

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей  
Кафедра электронных вычислительных машин  
Дисциплина: Схемотехника

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
к курсовому проекту  
на тему

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ  
БГУИР КП 1-40 02 01 307 ПЗ

Студент: гр. 050503 Григорик И. А.

Руководитель: ассистент каф. ЭВМ  
Жук Д.С.

Минск 2022

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	4
1.1 Системы уличного освещения .....	4
1.2 Фоторезисторы и фотодиоды.....	4
1.3 Реле .....	7
2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ.....	9

## ВВЕДЕНИЕ

На данный момент во многих областях науки и техники происходят перемены благодаря развитию электроники. Сейчас невозможно представить какую-либо отрасль промышленности, экономики, производства, науки без наличия в ней электронных приборов. Тенденция развития электроники стремительно набирает обороты с каждым днем и непрерывно увеличивается. Технологии набирают обороты благодаря их возможностям, таких как: алгоритмизация, скорость, надёжность. Так же стоит учитывать, что техника, в отличие от человека, не имеет случайных факторов сбоя. Практически всё, что происходит с электронными устройствами, можно рассчитать. Благодаря этому автоматизация распространяется во все сферы нашей жизни. Именно поэтому схемотехника так важна на данный момент.

Данный курс представляет из себя преподавание базы схемотехники с целью дальнейшего развития. Курсовой проект же из себя является демонстрацией навыков, приобретённых за данный курс. Эта курсовая работа представляет собой устройство наподобие системы уличного освещения. Девайс будет распознавать уровень освещённости и в зависимости от него подавать сигнал на лампу, которая будет загораться. При этом устройство просто в проектировании и сборке, поэтому его сможет самостоятельно собрать, изменить или же дополнить любой начинающий или опытный радиолюбитель.

Курсовой проект будет изначально реализован на макетной плате, с целью ознакомления и расчёта схемы, поиска недостатков или внедрения полезных нововведений. Если при дальнейшем результате работы над курсовым проектом будет решено не вводить никаких изменений в схему, и считать её полностью готовой, то будет разведена специальная плата под данную схему.

В рамках данной курсовой работы необходимо ознакомиться с работой фоторезисторов и фотодиодов, резисторов переменного напряжения (подстроечных резисторов) а так же реле и светодиодов/ламп внутреннего накаливания. По окончании курсовой работы должно получиться полноценно функционирующее устройство адаптивного освещения, которое можно будет использовать продолжительное время.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Системы уличного освещения

Стоит начать пояснение с самых близких по функционалу устройств – систем уличного освещения. Данные системы представляют собой небольшие устройства, которые включают и выключают лампы в фонарях или по таймеру, или при достижении определённого уровня освещённости, который контролируется с помощью некоторого датчика (в нашем случае – фотодиода или фоторезистора). Примерная структурная схема системы уличного освещения представлена на рисунке 1.1.



Рис. 1.1 – структурная схема системы уличного освещения.

Фотоэлементом может служить фоторезистор, фотодиод или, чаще, фотореле. Элемент отвечает за определение уровня освещённости на улице. В блоке электронных устройств могут находиться такие элементы, как реле времени, усилитель сигналов, ступени переключателя и т.д. Нагрузка может представляться не только лампой, а светодиодом или другим светоизлучающим компонентом.

Данная схема рассчитана на подключение к сети в 220V, что не подходит под данный тип курсового проекта, поэтому схема будет перепроектирована под сеть питания в 5V, что позволит намного упростить схему, позволив использовать низковольтные элементы без проектирования делителей и преобразователей напряжений.

## 1.2 Фоторезисторы и фотодиоды

Фоторезисторы – это полупроводниковые элементы, изменяющие величину своего сопротивления в зависимости от облучённости светом. Данный элемент не имеет р-n перехода, поэтому обладает одинаковой проводимостью независимо от направления тока. В основном фоторезисторы применяются для

индикации или отсутствия света, что может быть полезным в таких устройствах как: турникеты метро, проверка качества продукции (прорыв бумаги), в медицине и т.д.

Фоторезисторы делятся на следующие виды: с внутренним фотоэффектом, с внешним фотоэффектом. При изготовлении первых применяются нелегированные вещества, такие как германий и кремний. В результате фотоны действуют на электроны и заставляют их двигаться, чем уменьшают сопротивление. Фоторезисторы с внешним фотоэффектом изготавливают из смешанных материалов, в которые входят легирующие добавки. Легирующие добавки создают перенасыщенную электронами зону сверхвалентной зоны, поэтому нуждаются в небольшой энергии для осуществления перехода в проводимую зону.

Таким образом фоторезисторы в обоих случаях снижают сопротивление при попадании на них света. Стоит так же отметить, что зависимость от освещённости близка к линейной, но всё же логарифмическая. Пример приведён на рисунке 1.2:

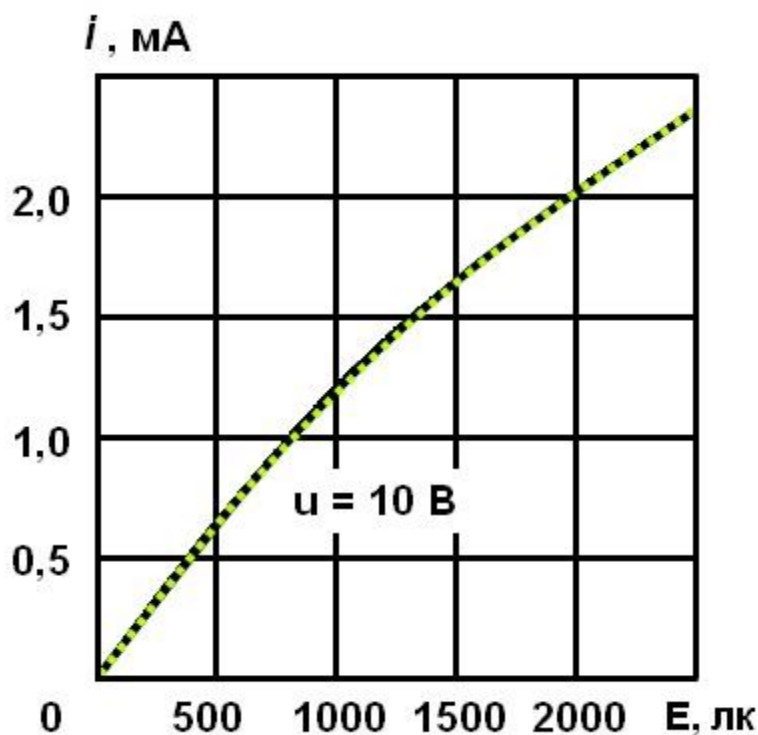


Рис. 1.2 – Люкс-амперная характеристика фоторезистора.

Так же стоит отметить, что длина волны так же оказывает влияние на чувствительность фоторезистора. Если длина волны выходит за пределы диапазона работы – то освещённость уже не оказывает влияния.

Фоторезисторы, в отличие от фотодиодов и фототранзисторов, обладают меньшей чувствительностью, благодаря отсутствию полупроводникового перехода. Однако фотодиоды обладают не только своими преимуществами, но и абсолютно другими функциями.

Фотодиоды – это полупроводниковый элемент, по своим характеристикам сходный диоду. Его обратный ток прямо зависит от интенсивности светового потока, падающего на него. Все фотодиоды состоят примерно из следующих частей:

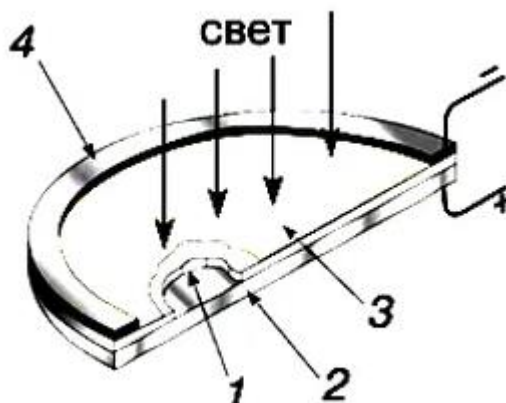


Рис. 1.3 – Устройство фотодиода.

1. Полупроводниковый переход
2. Положительный полюс
3. Светочувствительный элемент
4. Отрицательный полюс

При воздействии света, фотоны поглощаются с энергией, превышающей предельную величину, поэтому в n-области образуются пары носителей заряда - фотоносители.

Фотоносители в виде дырок осуществляют положительный заряд области «р» по отношению к области «n». В свою очередь электроны производят обратный заряд области «n», относительно области «р». Возникшая разность потенциалов называется фотоэлектродвижущей силой, и обозначается как « $E_{\text{ф}}$ ». Электрический ток же, возникающий в фотодиоде является обратным, и направлен от катода к аноду. Его величина напрямую зависит от освещённости.

В связи с этим у фотодиода образуются два режима работы: 1) режим фотогенератора, 2) режим фотопреобразователя. В работе первого фотодиоды используются вместо источников питания, который преобразует солнечный свет в электрическую энергию. Они являются основными частями солнечных

батарей. Во втором режиме фотодиод подключается в схему с обратной полярностью, при этом применяются обратные графики вольтамперной характеристики при различных освещённостях.

### 1.3 Реле

Реле – одно из наиболее используемых устройств, применяемых для автоматизации процессов. Является своеобразным автоматическим переключателем, который соединяет и разъединяет цепь при достижении необходимого значения или под воздействием внешнего. Реле обычно включается в схему тремя контактами: на основной вход подают нагрузку, первый выход является нагрузочным, второй – выходом в ноль.

По назначению реле бывают: 1) управления, 2) защиты, 3) сигнализации. Первое – простое реле, которое монтируется непосредственно в цепь с ролью включения или выключения определённых элементов. Реле защиты выполняют функции включения, отключения и защиты устройств, имеющих термические контакты. Реле сигнализации устанавливают в охранных системах.

По типу поступающего параметра: 1) реле тока, 2) напряжения, 3) частоты, 4) и другие.

- Реле тока, соответственно, реагирует на перепады тока и при необходимости отключают отдельную нагрузку или всю цепь.
- Реле напряжения реагирует на величину напряжения и включаются через трансформаторы напряжения. Используются для контроля фаз
- Реле частоты служат для контроля частоты переменного тока, в трёхфазных цепях.

Принцип работы реле основан на основе электромагнитных сил, возникающих в сердечнике при прохождении тока по виткам его катушки, вследствие чего контакты замыкаются и становятся проводником. Внутреннее устройство реле приведено на рисунке 1.4

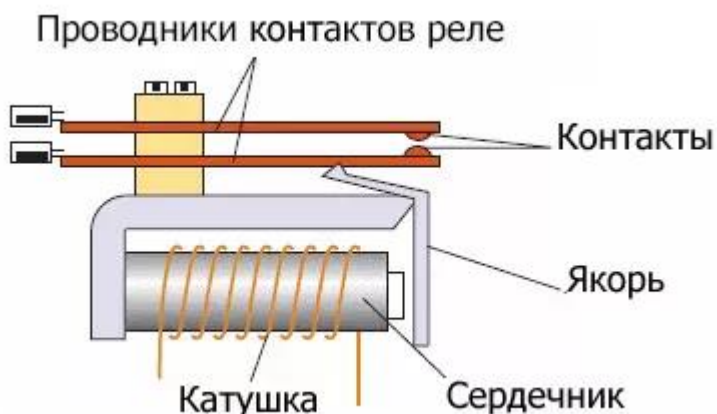


Рис. 1.4 – Внутреннее устройство реле.

В данной схеме понадобится реле тока, для разъединения цепи при большой освещённости и, работе устройства в режиме уличного освещения.

## 1.4 Обзор аналогов

Данные системы практически не существуют сами по себе, а являются частью систем умного дома или систем уличного освещения. Рассмотрим подробнее каждый из вариантов.

- Системы умного дома

Данные системы содержат комплекс довольно дорогих элементов, как в проектировании, так и во внедрении. Предположим, система для умного освещения должна состоять из: 1) контроллера освещения; 2) выключателя; 3) датчиков присутствия света; 4) системы управления умным освещением; 5) диммерных выключателей. И такая система сможет лишь измерять уровень освещения и исходя из этого выставлять какую-то освещённость в помещении. Затраты на эту систему будут колоссальными, а результат её работы будет минимальным. Данные системы эффективны лишь при наличии полного «умного дома», так что отдельно купить такую систему будет дорого и неэффективно.

- Системы уличного освещения

Такие системы повсеместно используются в фонарях уличного освещения, соответственно, вне помещений. Системы довольно просты в производстве и качественны, но не служат в обиходе людей в бытовых нуждах. Данные системы могли бы конкурировать с моим устройством, если бы были более гибкими и простыми в использовании и легко переносились.

Выявив главные минусы аналогов (в данном случае дороговизна разработки и непереносимость), выделить обязательные требования для данной разработки.

Устройство должно быть легко переносимым и дешёвым в разработке, а также функционирующим на длительном промежутке времени. Система адаптивного освещения должна легко настраиваться, устанавливаться на место использования и обслуживаться.



## 2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

На данном этапе будет разработана и составлена структурная схема, в виде крупных блоков и связей между ними, на базе которых в дальнейшем будет строиться функциональная и принципиальная схема устройства.

Структурная схема разработанного устройства, представленного в приложении А, состоит из следующих блоков:

- Датчик освещённости
- Инвертор
- Нагрузка
- Устройство управления
- Усилитель

Датчик освещённости будет анализировать мощность света и будет строиться на фоторезисторе или фотодиоде. Нужен для непосредственного функционирования схемы и её взаимодействия с окружающей средой. Его сигнал будет подаваться сразу на усилитель и на инвертор.

Инвертор нужен для указанного по заданию функционирования схемы. Так как датчик освещённости будет подавать сигнал, когда освещённость будет достигать какого-то уровня, и наоборот, не подавать сигнал, когда освещённость будет падать, то для освещённости в тёмное время суток нужен будет данный инвертор.

Усилитель будет использоваться для преобразования выходного сигнала в большую мощность, чтобы нагрузка потребляла больше мощности и, соответственно, светила ярче.

Устройством управления будет служить ключом-выключателем схемы, который будет полностью контролировать подаваемое питание.

Разрабатываемая схема предназначена для измерения освещённости и преобразования сигнала измерения в мощность света, соответственно, данное устройство будет полностью линейным, как и показано на структурной схеме. Большинство аналогов строиться по такому же принципу и обладают точно таким же функционалом

### 3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Данный раздел пояснительной записки является основным разделом, дающим ключ к пониманию работы проектируемого устройства и исчерпывающую информацию об обработке цифровых и аналоговых сигналов согласно назначению устройства. Функциональная схема устройства представлена в приложении Б.

#### 2.1 Датчик освещённости

Один из самых примитивных датчиков света является фоторезистор, который был рассмотрен в предыдущем разделе. Условно-графическое обозначение фоторезистора предоставлено на рисунке 2.1.

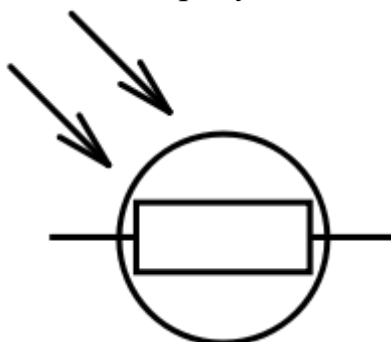


Рис. 2.1 – УГО фоторезистора.

Данный элемент напрямую зависит от уровня света, соответственно нужно рассчитать, при какой освещённости и на сколько элемент будет повышать/понижать сопротивление. Данная схема будет строиться на широко применяемом фоторезисторе MLG 4416. Стоит учесть его сопротивление в темноте, при освещении сумерек или ночи и дневном освещении света. Всё это описано таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики MLG 4416.

Характеристика	Значение
Максимальная подача напряжения, В	150
Рассеиваемая мощность, мВт	90
Диапазон рабочей температуры, °С	-30 ~ +70
Сопротивление при освещённости в 100 лк, кОм	1-2
Сопротивление при освещённости в 10 лк, кОм	5-10
Сопротивление в полной темноте (0 лк), мОм	1
Максимальная длина волны, нм	560

Так же можно использовать MLG 4458, используя усилительный каскад на транзисторах, ибо сопротивление данного фоторезистора слишком велико, чтобы подключать его в цепь. При данном фоторезисторе схема в режиме автомата уличного освещения просто не будет включаться, поэтому

стоит разработать усилительный каскад хотя бы из двух транзисторов для увеличения напряжения хотя бы в полтора раза.

Данный фоторезистор будет использоваться в инвертированном режиме,