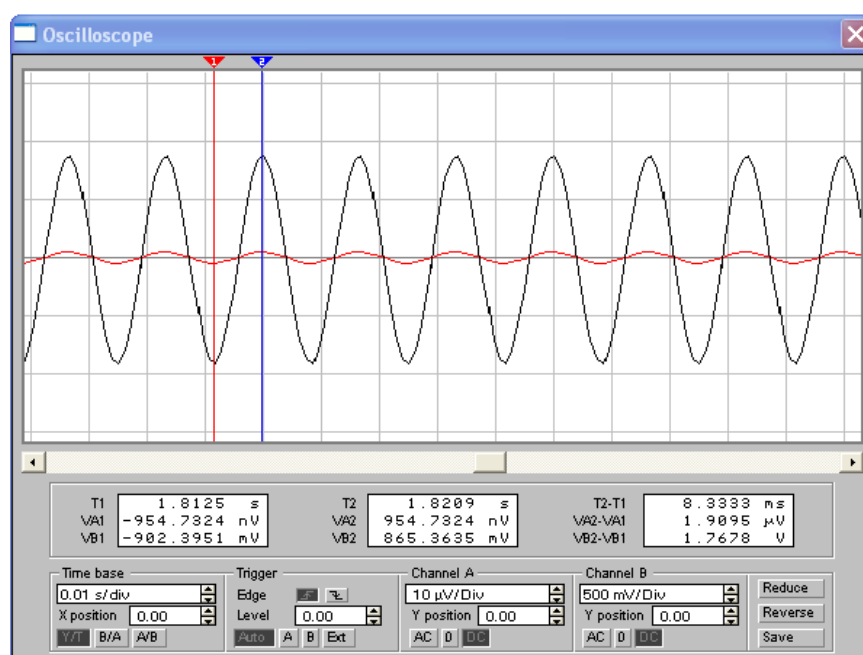
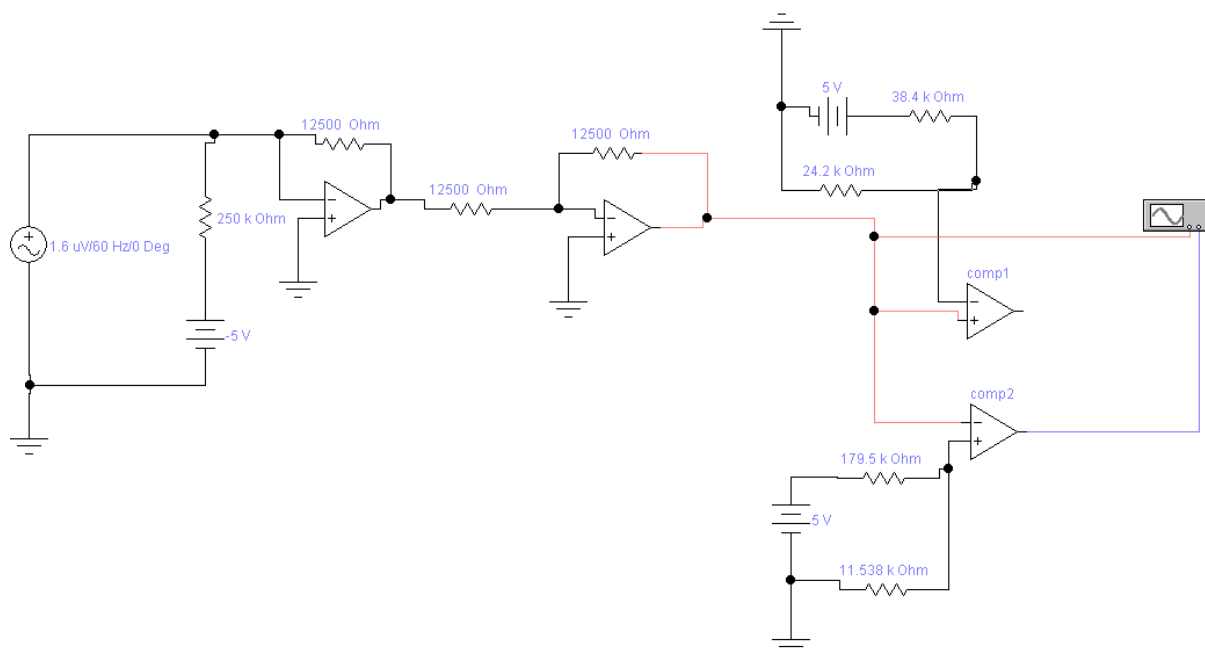
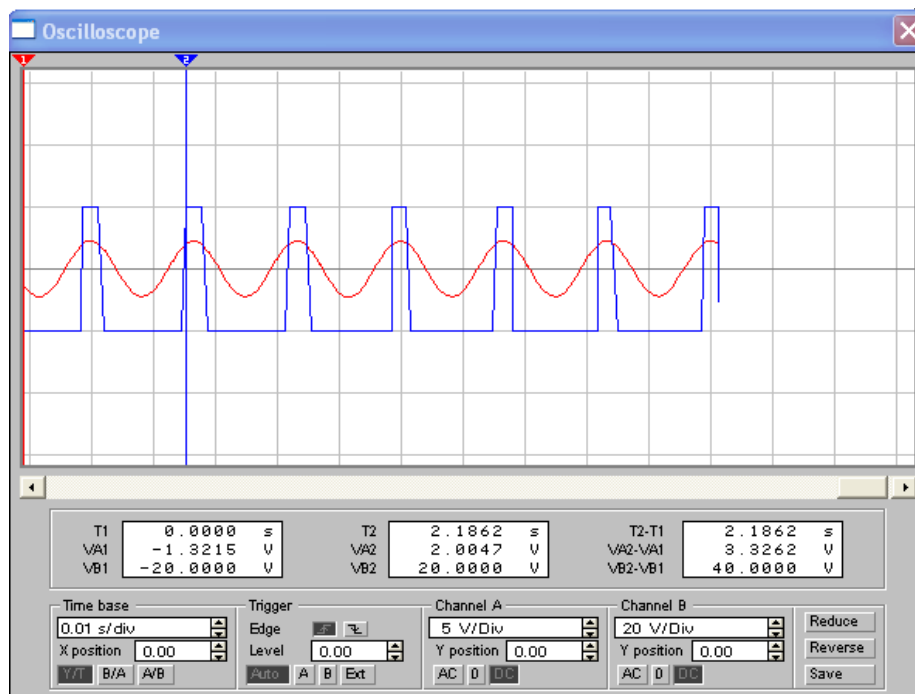


Рисунок 18-Входной и выходной сигнал усилителя

На рисунке 19 представлена модель устройства.



На рисунке 20 представлена осциллограмма сигналов с выхода усилителя (красный цвет) и первого компаратора, работающего с верхним порогом (синий цвет).



На рисунке 21 представлена осциллограмма сигналов с выхода усилителя (красный цвет) и второго компаратора, работающего с нижним порогом(синий цвет).

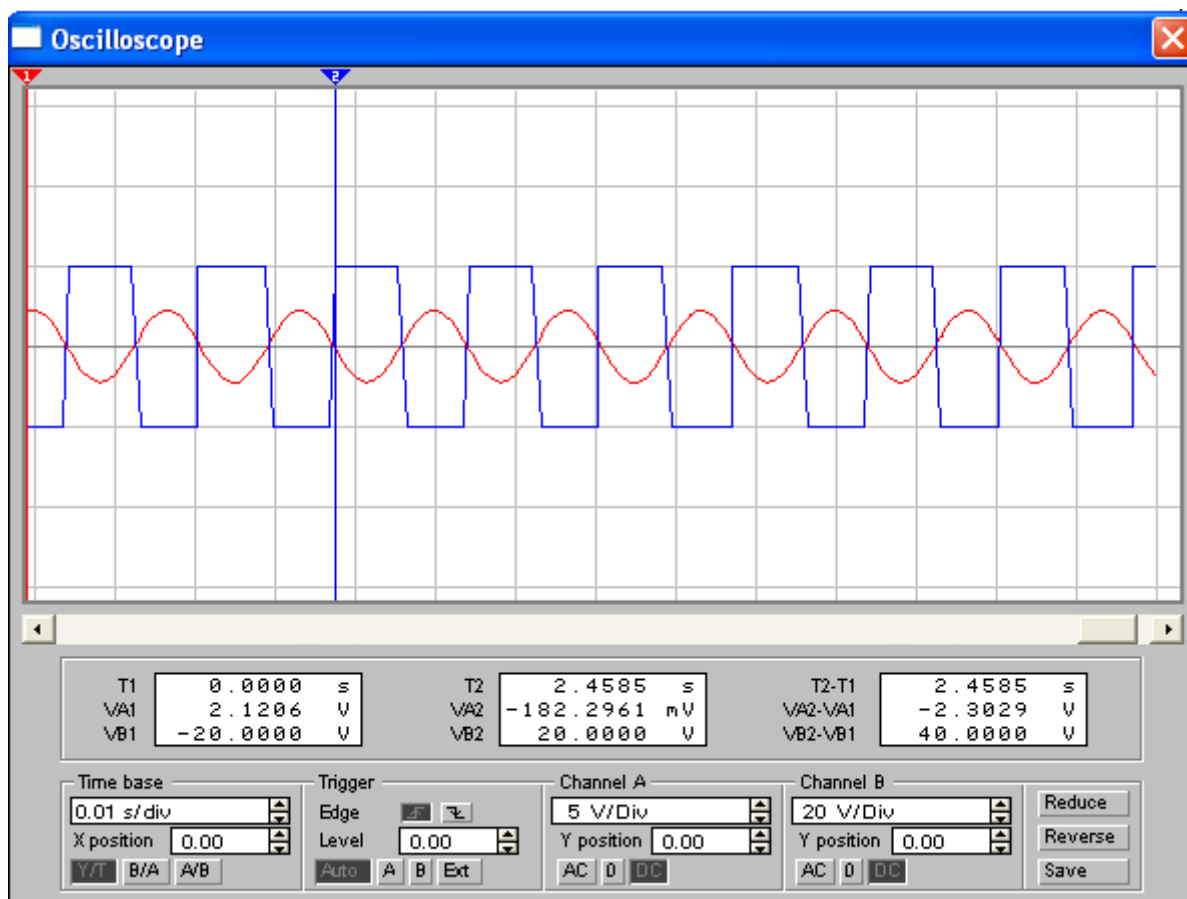


Рисунок 21 –Сигналы с выхода усилителя и второго компаратора

Заключение

В соответствии с заданием на курсовое проектирование было разработано устройство, предназначенное для контроля освещенности. В качестве датчика используется фоторезистор.

В результате курсового проектирования было осуществлено преобразование сигнала с датчика в выходное напряжение, меняющееся в диапазоне от 0 до 2 В.

Также разработанное устройство выполняет определенные действия, при преодолении установленных порогов, которые задаются степенью освещенности.

Список использованных источников

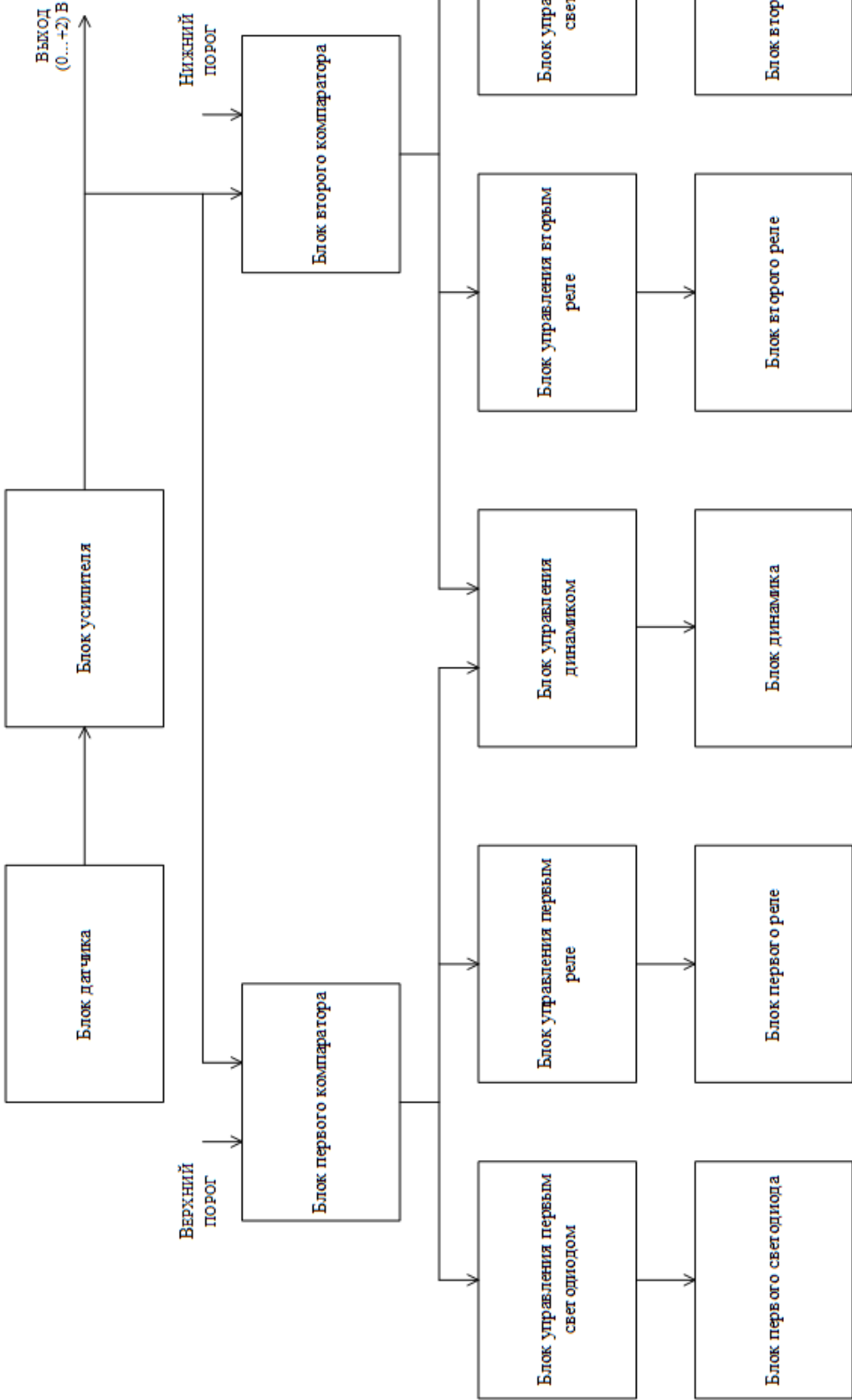
1. Л.А.Брякин. Электротехника и электроника: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2010.
2. Л.А.Брякин. Электротехника и электроника: Конспект лекций. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004.
3. РадиоЛоцман – портал и журнал для разработчиков электроники. Номенклатура и аналоги отечественных микросхем. Цифровые микросхемы серии ТТЛ 533, 555: [Электронный ресурс].
URL: <https://www.rlocman.ru/comp/koz/adv/advh18.htm>
4. RadioLibrary. Справочник радиолюбителя. Ряд E24 номиналов конденсаторов: [Электронный ресурс].
URL: <https://www.radiolibrary.ru/reference/capacitorseries/e24.html>
5. Радиоэлектроника, схемы и статьи программы для радиолюбителей. Светодиоды отечественного производства – характеристики, справочник: [Электронный ресурс].
URL: <https://radiostorage.net/4210-svetodiody-otechestvennogo-proizvodstva-harakteristiki-spravochnik.html>
6. RADIOSVOD.RU. Технический справочник радиодеталей. Транзисторы: [Электронный ресурс].
URL: <https://radiosvod.ru/tranzistor/kt315>

Приложение А

(обязательное)

Устройство измерения и управления

Схема электрическая структурная



ПГУ2.090301.43 002 Э1									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Датум	Устройство измерения и управления Схема электрическая структурная				
Разработ.	Сметков А.П.								
Проект.	Васильев А.С.				Лист 1 из 1				
Исполн.									
Реценз.					Гр. 23ВВВ2				
Нач.отпр.									
Упр.									

Приложение Б

(обязательное)

Устройство измерения и управления

Схема электрическая функциональная

Приложение В

(обязательное)

Устройство измерения и управления

Схема электрическая принципиальная

Приложение Г

(обязательное)

Устройство измерения и управления

Перечень элементов

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	Динамики		
BA1	Динамик R=60Ом	1	
	Конденсаторы		
C1... C4	K50-16-16B-20мкФ	4	
C5...C10	K10-17-26-H90-0,15мкФ	13	
C11	K10-17a-H90-0,93мкФ	1	
C12	K10-17a-H90-0,0004Ф	1	
C13	K10-17a-H90-0,041мкФ	1	
C14	K10-17a-H90-0,083мкФ	1	
C15	K10-17a-H90-0,041мкФ		
	Микросхемы		
DA1	LM319	1	импорт
DA2	LM319	1	импорт
DD1	K564TM2	3	
DD2	K555AГ3	1	
DD3	K531ГГ1	2	
DD4	K564ИЕ10	2	
DD5	K555ГГ1	2	
DD6	KM155ЛA7	1	
DD7	K561ЛЕ5	1	
	Диоды		
HD1, HD2	L52ID	2	импорт
VD1, VD2	1N4007	2	импорт
	Транзисторы		
VT1...VT5	2N6902	5	импорт

					ПГУ 2.090301.43 004 ПЭЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			
Разраб.	Стрельцов А.П.				Устройство измерения и управлени Перечень элементов	Лит.	Лист
Провер.	Бычков А.С.						Листов
Реценз.							35
Н. Контр.						Гр. 23BBB2	
Утверд.							
							36

[illegible]