

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Некоммерческое акционерное общество  
«Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»  
Кафедра Электроники и робототехники

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»  
Зав. Кафедрой к.т.н., Чигамбаев Т. О.  
(ученая степень, Ф.И.О.)  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На тему: «Исследование и разработка инновационного светодиодного драйвера»  
Специальность 6М071600 - Приборостроение  
Выполнил(а) Болатбек Сағым Бақытқызы Группа МПСн18-1

Научный руководитель к.т.н., Юсупова Салтанат Абеновна  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

Рецензент: д.т.н., ассоциированный профессор кафедры АиУ, КазНИТУ им. Сатпаева Байбатшаев Мұхит Шабденович  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

Нормоконтролер: к.т.н., Чигамбаев Темырбай Отарбаевич  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

«Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»

Институт Космической инженерии и телекоммуникаций

Кафедра Электроники и робототехники

Специальность 6M071600 - Приборостроение

## ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Болатбек Сағым Бақытқызы

Тема диссертации «Исследование и разработка инновационного светодиодного драйвера»

Утверждена приказом по университету № 122 от «25» 10 2020 г.

Срок сдачи законченной диссертации «10» 06 2020 г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов исследования (проектирования) и исходные данные объекта: Результатом выполнения диссертационной работы будет обеспечение стабильного тока, увеличение эксплуатационного ресурса светодиодов (благодаря их защите от перепадов напряжения), и соответственно, от падения потребляемой мощности. LED светильник, подключенный к драйверу, будет светить ярче, поскольку он получит необходимую для его работы мощность без затраты на нагрев резисторов.

Перечень вопросов, подлежащих разработке в магистерской диссертации, или краткое содержание магистерской диссертации:

Широкое распространение светодиодов вызвало производство светодиодных драйверов для них. Светодиодные драйверы обеспечивают стабильный ток на выходе светодиодов. Область применения таких драйверов: системы уличного освещения, офисное освещение, «умный дом» с целью экономии электроэнергии, для реализации специального освещения в птицеводческих фабриках, в теплицах и т.д. Светодиодный драйвер может управляться дистанционно. А также данного драйвера можно применить для любых видов портативной техники.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): В данной диссертационной работе прилагается изображения пространственного распределения излучения разных типов светодиодов, направления силы света, разных типов подключения светодиодов; таблицы основных параметров существующих светодиодных драйверов, компонентов для разрабатываемого инновационного светодиодного драйвера; блок-диаграммы, структурные и принципиальные схемы существующих драйверов, а также разрабатываемого; результаты экспериментального моделирования инновационного светодиодного драйвера.

Основная рекомендуемая литература: 1 Белов А. В. Микроконтроллеры AVR. От азов программирования до создания практических устройств. – М.: Наука и техника, 2016. – 446 с. 2 В. Мелешин. Транзисторная

преобразовательная техника. – Москва: Техносфера, 2005. – 632 с. 3 Лебедев В. LED-драйверы и системы управления светодиодным освещением. Полупроводниковая светотехника. № 1. 2017. С. 14–17. 4 Гусев В. Г., Гусев Ю. М. Электроника и микропроцессорная техника. Учебник для ВУЗов. - М.: Высшая школа, 2018. – 210 с. 5 Лебедев В. LED-драйверы и системы управления светодиодным освещением. Полупроводниковая светотехника. № 1. 2014. С. 14–17.

Консультации по проекту с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
1 Теоретический раздел	к.т.н., Ауэзова Алма Мухамбетжановна	03.09.18 – 10.12.18	
2 Технологический раздел	к.т.н., Ауэзова Алма Мухамбетжановна	14.01.19 – 29.04.19	
3 Программно-аппаратный раздел	к.т.н., Ауэзова Алма Мухамбетжановна, к.т.н., Юсупова Салтанат Абеновна	03.09.19 – 12.06.2020	

График  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю	Примечание
1.1 Анализ светотехнических драйверов	03.09.18 – 30.09.18	
1.2 Способы подключения светодиодов к драйверу	01.10.18 – 31.10.18	
1.3 Обзор существующих схмотехнических решений для светодиодных драйверов	01.11.18 – 10.12.18	
2.1 Выбор компонентов схемы для создания	14.01.19 – 15.02.2019	

источника питания светодиода драйвера		
2.2 Выбор компонентов схемы для создания ШИМ управления светодиодным драйвером	17.02.19 – 13.03.2019	
2.3 Выбор компонентов схемы для создания светодиода драйвера	16.03.2019 – 17.04.2019	
2.4 Выбор светодиода для инновационного светодиода драйвера	20.03.2019 – 30.04.2019	
3.1 Алгоритм, расчет и моделирование источника питания для светодиода драйвера	03.09.2019 – 30.11.2019	
3.2 Алгоритм, принцип работы и моделирование ШИМ управления для светодиода драйвера	01.12.2019 – 26.02.2020	
3.3 Принцип работы, расчет и моделирование инновационного светодиода драйвера	01.03.2020 – 12.06 2020	

Дата выдачи задания «15» 11 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ ( к.т.н., Чигамбаев Т. О. )  
(подпись) (Ф.И.О.)

Научный руководитель проекта \_\_\_\_\_ ( к.т.н., Юсупова С. А. )  
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_ ( Болатбек С. Б. )  
(подпись) (Ф.И.О.)

## Список сокращений

- АЛУ – арифметико-логическое управление;  
КМОП-микроконтроллер - Комплементарная структура металл-оксид-полупроводник;  
КПД – коэффициент полезного действия;  
МОП транзистор – транзистор металл-оксид-полупроводник;  
ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;  
ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;  
ШИМ – широтно-импульсная модуляция;  
AVR - расширенный виртуальный сокращенный набор команд компьютера;  
CISC - вычисление сложного набора команд;  
DIP - широтно-импульсная модуляция;  
DIP - двойной линейный пакет;  
EEPROM - электрически стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство;  
ESR - эквивалентное сопротивление серии;  
ISP - в системном программировании;  
LED – светоизлучающий диод;  
MIPS - миллион инструкций в секунду;  
RISC - компьютер с набором коротких команд;  
SMD - устройство для поверхностного монтажа;  
SWC - коллектор переключателя;  
TSD - пороговое значение напряжения.

## Содержание

Введение	9
1 Теоретический раздел	10
1.1 Анализ светотехнических драйверов	10
1.1.1 Определение светодиода	10
1.1.2 Понятие светодиодного драйвера	12
1.1.3 Виды драйверов для светодиодов	14
1.2 Способы подключения светодиодов к драйверу	15
1.3 Обзор существующих схемотехнических решений для светодиодных драйверов	16
1.3.1 Светодиодные драйвера фирмы National Semiconductor	16
2 Технологический раздел	22
2.1 Выбор компонентов схемы для создания источника питания светодиодного драйвера	22
2.1.1 Кабель питания	22
2.1.2 Клеммники Legrand (винтовые клеммники)	23
2.1.3 Понижающий трансформатор	23
2.1.4 Диод 1N4007	24
2.1.5 Электролитический конденсатор на входе стабилизатора напряжения	25
2.1.6 Стабилизатор напряжения L7812CV	26
2.1.7 Многослойный монолитный керамический конденсатор	27
2.1.8 Итоговая цена всех компонентов источника питания	27
2.2 Выбор компонентов схемы для создания ШИМ управления светодиодным драйвером	28
2.2.1 Штыревой разъем	28
2.2.2 Микроконтроллер Attiny13 DIP	28
2.2.3 Алюминиевые электролитические конденсаторы	29
2.2.4 Стабилизатор напряжения LM7805	29
2.2.5 Электролитический конденсатор SMD	30
2.2.6 Фотоприемник TSOP1836	30
2.2.7 Тактовая кнопка	31
2.2.8 Резистор 1 кОм	32
2.1.8 Итоговая цена всех компонентов ШИМ управления	32
2.3 Выбор компонентов схемы для создания светодиодного драйвера	32
2.3.1 Микросхема светодиодного драйвера NCV3066DR2G	32
2.3.2 Резистор SMD (Поверхностный) 10 кОм	33
2.3.3 Резистор SMD 1 кОм	34
2.3.4 Резистор 1 Ом	34
2.3.5 Резистор 0,82 Ом	34
2.3.6 Резистор 470 Ом	35
2.3.7 Электролитический конденсатор 470 мкФ, 25 В	35
2.3.8 Многослойный керамический SMD конденсатор 0,1 мкФ, 50 В GRM155R61H222KA01D	36

2.3.9 Многослойный керамический SMD конденсатор 2,2 нФ, 50 В	36
2.3.10 Электролитический алюминиевый SMD конденсатор 100 мкФ, 50 В	37
2.3.11 Диод Шоттки SMD MBRS340T3G	37
2.3.12 Диод Шоттки SMD MBRS130LT3G	38
2.3.13 Катюшка SMD CDRH104RNP-470NC	39
2.3.14 Р-канальный МОП-транзистор FDD5614P	39
2.3.15 Биполярный транзистор MMBT489LT1G	40
2.4 Выбор светодиода для инновационного светодиодного драйвера	41
3 Программно-аппаратный раздел	42
3.1 Алгоритм, расчет и моделирование источника питания для светодиодного драйвера	42
3.1.1 Расчет выпрямителя	43
3.1.2 Расчет фильтра	45
3.1.3 Расчет стабилизатора напряжения	46
3.1.4 Расчет срока службы источника питания	47
3.1.5 Экспериментальное моделирование источника питания в программе Proteus	48
3.2 Алгоритм, принцип работы и моделирование ШИМ управления для светодиодного драйвера	50
3.2.1 Алгоритм программы управления светодиодным драйвером	50
3.2.2 Принцип работы ШИМ управления для светодиодного драйвера	51
3.2.3 Экспериментальное моделирование ШИМ управления для светодиодного драйвера в программе Proteus	55
3.3 Принцип работы, расчет и моделирование инновационного светодиодного драйвера	58
3.3.1 Принцип работы инновационного светодиодного драйвера	58
3.3.2 Расчет инновационного светодиодного драйвера	63
3.3.3 Моделирование инновационного светодиодного драйвера в программе Proteus	65
3.3.4 Применение операционного усилителя для усиления сигнала светодиодного драйвера	69
Заключение	70
Список использованной литературы	71
Приложение А	74
Приложение Б	78
Приложение В	82
Приложение Г	85
Приложение Д	88
Приложение Е	98

## Введение

В данной магистерской работе принцип работы светодиодного драйвера изучается экспериментально в специальной программе. В общем случае, драйвер светодиода - это устройство, которое генерирует постоянный ток на выходе. Другими словами, мы получаем тот же ток на выходе, что и ток на входе.

Первая часть диссертации содержит теоретический обзор драйвера светодиодов. Сравниваются существующие драйвера светодиодов и делаются выводы и анализы, будут отображаться типы схем подключения светодиодов к драйверу и типы используемых драйверов для светодиодов.

Во второй части диссертации на основе анализа будет выбран список компонентов для разработки инновационного светодиодного драйвера. Описывается их основные показатели и характеристики, общая картина драйвера для светодиодов. Выбранные элементы должны соответствовать друг другу по основным показательным параметрам. Эти параметры, соответственно, тока и напряжения, а также другие дополнительные параметры.

Третья часть - это основная часть, в которой светодиодный драйвер будет построен и проверен экспериментально. Экспериментальная программа для этого будет Proteus. Программа Proteus предназначена для сборки электронных схем электроники. Также с ее помощью можно получить 3D-модель схемы.

Условиями работы для светодиодного драйвера являются изменяемое входное сетевое напряжение, температура окружающей среды, холостой ход, условие короткого замыкания, величина выходной нагрузки, динамические процессы и т.п. То есть, регулировка светодиодного драйвера также зависит от напряжения. Как и в обычных блоках питания, изменяя напряжение светодиодного драйвера можно урегулировать выходной ток для светодиодов. Каждое схемотехническое решение имеет свои целевые функциональные параметры. Основные целевые показатели для светодиодов – стабилизация тока и КПД драйвера.

По сравнению с источником питания переменного тока для нормальной работы светодиодов требуется только постоянный ток. Дополнительные электронные устройства, которые преобразуют сеть переменного тока в постоянный, используются для обеспечения работы сетевого источника питания со светодиодами. Они упоминаются в научной литературе как светодиодные источники питания или светодиодные стабилизаторы тока или светодиодные драйверы.



## Основная часть

### 1 Теоретический раздел

#### 1.1 Анализ светотехнических драйверов

##### 1.1.1 Определение светодиода

Если разделить слово светодиод, это означает, что он состоит из обычного света и диода. Если объяснить светодиод простыми словами, то есть, он состоит из двух выводов: плюс и минус. Постоянный ток работает с такими не переменными двумя выводами. То есть, для питания светодиодов нужен постоянный ток, аккумулятор и батарея. Хотя драйвер светодиода работает с переменным напряжением, он должен быть снабжен на входе источником питания постоянного тока и напряжения.

При работе с любой схемой и подключении проводов к элементам схемы, они должны быть изолированы изоляцией. В противном случае, провод, который не был должным и достаточным образом заизолирован, может оказаться опасным для человека.

Как правило, диод выглядит в виде треугольника. Если присоединить диод к обычной цепи и зажечь лампу, она будет светиться в два раза меньше, чем обычно. Диод потребляет половину напряжения, необходимого для светодиода. Соответственно, энергопотребление или мощность в цепи уменьшается в два раза.

Даже обычные телефонные зарядные устройства похожи на драйвера для светодиодов. Это связано с тем, что они также создают на выходе постоянное напряжение. Обычно 5 В. Таким образом, светодиодные драйверы используются для стабилизации тока. Основное отличие заключается в этом. Светодиоды имеют рабочее напряжение. Иногда, это называется падением напряжения. После добавления светодиода в цепь, останется меньше напряжения, чем значение падения напряжения самого этого светодиода. То есть, светодиод будет поглощать напряжение, подаваемое на схему. Напряжение падения исчезает в р-п переходе светодиода. Напротив, по току он может принимать только значение заранее заданного. Светодиод начнет нагреваться по потребляемому току. Благодаря этому, он расширяется и через него ток может течь без каких-либо препятствий. Таким образом, ток увеличивается, а следовательно, и падение напряжения на диоде. И по мере того, как падает напряжение, источник питания в цепи также уменьшается на меньшее значение, чем падение напряжения. В результате светодиод выходит из строя. Для этого необходимо стабилизировать ток в цепи и ограничить его до определенного значения. Если напряжение на выходе драйвера равно рабочему напряжению светодиода, они могут быть подключены без каких-либо дополнительных элементов. В общем, нам нужно добавить стабилизатор в цепь светодиода и зафиксировать его на определенное значение. Самым простым является резистор.

Оптика нужна для того, чтобы увидеть, насколько светится светодиод. Это можно определить по типу распределения света, называемой Ламбертовской диаграммой.

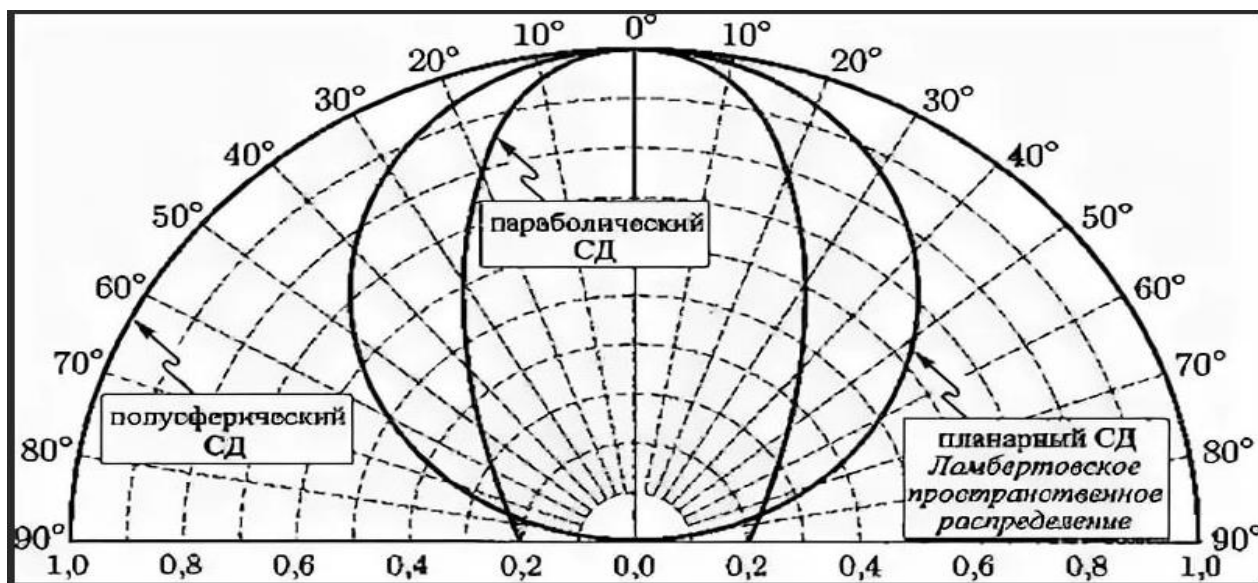


Рисунок 1.1 - Пространственное распределение излучения разных типов светодиодов

При  $\varphi=60^\circ$  интенсивность распределения излучения уменьшается до значения, которое равняется половине максимума, достигаемого при  $\varphi=0^\circ$ . При  $\varphi=0^\circ$  интенсивность равна 1.

Разница в диаграмме Ламбертова заключается в том, что светодиод распределяет одинаковый свет во все стороны. Структура светодиода представляет собой тонкий пластинчатый кристалл в нижней части. Благодаря своему светоизлучающему свойству фотонов, светодиод светится, за счет отталкивания фотонов друг друга. Многие из них летят в вертикальной перпендикулярной 90 градусов. Следовательно, вокруг перпендикулярной к плоскости, предпочтительно является ярким. Это можно заметить по ниже приведенным изображением.

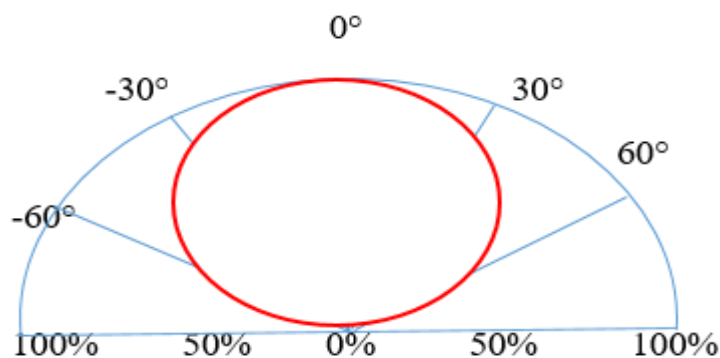


Рисунок 1.2 – Половинная яркость светодиода

Число процентов ниже будет расстоянием до потолка светодиодной лампы. Градусы указывают на степень облучения.

Для расчета силы света используется единица Кандела.

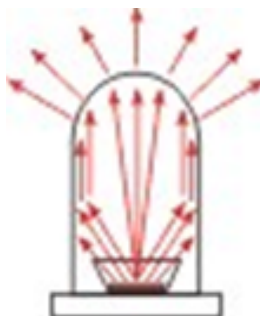


Рисунок 1.3 – Направление силы света по сторонам

Чем шире угол светодиода, тем меньше света будет виднеться. Причина в том, что фотоны в нем рассеяны и не прочно усажены. И если мы сузим угол, для материала, окружающего светодиода, то и должны использовать другую оптику. В зависимости от типа материала, существуют различные расходы и потери.

Единица Кандела не подходит для расчета силы света мощных светодиодов. Для этого используется Люмен. Например, люминесцентная лампа может отдать определенное количество света на один ватт.

1 люкс – как 1 люмен на квадратный метр. Люксметр измеряет силу света на этом квадратном метре [1].

#### 1.1.2 Понятие светодиодного драйвера

Светодиоды нуждаются только в постоянном токе для нормальной работы светодиодов, в отличие от обычных люминесцентных ламп и ламп накаливания. Дополнительные электронные устройства могут использоваться для преобразования переменного тока в источник постоянного тока, чтобы сетевой источник питания мог работать в сочетании со светодиодами. Они упоминаются в научной литературе как светодиодные источники питания, светодиодные стабилизаторы или драйверы светодиодов.

Поскольку светодиоды представляют собой полупроводниковый элемент, ключевой характеристикой, определяющей их яркость, является ток, а не напряжение. Светодиоды нуждаются в драйвере для гарантии того, что он покроет количество их отработанных часов. Стабилизирует ток в цепи светодиодов [2].

Такие LED драйвера отличаются по своим размерам. Поэтому его очень удобно использовать в любой области. Его можно положить через отверстие с боку или прилипнуть с двусторонним скотчем. Несколько светодиодов располагаются на светодиодном модуле.



Рисунок 1.4 – Обзор светодиодного драйвера со светодиодным модулем

Драйвер можно настроить так, чтобы регулировать яркостью с помощью аналогового инвертирующего управления. Для этого необходимо подать напряжение на разъем DIM драйвера. Если мы установим 0, мы можем получить максимальное значение яркости. Регулировка яркости осуществляется от 10 до 100 процентов, а также с напряжением до 3 вольт. Светодиодная подсветка может управляться тремя режимами. Раздельный режим достигается светом, исходящим с определенными углами. Управление одним сигналом осуществляется путем сравнения значения измерительного сигнала с конкретным стандартным значением. Смешанное управление - эти два режима используются одновременно.

Светодиоды в модуле светодиодов могут быть подключены последовательно и параллельно. После последовательного подключения ряда светодиодов, их можно подключить параллельно к шинам плюс и минус.

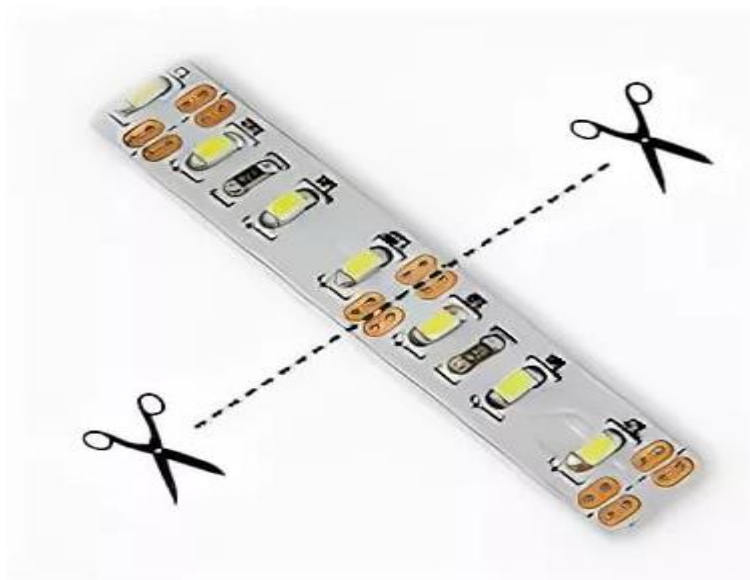


Рисунок 1.5 – Обзор линии отреза светодиодного модуля

Общая выходная мощность драйвера не должна быть меньше суммарной мощности всех светодиодов. Итак, мы не можем менять ток на выходе драйвера, а напряжение само меняется [3].

Светодиодные драйверы имеют 3 основных параметра: выходное напряжение, ток, потребляемая мощность.

Выходное напряжение драйвера зависит от: падения напряжения на светодиоде, количества светодиодов, способа подключения. А ток от: мощности светодиодов и яркости. Яркость меняется в зависимости от мощности светодиода. Ее обеспечивает заданное значение тока драйвера. Чтобы драйвер работал стабильно, его выходная мощность должна быть на 20-30 процентов выше от рассчитанной.

Самая слабая часть драйвера - сглаживающий конденсатор. Электролит испаряется в зависимости от влажности окружающей среды и нестабильного источника напряжения. В результате на выходе драйвера повысится уровень пульсации, что повлияет на светодиоды. Это сократит срок службы драйвера.

Кроме того, драйвер может выйти из строя, если он не работает на полную мощность. В конце концов, остальная часть питания возвращается в сеть и поощряет ее перегрузку. Это часто приводит к повреждению драйвера.

### 1.1.3 Виды драйверов для светодиодов

Делится на линейный и импульсный.

У линейного выход – генератор тока. Его основная функция заключается в обеспечении стабилизации тока при нестабильном входном напряжении: процесс регулировки плавный, что позволяет избежать высокочастотных электромагнитных помех. Это его главное преимущество. Недостатком является низкая эффективность, которая составляет менее 80%. Таким образом, его область применения ограничена маломощными светодиодами. Маломощные светодиоды имеют меньшую яркость.

Импульсные драйверы устройства, которые генерируют высокочастотные импульсы тока на выходе. Эти драйверы широко используются благодаря их компактности и высокой эффективности (около 95%). Основным недостатком является величина уровней электромагнитных помех по сравнению с линейным. Работает по принципу широтно-импульсной модуляции, поэтому ток зависит от ширины импульса. Значения в процентах представляют коэффициент заполнения.

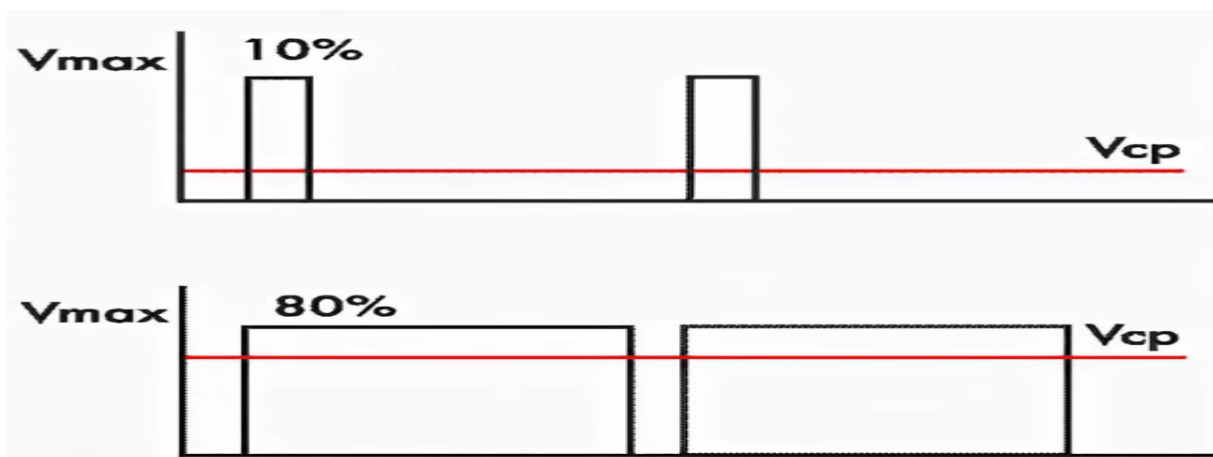


Рисунок 1.6 – Диаграмма ШИМ-драйвера

## 1.2 Способы подключения светодиодов к драйверу

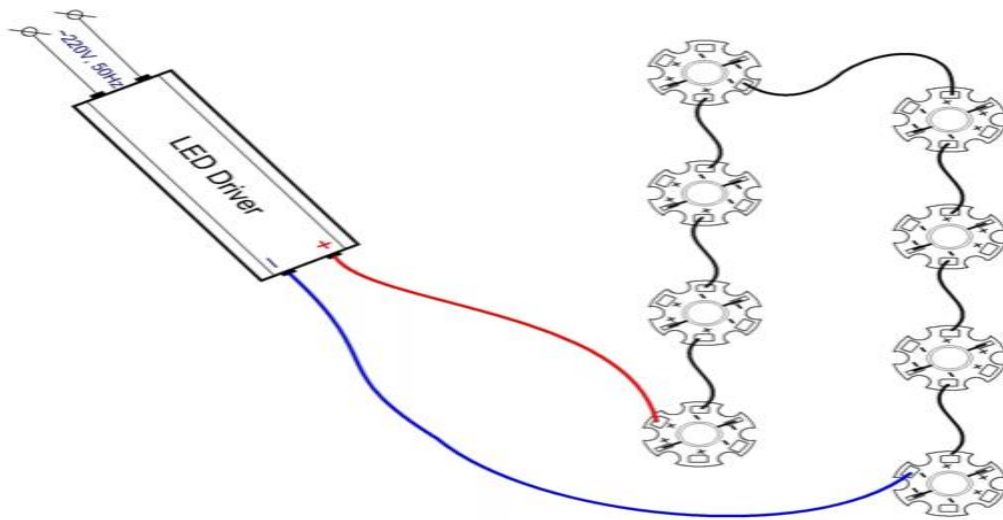


Рисунок 1.6 – Последовательное подключение светодиодов к драйверу

В таком подключении светодиоды потребляют большое количество питания (напряжения). Однако, светодиоды потребляют ту же мощность, и, таким образом, светодиоды светятся одинаковыми.

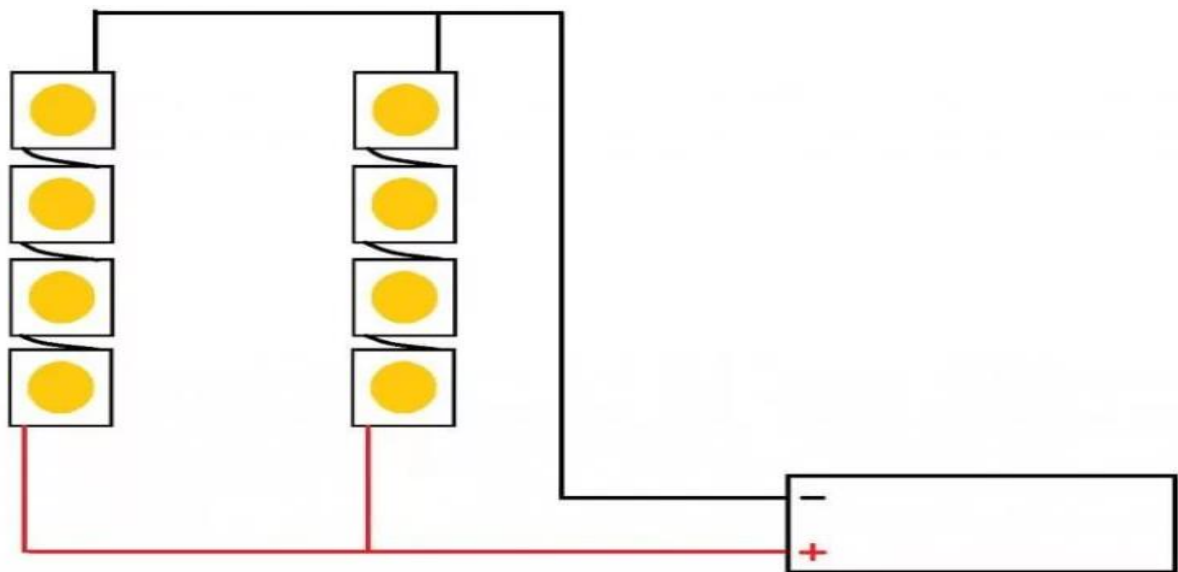


Рисунок 1.7 - Параллельное подключение светодиодов к драйверу

Светодиоды в каждой цепи загораются разным образом. Потому что, каждая цепь имеет разный ток.

Например, если используется 4 светодиода в цепи и последовательного соединения, и параллельного, то в параллельном соединении, значение тока необходимо удвоить, а напряжение уменьшить на 2 раза.

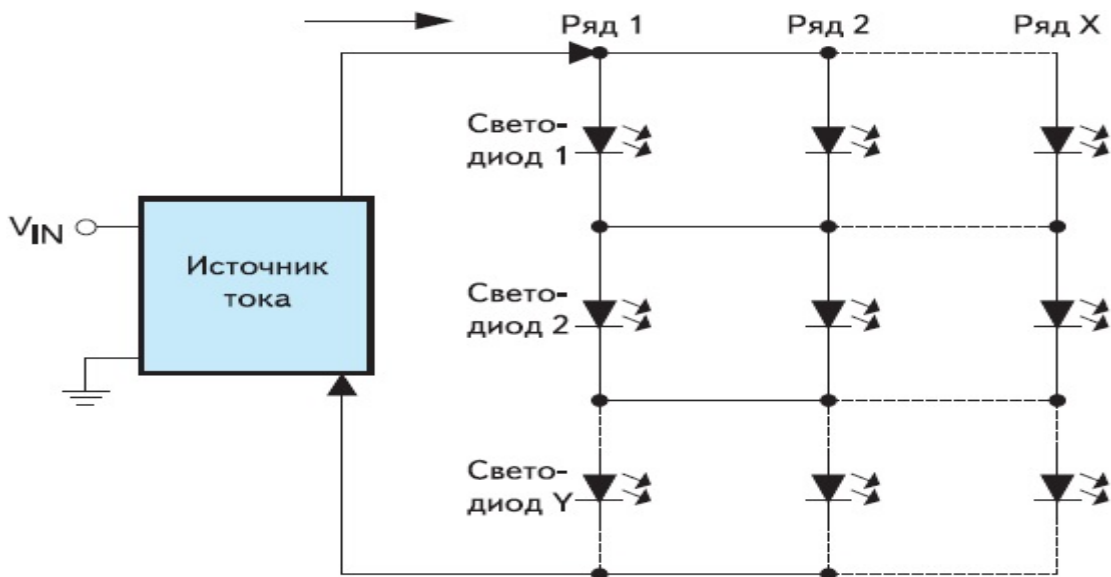


Рисунок 1.8 – Последовательно-параллельное подключение светодиодов к драйверу

Смешанное соединение должно использоваться только при наличии 3 светодиодов в цепном соединении. Причина в том, что через цепь проходит очень большой ток. Потому что, в зависимости от пространственного расположения, один светодиод может быстро открыться, а другой - позже. Отказ одного светодиода повлияет на светодиоды в общих цепях, что приведет к выходу из строя всех элементов. Распределение света должно быть равномерным.

Чтобы изменить любые существующие схемы, нужно изменять значения номинальных значений резисторов преобразователя.

### 1.3 Обзор существующих схемотехнических решений для светодиодных драйверов

#### 1.3.1 Светодиодные драйвера фирмы National Semiconductor

1. ON Semiconductor UC3845 - импульсный драйвер, выходной ток до 1 А; ШИМ-контроллер с фиксированной частотой. Эта интегральная схема оснащена для точного управления компаратором измерения тока, усилителем, опорным сигналом температурной компенсации и рабочим циклом.

Т а б л и ц а 1.1 – Основные параметры ON Semiconductor UC3845

Характеристика	Параметры
Режим регулирования	По току
Частота, кГц	52
Защита от низкого входного напряжения, В	+
Защита от короткого замыкания на выходе	+
Напряжение питания, В	30
Выходной ток, А	±1
Аналоговые входы, В	-0,3...6,3

Ток из выходного усилителя, мА	10
Температура хранения, °С	-65...+150

Светодиодный драйвер на основе ON Semiconductor UC3845 работает в токовом режиме, согласно данным в таблице 1.1. Рабочая частота достигает до 52 кГц. Это, в свою очередь, указывает на среднюю скорость его работы. Высокая надежность, так как он оснащен низким входным напряжением и защитой от коротких замыканий на выходе. Напряжение питания, обычно, до 30 В. Если не хранить и не использовать прибор при предписанной температуре, это приведет к отказу устройства. Следовательно, установленные нормы и ограничения будут соблюдены. На следующем рисунке показана схема драйвера ON Semiconductor UC3845 в Proteus.

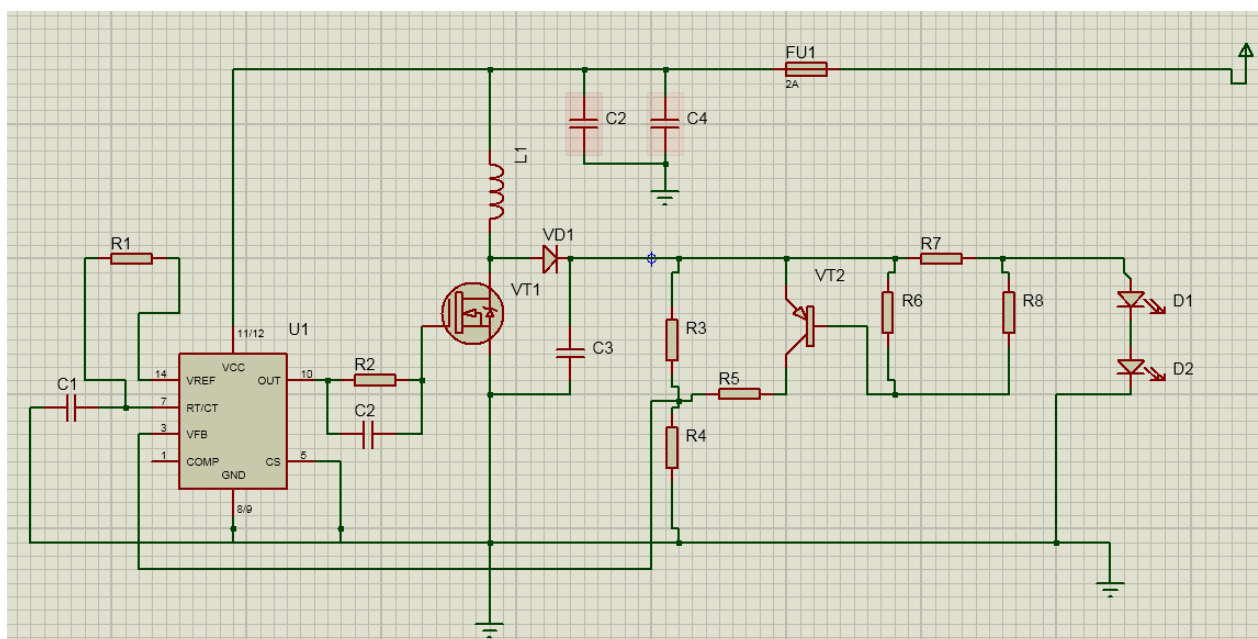


Рисунок 1.9 - Схема драйвера на основе UC3845 в программе Proteus

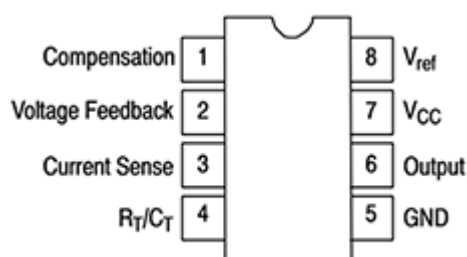


Рисунок 1.10 – Микросхема ШИМ-контроллера UC3845

1 – компенсация, 2 – обратная связь по напряжению, 3 – значение тока, 8 – опорное напряжение. Эта схема используется для управления импульсными источниками питания через полевые транзисторы. Они работают, чтобы преобразовать постоянное напряжение.



В случае нормального питания схемы на 8 выводе появится опорное напряжение. После этого генератор активируется. Здесь генератор выдает временно положительный импульс на вход RS триггера S, переключает состояние триггера и затем сбрасывает 0 на выходе. И если импульс генератора уменьшится, соответственно, на выходе напряжение будет равно 0.

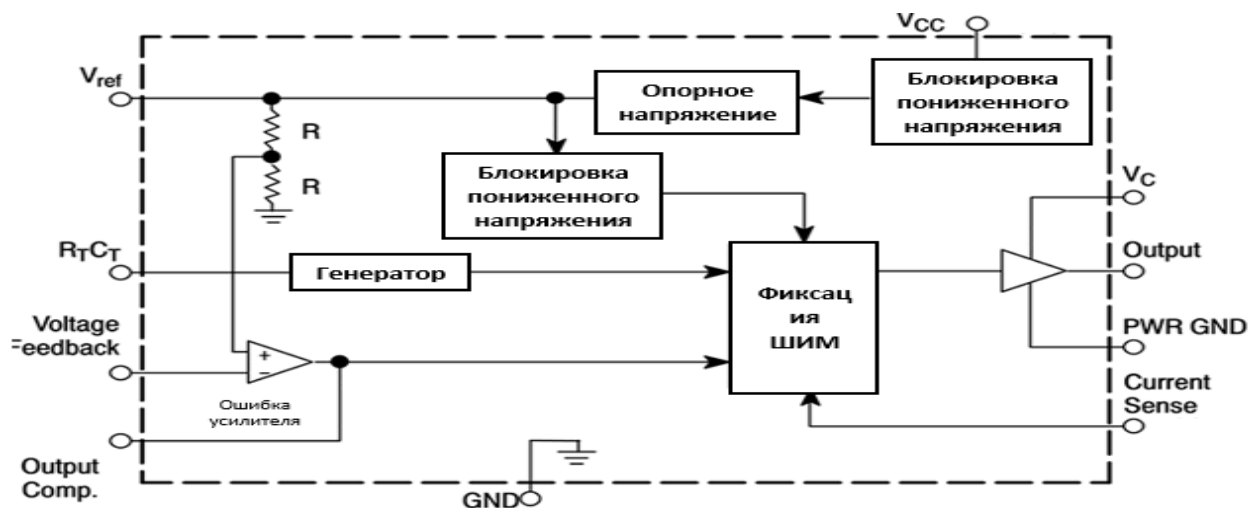


Рисунок 1.11 – Структурная схема UC3845

В нормальном состоянии на выходе микросхемы должен быть 1, чтобы открыть верхнего транзистора, который подключается к микросхеме. Ток из коллектора на эмиттер потечет на 6-й вывод. На 6-ом выводе выходной импульс закрывается только в том случае, если выходное напряжение превышает +1 вольт на 3-м выводе. Это напряжение подается на прямой вход усилителя, подключенного к триггеру RS. В результате логическая 1 появляется на выходе триггера. Когда устанавливается значение 1, триггер переключается. Затем этот сигнал переходит к логическому элементу. Если он идет на прямой вход, выход равен 1. Но если на инвертирующий, то выход будет 0, это закроет верхний транзистор в цепи. Но, открывается нижний транзистор и замыкается 6 вывод, подключаясь к земле.

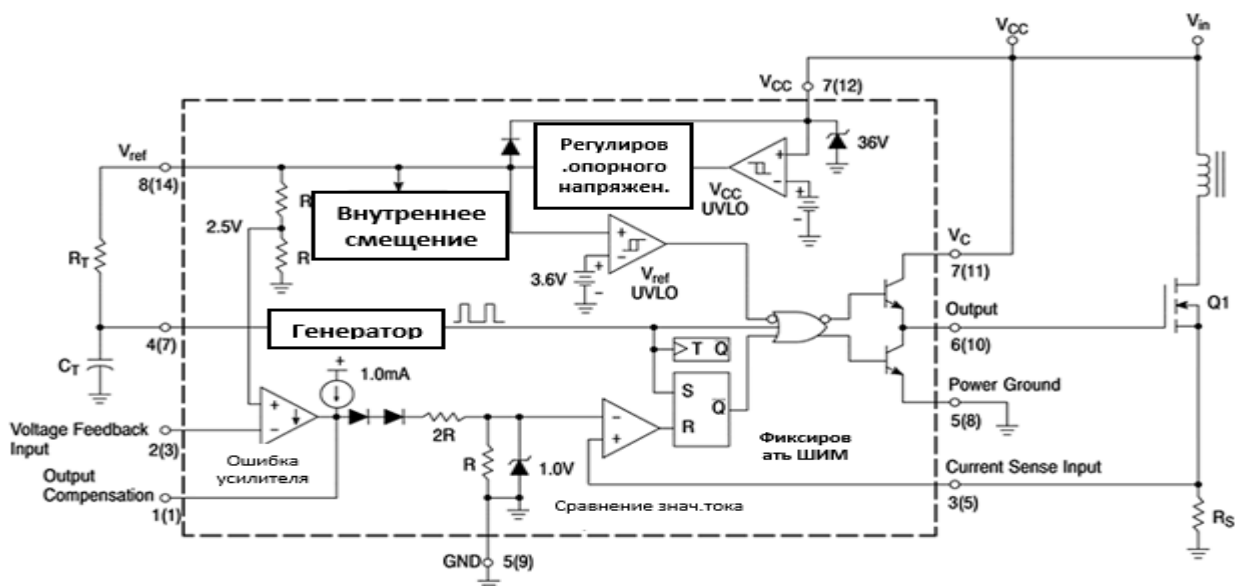


Рисунок 1.12 - Типовая схема UC3845

2. Supertex HV9910 - это универсальный стабилизатор тока для светодиодов с высокой яркостью света менее 10 мА, без гальванической развязки, с напряжением более 8-450 В и выходным током менее 1 А. Такая микросхема позволяет поддерживать постоянного тока для светодиодов; предназначен для недорогих ламп, которые не требуют высокой устойчивости к постоянному току.

Т а б л и ц а 1.2 – Основные параметры Supertex HV9910

Характеристика	Параметры
Эффективность, %	более 90
Входное напряжение или напряжение питания, В	8...450
Обеспечивает стабилизированный ток через светодиоды	от несколько мА до более 1 А
Диапазон рабочей температуры, °С	-40...+85
Выходное напряжение высокого уровня, В	8...450

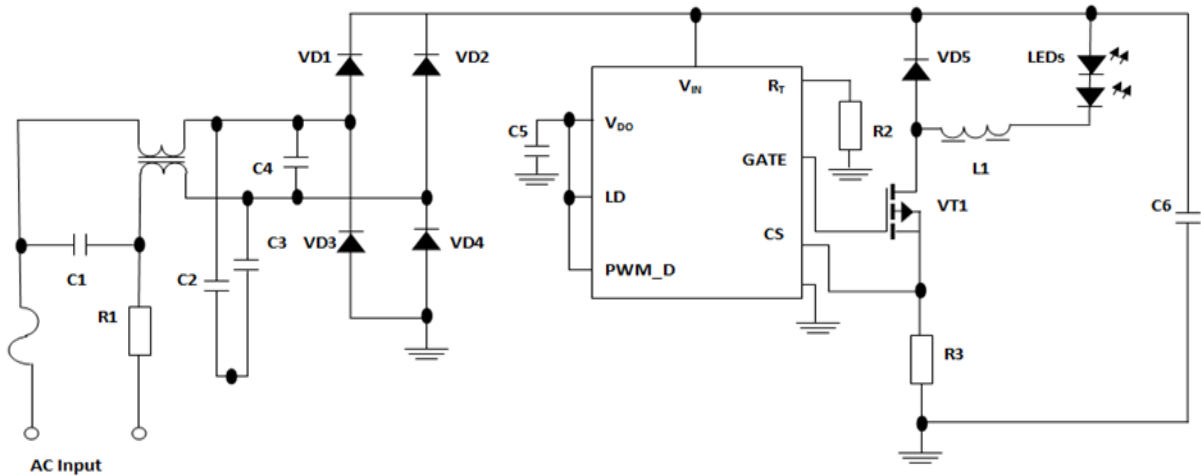


Рисунок 1.13 - Схема драйвера Supertex HV9910 для светодиода

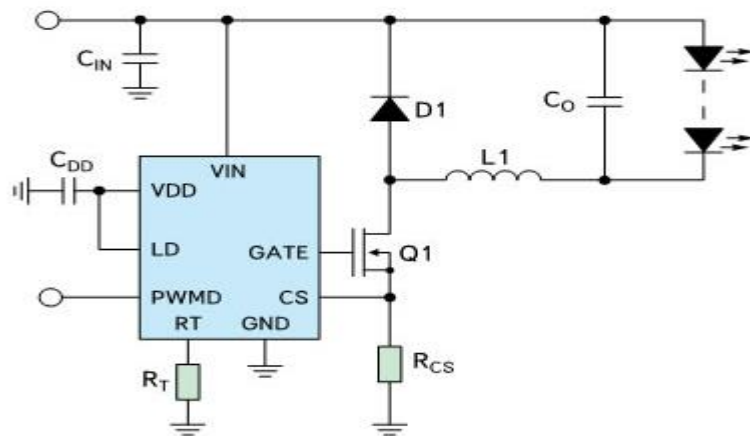


Рисунок 1.14 – Стандартная схема включения Supertex HV9910

Стандартная схема включения может быть понижающей, повышающей и инвертирующей. То есть, есть и другие разновидности микросхемы. Имеет собственный встроенный регулятор напряжения, он позволяет питать микросхему без применения дополнительной обмотки (трансформатора). Также имеет вывод программирования частоты переключения и выводы для регулировки яркости (дим-минг). Предназначена для низкобюджетных светильников.

Значение тока снимается с резистора  $R_{CS}$  и поступает на компаратор CS (Comparison). Идет сравнение с опорным напряжением 250 мВ. Если напряжение  $R_{CS}$  превышает этого значения, то транзистор  $Q_1$  закрывается. При изменении напряжения питания меняется и форма тока. Поэтому, в схему устанавливается только ограниченное количество светодиодов.

Если значение частоты превышает 50 процентов, ширина импульса изменяется и транзистор полностью открывается. Таким образом, он переходит в режим насыщения, и ток, проходящий через  $R_{CS}$ , переключается в неуправляемое состояние. Соответственно, светодиоды в цепи выйдут из строя. Однако, эта проблема может быть устранена путем подачи дополнительного

пилообразного напряжения на вход CS. Придется использовать дополнительную схему и изменить значение  $R_{CS}$ .

Эта проблема также может быть обнаружена путем включения или выключения схемы и превышает номинальное значение тока в 5 раз. Чтобы исправить это, нужно отключить схему в фиксированное время. Для этого надо подсоединить  $R_t$  резистор к выводу GATE вместо общего провода. В данном случае, точность стабилизации тока очень высока и не зависит от напряжения сети и количества светодиодов. Но, на точность стабилизации будет влиять изменение значения индуктивности на трансформаторе.

Для этой микросхемы аналогично HV9961. Она дорогая из-за того, что все дефекты, присутствующие на микросхеме HV9910, ликвидированы.

3. Другая микросхема этой фирмы - LM3404HV - работает по принципу преобразователя Buck Converter, необходимая функция поддержания требуемого тока частично интегрирована в резонансную цепь, состоящую из катушки и диода Шотки.

Т а б л и ц а 1.3 – Основные параметры LM3404HV

Характеристика	Параметры
Выходной ток, А	1,2
Выходное напряжение, В	4
Входное напряжение, В	6~75
Частота, МГц	1
Рабочая температура, °С	-40~+125
Ток питания, мА	625
Эффективность, %	96
Номинальный ток, А	1,5
Частота преобразования	10 кГц...2МГц
Защита от короткого замыкания и прерываний в выходной цепи	+
Защита от перегрева	+
Защита от низкого входного напряжения	+

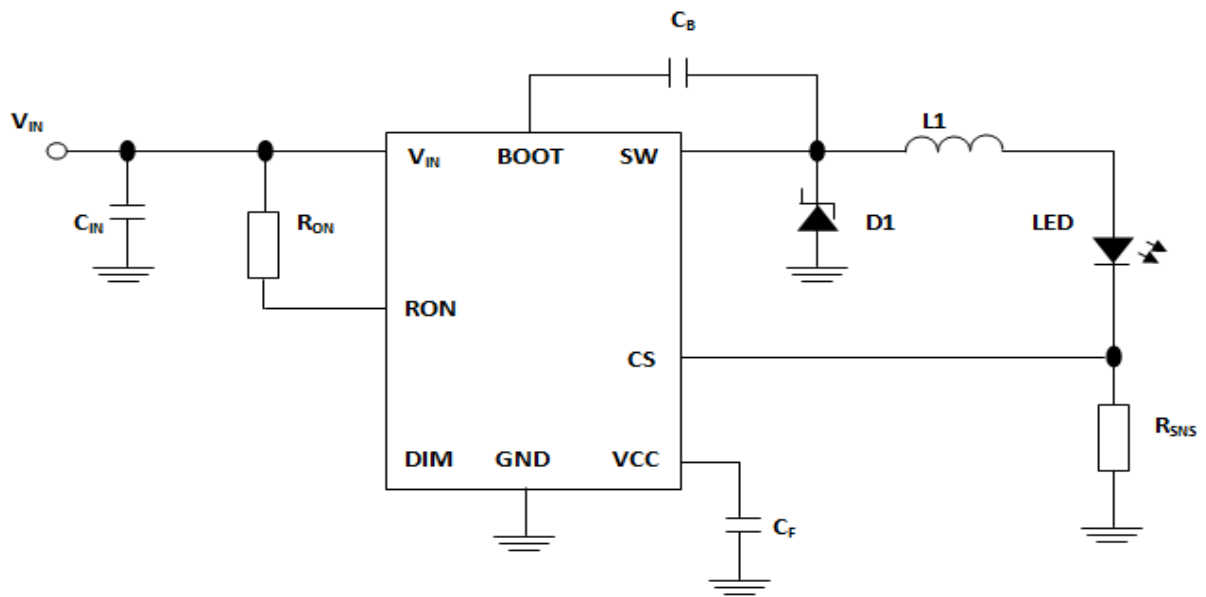


Рисунок 1.15 – Схема драйвера для светодиодов LM3404HV

Эта схема предназначена для 10 мощных светодиодов от источника 48 В. Прямое падение напряжение на светодиодах – около 35 В [4, 5, 6].

## 2 Технологический раздел

### 2.1 Выбор компонентов схемы для создания источника питания светодиодного драйвера

Для питания драйвера светодиодов требуется источник. Источник питания для выбранного драйвера состоит из таких компонентов, как: кабель питания, клеммник для соединения проводов, понижающий трансформатор, мостовой выпрямитель, фильтрующий конденсатор, стабилизатор напряжения, конденсатор на выходе стабилизатора.

#### 2.1.1 Кабель питания

Необходимо для обеспечения схему источника питания 220 В. Приобретение компонента через торговую площадку Алиэкспресс [7].

Т а б л и ц а 2.1 – Техническая характеристика кабеля питания

Характеристика	Параметры
Стандарт	ЕС США
Название бренда	DelightFire
Применение	Бытовая техника
"Мама"	Оголенный
Длина, м	1,5
Сечение, мм <sup>2</sup>	0,75 x2c
Напряжение питания, В	220
Цена, тг	333,47
Приобретение	Через Алиэкспресс



Рисунок 2.1 – Кабель питания

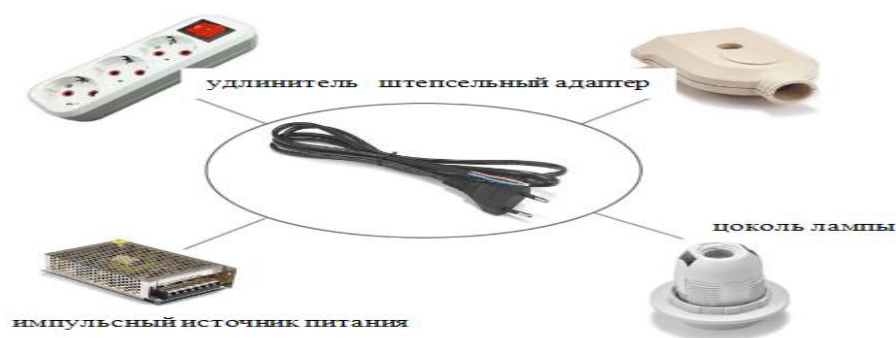


Рисунок 2.2 – Варианты соединения кабеля

### 2.1.2 Клеммники Legrand (винтовые клеммники)

Предназначены для соединения электрических проводников. Не предназначен для соединения многопроволочных проводников. Поскольку алюминиевые провода механически слабы, к ним не рекомендуется подключать клеммы. Если необходимо подключить алюминиевые и медные провода, то они не должны касаться друг с другом внутри клеммника.

Чтобы подключить провода к клеммам, они должны быть сначала очищены от изоляции. После чего вставим очищенный провод в отверстие клеммника. Клеммы можно легко отделить ножом [8, 9]. В программе Proteus они не изображаются, но рекомендуется их использовать в реальном соединении. В Proteus показаны штыревые разъемы.

Т а б л и ц а 2.2 – Техническая характеристика клеммника Leg 034211

Характеристика	Параметры
Материал	Латунь покрытая слоем никеля
Изолирующий материал	Термопласт
Рабочий диапазон температур, °С	-25...+100
Коммутация	Слаботочных и силовых цепей
Применение	Бытовая и производственная техника
Длина, мм	94
Количество полюсов, шт	12
Номинальное напряжение, В	220...250
Номинальный входной ток, А	24
Ширина/размер ячейки, мм	8
Проверено на взрывобезопасность по версии Ex e	Да
Цена, тг	816,73
Приобретение	ООО «ЭлектроКомплект-Сервис»



Рисунок 2.3 – Пример соединения проводов между собой

### 2.1.3 Понижающий трансформатор

С помощью понижающего трансформатора мы снижаем напряжение от сети до 15 вольт. Кроме того, трансформаторы действуют как гальванические развязки, что позволяет избежать высокого напряжения [10].

Т а б л и ц а 2.3 – Техническая характеристика понижающего трансформатора

Характеристика	Параметры
Страна производства	Guangdong, China
Модель	Еско
Фаза	Одиочная
Емкость, ВА	10 для 1000
Обмотки	Медь
Изоляция	Класс В, Е, F
Частота, Гц	50...60
Предохранитель	Да
Материал сердцевины	Кремниевая сталь
Входное напряжение, В	110...220
Выходное напряжение, В	9...24
Цена, тг	425,58
Приобретение	Через Алибаба





Рисунок 2.4 – Понижающий трансформатор

#### 2.1.4 Диод 1N4007

Является наиболее распространенным типом диодов и может использоваться в мостовых схемах. Мостовая схема преобразует или выпрямляет переменный ток от трансформатора в постоянный ток. Диод проводит ток только в одном направлении. Если мощность источника питания превышает 1 Вт, лучше использовать схему с диодным мостом [11].

Т а б л и ц а 2.4 – Техническая характеристика диода 1N4007

Характеристика	Параметры
Максимально допустимое обратное напряжение, В	1000
Максимальное напряжение переменного тока, В	700
Максимальный долговременный прямой ток при 75°C, А	1

*Продолжение таблицы 2.4*

Максимальный импульсный ток при длительности импульса 3.8 м, А	30
Падение напряжения на диоде при токе 1 А, В	1,1
Рабочая температура, °С	-65...+175
Максимальная рабочая частота, МГц	1
Цена, тг	5
Приобретение	Через Алибаба

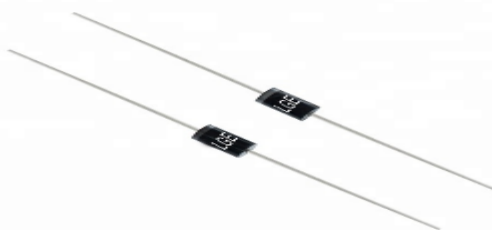


Рисунок 2.5 – Диод 1N4007

### 2.1.5 Электролитический конденсатор на входе стабилизатора напряжения

Используется для фильтрации постоянного тока от выпрямителя. В качестве диэлектрика применяется оксид металла. Анод конденсатора сделан из металла, а катод из электролита. Из-за несоблюдения полярности конденсатора он теряет свои диэлектрические свойства и возникает короткое замыкание между подложками из-за нагревания электролита протекающим током. Существуют также типы электролитических конденсаторов, в которых разрешается несоблюдение полярности. Перегрузка по току также может привести к выходу из строя конденсатора [12].

Т а б л и ц а 2.5 – Техническая характеристика электролитического конденсатора

Характеристика	Параметры
Номинальная емкость, мкФ	1000
Допуск, %	±20
Номинальное напряжение, В	25
Рабочая температура, °С	-40...+105
Диаметр корпуса, мм	10
Высота корпуса, мм	17
Шаг между выводами, мм	5
Цена, тг	100
Приобретение	Через торговую площадку «Сату»

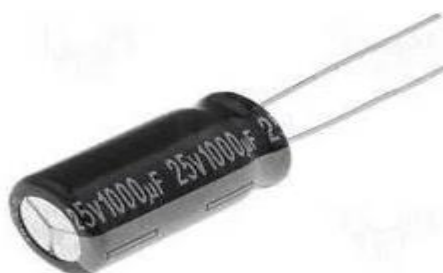


Рисунок 2.6 – Электролитический конденсатор

### 2.1.6 Стабилизатор напряжения L7812CV

Представляет собой монолитную интегральную схему, разработанного в качестве стабилизаторов постоянного напряжения для широкого спектра применений. Эти стабилизаторы используют внутреннее ограничение тока, тепловое отключение и компенсация безопасной зоны. Доставляет выходные токи до 1,5 А [13].

Т а б л и ц а 2.6 – Техническая характеристика L7812CV

Характеристика	Параметры
Выходной ток до, А	1,5
Выходное напряжение, В	12
Внутренняя защита от тепловой перегрузки	Да
Внутреннее ограничение тока короткого замыкания	Да
Допуск выходного напряжения, %	±2
Максимальное входное напряжение, В	40
Рабочая температура, °С	-40...+125
Тип выхода	Фиксированный
Количество выводов, шт	3
Цена, тг	94
Приобретение	Через торговую площадку «РадиоМарт»

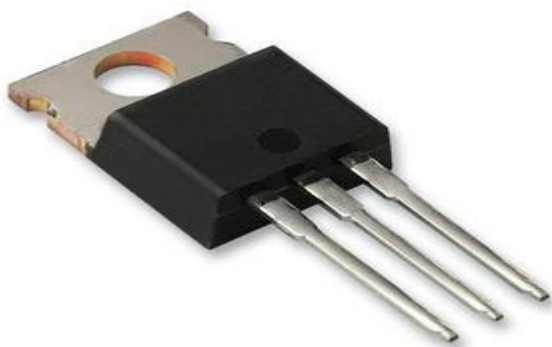


Рисунок 2.7 – Стабилизатор напряжения L7812CV

### 2.1.7 Многослойный монокристаллический конденсатор

Состоит из металлизированных тонких пластинок. Они используются в небольших устройствах и могут работать с постоянными, переменными, пульсирующими токами. Имеет лучшие частотные характеристики. В качестве обкладок применяются такие металлы, как платина и палладий. В роль диэлектрика выступает керамика [14].

Т а б л и ц а 2.7 – Техническая характеристика многослойного монокристаллического конденсатора 104

Характеристика	Параметры
Номинальная емкость, нФ	100
Номинальное напряжение, В	50
Цена, тг	1923,85

Приобретение	Через торговую площадку «Алиэкспресс»
--------------	--



Рисунок 2.8 – Многослойный монокристаллический керамический конденсатор 104

### 2.1.8 Итоговая цена всех компонентов источника питания

$$\sum_{i=1}^7 \text{Цена}_{\text{ИП}} = C_{\text{КП}} + C_{\text{К}} + C_{\text{Т}} + C_{\text{Д}} + C_{\text{ЭК}} + C_{\text{СН}} + C_{\text{КК}}$$

$$= 333,47 \text{ тг} + 816,73 \text{ тг} + 425,58 \text{ тг} + 5 \text{ тг} + 100 \text{ тг} + 468,06 \text{ тг} + 1923,85 \text{ тг} = 4072,69 \text{ тг} \cdot 50\% \approx 6109,04, \quad (2.1)$$

где,  $C_{\text{КП}}$  - цена кабеля питания;

$C_{\text{К}}$  - цена клеммника;

$C_{\text{Т}}$  цена трансформатора;

$C_{\text{Д}}$  - цена диода;

$C_{\text{ЭК}}$  - цена электролитического конденсатора;

$C_{\text{СН}}$  - цена стабилизатора напряжения;

$C_{\text{КК}}$  - цена керамического конденсатора;

50% - примерная стоимость доставки.

Данные взяты из таблиц 2.1-2.7.

## 2.2 Выбор компонентов схемы для создания ШИМ управления светодиодным драйвером

### 2.2.1 Штыревой разъем

Используется для соединения проводов, в данном случае нужно 9 штук такого разъема для входов, выходов и программатора.

Т а б л и ц а 2.8 – Техническая характеристика штыревого разъема

Характеристика	Параметры
Количество в одном ряду, шт	40
Шаг, мм	2,54
Цена, тг	65

Приобретение	Через торговую площадку «Сату»
--------------	--------------------------------



Рисунок 2.9 – Штыревой разъем

### 2.2.2 Микроконтроллер Attiny13 DIP

Специальная микросхема, предназначенная для управления различными электронными устройствами. В микроконтроллере объединены процессор, память, ПЗУ и периферия. 8-битный AVR микроконтроллер, имеющий 8 ножек [15].

Т а б л и ц а 2.9 – Техническая характеристика Attiny13 DIP

Характеристика	Параметры
Flash память, кВ	1
ОЗУ, В	64
EEPROM, В	64
Каналы ШИМ	2 канала
Напряжение питания при частоте до 4 МГц, В	1,8...5,5
Напряжение питания при частоте до 10 МГц, В	2,7...5,5
Напряжение питания при частоте до 20 МГц, В	4,5...5,5
Цена, тг	400
Приобретение	Через торговую площадку «Сату»

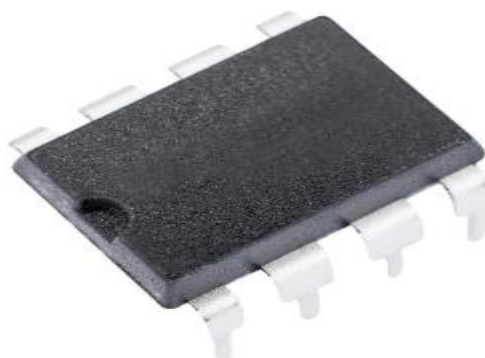


Рисунок 2.10 – Attiny13 DIP

### 2.2.3 Алюминиевые электролитические конденсаторы

Алюминиевые обкладки электролитических конденсаторов скручивают для помещения в цилиндрический корпус, из-за этого образуется индуктивность, во многих случаях она нежелательна. Электролиты обладают последовательным сопротивлением и может достигать значения 1 Ом. Это значение возрастает с ростом рабочей частоты. Причина этого - потери в диэлектрике. Электролитические конденсаторы являются низкочастотными, поэтому редко применяются для частот выше 30 кГц [16].

Т а б л и ц а 2.10 – Техническая характеристика электролитического конденсатора

Характеристика	Параметры
Номинальная емкость, мкФ	47
Допуск, %	±20
Номинальное напряжение, В	35
Диаметр корпуса, мм	5
Высота корпуса, мм	5
Шаг между выводами, мм	12
ESR, Ом	0,24
Цена, тг	20
Приобретение	Через торговую площадку «Радиомарт»

### 2.2.4 Стабилизатор напряжения LM7805

LM78XX - это встроенный линейный положительный регулятор с тремя выводами. LM7805 предлагает фиксированное выходное напряжение 5 В [17].

Т а б л и ц а 2.11 – Техническая характеристика стабилизатора напряжения LM7805

Характеристика	Параметры
Выходная мощность, А	От 1
Допуск выходного напряжения, %	±5

*Продолжение таблицы 2.11*

Внутренняя защита от тепловой перегрузки	Да
Выходное напряжение, В	5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24
Номинальное входное напряжение, В	35...40
Диапазон хранения в температурах, °С	-65...+150

Падение напряжения при 25°C, В	2
Среднее значение выходного тока, мА	500
Максимальная сила тока, А	1,5
Цена, тг	105
Приобретение	Через торговую площадку «Радиомарт»

### 2.2.5 Электролитический конденсатор SMD

SMD конденсаторы электролитические – накопительное устройство постоянной ёмкости. Выполнены в виде алюминиевого цилиндрического корпуса. Имеют полярный тип конструкции [18].

Т а б л и ц а 2.12 – Техническая характеристика электролитического конденсатора SMD

Характеристика	Параметры
Номинальная емкость, мкФ	10
Допуск, %	±20
Номинальное напряжение, В	16
Рабочая температура, °С	-40...+105
Срок службы, час	Не менее 2000
Цена, тг	35
Приобретение	Через торговую площадку «Сату»



Рисунок 2.11 - Электролитический конденсатор SMD

### 2.2.6 Фотоприемник TSOP1836

Серия TSOP18.. - это миниатюрные приемники для инфракрасных систем дистанционного управления, выполнена в виде ИК-фильтра. Демодулированный выходной сигнал непосредственно декодируется микропроцессором. Основным преимуществом является надежная функция и защита от неконтролируемых выходных импульсов.

Т а б л и ц а 2.13 – Техническая характеристика фотоприемника TSOP1836

Характеристика	Параметры
Номинальный ток питания, мА	1,5
Номинальное напряжение питания, В	5,5
Выходное напряжение, мВ	250
Цена, тг	321,67
Приобретение	Через торговую площадку «Элкосиб»

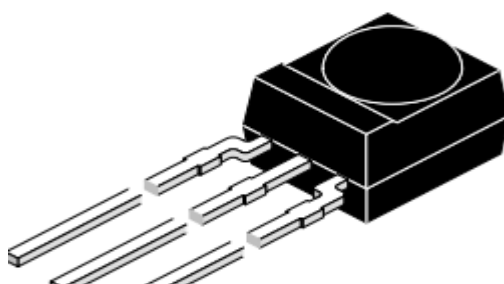


Рисунок 2.12 - Фотоприемник TSOP1836

#### 2.2.7 Тактовая кнопка

Кнопки тактовые – коммутируют цепи сигнализации, питания и управления. Крепятся путем фиксации в отверстиях на платах при помощи паяния.

Т а б л и ц а 2.14 – Техническая характеристика тактовой кнопки

Характеристика	Параметры
Рабочее или номинальное напряжение, В	12
Рабочий или номинальный ток, А	0,05
Номинальная мощность, Вт	0,5
Высота, мм	5
Типоразмер, мм	12x12
Количество контактов	4
Вес, г	1
Цена, тг	40+40
Приобретение	Через торговую площадку «АмперМаркет»





Рисунок 2.13 – Тактовая кнопка

### 2.2.8 Резистор 1 кОм

Резистор используется для ограничения тока в цепи [19].

Т а б л и ц а 2.15 – Техническая характеристика резистора на 1 кОм

Характеристика	Параметры
Номинальное сопротивление, кОм	1
Рассеиваемая мощность, Вт	1
Допуск, %	±5
Рабочая температура, °С	-55...+155
Тип резистора	Углеродистый
Способ монтажа	В отверстия
Максимальное рабочее напряжение, В	350
Цена, тг	15
Приобретение	Через торговую площадку «МегаОм»

### 2.1.8 Итоговая цена всех компонентов ШИМ управления

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^7 \text{Цена}_{\text{ШИМ}} &= C_{\text{ШР}} + C_{\text{М}} + C_{\text{ЭК}} + C_{\text{СН}} + C_{\text{SMD}} + C_{\text{Ф}} + C_{\text{ТК}} + C_{\text{Р}} \\
 &= 65 \text{ тг} + 400 \text{ тг} + 20 \text{ тг} + 105 \text{ тг} + 35 \text{ тг} + 321,67 \text{ тг} \\
 &\quad + (40 + 40) + 15 \text{ тг} = 1041,67 \text{ тг} \cdot 50\% \approx 1562,51, \quad (2.2)
 \end{aligned}$$

где,  $C_{\text{ШР}}$  - цена штыревого разъема;

$C_{\text{М}}$  - цена микроконтроллера;

$C_{\text{ЭК}}$  - цена электролитического конденсатора;

$C_{\text{СН}}$  - цена стабилизатора напряжения;

$C_{\text{SMD}}$  - цена SMD конденсатора;

$C_{\text{Ф}}$  - цена фотоприемника;

$C_{\text{ТК}}$  - цена тактовой кнопки;

$C_{\text{Р}}$  - цена резистора;

50% - примерная стоимость доставки.  
 Данные взяты из таблиц 2.8-2.15.

## 2.3 Выбор компонентов схемы для создания светодиодного драйвера

### 2.3.1 Микросхема светодиодного драйвера NCV3066DR2G

Предоставляет постоянного тока для светодиодов до 1,5 А при помощи управления включение/выключение. Монолитный импульсный регулятор предназначен для питания светодиодов высокой яркости. Имеет очень низкое напряжение обратной связи 235 мВ (номинальное). Это опорное напряжение используется для регулирования среднего тока светодиодов. Можно настроить в Step-Down (Понижение), Step-Up (Повышение). Вывод ON / OFF обеспечивает возможность управления с помощью ШИМ.

Т а б л и ц а 2.16 – Техническая характеристика NCV3066DR2G

Характеристика	Параметры
Номинальный выходной ток, А	1,5
Входное напряжение, В	3...40
Низкое напряжение обратной связи, мВ	235
Частота работы, кГц	До 250
Аналоговое и цифровое ШИМ управление	Да
Цена, тг	998,19
Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»

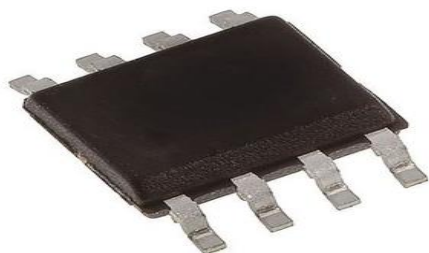


Рисунок 2.14 – Микросхема NCV3066DR2G

### 2.3.2 Резистор SMD (Поверхностный) 10 кОм [20]

Т а б л и ц а 2.17 – Техническая характеристика резистора на 10 кОм

Характеристика	Параметры
Номинальное сопротивление, кОм	10
Рассеиваемая мощность, Вт	0,25
Допуск, %	±1
Рабочая температура, °С	-55...+155

Тип резистора	Керамический
Максимальное рабочее напряжение, В	200
Корпус	1206
Маркировка	1002
Цена за 10 штук, тг	50
Приобретение	Через торговую площадку «МегаОм»

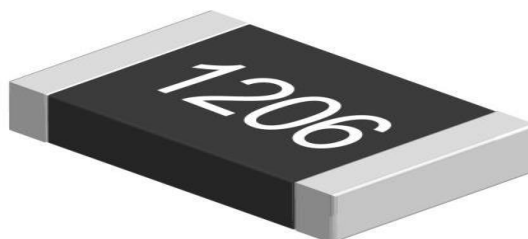


Рисунок 2.15 – Резистор SMD

### 2.3.3 Резистор SMD 1 кОм [21]

Т а б л и ц а 2.18 – Техническая характеристика резистора на 1 кОм

Характеристика	Параметры
Номинальное сопротивление, кОм	1
Рассеиваемая мощность, Вт	0,25
Допуск, %	±5
Рабочая температура, °С	-55...+125
Максимальное рабочее напряжение, В	400
Ширина, мм	3,2
Длина, мм	1,6
Высота, мм	0,5
Ширина контактной пленки, мм	0,5
Корпус	1206
Цена, тг	5+5
Приобретение	Через торговую площадку «РадиоМарт»

### 2.3.4 Резистор 1 Ом

Т а б л и ц а 2.19 – Техническая характеристика резистора на 1 Ом

Характеристика	Параметры
----------------	-----------

Номинальное сопротивление, Ом	1
Рассеиваемая мощность, Вт	0,25
Допуск, %	±5
Рабочая температура, °С	-55...+125
Максимальное рабочее напряжение, В	200
Длина, мм	3,2
Ширина, мм	1,6
Вес, г	0,01
Корпус	1206
Цена за 20 штук, тг	17,62 (3 шт)
Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»

### 2.3.5 Резистор 0,82 Ом

Т а б л и ц а 2.20 – Техническая характеристика резистора на 0,82 Ом [22]

Характеристика	Параметры
Номинальное сопротивление, Ом	0,82
Рассеиваемая мощность, Вт	2

*Продолжение таблицы 2.20*

Допуск, %	±5
Тип резистора	Металлооксидный
Диаметр, мм	5
Длина, мм	15
Длина выводов, мм	15
Корпус	AXIAL
Цена, тг	23,41+ 23,41+ 23,41 +23,41+ 23,41+23,41
Приобретение	Через торговую площадку «3Volta»

### 2.3.6 Резистор 470 Ом

Т а б л и ц а 2.21 – Техническая характеристика резистора на 470 Ом

Характеристика	Параметры
Номинальное сопротивление, Ом	470
Рассеиваемая мощность, Вт	0,25
Допуск, %	±1

Максимальное рабочее напряжение, В	200
Рабочая температура, °С	-55...+125
Длина, мм	3,2
Ширина, мм	1,6
Вес, г	0,01
Корпус	1206
Цена за 20 шт, тг	11,70
Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»

### 2.3.7 Электролитический конденсатор 470 мкФ, 25 В

Т а б л и ц а 2.22 – Техническая характеристика электролитического алюминиевого SMD конденсатора 470 мкФ, 25 В

Характеристика	Параметры
Номинальная емкость, мкФ	470
Максимальное рабочее напряжение, В	25
Допуск, %	±20
Рабочая температура, °С	-40...+105
Тангенс угла потерь, %	0,16
Диаметр, мм	10
Длина, мм	10,5
Вес, г	1,3

*Продолжение таблицы 2.22*

Цена, тг	105,33
Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»



Рисунок 2.16 – Алюминиевый электролитический SMD конденсатор

2.3.8 Многослойный керамический SMD конденсатор 0,1 мкФ, 50 В  
GRM155R61H222KA01D

Т а б л и ц а 2.23 – Техническая характеристика многослойного керамического SMD конденсатора 0,1 мкФ, 50 В

Характеристика	Параметры
Номинальная емкость, мкФ	0,1
Максимальное рабочее напряжение, В	50
Допуск, %	±10
Рабочая температура, °С	-55...+125
Тип корпуса	1206
Длина, мм	3,2
Ширина, мм	1,6
Вес, г	0,1
Цена за 10 шт, тг	40,96
Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»

2.3.9 Многослойный керамический SMD конденсатор 2,2 нФ, 50 В

Т а б л и ц а 2.24 – Техническая характеристика многослойного керамического SMD конденсатора 2,2 нФ, 50 В

Характеристика	Параметры
Номинальная емкость, нФ	2,2
Максимальное рабочее напряжение, В	50
Допуск, %	±10
Рабочая температура, °С	-55...+125

*Продолжение таблицы 2.24*

Тип корпуса	0402
Цена за 10 шт, тг	643,69
Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»

2.3.10 Электролитический алюминиевый SMD конденсатор 100 мкФ, 50 В

В

Т а б л и ц а 2.25 – Техническая характеристика электролитического алюминиевого SMD конденсатора 100 мкФ, 50 В

Характеристика	Параметры
Номинальная емкость, мкФ	100
Максимальное рабочее напряжение, В	50
Допуск, %	±20
Рабочая температура, °С	-40...+105
Тангенс угла потерь, %	0,14
Диаметр, мм	10
Длина, мм	10,5
Вес, г	1,323
Цена за 10 шт, тг	105,33
Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»

### 2.3.11 Диод Шоттки SMD MBR340T3G

В отличие от обычных диодов на основе р-п перехода, в диодах Шоттки используется переход металл-полупроводник. Так же, как и полупроводниковый р-п переход, обладает свойством односторонней электропроводимости.

В качестве материала для изготовления диодов Шоттки используется кремний (Si) и арсенид галлия (GaAs). А также металлы как золото, серебро, платина, палладий и вольфрам.

Преимущества: малое прямое падение напряжения (0,2-0,4 В при приложенном напряжении 50-60 В) на переходе, очень высокое быстродействие; малая ёмкость перехода позволяет повысить рабочую частоту и использовать их на частотах в сотни кГц.

Максимальное обратное напряжение не превышает 250 вольт, но можно встретить диоды, рассчитанные на 1,2 киловольта.

Недостатки: при кратковременном превышении обратного напряжения мгновенно выходят из строя и это необратимо; обратный ток диодов очень сильно зависит от температуры перехода, из-за этого возникает тепловой пробой.

Т а б л и ц а 2.26 – Техническая характеристика диода Шоттки SMD MBR340T3G

Характеристика	Параметры
Материал	Кремний
Максимальное обратное напряжение, В	40
Максимальный прямой (выпрямленный за полупериод) ток, А	3

Максимально допустимый прямой импульсный ток, А	80
Максимальный обратный ток, мкА	2000
Максимальное прямое напряжение при максимально прямом токе, В	0,525
Общая емкость, пФ	230
Рабочая температура, °С	-55...+150
Корпус	SMC
Вес, г	0,47
Цена, тг	70,43
Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»



Рисунок 2.17 – Диод Шоттки SMD

### 2.3.12 Диод Шоттки SMD MBRS130LT3G

Т а б л и ц а 2.27 – Техническая характеристика диода Шоттки SMD MBRS130LT3G

Характеристика	Параметры
Материал	Кремний
Максимальное обратное напряжение, В	30
Максимальный прямой (выпрямленный за полупериод) ток, А	1
Максимально допустимый прямой импульсный ток, А	40
Максимальный обратный ток, мкА	1000
Максимальное прямое напряжение при максимально прямом токе, В	0,42
Общая емкость, пФ	200
Рабочая температура, °С	-55...+125
Корпус	SMB
<i>Продолжение таблицы 2.27</i>	
Вес, г	0,26
Цена, тг	58,69



Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»
--------------	-------------------------------------

### 2.3.13 Катушка SMD CDRH104RNP-470NC

Катушка - это смотанная в спираль катушка или в другую форму изолированного проводника. Особенности: высокая индуктивность при низкой ёмкости, а также активном сопротивлении. Накапливает энергию в магнитном поле.

Т а б л и ц а 2.28 – Техническая характеристика катушки SMD CDRH104RNP-470NC

Характеристика	Параметры
Номинальная индуктивность, мкГн	47
Номинальный ток, А	1,9
Магнитное экранирование	Да
Цена, тг	1056,43
Приобретение	Через торговую площадку «Чип и Дип»



Рисунок 2.18 – Катушка SMD

### 2.3.14 Р-канальный МОП-транзистор FDD5614P

Полевой транзистор – это управляемый ключ электрическим полем, а не током в отличие от биполярных. Электрическое поле создается при помощи напряжения. Напряжение идет к затвору относительно истока. Полярность напряжения управления зависит от типа канала самого транзистора. Если транзистор р-канальный, то к истоку подключается положительный вывод от источника питания. В этом случае основными носителями являются дырки или положительные носители зарядов. По другому называется дырочная проводимость. Таким образом, исток является источником носителей заряда. Когда ток достигает до 50 А напряжение не превышает 500 В при частоте до 100 кГц. Недостатки: большие потери мощности в зависимости от протекания силового тока.

Т а б л и ц а 2.29 – Техническая характеристика р-канального полевого транзистора FDD5614P [23]

Характеристика	Параметры
Корпус	DPAK
Вес, г	0,66
Максимальное напряжение исток-сток, В	-60
Максимальный ток стока, А	-15
Максимальная мощность, Вт	1,6
Цена, тг	586,90
Приобретение	Через торговую площадку «ПромЭлектроника»



Рисунок 2.19 – Полевой транзистор

### 2.3.15 Биполярный транзистор ММВТ489LT1G

Такие транзисторы увеличивают мощность входного электрического сигнала. Выходные параметры транзистора управляются электрическим током, а не электрическим полем. А база управляется напряжением. Имеет два р-п перехода.

Т а б л и ц а 2.30 – Техническая характеристика биполярного транзистора ММВТ489LT1G

Характеристика	Параметры
Рабочая температура, °С	-55...+150
Корпус	SOT23-3
Рассеиваемая мощность, мВт	225
Тип	NPN
Напряжение коллектора-эмиттера, В	30
Ток коллектора, А	1
Максимальное напряжение насыщения коллектор-эмиттер, В	0,2

Максимальная рабочая частота, МГц	100
-----------------------------------	-----

*Продолжение таблицы 2.30*

Коэффициент усиления по постоянному току	300
Длина, мм	3,04
Ширина, мм	2,64
Высота, мм	1,11
Вес, г	0,05
Цена, тг	1752,80
Приобретение	Через торговую площадку «ПромЭлектроника»

## 2.4 Выбор светодиода для инновационного светодиодного драйвера

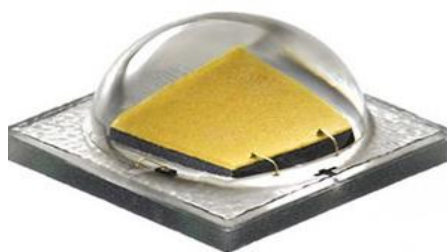


Рисунок 2.20 – Светодиод Cree XM-L2 U2

Т а б л и ц а 2.31 – Техническая характеристика светодиода

Параметр	U2	U3
Световой поток, люмен	300-320	320-340
Мощность, Вт	2	2
Рабочая температура, °С	-40...+85	-40...+85
Номинальный ток, мА	700	700
Напряжение питания при токе 700 мА	2,85	2,85
Напряжение питания при токе 1500 мА	3,05	3,05
Напряжение питания при токе 3000 мА	3,3	3,3
Длина и ширина, мм	5x5	5x5
Угол свечения, °С	125	125

Светодиоды Cree XM-L2 сверхяркие светодиоды, разработанные карбидом кремния и нитридом галлия. Особенности: длительный срок службы, низкое энергопотребление и нет в составе вредных веществ [24].

### 3 Программно-аппаратный раздел

#### 3.1 Алгоритм, расчет и моделирование источника питания для светодиодного драйвера

Алгоритм источника питания для драйвера светодиода выглядит следующим образом:



Рисунок 3.1 – Структурная схема источника питания

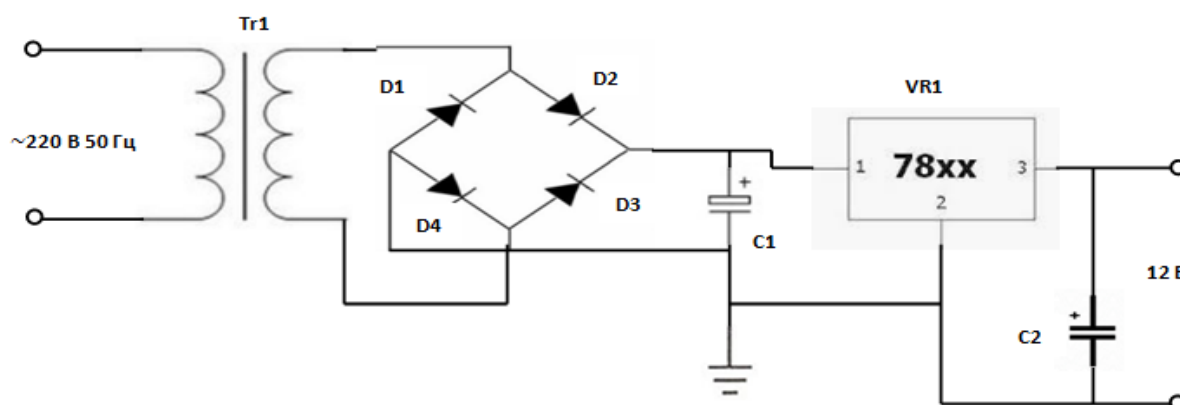


Рисунок 3.2 – Принципиальная схема источника питания

Для управления драйвером светодиода требуется источник питания, поэтому мы используем эту схему. Напряжение от источника питания 220 В 50 Гц поступает на понижающий трансформатор. Напряжение переменного тока падает на первую обмотку трансформатора, и мы получаем 15 В переменного тока от второй обмотки.

Данные для расчета:

- номинальное напряжение сети питания  $U_H=220$  В;

- максимальное напряжение сети питания  $U_{с.макс}=220+220\cdot 10\%=242$  В;
- минимальное напряжение от сети  $U_{с.мин}=220-220\cdot 15\%=187$  В,

нормальные отклонения для однофазной линии электропередачи составляют  $\pm 5$  процентов.

Однако, принимая во внимание тот факт, что существуют различные ежедневные аварийные ситуации, когда многие устройства подключены к сети одновременно, мы предполагаем, что отклонение составляет около 10-15%;

- частота сети питания  $f_c=50$  Гц.

### 3.1.1 Расчет выпрямителя

Трансформатор состоит из двух или более дросселей, и они соединены друг с другом магнитной цепью.

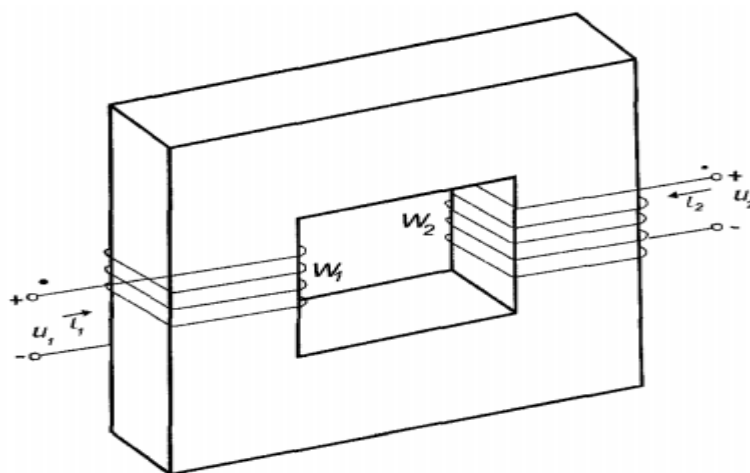


Рисунок 3.3 – Двухобмоточный трансформатор

Трансформаторы для снижения или повышения напряжения при 50 Гц изготавливаются из отдельных соединенных пластин или ленточной стали. Трансформатор также действует здесь как гальваническая развязка.

Поскольку питание сети однофазное, мы используем двухтактную схему выпрямителя. Ее преимущества от однополупериодной одноконтурной схемой:

- высокая частота пульсаций;
- низкое обратное напряжение;
- эта выпрямительная схема может быть подключена непосредственно к сети питания без трансформатора.

В мостовой схеме выпрямителя ток течет одновременно в двух направлениях к катодной и анодной группам. Когда отрицательная волна входного сигнала проходит через мостовую схему, катод диода VD2 имеет наименьший потенциал, а анод VD3 имеет наибольший потенциал. Благодаря этому ток проходит через VD2 и VD3.

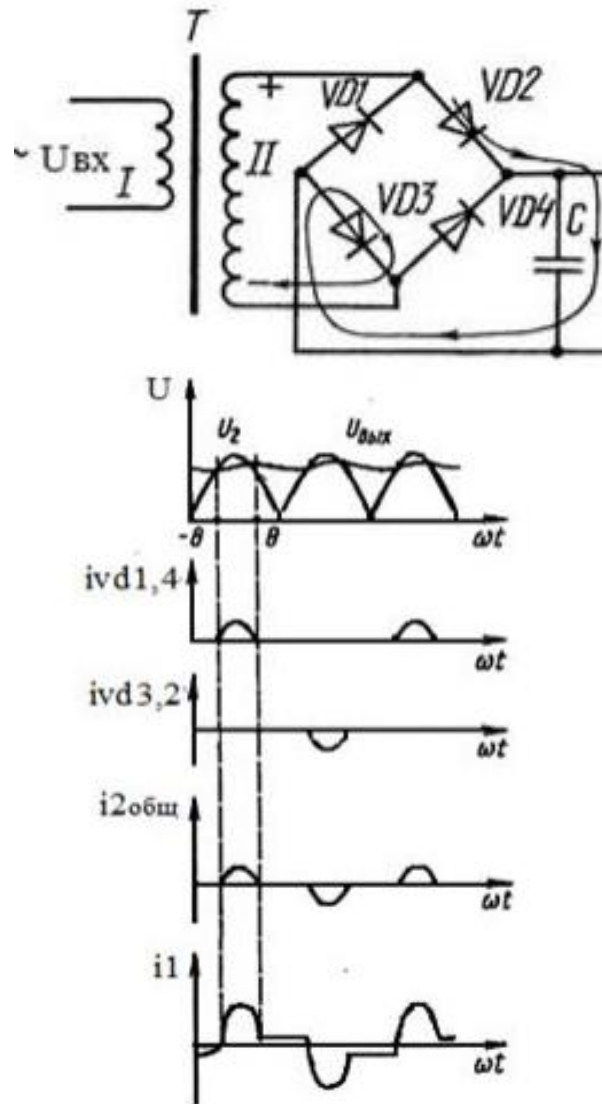


Рисунок 3.4 – Схема и диаграмма однофазного мостового выпрямителя

Как видно из диаграммы, конечным результатом является неоднородный аналоговый сигнал или текущее значение тока, которое не было отфильтровано.

Выпрямленное значение напряжения рассчитывается как:

$$U_{\text{выпрямленное}} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_{\text{об тр2}} \sin \theta d\theta = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_{\text{об тр2}} = 0.9 U_{\text{об тр2}} = 15 \text{ В} \cdot 0.9 = 13.5 \text{ В}, \quad (3.1)$$

где,  $U_{\text{об тр2}}$  - значение напряжения от вторичной обмотки трансформатора.

Эти расчеты будут сопоставлены с результатами экспериментов, измеренных в программе Proteus. Результат расчета и результат эксперимента примерно будут равны.

Поскольку после выпрямителя полное сопротивление нагрузки отсутствует, мы рассматриваем конденсатор как нагрузку и рассчитываем его полное или реактивное сопротивление. Это позволяет рассчитать значение тока, протекающего через выпрямитель.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 1000 \text{ мкФ}} \approx 3.18 \text{ Ом}, \quad (3.2)$$

$$I_{\text{выпрямленный}} = \frac{U_{\text{выпр}}}{X_C} = \frac{13.5 \text{ В}}{3.18 \text{ Ом}} \approx 4.25 \text{ А}, \quad (3.3)$$

$$I_{\text{максимальный}} = \frac{\sqrt{2}U_{\text{выпр}}}{X_C} = \frac{1.41 \cdot 13.5 \text{ В}}{3.18 \text{ Ом}} \approx 5.99 \text{ А}, \quad (3.4)$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{выпрямленный}}}{2} = \frac{4.25 \text{ В}}{2} \approx 2.13 \text{ А}, \quad (3.5)$$

$$U_{\text{обратное макс}} = \sqrt{2}U_{\text{выпр}} = 1.41 \cdot 13.5 \text{ В} \approx 19.04 \text{ В}, \quad (3.6)$$

$$I_2 = \frac{\sqrt{2}U_{\text{выпр}}}{X_C} \sin \theta = \frac{1.41 \cdot 13.5 \text{ В}}{3.18 \text{ Ом}} \approx 5.99 \text{ А}, \quad (3.7)$$

$$I_1 = \frac{1}{k_{\text{трансформатор}}} \cdot I_2 = \frac{1}{\frac{U_1}{U_2}} \cdot I_2 \approx 0.41 \text{ А}, \quad (3.8)$$

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 220 \text{ В} \cdot 0.41 \text{ А} = 90.2 \text{ Вт} = 1.23 \cdot P_d, \quad (3.9)$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = 13.5 \text{ В} \cdot 5.99 \text{ А} \approx 80.87 \text{ Вт} = 1.23 \cdot P_d, \quad (3.10)$$

$$P_{\text{расч}} = \frac{P_1 + P_2}{2} = 85.54 \text{ Вт} = 1.23 \cdot P_d, \quad (3.11)$$

где  $P_d \approx 69.54 \text{ Вт}$  - полезная активная мощность на выходе выпрямителя. А число 1,23 или коэффициент использования трансформатора для схемы выпрямления predetermined.

Отсюда, найдем КПД выпрямителя:

$$\eta = \frac{P_d}{P_{\text{расч}}} \approx 0.81 \approx 81\%. \quad (3.12)$$

### 3.1.2 Расчет фильтра

Сглаживающие фильтры применяются для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения. Для фильтрации используем емкостный фильтр. Емкостный фильтр представляет собой конденсатор, включаемый параллельно нагрузке. Такие фильтры используются при больших значениях сопротивления нагрузки, емкости применяемого конденсатора.

Емкость конденсатора определяется как:

$$C = \frac{1}{2mfR_H \cdot K_{\text{ПН}}} = \frac{1}{2 \cdot 2 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 14 \text{ Ом} \cdot 0.2} \approx 1137 \text{ мкФ} \approx 1000 \text{ мкФ}, \quad (3.13)$$

где,  $m = 2$  – для мостового выпрямителя;

$R_H$  - сопротивление нагрузки, находим значение емкости, предполагая, что нет реального резистора, подключенного параллельно конденсатору, но считаем, что существует определенная нагрузка;

$K_{ПН} = 0.2$  - коэффициент пульсаций напряжения на выходе выпрямителя.

В итоге, выбрали электролитический конденсатор 1000 мкФ, 25 В.

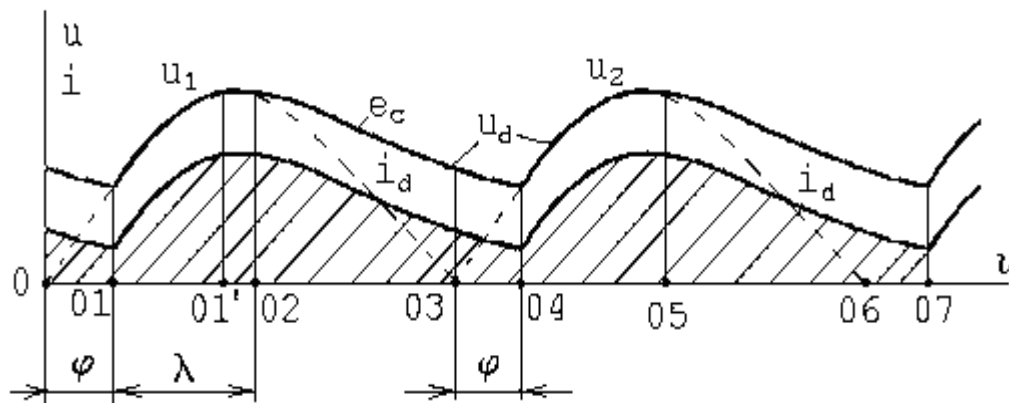


Рисунок 3.5 – График токов и напряжений выпрямителя

Как видно из выше приведенного рисунка в промежутке (01-01') включены вентили 1 и 3 и конденсатор заряжается. Одновременно трансформатор пропускает ток. В промежутке (01'-02) вентили 1 и 3 остаются включенными и пропускает ток как трансформатор, так и конденсатор. В диапазоне (02-04) все вентили закрыты, приемник энергии питается только от конденсатора. В точке (04) включаются вентили 2 и 4, и повторяется процесс в первом полупериоде [25, 26].

### 3.1.3 Расчет стабилизатора напряжения

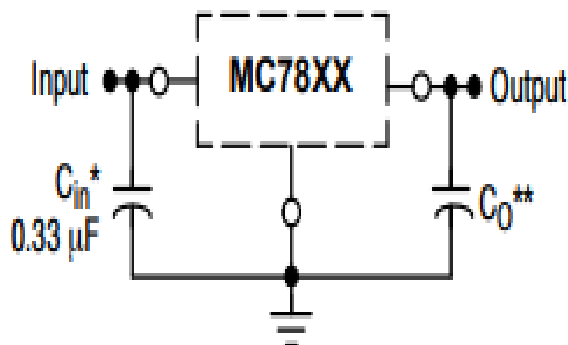


Рисунок 3.6 – Стандартное применение

Символ XX указывает значение выходного напряжения. Согласно принципу работы стабилизатора напряжения входное напряжение всегда должно быть примерно на 2 вольт выше выходного. Входной конденсатор действует как фильтр. Однако, если стабилизатор напряжения расположен на значительном расстоянии от фильтра источника питания, конденсатор должен быть подключен к его входу с определенным требуемым значением. Выходной



конденсатор не нужен для стабильности. Однако, это улучшает переходный процесс. Значения менее 0,1 мкФ могут вызвать нестабильность [27].

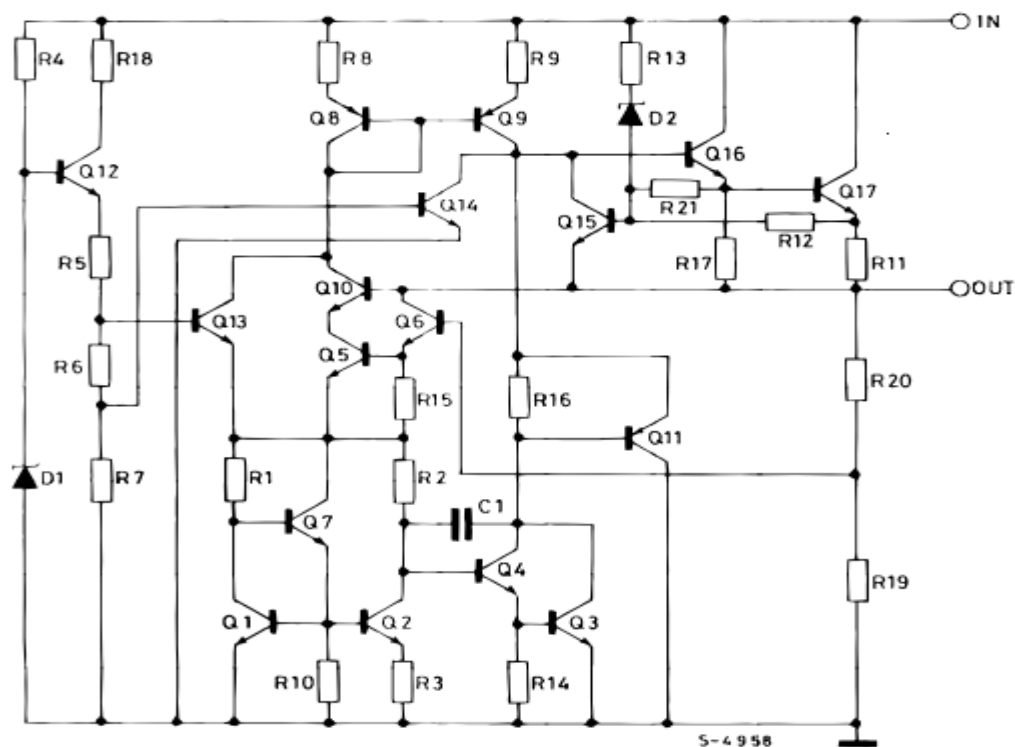


Рисунок 3.7 – Принципиальная схема стабилизатора напряжения L7812CV

### 3.1.4 Расчет срока службы источника питания

Правильно подобранный источник питания для драйвера светодиода является неотъемлемой частью его надежной работы всего периода. Параметры срока службы источника питания должны строго соответствовать подключенной к нему нагрузке, т.е. драйверу.

Чтобы рассчитать срок службы блока питания, рассчитаем емкость в Амперах часов:

$$\text{Емкость} = 100 * \text{время} * \text{мощность нагрузки} = 100 * 8 \text{ ч} * 24 \text{ Вт} = 19200 \text{ Ач.}$$

(3.14)

Таким образом для нагрузки с мощностью 24 Вт для обеспечения работы в течение 8 часов необходима ёмкость равная 19200 Ач. Такой расчет емкости для источника питания применим с напряжением 12 В. Зависимость ёмкости аккумулятора от времени заряда не имеет линейный характер на всём протяжении. Если необходимо время работы для 2 часов, то результат надо уменьшить на 40%, для 4 часов – 30%, для 6 часов – 40% и т.д.

Расчет времени или срока службы источника питания:

$$\text{Время} = \text{суммарная емкость} \cdot \text{напряжение} \cdot (\text{КПД} / \text{мощность нагрузки}) = 19200 \text{ Ач} * 12 \text{ В} * (0,8 / 24 \text{ Вт}) = 7680 \text{ ч.}$$

(3.15)

То есть, источник питания надежен в течение 320 дней и может работать бесперебойно. Позже могут возникнуть технические проблемы с источником

питания. Большинство источников питания могут работать в течение 30 000-50 000 часов. Полученное значение является приближённым и может меняться в процессе срока службы, так как время зависит от износа и условий эксплуатации, в основном от температуры воздуха. Например, рост температуры на один градус после 40°C снижает ёмкость на 5%, что является очень существенным. Для максимального срока службы нужно понижать нагрузку на каждые 10 градусов после 25°C на 20%. Или можно организовать хорошую систему охлаждения.

Когда нет необходимости в абсолютно точных данных можно воспользоваться специальными таблицами, в которых приведено время автономной работы для различных видов источников питания. В этих таблицах будут приведены время работы в зависимости от ёмкости аккумуляторных батарей и суммарной мощности нагрузки. Таким образом, можно узнать примерное время [28].

### 3.1.5 Экспериментальное моделирование источника питания в программе Proteus

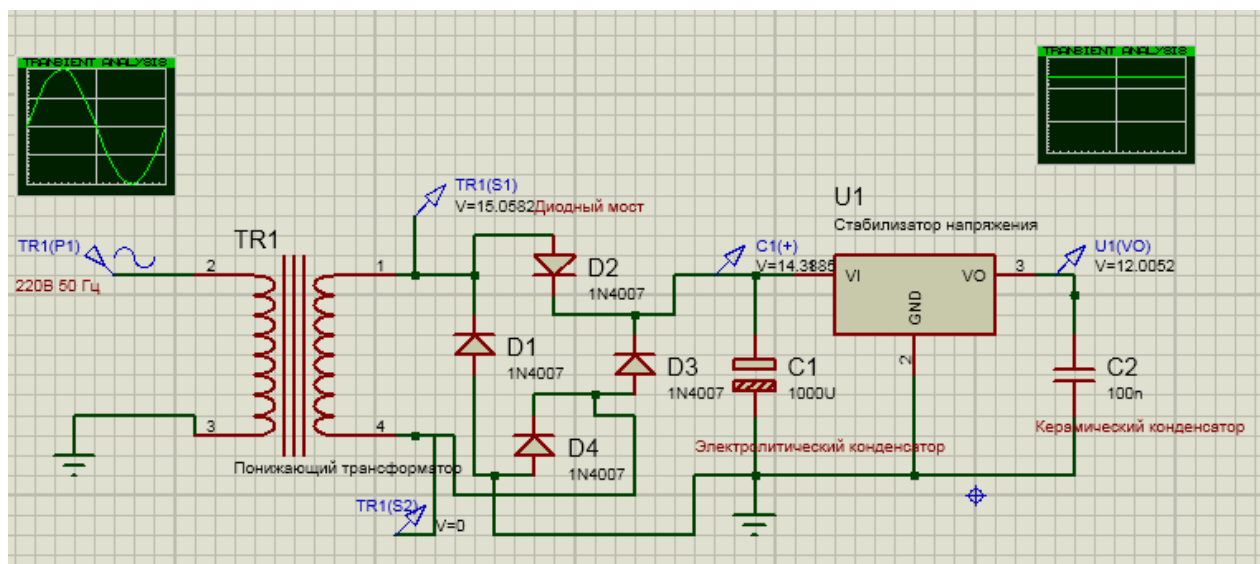


Рисунок 3.8 – Источник питания для светодиодного драйвера

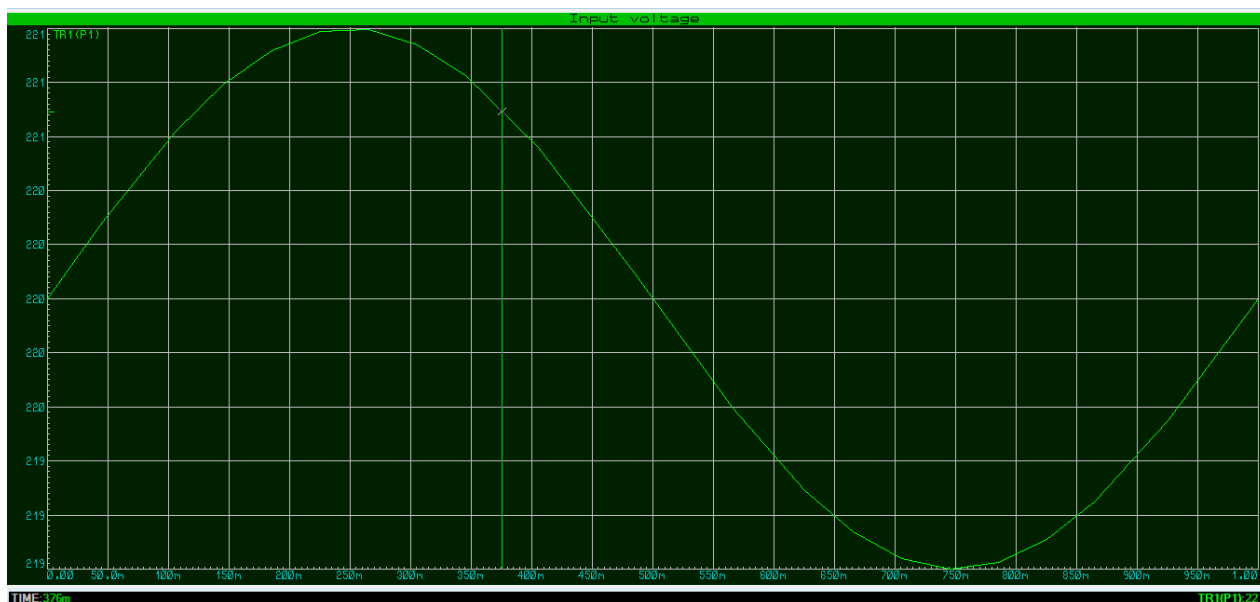


Рисунок 3.9 – График входного напряжения источника питания

Как видно из графика, входное напряжение при 376 мс составляет 221 В.

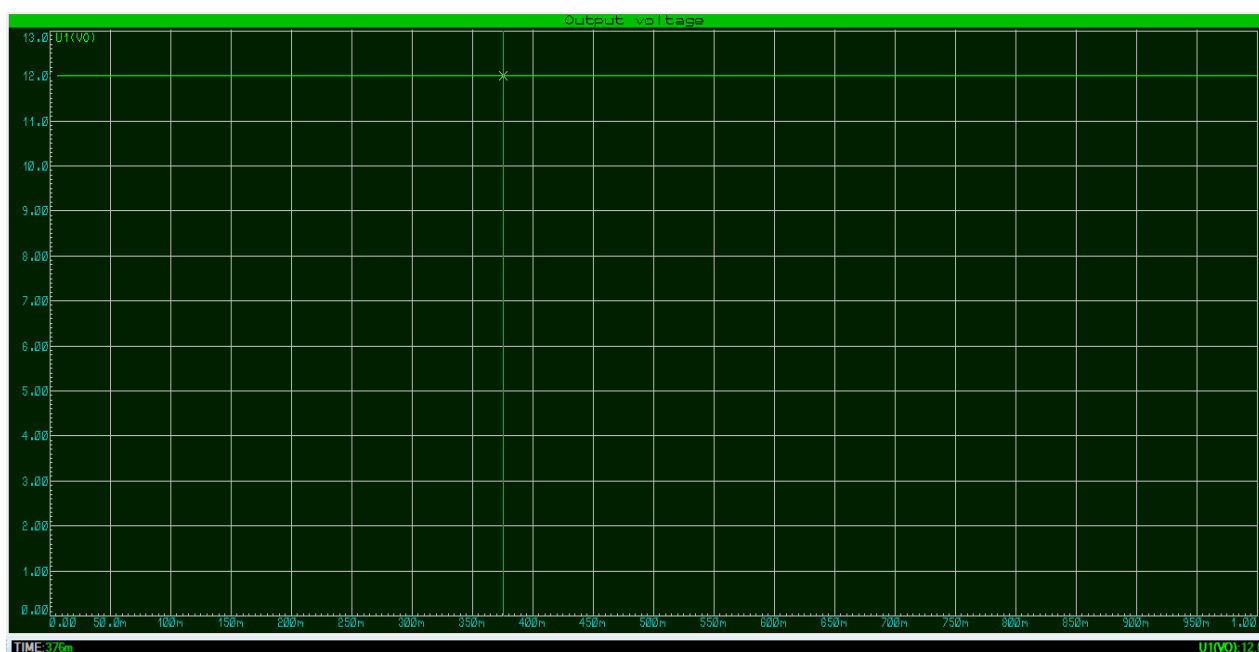


Рисунок 3.10 – Выходное напряжение источника питания

Выходное напряжение при 376 мс составляет 12 В. В результате переменное напряжение было преобразовано в постоянное. Главное в блоке питания это напряжение, а не ток. Так как это программная среда, в реальности результаты могут отличаться от экспериментального с некоторыми погрешностями. Например, эта программа иногда не очень хорошо справляется показать на выходе схемы значения тока и напряжения одновременно.

На выходе значение тока изменяется до 1,5 А в зависимости от стабилизатора. Чтобы получить необходимый ток, нужно регулировать значения элементов на схеме или заменить их другими аналогами.

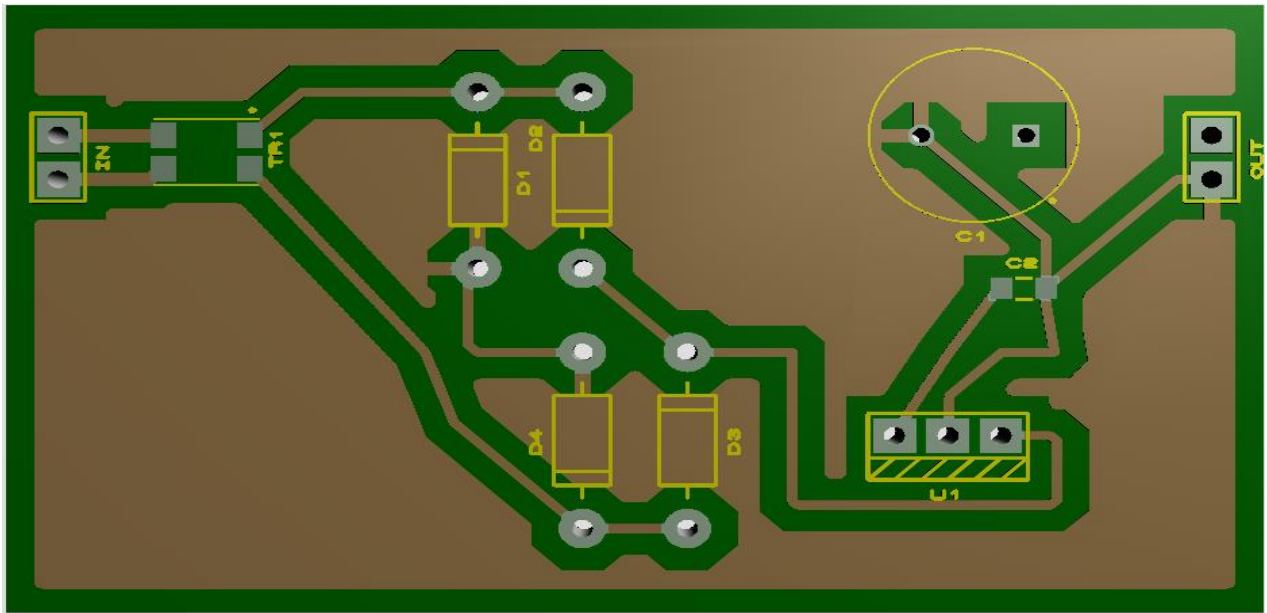


Рисунок 3.11 – Модель передней стороны источника питания на печатной плате без элементов

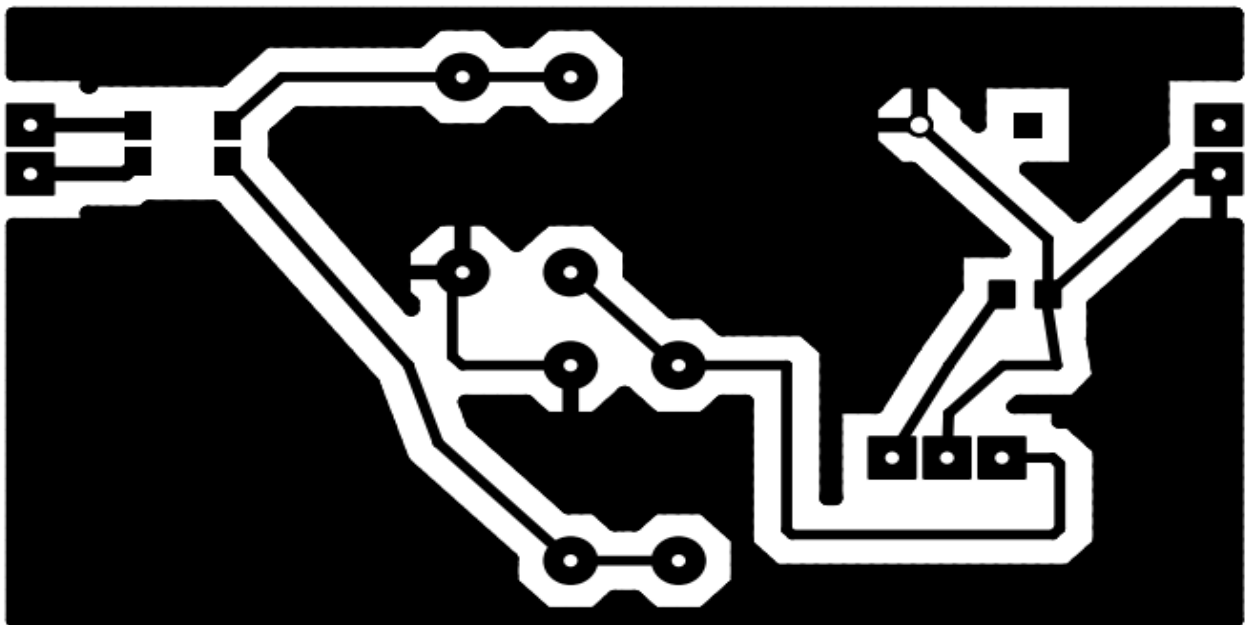


Рисунок 3.12 – Передняя сторона печатной платы для пайки

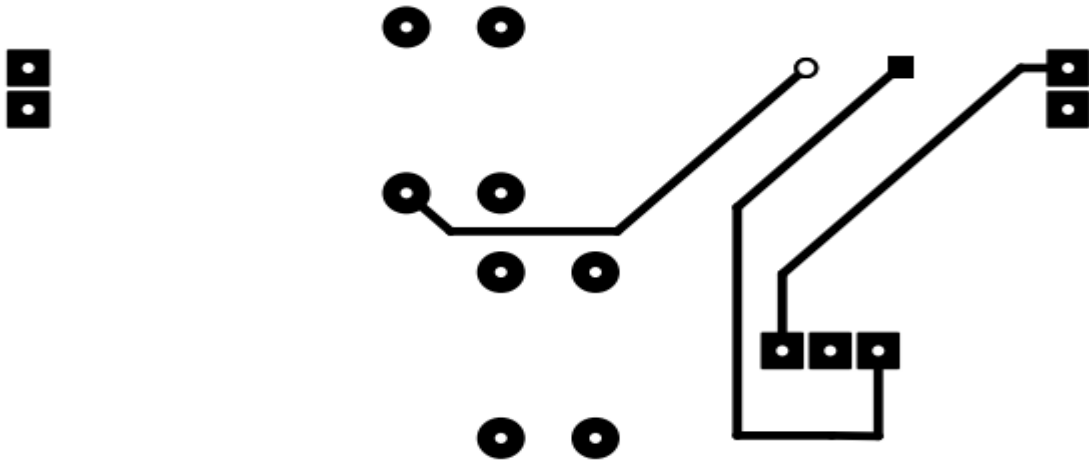


Рисунок 3.13 – Задняя сторона печатной платы для пайки

## 3.2 Алгоритм, принцип работы и моделирование ШИМ управления для светодиодного драйвера

### 3.2.1 Алгоритм программы управления светодиодным драйвером

В приложении Б приводится программа управления микроконтроллером на языке Ассемблера для ШИМ светодиодного драйвера на NCV3066DR2G. ШИМ сделан на микроконтроллере ATTiny13 и представляет собой генератор прямоугольных импульсов с регулируемым коэффициентом заполнения.

С представленной программой ШИМ генерирует прямоугольные импульсы на частоте около 600 Гц и умеет регулировать их коэффициент заполнения в зависимости от нажатий двух кнопок: увеличить, уменьшить.

Нет необходимости нажимать кнопку столько же раз, на сколько шагов нужно изменить коэффициент заполнения. Пока кнопка будет нажатой - он изменяется. Изменение реализовано с двумя скоростями - сразу после нажатия на кнопку коэффициент заполнения изменяется медленно, а при удержании кнопки дольше определённого времени - она начинает изменяться быстрее. Также в схеме приведено соединение инфракрасного пульта. С его помощью можно тоже управлять яркостью драйвера. Но, для этого нужно включить в программу управления код для этого случая.

Чтобы определиться что нужно делать, а что не нужно программе понадобятся два флага, для них назначим специальный регистр (`check_flags`). Нулевой бит этого регистра означает, что мы находимся в режиме изменения, первый бит - мы держим кнопку уже достаточно долго и изменения нужно производить с повышенной скоростью.

Чтобы всё корректно работало, в контроллере должны быть запрограммированы фьюзы `SPIEN`, `SUT0` и `CKSEL0` (если, контроллер запрограммируется в программе PonyProg).

Алгоритм программы управления приведен в приложении А. А также программное управление от ИК-пульта приведено в приложении В.

### 3.2.2 Принцип работы ШИМ управления для светодиодного драйвера

ШИМ управление позволяет регулировать средний выходной ток и яркость светодиодного драйвера.

Прямоугольные импульсы с управляющего микроконтроллера подаются на специальный вывод (ON/OFF) микросхемы драйвера. Регулировка яркости может изменяться в пределах от 0 до 100% с шагом 100/256 [29].

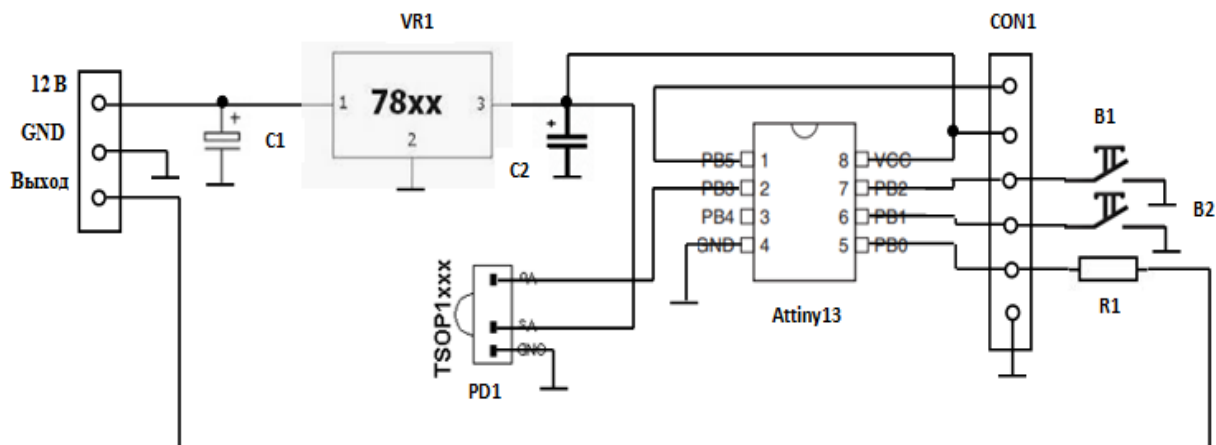


Рисунок 3.14 – Принципиальная схема ШИМ управления светодиодным драйвером

Чтобы указать выходное напряжение стабилизатора напряжения, нужно заменить значение напряжения на «XX». Требуется общая земля между входным и выходным напряжениями. Входное напряжение обычно на 2 В выше выходного напряжения даже во время низкой точки на входе пульсации напряжения. Входной конденсатор стабилизатора напряжения требуется, если регулятор расположен на значительном расстоянии от фильтра источника питания. Выходной конденсатор улучшает стабильность и переходные характеристики [30].

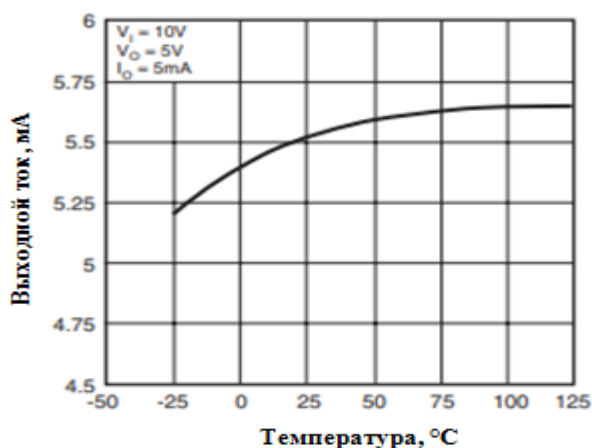


Рисунок 3.15 – Типичная характеристика стабилизатора напряжения: зависимость выходного тока от температуры

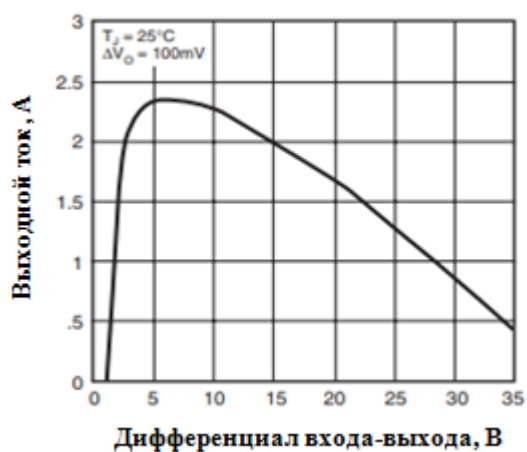


Рисунок 3.16 – Типичная характеристика номинального выходного тока стабилизатора напряжения

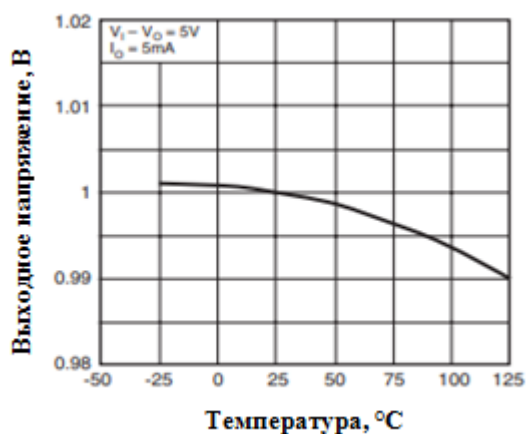


Рисунок 3.17 – Типичная характеристика выходного напряжения стабилизатора напряжения

ATtiny13 - это 8-битный КМОП-микроконтроллер (Комплементарная структура металл-оксид-полупроводник) с низким энергопотреблением, основанный на улучшенной RISC AVR архитектуры. Выполняя мощные инструкции за один такт, ATtiny13 достигает пропускной способности, приближенную к 1 MIPS (Миллион инструкций в секунду) на МГц, что позволяет разработчику системы оптимизировать энергопотребление в зависимости от скорости обработки.

Порт В микроконтроллера ATtiny13 - это 6-битный двунаправленный порт ввода-вывода с внутренними подтягивающими резисторами (выбирается для каждого бита отдельно).

Вывод Reset выполняет роль сброса программы, написанной в микроконтроллер.

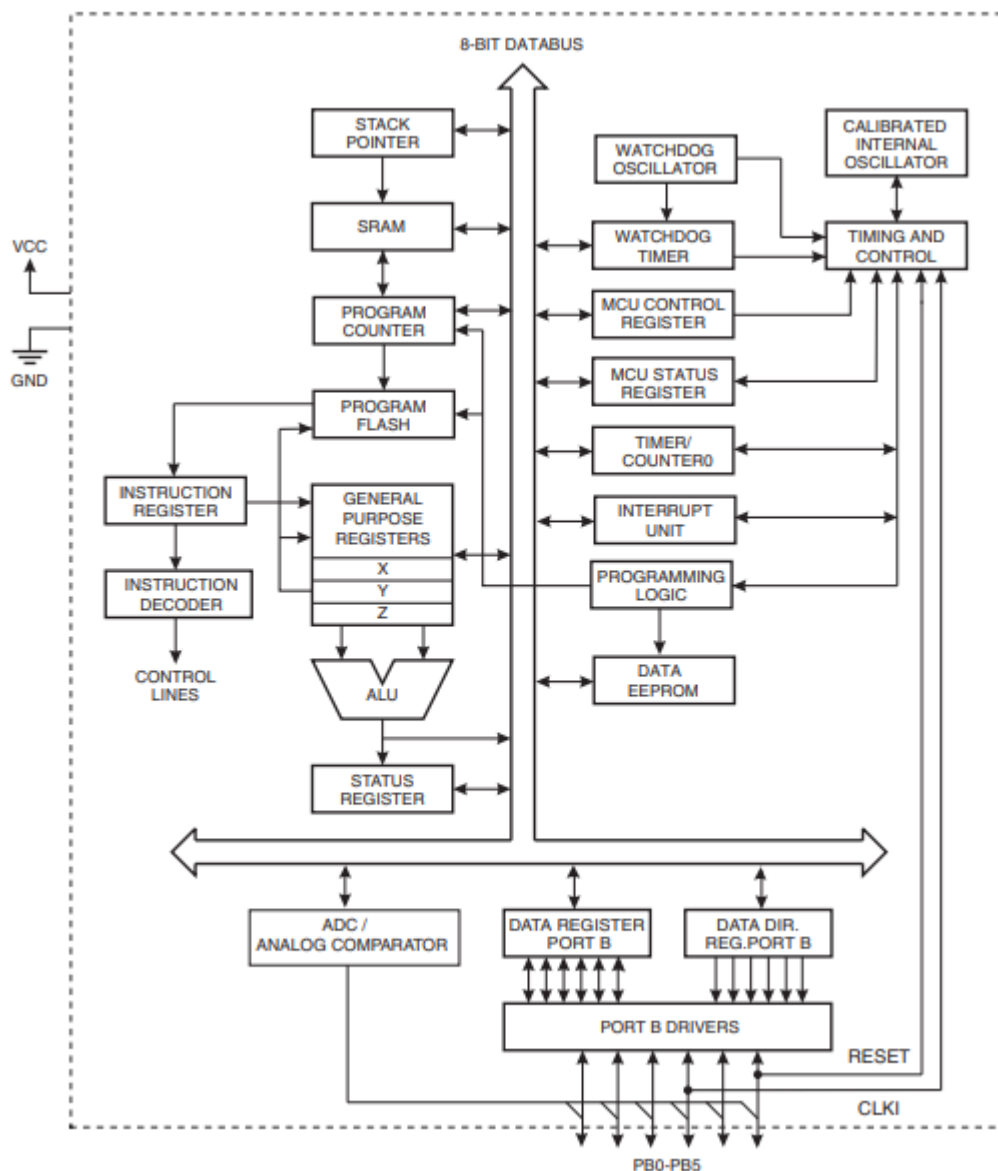


Рисунок 3.18 – Блок-диаграмма микроконтроллера ATtiny13

Ядро AVR имеет набор команд с 32 рабочими регистрами общего назначения. Все 32 регистры напрямую связаны с Арифметико-логическим управлением (АЛУ).

Архитектура микроконтроллера более эффективна в отношении кода, обеспечивает пропускную способность до десяти раз быстрее, чем у обычных CISC-микроконтроллеров.

Устройство изготовлено по технологии энергонезависимой памяти Atmel. Встроенная ISP Flash позволяет перепрограммировать память программы.

Т а б л и ц а 3.1 – Функции портов В микроконтроллера ATtiny13

Пины порта	Функции
PB0	MOSI: Вывод основных данных / Ввод ведомых данных



PB1	MOSI: Вывод основных данных / Ввод ведомых данных
PB2	SCK: последовательный тактовый вход
PB3	CLKI: Внешний вход синхронизации
PB4	ADC2: входной канал АЦП 2
PB5	RESET: Сброс

Быстрая широтно-импульсная модуляция обеспечивает возможность генерации высокочастотного сигнала ШИМ. Счетчик считает снизу вверх и перезапускается снизу. TOP выражается как 0xFF. В этом быстром режиме счетчик увеличивается до тех пор, пока его значение не совпадет со значением TOP.

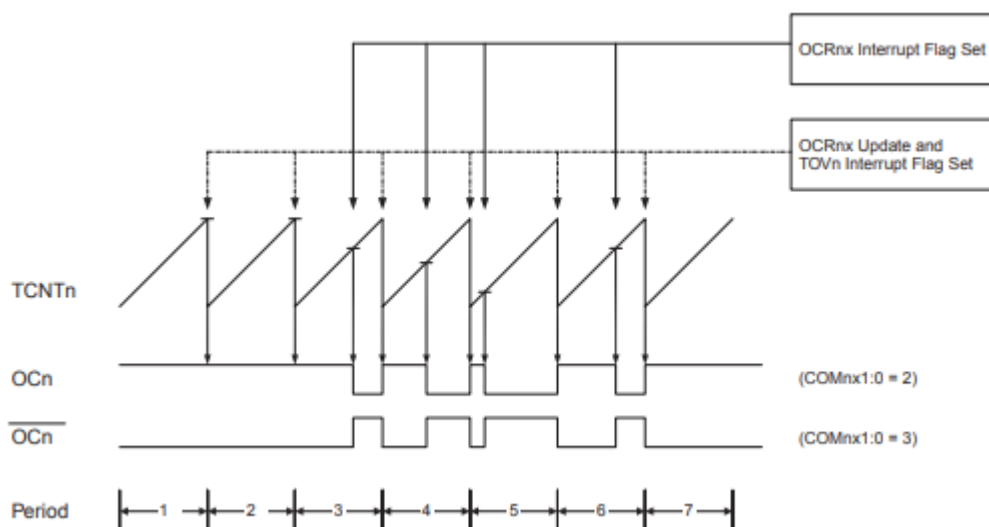


Рисунок 3.19 - Режим быстрой ШИМ, временная диаграмма

Флаг переполнения таймера / счетчика (TOV0) устанавливается каждый раз, в то время когда счетчик достигает значения TOP. При прерывании подпрограмма обработчика прерывания используется для обновления значения сравнения. В режиме быстрой ШИМ блок сравнения дает возможность генерировать сигналы ШИМ на выводах OC0x. Установка битов COM0x1 приведет к получению неинвертированного и инвертированного выхода ШИМ [31].

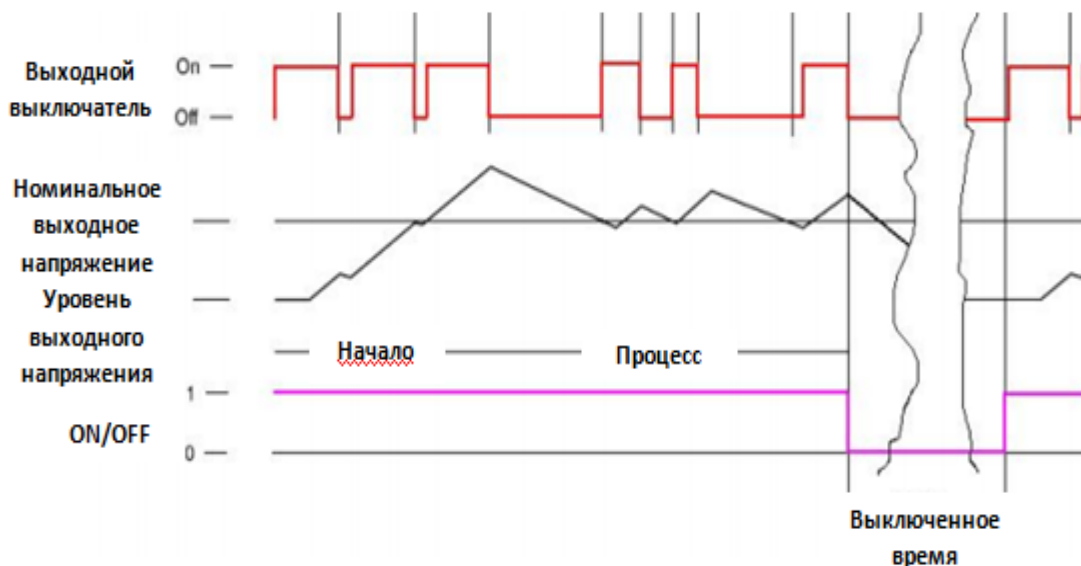


Рисунок 3.20 - Типичные рабочие сигналы светодиодного драйвера

### 3.2.3 Экспериментальное моделирование ШИМ управления для светодиодного драйвера в программе Proteus

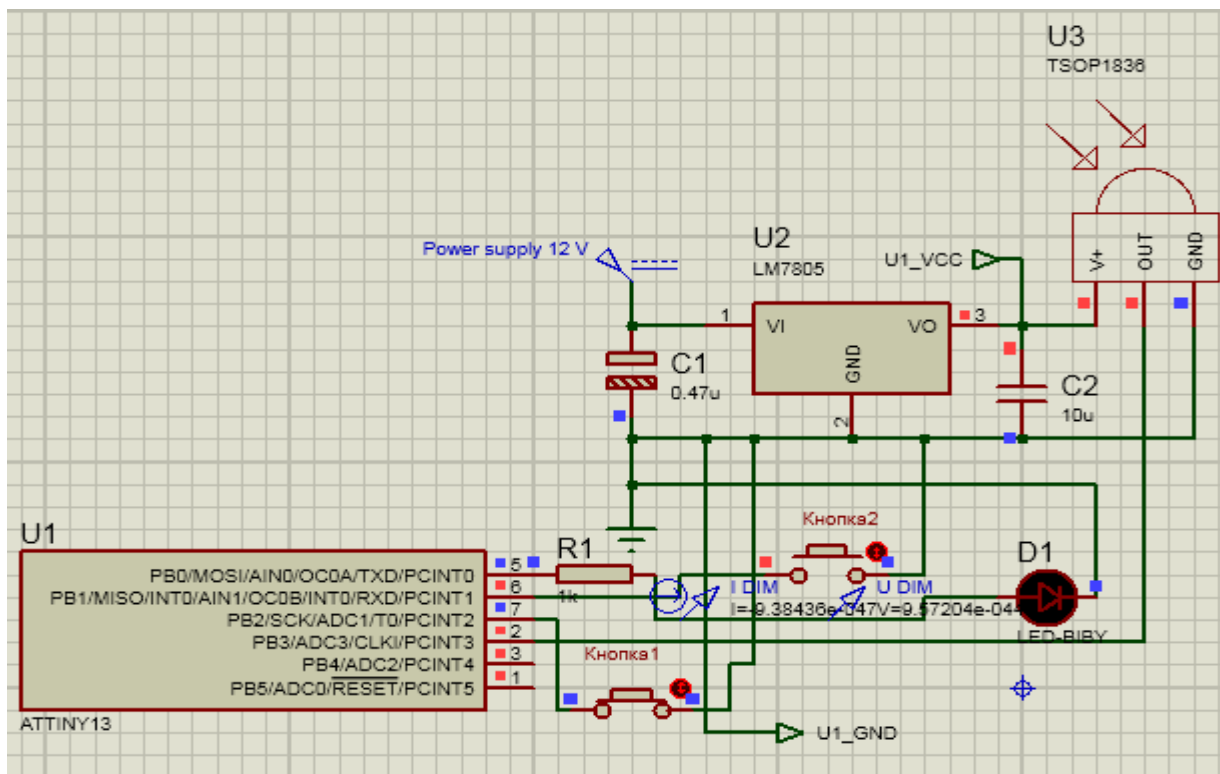


Рисунок 3.20 – ШИМ управление для светодиодного драйвера

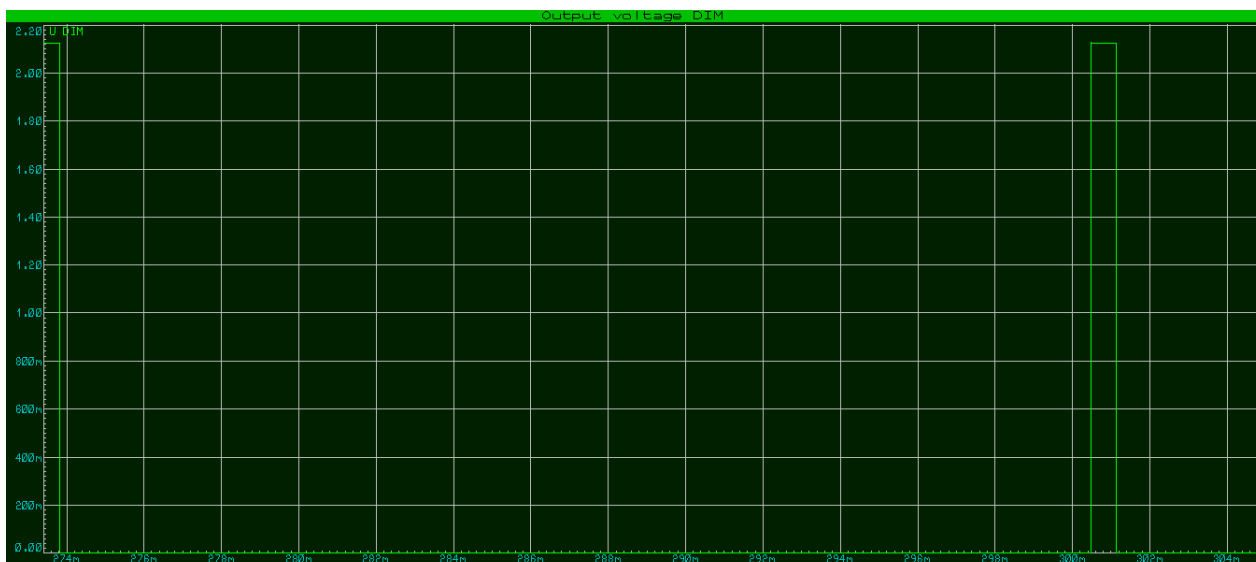


Рисунок 3.21 – Выходное напряжение ШИМ управления

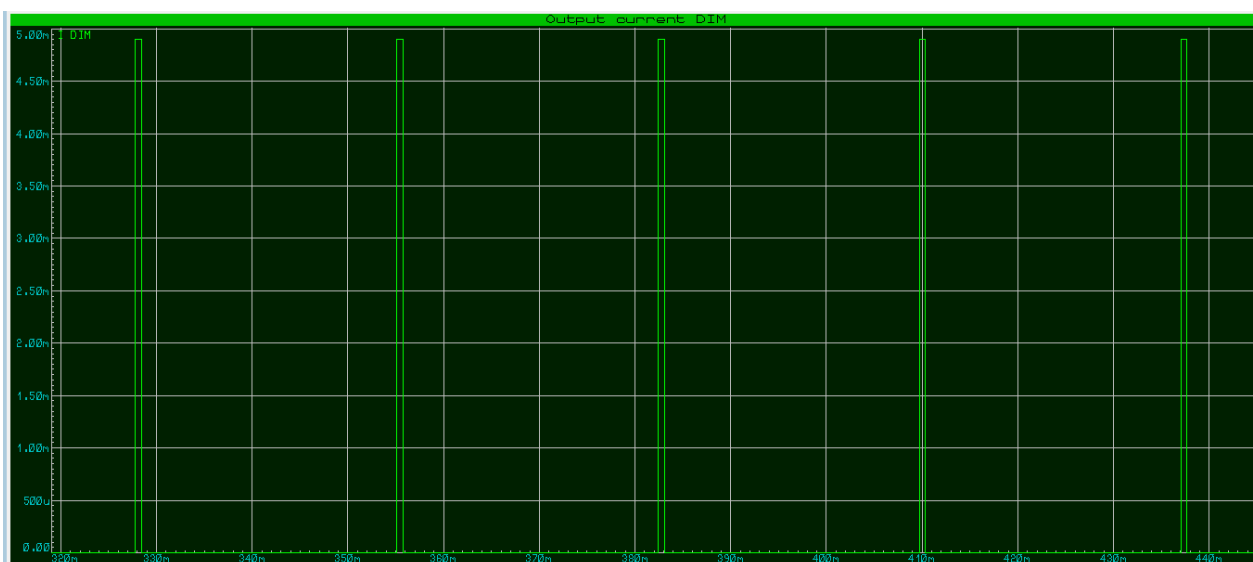


Рисунок 3.22 – Выходной ток ШИМ управления

При объяснении алгоритма управления ШИМ, упоминалось, что он дает прямоугольные импульсные сигналы на выходе. Результатом являются графики выходного напряжения и тока. То есть, при регулировании яркости светодиода или светодиодной лампы с помощью кнопок увеличения и уменьшения, нам нужно получать сигналы типа 0 и 1 в зависимости от определенного времени. 0 означает, что кнопка не была нажата, а 1 означает обратное.

В техническом документе драйвера светодиода NCV3066DR2G указано, что на вход ШИМ должно подаваться напряжение от -0,3 до 25 В. Наши экспериментальные результаты в программе Proteus соответствуют этому.

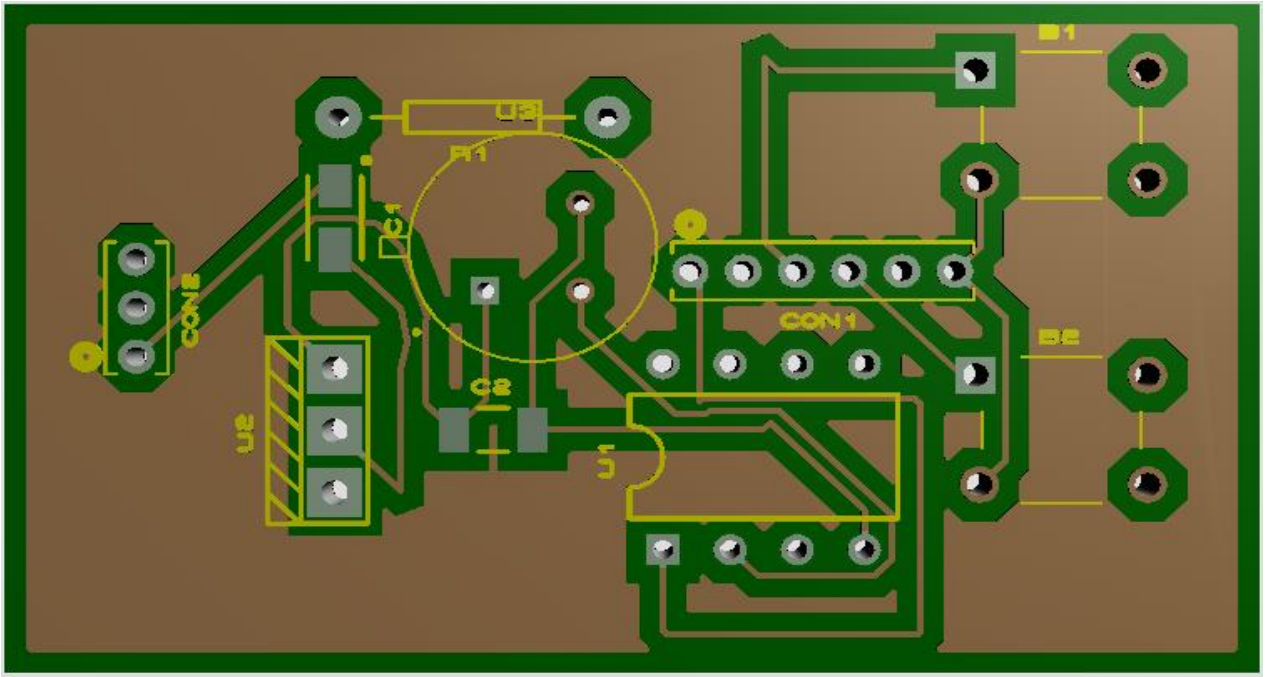


Рисунок 3.23 – Модель передней стороны ШИМ управления на печатной плате без элементов

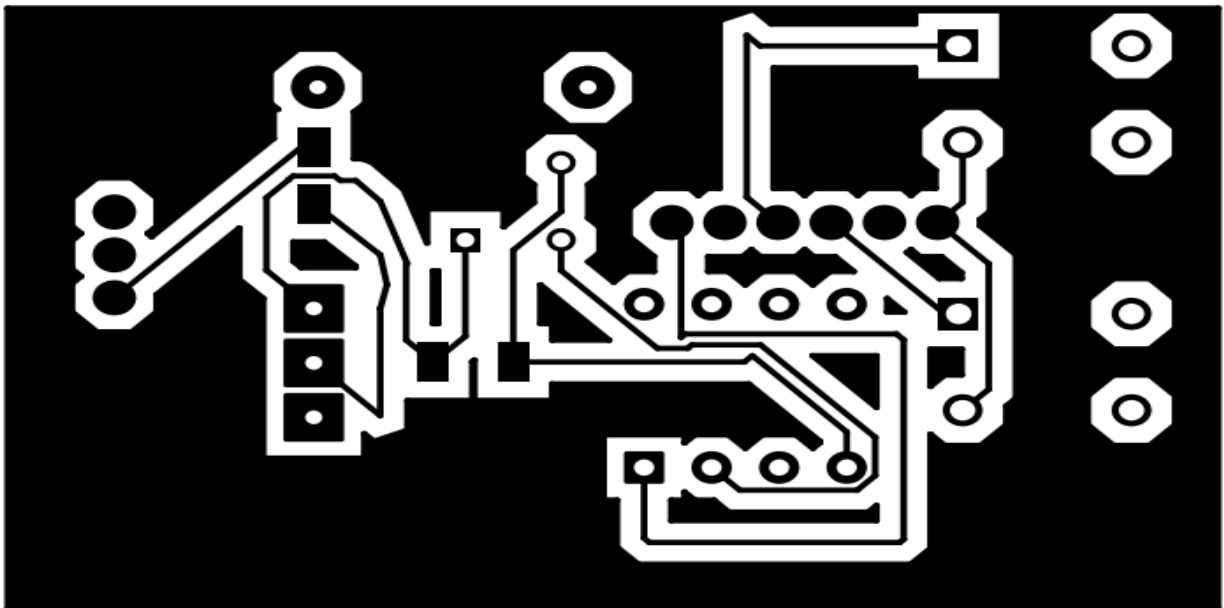


Рисунок 3.24 – Передняя сторона печатной платы для пайки

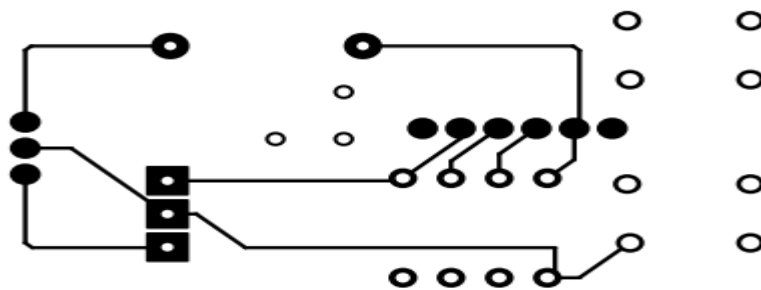


Рисунок 3.25 – Задняя сторона печатной платы для пайки

### 3.3 Принцип работы, расчет и моделирование инновационного светодиодного драйвера

#### 3.3.1 Принцип работы инновационного светодиодного драйвера

Инновационный светодиодный драйвер позволяет обеспечивать светодиоды постоянным током 750 мА или 1А (будет зависеть от значения токоизмерительного резистора). Микросхема светодиодного драйвера имеет специальный вывод, через который осуществляется ШИМ управление внешним ШИМ-сигналом с частотой до 1 кГц. Драйвер питается постоянным напряжением в диапазоне 8-17 Вольт, в экспериментальном моделировании было подано питание 12 В.

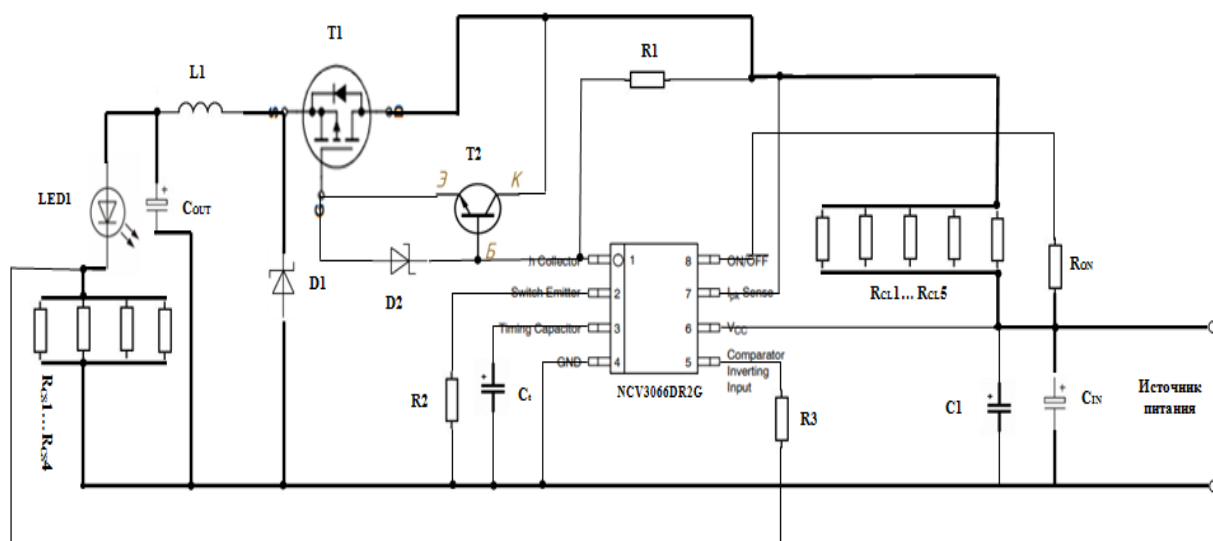


Рисунок 3.26 – Принципиальная схема светодиодного драйвера

В схеме драйвера для упрочнения сигнала используется внешний ключ, в качестве которого используется мощный полевой транзистор.

Управление полевым транзистором состоит из резисторов  $R_1$ ,  $R_2$ , транзистора  $T_2$  и диода  $D_2$ . Все они предназначены для ускорения работы переключений полевого транзистора, чтобы он смог более быстро открыться и закрыться. Когда внутренний ключ микросхемы драйвера открывается, падает потенциал точки, которая подключена к выводу SWC. Таким образом, открывается диод  $D_2$ , соответственно, транзистор  $T_2$  закрыт. А затвор биполярного транзистора разряжается через диод  $D_2$ , транзистор микросхемы драйвера и резистор  $R_2$ .

А когда внутренний ключ микросхемы драйвера закрывается, база транзистора  $T_2$  подтягивается через  $R_1$  к источнику питания. В этом случае, закрывается диод  $D_2$  и открывается транзистор  $T_2$  и затвор быстро заряжается до напряжения источника питания. Исходя из этого следует, что диод Шоттки  $D_2$  не обязательно должен быть мощным, а необходимо был быстрым. При выборе элементов нужно учитывать, чтобы диод  $D_2$  и транзистор  $T_2$  должны быть рассчитаны на напряжение не ниже максимального напряжения

источника питания для драйвера. То есть, в нашем случае, должны быть запитаны напряжением не ниже 12 В. Диод  $D_2$  и транзистор  $T_2$  рассчитаны на напряжение 30 В.

Значение делителя  $R_1/R_2$  нужно быть достаточным для полного и быстрого открытия полевого транзистора при минимальном напряжении источника питания драйвера, в то же время ток через делитель не должен быть чрезмерно большим. В данном варианте  $R_1=1$  кОм и  $R_2=470$  Ом.

Чтобы наш светодиодный драйвер выдавал на выходе тока 1 А нужно заменить токоизмерительный и токоограничительный резисторы.  $R_{CS}$  на 0,2 Ом получим, соединив параллельно три резистора на 1 Ом и резистор на 0,82 Ом и  $R_{CL}$  на 0,17 Ом, соединив параллельно 5 резисторов на 0,82 Ом.

$$R_{CS} = \frac{V_{\text{опорное}}}{I_{\text{выход}}} = \frac{0.2 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 0.2 \text{ Ом.} \quad (3.15)$$

Чтобы регулировать выходное напряжение также используем эту формулу.

Этот светодиодный драйвер играет повышающую роль, то есть на выходе драйвера получится усиленный сигнал входного тока благодаря ключам в самой микросхеме драйвера, а также в схеме светодиодного драйвера. Если входной ток будет примерно до 0,3-0,5 А, то мы сможем обеспечить на выходе нашего драйвера 0,7-1 А током и т.д. Сама микросхема драйвера рассчитана выдавать ток на выходе до 1,5 А.

В таком варианте схемы светодиодного драйвера при минимальном входном напряжении 8 В получим расчётные гарантированные 3 Вт. А при в нашем экспериментальном 12 В мы снимаем мощность от 3 до 4 Вт. Примерное значение КПД для данного разрабатываемого светодиодного драйвера:

$$\eta = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}} = \frac{3.5 \text{ В} \cdot 1 \text{ А}}{12 \text{ В} \cdot 0.3 \text{ А}} = \frac{3.5 \text{ Вт}}{3.6 \text{ Вт}} \approx 0.97 \approx 97\%. \quad (3.16)$$

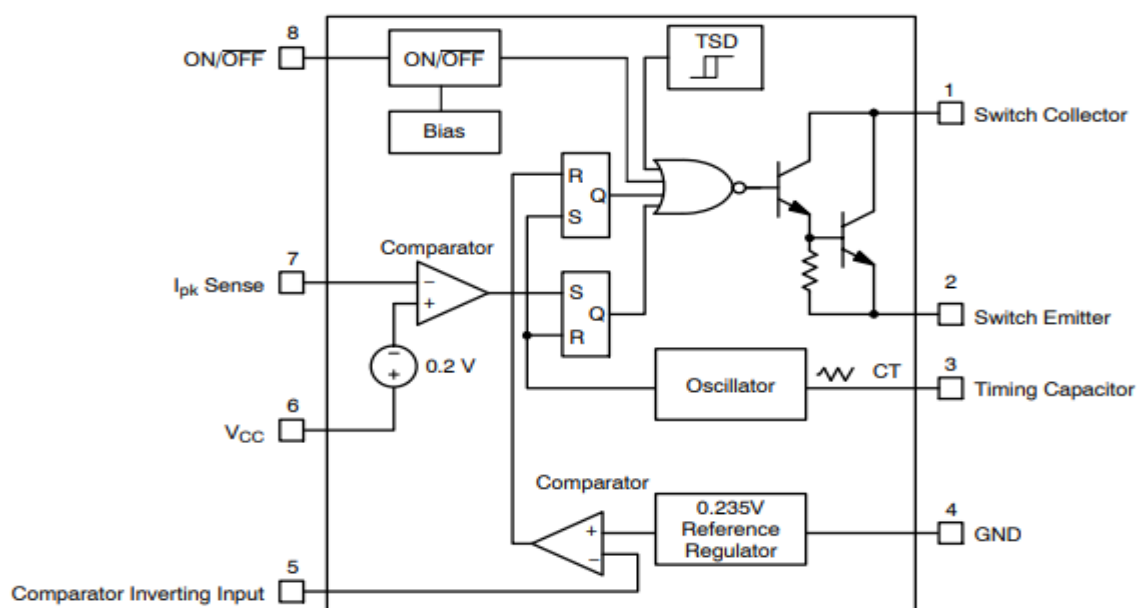


Рисунок 3.27 – Блок-диаграмма микросхемы светодиодного драйвера

Как видно, из диаграммы на вывод ШИМ управления подается напряжение и ток прямоугольных импульсов. Этот сигнал и пороговое значение напряжения (TSD) поступает на вход логической функции или-не.

На вход светодиодного драйвера подается ток от источника питания, этот же ток ограничивается с помощью токоограничивающего резистора на входе микросхемы для измерения пикового тока и поступает на ее специальный вывод. Поступленный ограниченный ток сравнивается с помощью компаратора с током от самого источника питания. Но, ток от источника питания тоже с некоторыми пределами ограничивается при помощи функции сравнения, регулируя напряжения светодиодного драйвера. Иными словами, входное напряжение каждый раз будет вычитать из себя 0,2 В напряжения и продолжится до тех пор, пока мы не получим необходимый нам ток. Компаратор аналоговых сигналов принимает на свои входы два аналоговых сигнала и выдает сигнал высокого уровня, если сигнал на неинвертирующем входе больше, чем на инвертирующем входе. И сигнал низкого уровня, если сигнал на неинвертирующем входе меньше, чем на инвертирующем входе. Величина выходного сигнала компаратора при равенстве входных сигналов или напряжения, в общем случае не определено. В логических схемах сигналу высокого уровня приписываем значение 1, а низкому 0. Значение от компаратора попадет на вход S RS триггера. Ограниченное значение тока от светодиодов подается на инвертирующий входной вывод еще одного внутреннего компаратора, а на неинвертирующий вход низкое напряжение обратной связи 0,235 В (номинальное), которое используется для регулирования среднего тока светодиодов. Сопоставимый сигнал будет на входе R RS триггера. А также величина от генератора тактовых импульсов (частоты), получающего сигнала от времязадающего конденсатора поступает на оба входы триггера. Генератор импульсов предназначен для синхронизации различных процессов в цифровых устройствах, вырабатывая электрические импульсы заданной частоты, считая количество импульсов, измеряя временные интервалы. Обычно один тактовый импульс соответствует одной атомарной операции. Обработка одной инструкции производится за один или несколько тактов работы микросхемы в зависимости от архитектуры. Частота этих импульсов будет выдавать скорость вычислений операций.

Все поступленные сигналы на логическую функцию инвертируются и усиливаются внутренними ключами микросхемы. Параллельное соединение транзисторов имеет вдвое больший коэффициент усиления и обладает более высоким КПД. Такое соединение выгодно для соединения их с различными видами приводимости. Сигнал для внутреннего коллектора микросхемы ограничивается при помощи резистора  $R_1$ . А для закрытия внешних ключей вспомогательно подключаем на внутренний эмиттерный вывод резистор  $R_2$ .

Токозадающий резистор в схеме драйвера предназначен для регулирования выходного тока драйвера светодиодов.

Чтобы получить больше среднего значения тока нужно увеличить величину индуктивности катушки.

Выходной конденсатор используется для сглаживания пульсаций выходного напряжения. Керамические конденсаторы имеют больше достоинства, чем электролитические. Например, низкое значение внутреннего сопротивления, стойкость к перенапряжениям, пропускают большие импульсные токи, не высыхают, компактные.

Когда транзистор T1 открыт, ток течет на светодиоды и диод D1 закрыт. Когда транзистор T1 закрыт, светодиоды разряжаются через диод D1 и он открыт.

Если вывод вкл/выкл микросхемы драйвера не подключается к ШИМ управлению, тогда, чтобы защитить вывод ШИМ необходимо к нему соединить резистор  $R_{ON}$  10 кОм.

Входной конденсатор используется для выдерживания среднеквадратического тока.

Т а б л и ц а 3.2 – Параметры для выводов микросхемы светодиодного драйвера NCV3066DR2G

Параметры	Значения
$V_{CC}$ , В	0...+42
Comparator inverting input, В	-0,3...+ $V_{CC}$
Switch collector, В	-0,3...+42
Switch emitter, В	-0,6...+ $V_{CC}$
Switch collector к emitter, В	-0,3...+42
Switch current, А	1,5
$I_{pk}$ , В	-0,3...+ $V_{CC}+0,3$
Timing capacitor, В	-0,2...+1,4
$V_{ON/OFF}$ , В	-0,3...+25< $V_{CC}$

Значения, превышающие указанные в верхней таблице могут повредить устройство. Данное устройство защищено от электростатических разрядов.

Т а б л и ц а 3.3 – Электрические характеристики микросхемы светодиодного драйвера NCV3066DR2G (при  $V_{CC}=5$  В,  $-40^{\circ}\text{C}<T<+125^{\circ}\text{C}$ )

Параметры	Значения
Номинальное напряжение от коллектора к эмиттеру, В	1,3
Максимальный ток в нерабочем состоянии коллектора, мкА	10
Максимальное пороговое напряжение, мВ	235±10



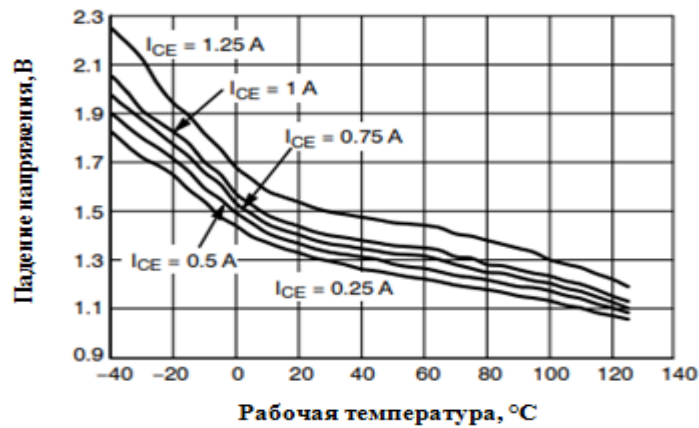


Рисунок 3.28 – Падение напряжения на эмиттере

Компаратор обратной связи в микросхеме драйвера обнаруживает уровень выходного напряжения. Если значение ниже номинального, то это заставляет выходной переключатель включаться и выключаться с частотой и рабочим циклом, управляемым генератором и накачивает конденсатор выходного фильтра. Если уровень выходного напряжения достигает номинального значения, тогда цикл переключения выхода блокируется. Если по причине тока нагрузки выходное напряжение падает ниже номинального значения, обратная связь у компаратора делает немедленное переключение.

Частота генератора, время выключения выходного переключателя осуществляется конденсатором  $C_f$ . Пик генератора составляет 500 мВ.

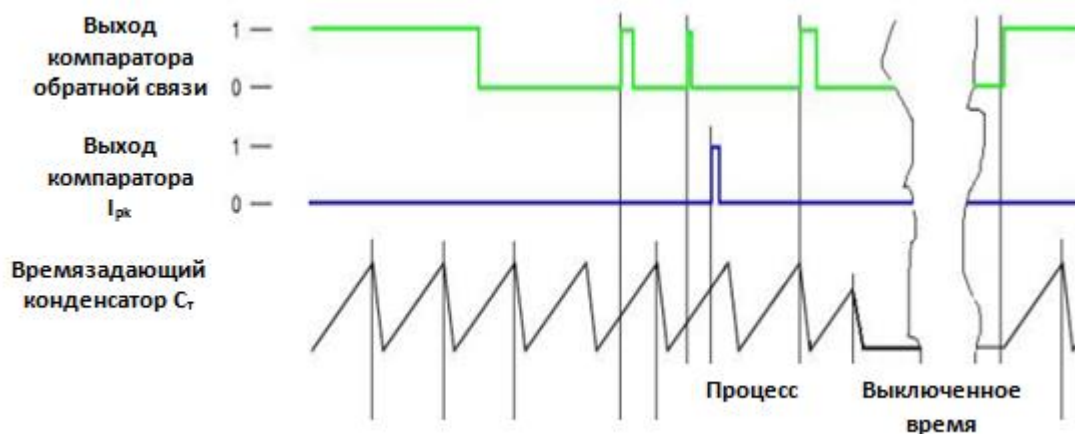


Рисунок 3.29 – Типичные рабочие характеристики светодиодного драйвера NCV3066DR2G

Вытягивание вывода вкл/выкл светодиодного драйвера выше 2,4 В (максимально до 25 В) позволяет регулятору управлять яркостью в нормальном состоянии.

Жирными линиями на схеме светодиодного драйвера показаны участки, по которым протекает большой ток. Поэтому, при проектировании платы эти линии нужно сделать короткими и толстыми.

### 3.3.2 Расчет инновационного светодиодного драйвера

Величина токозадающего резистора  $R_{cs}$ :

$$R_{cs} = \frac{0.235}{I_{\text{ВЫХ}}} = \frac{0.235}{1 \text{ А}} \approx 0.2 \text{ Ом}, \quad (3.17)$$

где,  $I_{\text{ВЫХ}}$  - выходной ток от светодиодного драйвера.

Потеря мощности на токозадающем резисторе  $R_{cs}$ :

$$P_R = 0,2 \cdot I_{\text{ВЫХ}} = 0.2 \cdot 1 \text{ А} = 0.2 \text{ Вт}. \quad (3.18)$$

Максимальное выходное напряжение драйвера:

$$V_{\text{ВЫХ}} = (P_{\text{ВЫХ}} + P_R) / I_{\text{ВЫХ}} = (3.5 \text{ Вт} + 0.2 \text{ Вт}) / 1 \text{ А} = 3.7 \text{ В}. \quad (3.19)$$

Максимально необходимое для ключа отношение длительности импульса к длительности паузы:

$$\frac{t_{\text{ВКЛ МАКС}}}{t_{\text{ВЫКЛ МИН}}} = \frac{V_{\text{ВЫХ}} + V_{\text{П}}}{V_{\text{in min}} - V_{\text{SWCE}} - V_{\text{ВЫХ}}} = \frac{3.7 \text{ В} + 0.4 \text{ В}}{11 \text{ В} - 1.2 \text{ В} - 3.7 \text{ В}} = \frac{4.1 \text{ В}}{6.1 \text{ В}} \approx 0.67, \quad (3.20)$$

где,  $V_{\text{П}}$  - падение напряжения на силовом диоде D1;

$V_{\text{SWCE}}$  – падение напряжения на внутреннем транзисторе T1 микросхемы светодиодного драйвера.

Полученное соотношение не должно превышать минимального гарантированного отношения 5,5 тока разряда к току заряда времязадающего конденсатора. Если  $t_{\text{он}}/t_{\text{off}}$  получится больше 5,5 - придётся либо увеличить минимальное входное напряжение, либо уменьшить максимальную выходную мощность.

Отношение длительности импульса к длительности паузы при максимальном пиковом токе:

$$\frac{t_{\text{ВКЛ}}}{t_{\text{ВЫКЛ}}} = \frac{V_{\text{ВЫХ}} + V_{\text{П}}}{V_{\text{ВХ МАКС}} - V_{\text{SWCE}} - V_{\text{ВЫХ}}} = \frac{3.7 \text{ В} + 0.4 \text{ В}}{13 \text{ В} - 1.2 \text{ В} - 3.7 \text{ В}} = \frac{4.1 \text{ В}}{8.1 \text{ В}} \approx 0.51. \quad (3.22)$$

Длительность импульса при максимальном пиковом токе:

$$t_{\text{ВКЛ}} = \frac{t_{\text{ВКЛ}}/t_{\text{ВЫКЛ}}}{f \cdot (1 + \frac{t_{\text{ВКЛ}}}{t_{\text{ВЫКЛ}}})} = \frac{0.51}{170 \text{ кГц} \cdot (1 + 0.51)} = \frac{0.51}{256.7 \text{ кГц}} \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}, \quad (3.23)$$

где,  $f$  – тактовая частота микросхемы светодиодного драйвера.

Емкость времязадающего конденсатора определяется по формуле:

$$C_t [\text{пФ}] = \frac{381.6 \cdot 10^{-6}}{f [\text{МГц}]} - 343 \cdot 10^{-12}. \quad (3.24)$$

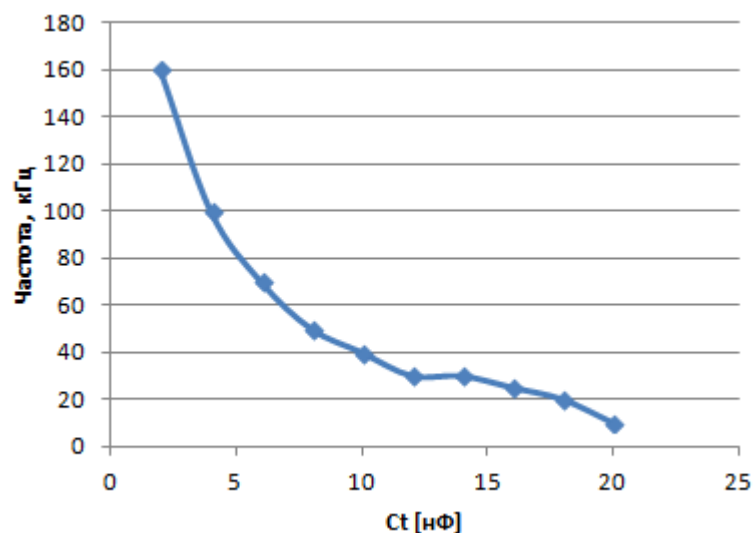


Рисунок 3.30 – Определение емкость времязадающего конденсатора по графику

Пиковый ток играет важную роль при выборе катушки. Ток насыщения катушки должен быть больше расчётного пикового тока светодиодного драйвера (с запасом в 10-20%).

$$I_{cp} = I_{вых} = 1 \text{ A}, \quad (3.25)$$

где,  $I_{cp}$  – среднее значение тока через катушку индуктивности.

$$I_{pk} = (1 + LIR/2) \cdot I_{cp} = (1 + \frac{0.5}{2}) \cdot 1 \text{ A} = 1.25 \text{ A}, \quad (3.26)$$

где,  $LIR$  – относительные пульсации тока в катушке индуктивности (50%).

Величина токоограничительного резистора ( $R_{pk}$ ):

$$R_{pk} = 0.2 / I_{pk} = 0.2 / 1.25 \text{ A} = 0.16 \text{ A}. \quad (3.27)$$

Индуктивность катушки:

$$L = \frac{V_{вх \text{ макс}} - V_{SWCE} - V_{вых}}{LIR \cdot I_{вых}} \cdot t_{on} = \frac{13 \text{ В} - 1.2 \text{ В} - 3.7 \text{ В}}{0.5 \cdot 1 \text{ A}} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 32.4 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}. \quad (3.28)$$

При выборе катушки рекомендуется выбрать значение больше расчетного. В нашем случае выбрана катушка равной значению 47 мкГн.

Емкость выходного конденсатора:

$$C = \frac{1}{8 \cdot f_{генератор} \cdot (\frac{V_{p-p}}{LIR \cdot I_{вых}} - ESR)} = \frac{1}{8 \cdot 170 \text{ кГц} \cdot (\frac{50 \text{ мВ}}{0.5 \cdot 1 \text{ A}} - 0 \text{ Ом})} = 7.4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 7.4 \text{ мкФ}, \quad (3.29)$$

где,  $V_{пульсация}$  – допустимый уровень пульсаций выходного напряжения;  
 $ESR$  – внутреннее сопротивление выходного конденсатора [32, 33, 34].

### 3.3.3 Моделирование инновационного светодиодного драйвера в программе Proteus

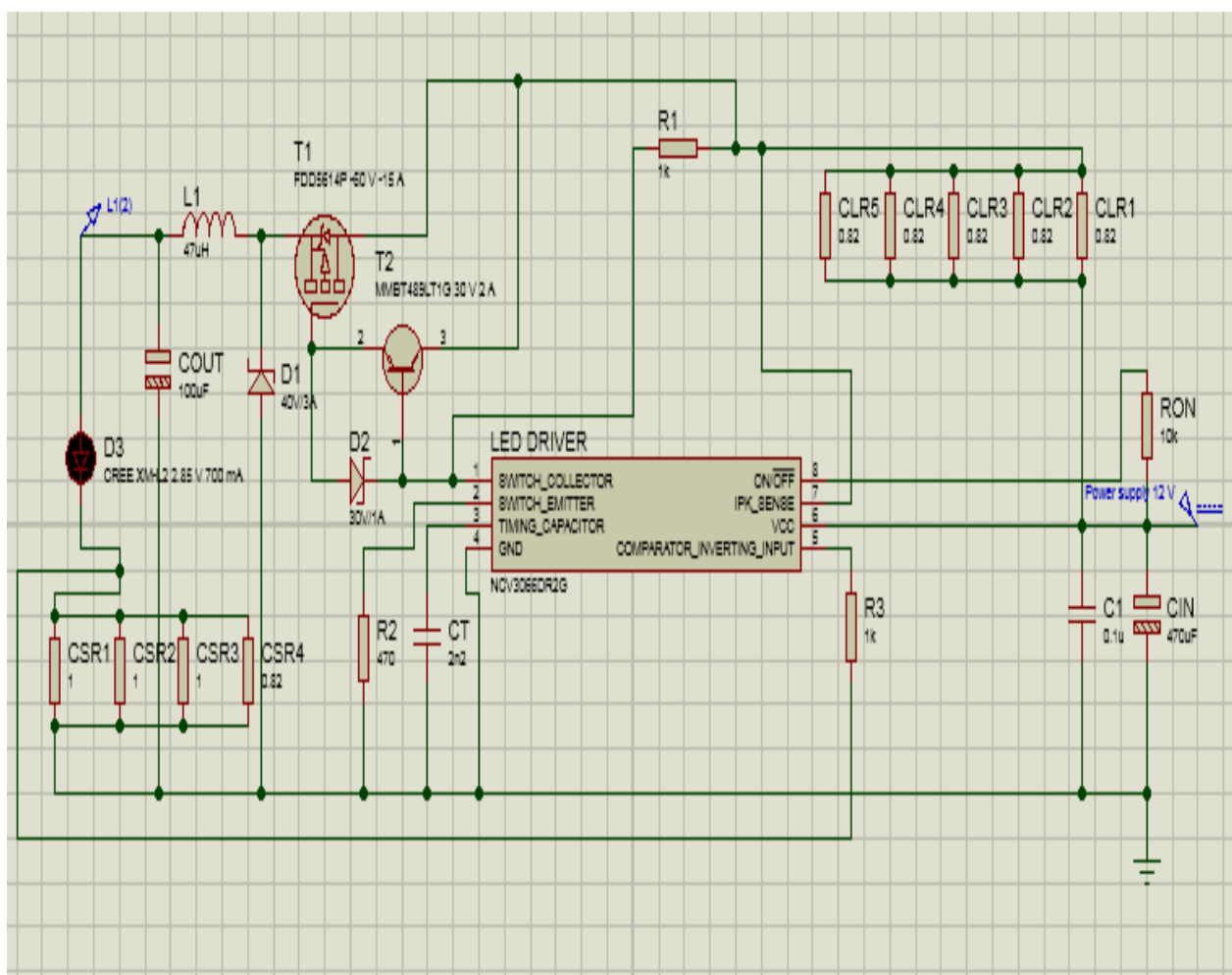


Рисунок 3.31 – Модель инновационного светодиодного драйвера

Поскольку показанная здесь модель выполняется только в виде экспериментальной программы, для получения требуемого значения выходных данных в реальном прототипе придется изменять значения некоторых элементов, даже если не соответствуют расчетным значениям. В данном случае, выходные напряжение и ток более зависимые токоограничивающего и токоограничительного резисторам. А также по причине нехватки некоторых элементов по соответствующим параметрам значений программа не может полноценна работать. Вследствие этого, на выходе светодиодного драйвера получим неверные значения и исследования. Поэтому такие вопросы следует учитывать при создании модели. Также в данном случае, в этой программе не хватает количеств транзисторов по соответствующими параметрами.

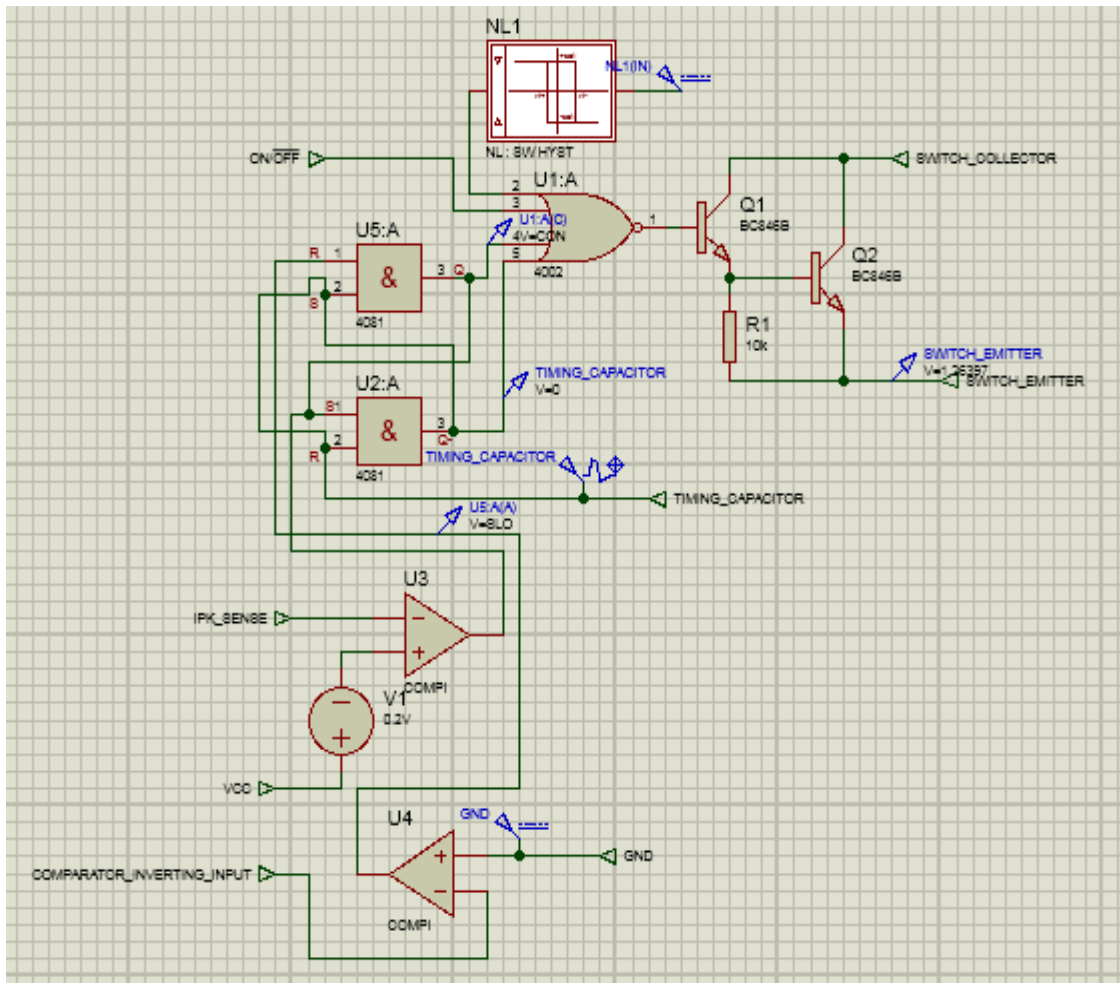


Рисунок 3.32 – Блок-диаграмма светодиодного драйвера NCV3066DR2G в программе Proteus

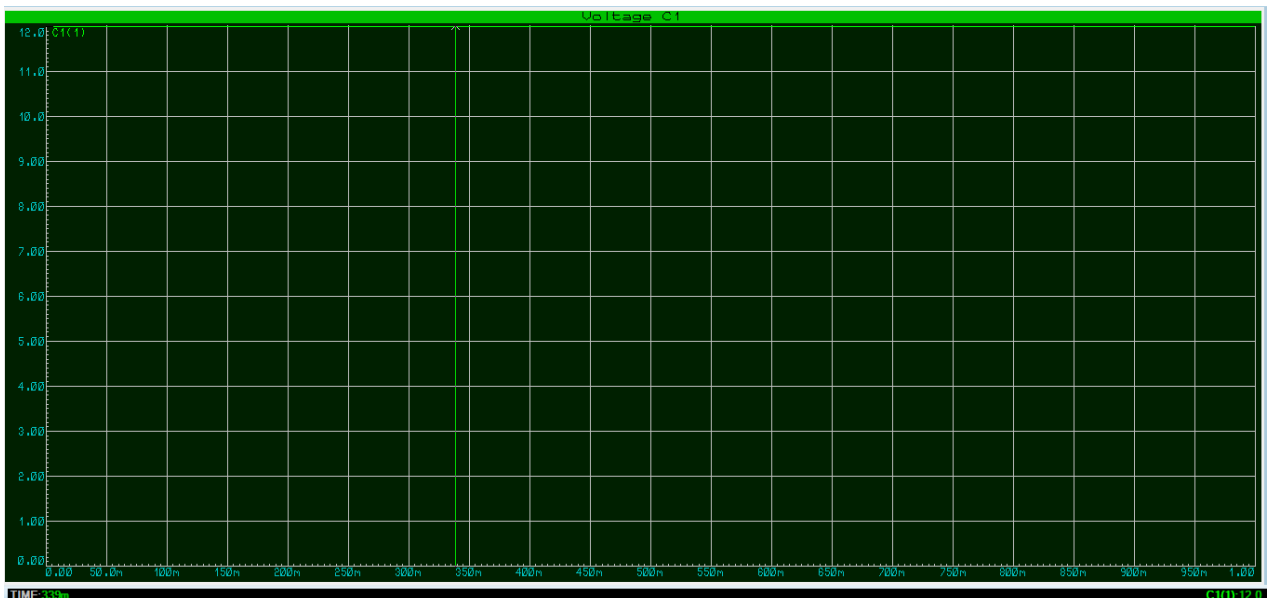


Рисунок 3.33 – Результат графика C1 экспериментального исследования

На вход C1 поступает 12 В напряжения.

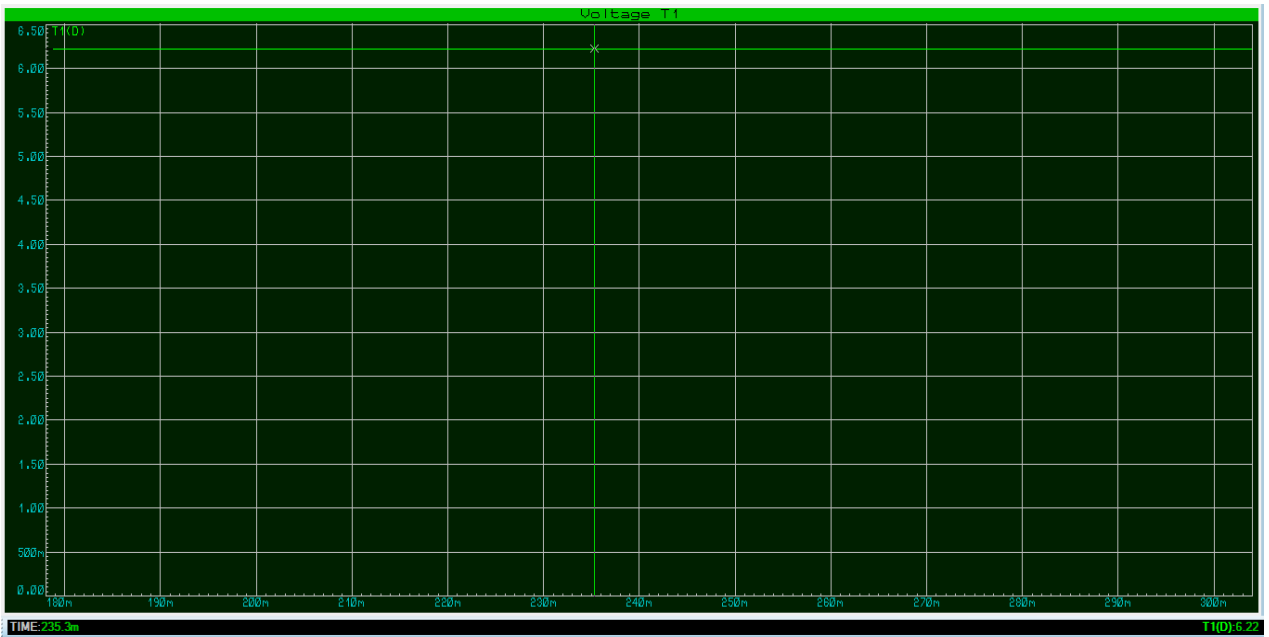


Рисунок 3.34 – Результат графика T1 экспериментального исследования  
 Напряжение на коллекторе биполярного транзистора T1 равно 6,2 В.

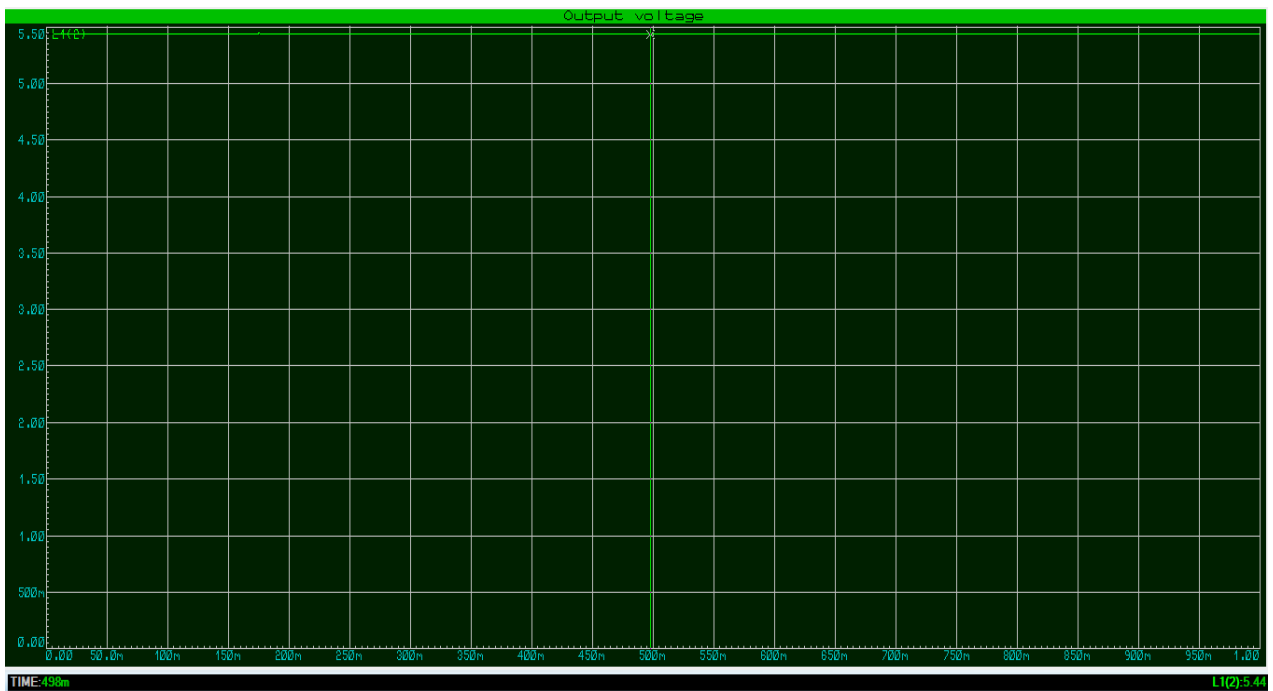


Рисунок 3.35 – Результат графика выходного напряжения светодиодного драйвера по экспериментальным исследованиям  
 Выходное напряжение равно 5,44 В.

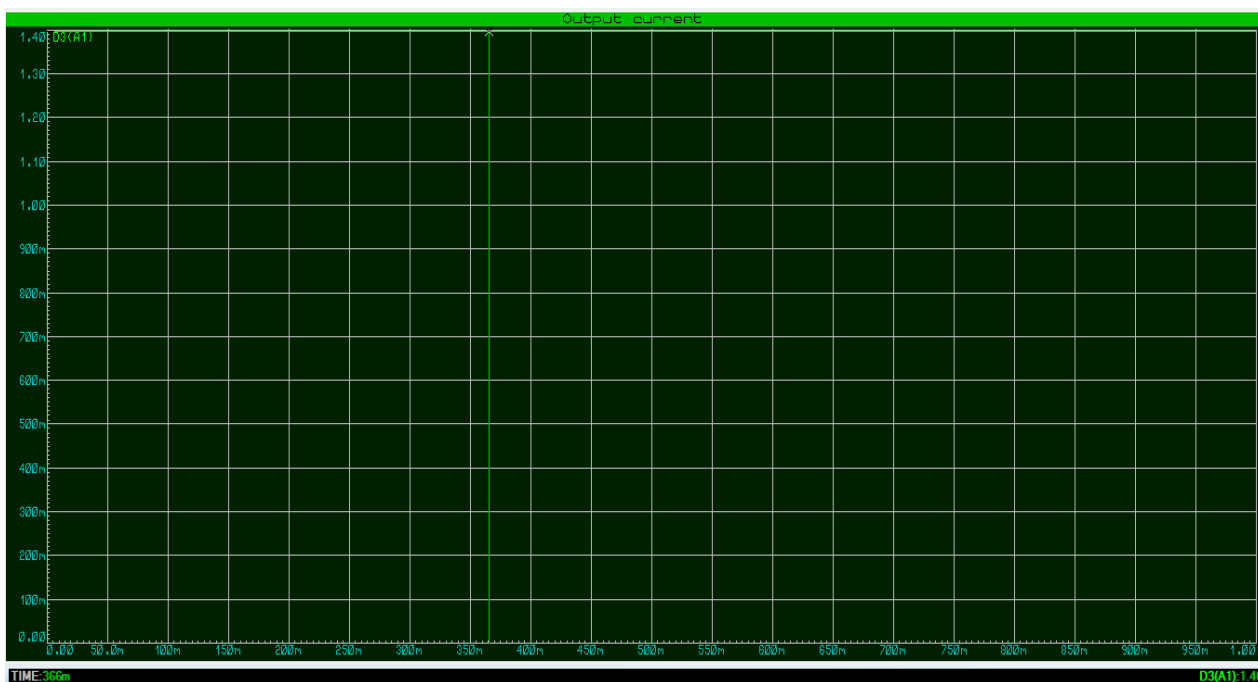


Рисунок 3.36 – Результат графика выходного тока светодиодного драйвера по экспериментальным исследованиям

Выходное значение тока равно около 1 А.

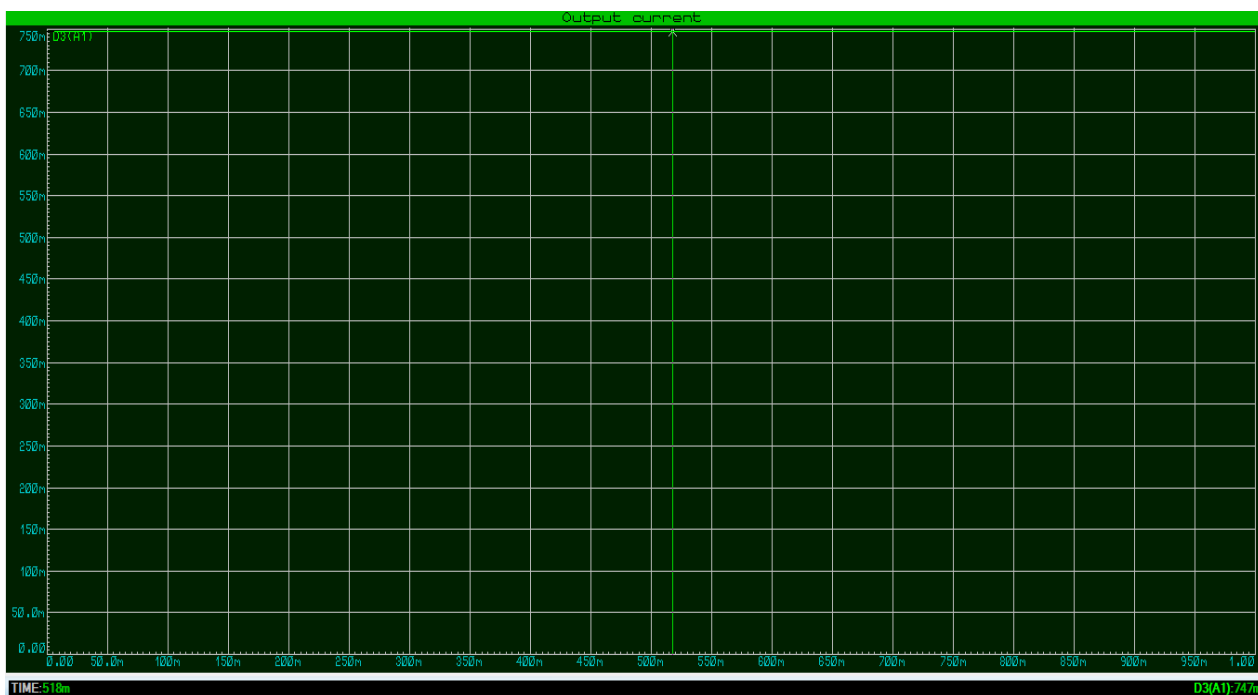


Рисунок 3.37 – Результат графика выходного тока светодиодного драйвера по экспериментальным исследованиям

Выходное значение тока равно около 0,7 А.

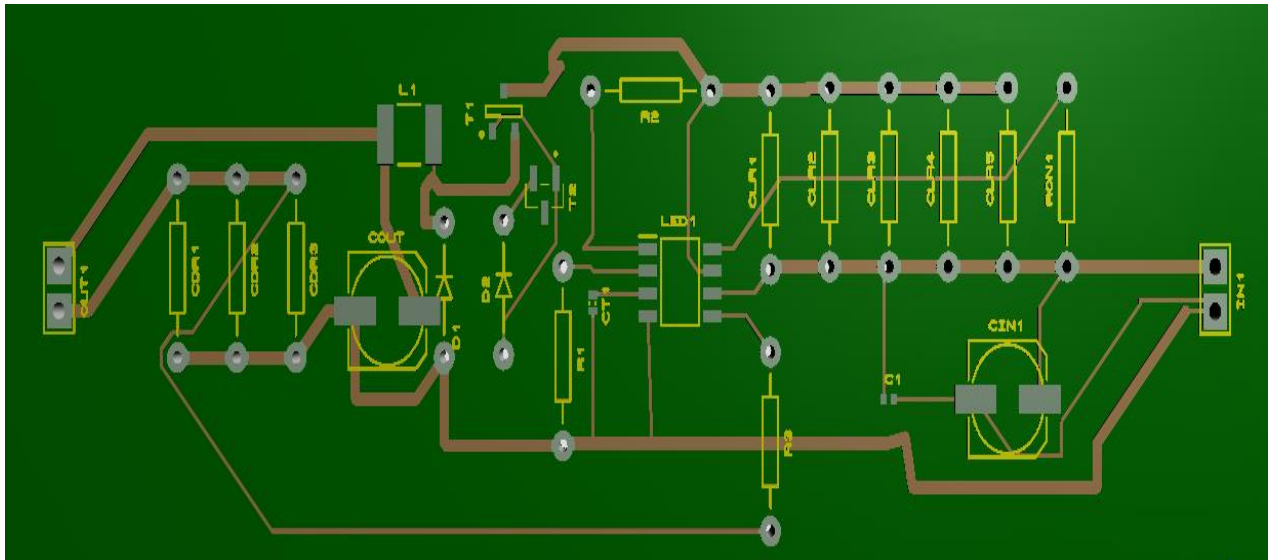


Рисунок 3.38 – Модель передней стороны печатной платы светодиодного драйвера

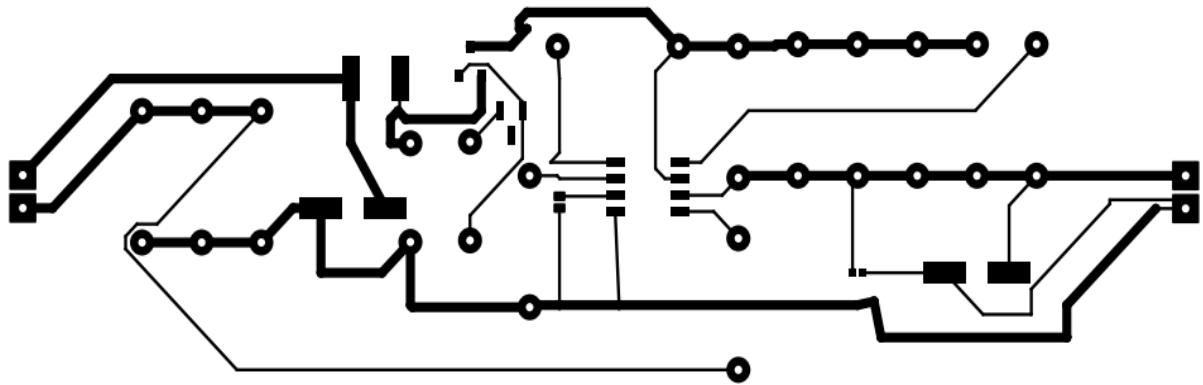


Рисунок 3.39 – Передняя сторона светодиодного драйвера для пайки

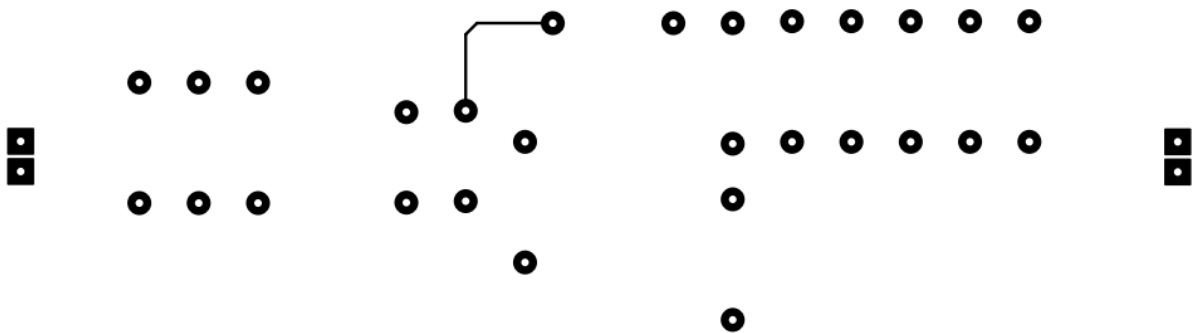


Рисунок 3.40 – Задняя сторона светодиодного драйвера для пайки

### 3.3.4 Применение операционного усилителя для усиления сигнала светодиодного драйвера

В операционном усилителе разность напряжений на его входах равна нулю из-за изменения своего выходного напряжения. Если разность  $U_1$ -



$U_2$  будет положительной, то выходное напряжение возрастает, наоборот если отрицательной, то уменьшается.

Если ток в цепи возрастет, это может вызвать увеличение падения напряжения на резисторе  $R_3$ . Соответственно, увеличивается напряжение на инвертирующем входе операционного усилителя. Если между входами операционного усилителя появляется отрицательная разность напряжений, то это будет ошибкой. А операционный усилитель стремится скомпенсировать эту разность выходного напряжения. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока напряжения на входах усилителя не станут равными.

Таким образом, мы стабилизируем напряжение на неинвертирующем входе [35].

Напряжение на неинвертирующем входе:

$$U_1 = U_{\text{питание}}$$

Напряжение на инвертирующем входе:

$$U_2 = I_n \cdot R_3$$

При равенстве напряжений равновесное состояние:

$$U_1 = U_2, I_n = U_{\text{п}} \cdot R_3$$

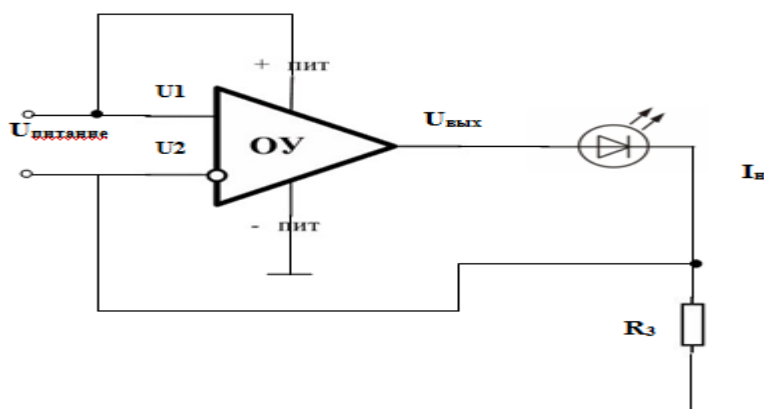


Рисунок 3.41 – Применение операционного усилителя для светодиодного драйвера

## Заключение

Итак, в заключение, драйвер светодиода является источником постоянного стабилизированного тока, который обеспечивает светодиодов. Драйверы светодиодов становятся все более доступными благодаря их доступности, небольшим размерам и экономии энергии. Существует много типов таких драйверов.

В этой диссертации инновационный светодиодный драйвер собран на основе специальной микросхемы. Он используется как понижающий драйвер для постоянного тока, собранного при помощи этой микросхемы. То есть, имеет возможность DC-DC преобразователя.

На вход экспериментально спроектированного драйвера подается постоянное напряжение 12 В и значение тока до 1 А. В результате значения 0,75 и 1 А постоянного тока были получены экспериментально. Результаты расчетов представлены в виде формул, а результаты общей работы представлены в виде графиков.

Специальный регулятор ШИМ используется для регулировки яркости светодиодов на выходе этого драйвера. То есть ШИМ определяется в форме прямоугольных управляющих сигналов, также в форме графика, указывающего, нажата кнопка или нет. Кроме того, эти прямоугольные сигналы зависят от времени. Другими словами, мы можем видеть на графике, как долго была нажата кнопка или нет.

А также можно использовать специальный инфракрасный пульт дистанционного управления для драйвера светодиодов. Управление контролируется дистанционно. Для выполнения такого контроля нужно написать специальный код в микросхему драйвера светодиода. Этот код выполняется на языке Ассемблера.

В итоге, основной результат, заключается в том, что они играют очень важную роль в области экономии энергии. То есть, он обладает способностью экономить потребляемую энергию в 10-20 раз больше, чем обычные люминесцентные лампы и лампы накаливания. Поэтому, область применения таких драйверов очень широка. Например, он может быть использован в офисе, комнате, медицине, парке, теплице, на улице и многих других местах. Кроме того, срок службы очень большой. Поэтому, научная актуальность и новизна диссертации заключается именно здесь.

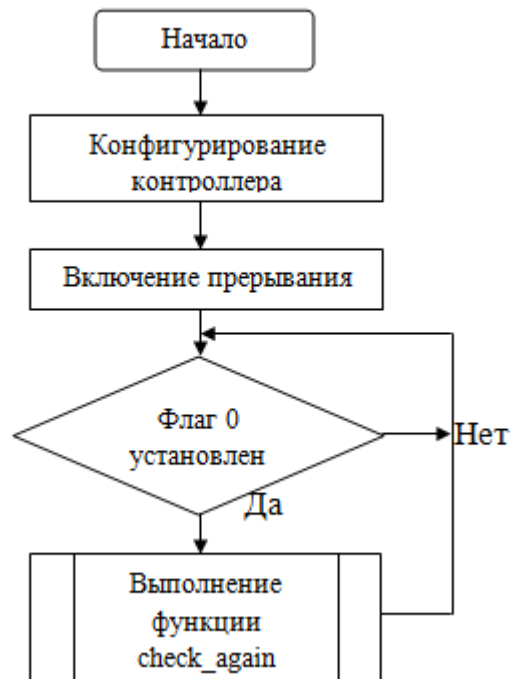
## Список литературы

- 1 Светодиодный свет // [Электронный ресурс]. URL: < <https://ecosvet.by> >.
- 2 Зачем нужен драйвер для светодиода и как подобрать // [Электронный ресурс]. URL: < <http://ledno.ru> >.
- 3 Драйвер светодиодной подсветки // [Электронный ресурс]. URL: < <http://reflektor.kz> >.
- 4 Справочник радиолюбителя // [Электронный ресурс]. URL: < <http://www.времонт.su> >.
- 5 Практический опыт применения микросхемы Supertex HV9910 // [Электронный ресурс]. URL: < <https://www.kit-e.ru> >.
- 6 LM3404/04HV 1.0A Constant Current Buck Regulator for Driving High Power LEDs. Datasheet.
- 7 Кабель питания // [Электронный ресурс]. URL: < <http://aliexpress.ru> >.
- 8 Клеммник Legrand // [Электронный ресурс]. URL: < <http://sarstroyka.ru> >.
- 9 Клеммник Leg034211 // [Электронный ресурс]. URL: < <http://e-kc.ru> >.
- 10 Понижающий трансформатор // [Электронный ресурс]. URL: < <http://russian.alibaba.com> >.
- 11 Диод 1N4007 // [Электронный ресурс]. URL: < <http://hardelectronics.ru> >.
- 12 Электролитический конденсатор // [Электронный ресурс]. URL: < <http://ru.wikipedia.org> >.
- 13 Стабилизатор напряжения // [Электронный ресурс]. URL: < <http://www.chipdip.ru> >.
- 14 Керамический конденсатор // [Электронный ресурс]. URL: < <http://www.ngpedia.ru> >.
- 15 Белов А. В. Микроконтроллеры AVR. От азов программирования до создания практических устройств. – М.: Наука и техника, 2016. – 446 с.
- 16 Дьяконов М. Н., Карабанов В. И., Присяжков В. И. Справочник по электрическим конденсаторам. - М.: Радио и связь, 1983. – 576 с.
- 17 Руденко В. С., Сенько В. И., Чиженко И. М. Основы преобразовательной техники: Учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1980. – 424 с.
- 18 Колпаков А. И. Электролитические конденсаторы. Особенности применения и надежность. Электроника инфо. – 2003, №1: <http://electronica.nsys.by/> ; pdf format.
- 19 Прянишников В. А. Электроника: Курс лекций. – СПб.: Корона принт, 1998. – 400 с.
- 20 Резистор на 10 кОм // [Электронный ресурс]. URL: < <http://megaom.kz> >.
- 21 Резистор на 1 кОм // [Электронный ресурс]. URL: < <http://radiomart.kz> >.
- 22 Резистор на 0.82 Ом // [Электронный ресурс]. URL: < <http://3volta.ru> >.
- 23 Р-канальный полевой транзистор // [Электронный ресурс]. URL: < <http://www.promelec.ru> >.

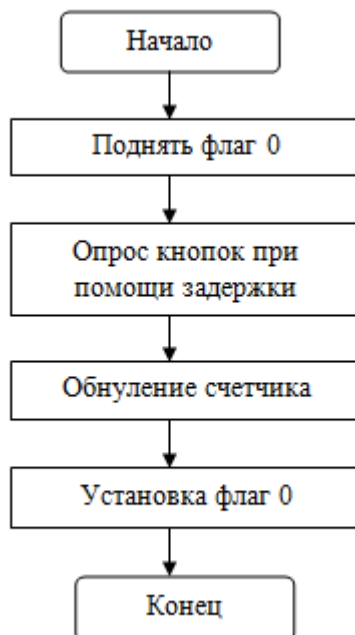
- 24 Характеристики светодиода Cree XM-L2 // [Электронный ресурс]. URL: <<http://led-obzor.ru>>.
- 25 В. П. Петрович., Н. А. Воронина., А. В. Глазачев. Силовые преобразователи электрической энергии. – Томск: Томский политехнический университет, 2016. – 240 с.
- 26 В. Мелешин. Транзисторная преобразовательная техника. – Москва: Техносфера, 2005. – 632 с.
- 27 Стабилизатор напряжения MC7812ACTG // [Электронный ресурс]. URL: <<http://www.farnell.com> >.
- 28 Забродин Ю. С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2018. – 496 с.
- 29 Лебедев В. LED-драйверы и системы управления светодиодным освещением. Полупроводниковая светотехника. № 1. 2017. С. 14–17.
- 30 Додика С. Д., Гальперина Е. И. Источники электропитания на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчет. – М.: Советское радио, 1969. – 448 с.
- 31 Баранов В. Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. – М.: Додэка – XXI, 2019. – 288 с.
- 32 Котов В.С. Экономичный высоковольтный стабилизированный источник питания интегральных микросхем. – М.: Минск, 2017. С. 22–27.
- 33 Рудаковский Д. Регуляторы тока светодиодов «Микроника». Полупроводниковая светотехника. № 4. 2012. – 68 с.
- 34 Лебедев В. LED-драйверы и системы управления светодиодным освещением. Полупроводниковая светотехника. № 1. 2014. С. 14–17.
- 35 Гусев В. Г., Гусев Ю. М. Электроника и микропроцессорная техника. Учебник для ВУЗов. - М.: Высшая школа, 2018. – 210 с.

## Приложение А

Алгоритм программы управления ШИМ для светодиодного драйвера  
Проверка состояния флага «0»:

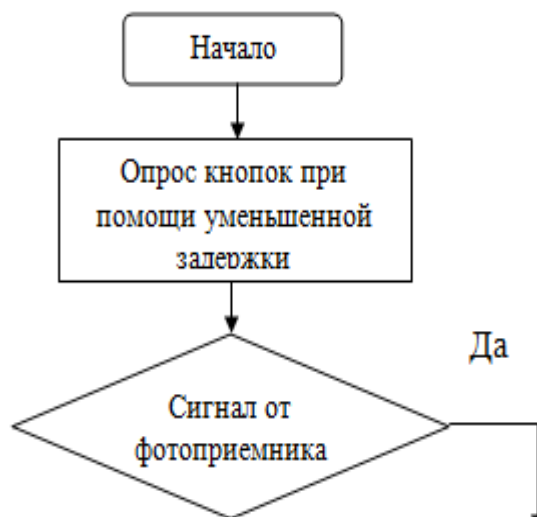


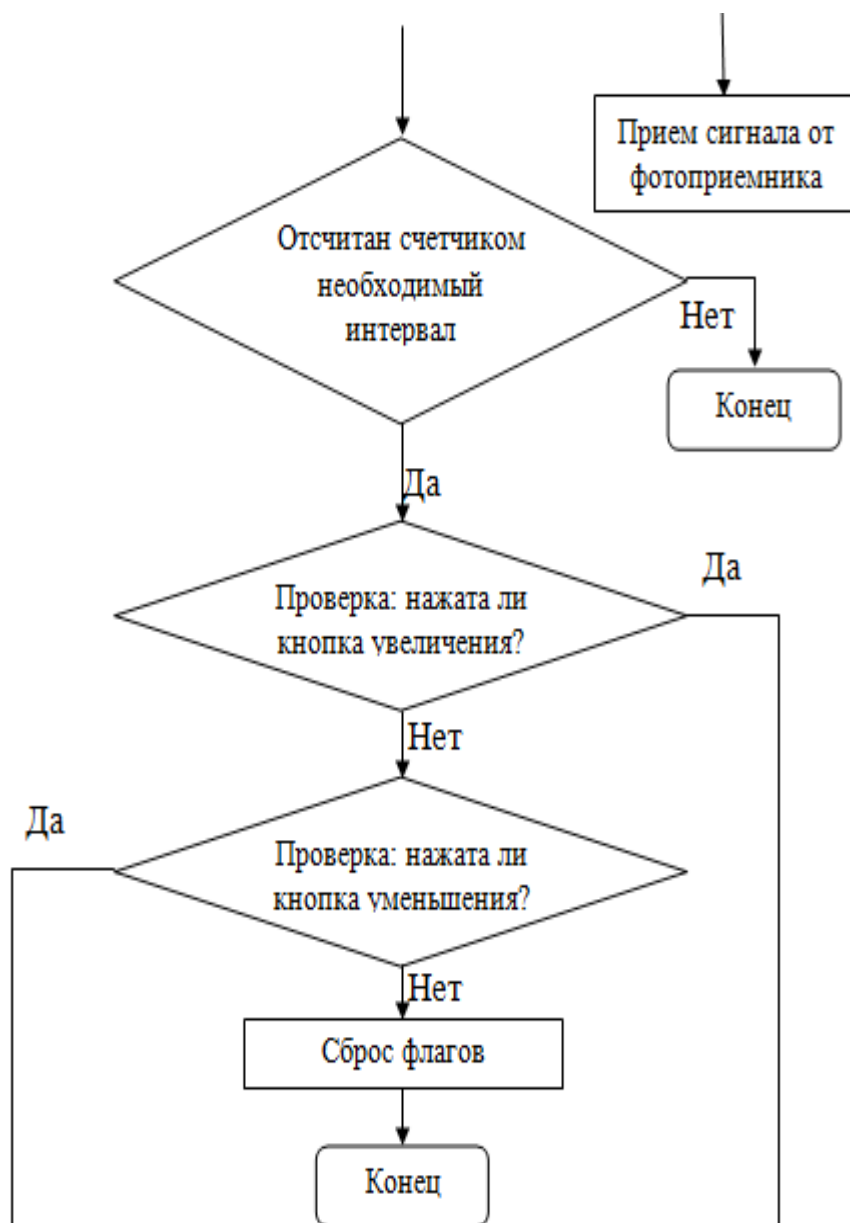
Опрос кнопок:



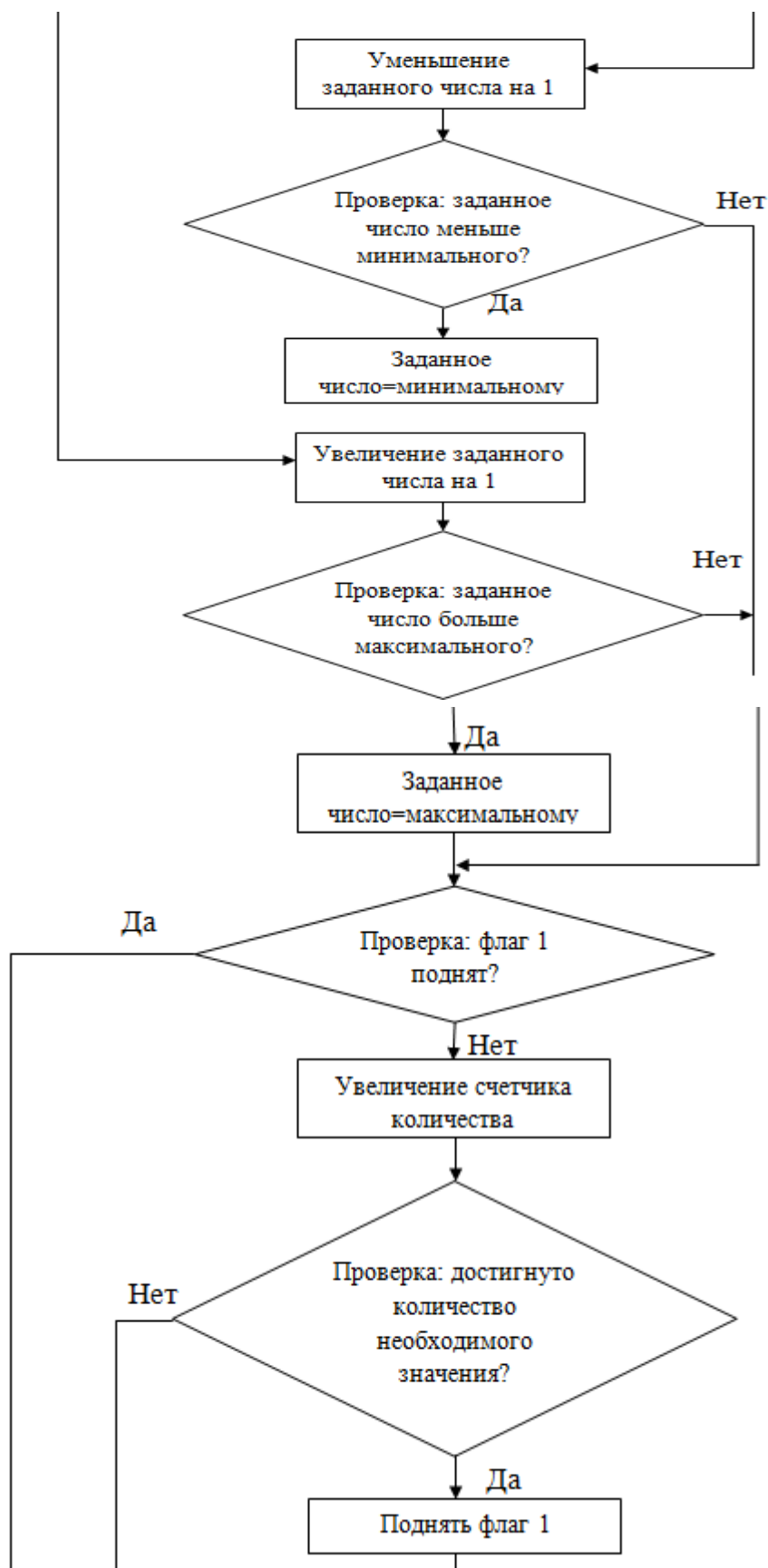
Проверка состояния кнопок, управление увеличением и уменьшением яркостью светодиода, быстрый и медленный опросы кнопок, задание нового значения для ШИМ:

*Продолжение приложения А*



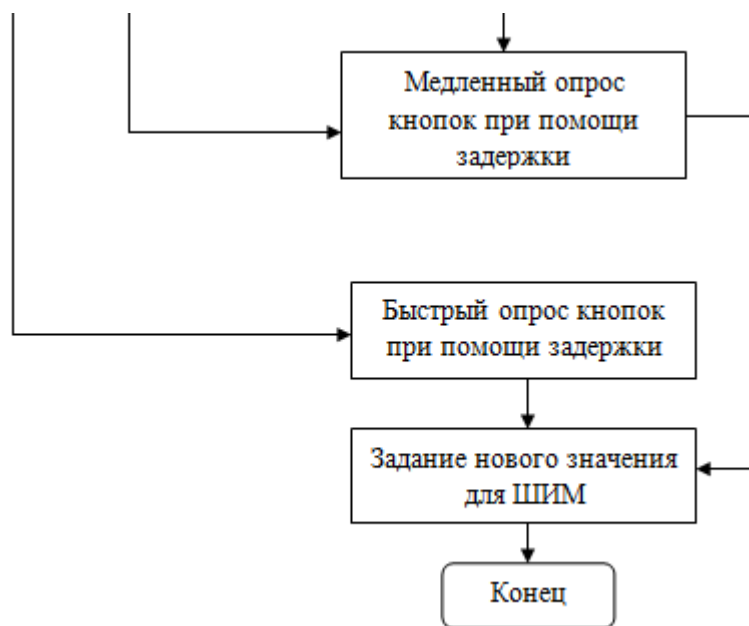


*Продолжение приложения А*



*Продолжение приложения А*





## Приложение Б

### Программа управления ШИМ на языке Ассемблера для светодиодного драйвера

```
.device Attiny13 ;
.include "tn13def.inc" ;
.list ;
; определение переменных
.def w=r16 ; аккумулятор
.def setup=r17 ; задание
.def check_flags=r18 ; флаги (0 - изменение выхода, 1 - slow/fast)
.def setup_counter=r19 ; для задержки
.def setup_counter2=r20 ; для задержки
.def counter_sch=r21 ; для отсчёта количества шагов после которых
включается режим fast
;-----
.equ slow_setup=255 ; задержка большая
.equ fast_setup=64 ; задержка маленькая
.equ s_maximum=255 ; ограничение максимального выхода
.equ s_minimum=1 ; ограничение минимального выхода
.equ s_setup=128 ; значение выхода
; Используемые регистры
; SPL - указатель вершины стека
; ACSR - управление компаратором
; DDRB - направление портов
; PORTB - выходы порта
; PCMSK - разрешение прерываний на отдельных входах
; GIMSK - общее разрешение прерываний по входам
; GTCCR - сброс предделителя
; TCCR0B - управление таймером
; TIMSK0 - прерывания от таймера
; PB0 - выход ШИМ, PB1 - вход Кнопка2, PB2- вход Кнопка1, PB3 - вход
фотоприемника
; начало программного кода
.cseg ;
.org 0 ;
rjmp Init ; переход на начало программы
; вектора прерываний
reti ; INT0
rjmp Button_poll ; Опрос кнопок
reti
reti
reti
reti
```

## Продолжение приложения Б

```
reti
reti
reti
; начало программы
Init: ldi w, RAMEND ; установка указателя вершины
out SPL, w ; стека на старший байт RAM
sbi ACSR, 7 ; выключение компаратора
ldi w, 0b00000001 ; определять входы/выходы порта (1- выход, 0 - вход)
out DDRB, w ;
ldi w, 0b11111110 ; включать подтягивающие резисторы
out PORTB, w ; определять начальное состояние выходов
ldi setup, s_setup ; ставить начальное задание для ШИМ
;-- включать ШИМ на выходе PBO (OC0A)
ldi w, s_setup ; записывать начальный коэффициент заполнения
out OCR0A, w ;
ldi w, 0b10000011 ; установка выводов ШИМ на вверх
out TCCR0A, w ;
ldi w, 0b00000011 ; выводы ШИМ на вниз
out TCCR0B, w ;
;-- разрешить прерывание от входов
ldi w, 0b00100000 ;
out GIMSK, w ; разрешать прерывание от входов
;-- разрешить прерывания на входах PB1, PB2, PB3
Start: ldi w, 0b00100000
out GIFR, w ; сбросить флаг прерываний от входов
ldi w, 0b00001110 ;
out PCMSK, w ; разрешать прерывания на входах PB2, PB1. (PB3)
sei ; разрешить глобальные прерывания
;-----
Check_flag: sbrc check_flags, 0 ; флаг не установлен - перейти к
последующей строке
rcall Check_again
rjmp Check_flag ; проверка состояние флага «0»

;--- Меняем задание и выход ---
Check_again:
sbis PINB, 3 ; нет приема от фотоприемника - пропустить
rjmp IR_control ;
dec setup_counter ;
brne End_chs ; не отсчитан необходимый интервал – перейти к
последующей строке
ldi setup_counter, 255 ;
dec setup_counter2 ;
```

## Продолжение приложения Б

```
brne End_chs      ; не отсчитан необходимый интервал - перейти к
последующей строке
Check_buttons:
sbis PINB,1      ; кнопка увеличения не нажата - перейти к последующей
строке
rjmp Decrease_setup
sbis PINB,2      ; кнопка уменьшения не нажата - перейти к последующей
строке
rjmp Inc_setup ;
clr check_flags  ; ни одна кнопка не нажата
rjmp End_chs ;
Decrease_setup:
dec setup ;
cpi setup,s_minimum ;
brlo SetMin     ; новое заданное число меньше минимального - перейти к
последующей строке
rjmp ExitSetup ;
SetMin: ;
ldi setup,s_minimum ; ставить заданное число равным минимальному
rjmp ExitSetup ;
Inc_Setup: ;
inc setup ;
cpi setup,s_maximum ;
brsh SetMax    ; максимальное меньше нового заданного числа - перейти к
последующей строке
rjmp ExitSetup ;
SetMax: ;
ldi setup,s_maximum ; ставить заданное число равным максимальному
rjmp ExitSetup ;
IR_Control:
; здесь можно вставить код для приёма сигнала от ИК-пульта
ExitSetup:
sbrc check_flags,1 ; флаг поднят - fast режим
rjmp Fast_change ;
Slow_change: ;
ldi setup_counter2, slow_setup ;
inc counter_sch ; увеличение счётчика количества заданного числа
sbrc counter_sch,2 ; если 2-й бит поднят
sbr check_flags,0b00000010 ; перейти в режим fast change
rjmp End_chs ;
Fast_change: ;
ldi setup_counter2, fast_setup ;
End_chs: ;
```

## *Продолжение приложения Б*

out OCR0A,setup ; установка заданное значение выхода  
ret

*; обработчик прерывания по входу*

Button\_poll: sbr check\_flags,0b00000001 ; ставить флаг изменения выхода

ldi setup\_counter,255 ;

ldi setup\_counter2,slow\_setup ; задать задержку

clr counter\_sch ; обнуление счётчика изменений

ldi check\_flags,0b00000001 ; режим *slow change*, необходимо изменять выход

reti ; выход из всех команд

## Приложение В

### Программа управления ШИМ от ИК-пульта для светодиодного драйвера

```
.device ATtiny13 ;
.include "tn13def.inc" ;
.list ;
.equ pOut = PORTB ; Выход
.equ pDir = DDRB ; Направление
.equ pIn = PINB ; Вход
; Portbits
.equ bIrO = PORTB3 ; ИК выход
.equ bIrD = DDB3 ; ИК направление
.equ bIrI = PINB3 ; ИК вход
----- Время, ИК-сигналы -----
; Clock: 1200000 Гц
; TC0-Prescale 64
; 53.33 мкс
; TC0-Overflow 13,563 мкс
.equ cTcTick = 53 ;
; Уровень ноль/один
.equ cOne = 868/cTcTick ;
; Уровень верхний/данных
.equ cHeader = 4*cOne ;
; Задержка паузы после последнего полученного бита
.equ cChk = 1 ;
; Полсекунды
.equ cSekH = 500000/cTcTick / 256 ;
; ----- Регистры -----
.def rBits= R5 ; Полученные биты
.def rBitsO=R6 ; Полученные биты, отображение
.def rOne= R7 ; Уровень ноль/один
.def rI1L = R8 ; Предпоследний бит, LSB
.def rI0L = R10 ; Последний бит, LSB
.def rIRL = R12 ; Текущий бит, LSB
.def rCntH= R14 ; MSB TC0-счетчик
.def rSreg= R15 ; Состояние SREG
.def rmp = R16 ; Многоцелевой регистр
.def rFlag= R18 ; Флаги
.equ bOvf = 0 ; Переполнение, проверка сигнала
```

```

.equ bAdj = 1 ; Режим обучения активен
.equ bSec = 2 ; Конец полсекунды
.equ bLng = 3 ; Долгое подтверждение
.equ bTwo = 4 ; Второе измерение
.equ bEqu = 5 ;
    Продолжение приложения В

.equ bDbl = 6 ; Получение дважды
.equ bErr = 7 ;
.def rCtr = R20 ; Счетчик EEPROM/Вход
.DSEG ;
.ORG 0x0060 ;
sBuffer: ; Хранение данных для усреднения
.Byte 16 ; Продолжительность ноль и одна
sBufferEnd: ;
sCodesOne: ;
.Byte 1 ; Уровень ноль/один
sCodesEnd: ;
; ----- Сбросить и прерывать векторы ---
.CSEG ;
.ORG 0x0000 ;
rjmp Int0Isr ; INT0
reti ;
rjmp ;
reti ;
reti ;
reti ;
reti ;
reti ;
reti ;
reti ;
; Анализировать импульс от ИК-приемника
Int0Isr: ;
    in rSreg,SREG ; Сохранить SREG
    tst rCntH ; Длинный сигнал?
    brne Int0IsrLong
    in rimp,TCNT0 ;
    cpi rimp,cHeader ; Длиннее
    brcs Int0IsrShort ;
    ; Верхний сигнал получен, начать новый
Int0IsrLong: ;
    clr rimp ; Перезапуск счетчика
    out TCNT0,rimp ;
    clr rCntH ; Очистить байт счетчика MSB
    mov rBitsO,rBits ;
    clr rBits ; Полученные биты в 0

```

```

    clr rIRL ; Оочистить бит регистра выборки
    clr rIRH ;
    out SREG,rSreg ; Завершен
    reti ;
Int0IsrShort: ;
    Продолжение приложения В

    ; Короткий сигнал данных
    in rimp,TCNT0 ; Чтение таймера
    st Y+,rimp ; Хранить в SRAM
    cp rOne,rimp ; Сравнить с нулевым/одним уровнем
    rol rIRL ; Сдвинуть бит в регистры выборки
    rol rIRH ;
    inc rBits ; Увеличить число битов
    cpi YL,Low(sBufferEnd) ;
    brne Int0IsrRet ;
    ldi YH,High(sBuffer) ; Начать новый
    ldi YL,Low(sBuffer) ; В начало буфера
Int0IsrRet: ;
    ; Возврат из короткого сигнала
    clr rimp ; Очистить таймер
    out TCNT0,rimp ;
    out SREG,rSreg ; Восстановить SREG
    reti ;
; Анализировать переполнение счетчика
TC00Isr: ;
    in rSreg,SREG ; Сохранить SREG
    inc rCntH ; Считать переполнения
    mov rimp,rCntH ; Задержка длиннее?
    cpi rimp,cSekH ; Долше полсекунды?
    brne TC00Isr1 ;
    sbr rFlag,1<<bSec ; Установить второй флаг
    clr rCntH ;
    rjmp TC00IsrRet ;
TC00Isr1: ;
    cpi rimp,cChk ; Проверить?
    brne TC00IsrRet ;
    tst rBits ;
    breq TC00IsrRet ;
    mov rI0H,rIRH ; Сохранить полученные биты
    mov rI0L,rIRL ; В нулевое хранилище
    mov rBitsO,rBits ; Копировать количество бит
    clr rBits ;
TC00IsrRet: ;
    out SREG,rSreg ; Восстановить SREG

```



```
    reti ;  
EeEnd: ;
```

## Приложение Г

ISSN 1998-6688

KAZAKH  BRITISH  
T E C H N I C A L  
U N I V E R S I T Y

# ВЕСТНИК

КАЗАХСТАНСКО-БРИТАНСКОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Том 16, Выпуск 2  
Июнь 2019

*Продолжение приложения Г*

КАЗАКСТАН - БРИТАН ТЕХНИКАЛЫК УНИВЕРСИТЕТІНІН  
ХАБАРШЫСЫ

HERALD  
OF THE KAZAKH - BRITISH TECHNICAL UNIVERSITY

ВЕСТНИК  
КАЗАХСТАНСКО - БРИТАНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Алматы

№ 2 (49)

2019

Главный редактор – Ректор КБТУ,  
Ибрашев К.Н.

Заместитель главного редактора –  
Габдуллин М.Т.

**ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:**

Ақжолыа А.Ж., Атсуни Ивие, Байгунчскии Ж.Ж., Бекмулдуметова З.А.,  
Бурыктайев М.М., Gavin Kretzschmar, Джанг Ванг Ли, Джумалилдаев А.С.,  
Еремкин Е.Е., Еремкин И.А., Журиник М.Ж., Йозеф Монтаг,  
Коробкин В.В., Манакази Уошйикава, Мынбаев К.Т., Рамеш Кини,  
Сатубалдин С.С., Скакова А.А., Сулейменов Э.Н., Тихоненков А.,  
Умаров Ф.Ф., Харин С.А., Шамулилова Г.Т., Шейх Али Д.М.

Издание зарегистрировано Министерством культуры и информации  
Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на учет  
СМИ № 9757 - Ж от 03.12.2008 г.

Журнал зарегистрирован в Международном центре по регистрации периоди-  
ческих изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция)

Подписной индекс - 74206

Издаётся с 2004 года. Выходит 4 раза в год.

УЧРЕДИТЕЛЬ  
Казахстанско-Британский технический университет

ISSN 1994-6448

© Казахстанско-Британский  
технический университет, 2019

*Продолжение приложения Г*

## СОДЕРЖАНИЕ

### НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Абиров Р., Ивашченко А.П., Еремин И.А. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИГЕННОГО КОЛЛЕКТОРА ЮЖНО-ТУРГАЙСКОГО БАССЕЙНА ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ЕДИНИЦАМИ ПОТОКА .....	7
--	---

### ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ

Бекжанов М.А., Акбасова А.Д., Сапарбаев К.А., Саипова Г.А., Байхамуропа М.О. УТИЛИЗАЦИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ НЕФТЯНОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЕЙ .....	12
Монголхан Р. ПРОИЗВОДСТВО СОРЕБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД .....	22
Расулов Х.З., Артыкбаев Д.Ж., Байболот К.С. ПОРОГ СЕЙСМОПРОСАДОЧНОСТИ КАК КРИТЕРИЙ УСТОЙЧИВОСТИ СТРУКТУРЫ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ .....	30
Рисбаева Г.Б., Садиева Х.Р., Дарменбаева А.С., Нурлыбаева А.И., Байбизарова Э.А., Кулбаева Д.А. ПРОЦЕССЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ВИСМУТА ИЗ СОСТАВА ФОСФОРИТНОГО СЫРЬЯ .....	35
Садиева Х.Р., Масалимова Б.К., Нгурузбеков Ж.К., Кулжапанова А.С. ВЫДЕЛЕНИЕ ЦИНКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ФОСФОРИТОВ КАРАТАУСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И СИНТЕЗ ЦИНКОСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ .....	41
Сейтбекпина Г.А., Нурлыбаева А.И., Кулбаева Д.А., Аккызар У., Сагындык У. ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЙМЕДНОГО КОМПЛЕКСА .....	51
Тонштай К., Токтасынова С.К., Аубакиров Е.А., Бантюрбаева Р.С. ГИДРИРОВАНИЕ ПОЛИ- $\alpha$ -ОЛЕФИНОВЫХ МАСЕЛ НА НАНЕСЕННЫХ ПАЛЛАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ .....	60

### ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Байгунчиев Ж.Ж., Мустафа А.К., Кайыров Р.А., Касинов А.Н. СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ И ГЕОМЕТРИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ ВИДА 3-PRRS И 3-PRPS .....	67
Байгунчиев Ж.Ж., Аминов Б.О., Тургунов Д.А. РАЗРАБОТКА ГУМАНОИДНОГО РОБОТА QAZROBO .....	72
Байгунчиев Ж.Ж., Кайыров Р.А. ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА КИНЕМАТИКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА ВИДА 3-PRRS .....	77
Байгунчиев Ж.Ж., Касинов А.Н. ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА КИНЕМАТИКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА ВИДА 3-PRPS .....	82
Болатбек С.Б., Ауэзов А.М. ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СВЕДОВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ .....	87

УДК 621.32  
МРНТИ 47.03.05

**СВЕТОДИОДТЫ ҚУАТ КӨДЕРІНІҢ СХЕМОТЕХНИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕРІН  
ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ САЛЫСТЫРУ**

**С.Б. БОЛАТБЕК, А.М. АУТЗОВА**

*Алматынскіі университеті электротехника және электроника факультеті*

**Аннотация:** Светодиодның қуат көдерінің концепцияларын және схемотехникалық шешімдерін зерттеу зерттеушінің мақсаты болып табылады.

Схемотехникалық шешімдер функционалды сынақтардан өтеді. Жаңа тікелей тұрақтандыру, стабилизация және ток тұрақтандыру схемаларының құрылым және жұмыс жағдайларында динамикалық функционалды сипаттамаларын қол жеткізу үшін тексеріледі. Әрбір шешімнің өзіншегі қорықпай-ақталмай тексеріледі, бұл жұмыс, қорықпай-ақталмай, шығын жұртпен бірге, динамикалық процесстер және т.б. жұмыс шарттары болып табылады. Әрбір схемотехникалық шешім сынақтарда қолданылатын және мақсаттық функционалды көрсеткіштерге ие. Түптегі мақсаттардың көрсеткіштерінің негізгі мақсаты – оның дәлдігі және ПӘК.

**Түптегі сөздер:** сызықты, импульстік драйвер, ток генераторы, токты тұрақтандырушы, динамикалық сапалық, светодиодның желісі

**RESEARCH AND COMPARISON OF EXISTING CIRCUIT-TECHNICAL SOLUTIONS  
FOR LED POWER SOURCES**

**Abstract:** The aim of the work is to research the existing concepts and circuit solutions for LED drivers. Circuit solutions are tested by functional tests. So the scheme of new passive correctors, methods for stabilizing the LED current, etc. are tested to achieve the desired functional characteristics under various conditions of the driver. The working conditions, for example, are variable input main voltage, ambient temperature, idle speed, short circuit condition, output load, dynamic processes, etc. Each circuit solution has its own target functional parameters, which will be paid attention to in tests. The main target displays of the current stabilization scheme are stabilization accuracy and efficiency.

**Keywords:** linear, pulse driver, current generator, current stabilizer, galvanic isolation, LED circuit

**ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ  
РЕШЕНИЙ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ**

**Аннотация:** Целью работы является исследование существующих концепций и схемотехнических решений для светодиодных драйверов.

Схемотехнические решения проверяются функциональными тестами. Так схема нового пассивного корректора, методы стабилизации тока светодиода и т.д. проверяются на достижение желаемых характеристик при различных условиях работы драйвера. Условия работы, например, являются изменяемые входное сетевое напряжение, температура окружающей среды, холостой ход, условия короткого замыкания, выходная нагрузка, динамические процессы и т.д. Каждое схемотехническое решение имеет свои целевые функциональные показатели, которым уделяется внимание в тестах. Основными целевыми показателями схемы стабилизации тока – это точность стабилизации и ПӘК.

**Ключевые слова:** линейный, импульсный драйвер, генератор тока, стабилизатор тока, гальваническая развязка, светодиодная цепь

Корек көзінің ортақ желісі айнымалы токпен қамтамасыз етілуімен салыстырғанда светодиодтардың қалыпты жұмыс істеуі үшін тек тұрақты токқа байланысты. Желлік корек көзінің светодиодтармен келесілі жұмыс істеуі үшін айнымалы желлік токты тұрақты ток көзіне түрлендіретін қосымша электронды құрылғылар пайдаланылады. Оларды ғылыми әдебиеттерде светодиодты қуат көзі немесе светодиодты ток тұрақтандырушы немесе светодиодты драйвер деп атайды.

Светодиод жартылайөткізгіш элемент болғандықтан, олардың жарықрауын анықтайтын кванттық сияқтамасы керіне емес, ток болып табылады. Светодиод өзінің жұмыс істеуге берілген сағаттар санын келесі өтеуі үшін драйвер көзет. Ол светодиодтар тізбегі арқылы өтетін токты тұрақтандырады.

Светодиодтың қуаты оның тұтынатын тоғына әсер етеді. Ал, оның тұтынатын тоғы светодиодтың жарықрауынан өзгеруіне тәуелді. Сондықтан драйвер светодиодтарды осы токпен қамтамасыз етеді.

Жүктеменің қуаты мыналарға тәуелді:

- а) әрбір светодиодтың қуатына;
- ә) олардың санына;
- б) түстеріне.

Жалпы жағдайда светодиодты драйверлер екі санатқа бөлінеді:

- а) сызқты;
- ә) импульсті.

Сызқтыда шығыс – ток генераторы. Оның басты функциясы – кіріс кернеу тұрақты емес болғанда токты тұрақтандыруды қамтамасыз ету; жоғары жиілікті электромагнитті кедергілерді тудырмақ үшін біртұтас процесі тегіс жүреді. Бұл оның басты артықшылығы болып табылады. Ал, кемшілігі – аз ПӘК, яғни 80%-дан аз шамаға тең. Осылайша, өзінің қолданылу аясын аз қуатты светодиодтармен шектеп қалады.

Импульсті драйверлер шығыста жоғары жиілікті ток импульстерін тудыратын құрылғылар. Мұндай драйверлер өзінің жинақталуы және жоғары ПӘК (шамамен 95%) арқасында кен тараған. Негізгі кемшілігі – сызқтымен салыстырғанда электромагнитті кедергілер деңгейінің үлкендігі.

Қуат көзінің түрін таңдау шығыс-дың қайда жинақталмақшылығына тәуелді. Мысалы, қойыны жарықтандыру үшін DC жоғары жұмыс температурасындағы және 10-20 қорғаныс деңгейіндегі драйверлері таңдауға болады. Ал, адамдар компьютермен жұмыс істейтін офис сияқты бөлмелерге қойылатын шамдардың драйверлеріне арнайы талаптар бар. Мысалы, пульсация коэффициенті 5% аспау керек.

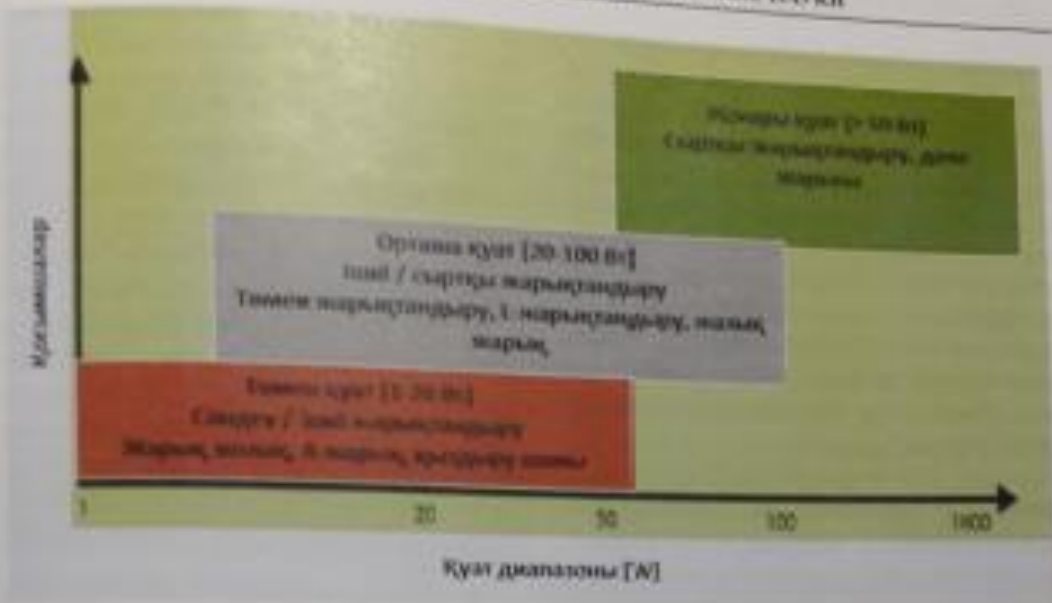
Светодиодты жарықтандырудың дәл бағыты қуат деңгейінің үш каттегі кіріске бөлінеді: аз қуатты 20 Вт-қа дейін немесе одан кем; орташа қуат 20-дан 50 Вт дейін; аралықты құрайды; күшті қуат 50 Вт жоғары. Нақты өмірде нәтиже аталған көрсеткіштері сәйкес келе бермейді, бірақ оның қабылдау кезінде осы үш деңгеймен салыстырылады.

Төмендегі суретте светодиодтың қуаттар диапазонына байланысты әлемнің орталары бейнелентен.

Светодиодты драйверлердің өндірісі қазіргі уақытта арналған көптеген стандарттар мен программалар бар, олар ерікті және міндетті түрде қатыса алады. Төмендегі кесте светодиодты жарықтандыруды қазіргі уақытта құрылған Energy Star агенттік программасының стандарттары көрсетілген.

Қазіргі светодиодты драйверлер келесідей кедергілерден тұрады және бұл кедергілер олардың тепе-теңдік пен басымдығы болулары үшін қарастырылмақшы шешімдерге әкеледі:

- өңдеу уақыты;
- құны;
- жобалаудың күрделілігі;
- кіріске сәйкес келетін қуат тоқтамның өлшеу және шығыс кернеуін өлшеу құралдары, жылулық дизайн, термодинамикалық ережелері;
- тиімділігі;
- әлемдік ережелерді сақтау (қуат шығысын қайту, қуат коэффициентін түзету);
- сенімділігі және қызық көрсету мерзімі;
- тұрақты ток шығысы;
- жарықтылық және қарқындылық реттеу диапазоны (демофироқуші көптеген).



1-сурет. Кріе арнайы кәсіп дәрежелері

1 кесте – Светодиодтар үшін драйвердің стандарттары және оларға қойылатын талаптар

Негізгі көрсеткіштер	Анықтамасы	Талаптар
Жалпы іс-арнайылық бұрышты	КС С7651/2/3 (ПХВ1000-7-2)	Класс С (>25 Вт) Класс Д (<25 Вт)
Қуат коэффициенті	Energy Star программасы [01.10.2011]	Түрмен үлгі > 0.7 > 5 Вт класс Коэффициент > 0.9 > 5 Вт класс
Қараңғылық	Energy Star программасы [01.08.2011]	Жалпы жарық ағыны бойынша тұрақты қараңғылық 35%-100% аралығында
Жылуды уақыты	Energy Star программасы [01.10.2011]	5 секунд аралығында
Шамның стандартты паны	MR16, PAR16 20-306/30L-38 дәрежелі	ANSI C78.21-2003
Оттегі өндістерден қорғаны	Energy Star программасы [01.02.2009]	IEEE C.62.41-1991 Класс А
Минималды жұмыс температурасы	Energy Star программасы [01.02.2009]	Минимум -20°C-ға дейін
Шу	Energy Star программасы [01.02.2009]	А классы шыбы
Тыңдалу	Energy Star программасы [01.08.2011]	165° ш - Вт [01.09.2011]
Кепілдік	Energy Star программасы [01.11.2011]	Ауыстырмалы драйверлер 5 жыл Ауыстырмалы драйверлер 3 жыл

Продолжение приложения Г

- жарықтың жапталдылауы;
- шектелген баспа қысымы;
- қысқа тұйықталудан қорғаныс.

Сонымен, осы светодиодты драйверлердің белгілі түрлерін қарастырайық.

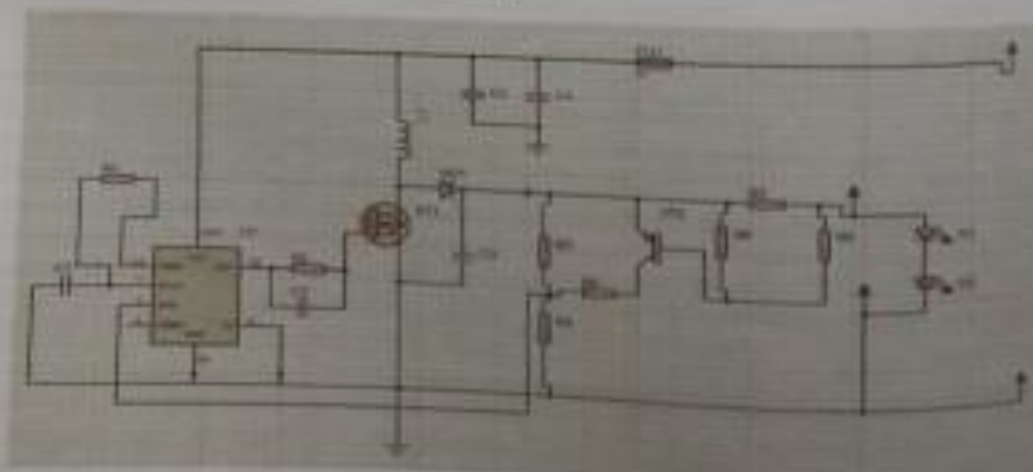
1. ON Semiconductor UC3845 – шығыс тоғы 1 А дейін жететін импульсті драйвер; бекітілген жиілікті PWM-контроллер. Бұл интегралды схема тоқты өлшейтін компараторды, күшейткіші, температуралық компенсацияны тірек сигналды және жұмыс циклін дәл басқару үшін кесілген осциллятормен жабдықталған.

2 кесте – ON Semiconductor UC3845 негізгі көрсеткіштері

Сипаттамасы	Көрсеткіштері
Режімі	Ток бойынша
Жұмыс жиілігі	52
Төменгі қорықтандыру кереметі, В	+
Шығыс тоғы қысқа тұйықталудан қорғау	+
Қорек кереметі, В	30
Шығыс ток, А	±1
Амперлік қоректер, В	0,2, 0,3
Шығыс күшейткіштік жүк қысымы, мА	30
Салқытқыш температурасы, °С	40...150

ON Semiconductor UC3845 светодиодты драйвері 1-кестедегі мәліметтерге сәйкес, ток бойынша реттелетін режімде жұмыс істейді. Жұмыстық жиілігі 52 кГц-ке дейін аспауы. Бұл ол кезегінде оның жұмыс істеу жылдамдығынан орташа сәндігін көрсетеді. Төменгі кіріс кереметінен және шығыс тоғы қысқа тұйықталудан қорғаумен жабдықталғандықтан, жоғары сенімділікке ие. Қорек кереметі – кірісте 30 В дейін. Құрылымы көрсетілген температура аралығында сақталса, немесе шектелбесе, ол аспауы бірден күш шығаруымен аспау келеді. Сондықтан, белгілі шектеулер мен шектеулер сақталды. Төменгі суретте ON Semiconductor UC3845 драйверінің Proteus программасындағы схемасы көрсетілген.

2. Supertex HV9910-шығыс тоғы 10 мА аспайды, гальваникалық оқшаулауға ие емес, 8-450 В аралығында қорек кереметі және 1 А аспайтын шығыс тоғын тек аз жоғары жарқырауға не светодиодтардың төменгі ток тұрақтандырылуына. Мұндай мұқият схема светодиодтарды қуатты үшін тұрақты ток көзін қарашайым түрде жүзеге асыруға мүмкіндік береді; тұрақты тоқты жоғары тұрақтылығы талап етілмейтін арнайы шарттарға арналған.



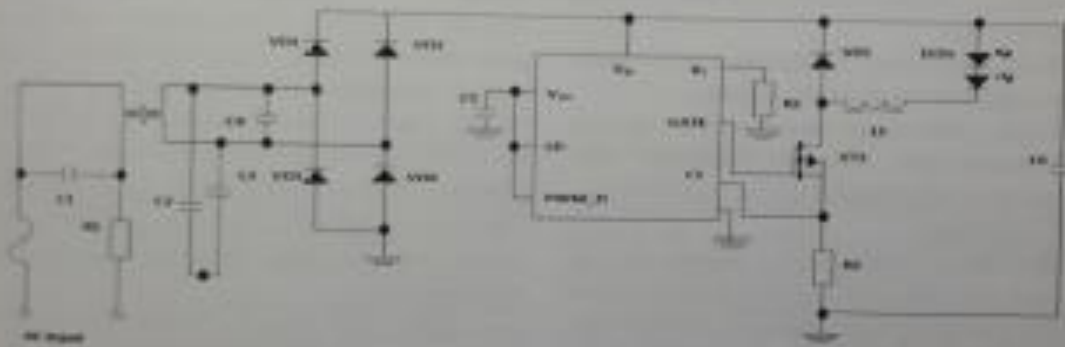
2-сурет. Светодиодты драйвер UC3845 негізіндегі драйвердің Proteus программасындағы схемасы



Таблице – Superfex HV9910 негізгі көрсеткіштері

Сипаттамасы	Көрсеткіштері
Тығыздығы, %	90 көп
Кіріс кереметі немесе кіріс қысымы, А	6-450
Сипаттамалар аралығы тұрақты және пайыз кемігімен өтеді	біріншісін 3А, ал екіншісін 1А-ден жоғары
Жұмыс температурасының аралығы, °С	-40...+85
Кіріс қысымының пайыз қысымы, В	6-450

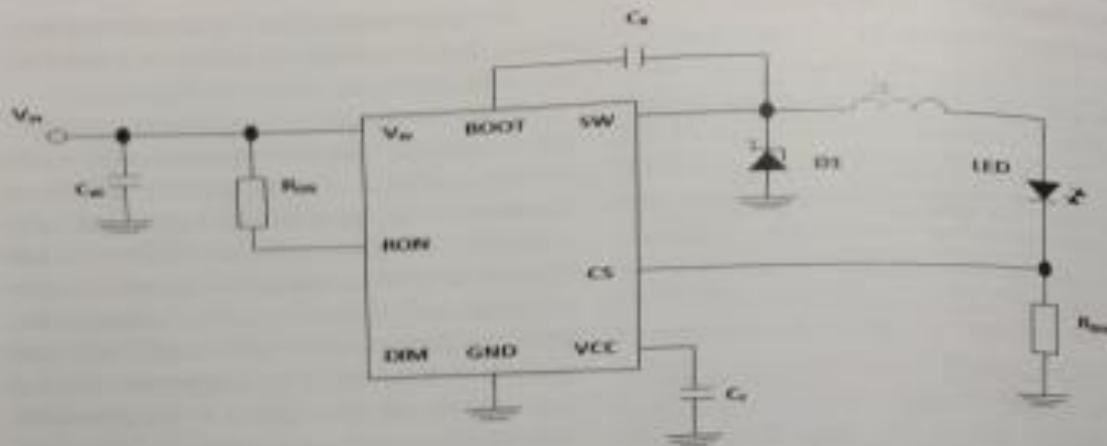
3. Осы фирманың тағы бір микросхемасы - LM3404HV – Buck Converter түрлендіргіш принципі негізінде жұмыс істейді, және өзіне тиісті токты ұстап қалу функциясы катушка және Шоттки диодынан тұратын резонанстық тізбекке ишара қойылған.



Таблице – Светодиодтық драйвердің Superfex HV9910 негізіндегі схемасы

4-таблице – LM3404HV негізгі көрсеткіштері

Сипаттамасы	Көрсеткіштері
Шығыс ток, А	1,2
Шығыс қысымы, В	4
Кіріс қысымы, В	6-75
Жылдамдығы, МГц	1
Жұмыс температурасы, °С	-40...+125
Кіріс токы, мА	825
Тығыздығы, %	90
Шығыс ток, А	1,5
Түрлендіргіш жиілігі	(0,1...2)МГц
Еңкейту коэффициенті және шығыс қысымының үзілісімен қорғау	+
Қызыл кетуші қорғау	+
Тығыздығының кіріс қысымымен қорғау	+



А-сурет. Светодиодты арқылы LM3404HV драйверінің схемасы

ыңдау ортасы бар. Сондықтан, светодиодты драйверлерді таңдау кезінде осы жағдайларға да мән беріледі.

Texas Instruments компаниясының светодиодты драйверлерін қарастырайық.

Texas Instruments компаниясы арқылы тағайындалуларға арналған аспаптар үшін светодиодты драйверлердің кең таралған түрлерін ұсынады.

Жоғарыда көрсетілген микросхемалар бір ғана светодиодты төменгі вольтті қорек көзіне қосылатын құрылғыларға жалғзуға арналады. Олардың қатарына батареяға, аккумуляторларды жалғызуды болады.

**TPS61029.** Бұл драйвер бір светодиодты бірден үшке дейін никель-кадмийлі, сиптілі батареялармен, бір литий-ионды немесе литий-полимерлі аккумуляторлармен қоректенеді. Жоғарылатып түрлендіргіші бекітілген жиілікте жұмыс жасайды. Оның негізінде кең импульсті модулятор контроллері жатыр. Ол контроллер синхронды режимде жұмыс істейді, сондықтан ол ПӘК жоғарылатуға мүмкіндік береді. Шығыс кернеудің шамасы сыртқы резистивті бөлгіш арқылы беріледі, бірақ үлестік бойынша шикі келезгімен де анықталады (бұл жағдайда, берілетін шығыс кернеудің мәні максимальді мәнге жетеді). Өшірулі күйде болғанда, жүктеме толығымен батареядан сөндіріледі. Микросхема қызыл кетісес үшін жабықталып қорғалға.

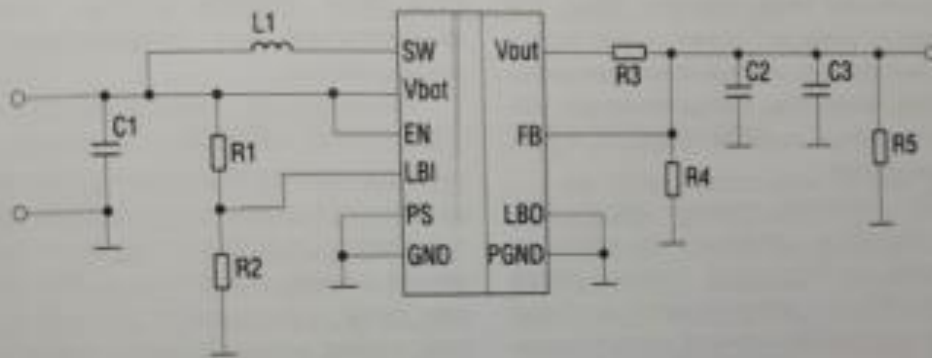
Бұл микросхеманың кемшілігіне сыртқы элементтердің көптігі жатады. Ол ең кезегінде шығынның көп жұмсалуына және осы элементтердің микросхемадағы орындарын үлкейтеді. Микросхемадағы элементтердің саны аспаптың жұмыс істеу жиілігіне әсер етіп, оны бақылауға өкеліп соғады. Микросхеманың қарапайым, әрі арзан болуы оның басты артықшылықтары болып есептеледі, алайда, схемада мұндай артықшылықтар кездеспейді.

**TPS61070.** Олай болса, драйверін тағайындалуы TPS61029 микросхемасына сәйкес, бірақ одан қарағанда бірнеше есе аз ток жүктемесіне есептеліп жасалады. Жұмыстық жиілігі екі есеге дейін жоғары, ал артықшылығы аз өлшемдегі индуктивтілікті қолдануға мүмкіндік береді. Микросхемада батареяның кернеу деңгейін бақылауға арналған түйін және қайталану кернеуден сақтайтын схема жоқтың қасы. Сондықтан драйвер негізіндегі құрылғылардың өмір сүру ұзақтығы аз болады. Аз жоғарыдағы микросхемада мұндай шаралар қарастырылған болатын. Дегенмен, осы кемшіліктер құрылғының өлшемдерін азайтуға көмектеседі. Енді бұл микросхеманы қарапайым және қымбат емес қолмен тасымалдан жүретін құрылғыларға арналған.

**TPS61050.** Бұл драйвер I2C-интерфейсі арқылы конфигурацияланатын жоғары есе

5 кесте – Texas Instruments компаниясының LED сәтсіздікті драйверлері

Атауы	Кіріс кернеуі, В	Түрі	Ақпарат режимінде тұтынылатын ток, мА	Үйым режимінде тұтынылатын ток, мА	Жұмыстың жиілігі, кГц
TPS61029	0,9...6,5	Жоғарылатқыш	0,025	0,1	120
TPS61070	0,9...5,5	Жоғарылатқыш	0,019	0,05	1200
TPS61050	2,5...5,5	Жоғарылатқыш	8,5	0,3	2000



3-сурет. TPS61029 микросистемінің схемасы

ты жоғарылатқыш түрлендіргіші бар. Мұндай драйвер де TPS61029 сияқты жоғары жиілікті синхронды жоғарылатқыш кең импульсті модулятор түрлендіргішіне негізделіп жасалған. Сонымен қатар, жұмыс істеуі үшін TPS61070 сияқты аз жиынтықтарды қажет етеді. Драйверлерді өндірушінің тұжырымы бойынша түрлендіргіштің барлық схемасын 5x5 мм өлшемді платада орналастырылады.

Компанияның барлық өнімдеріне тиісінше – жоғары сенімділік, қасиет жобалаған құрылғылардың қызмет көрсету мерзімдерінің ұзақ болуын білдіреді. Кез келген аспап, құрылғыны таңдауда тұтынушының қиялы талабы да жоғары сенімділік болып табылады. Жоғары ПӘК батареяның жұмыс жасау уақытын, мерзімін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Аспаптардың қызмет көрсету мерзімі ПӘК арқылы бағаланатындықтан, светодиодты драйверлерді сатып аларған бұрын көптеген тұтынушылар осы көрсеткіш туралы ақпаратпен танысады. Ал, тұрандырудың жоғарғы жиілігімен шағын құрылғы-

лар құрылады. Себебі, бұл жағдайда, микросхемда аз өлшемді және мөлшерлі жиынтықтар, яғни бөлшектер болады.

Қазіргі таңда ешбір өндіруші осы фирманың драйверлері сияқты артықшылықтарға не драйверлерді ұсына алмайды.

Светодиодтарға арналған драйверлерді салыстыру үшін олардың тиімділігін анықтайтын есебін қарастырайық. Драйвердің шығысындағы кернеу қуаттың токқа қатынасымен табылады. Мысалы, драйвердің 2 Вт қуатты және 0,4 А токты сипаттамалары бар. Есептік арақатынас 5 В тең, бұл осы түрлендіргіштің шығыс кернеуінің максималды шамасы.

Егер 5 светодиодты қорек кезін қосу керек болса және олардың арақатынасының тоғы 5 В кезінде 0,3 А құраса, онда драйверлерді тізбектей жинау кезінде жалпы шығыс кернеу 25 В және ток 0,3 А болды. Ал, параллельді қосылыста 0,3 А ток әрбір светодиода бірдей болып таратылады. Яғни, олар қандай токқа есептелеп шығарылса, сондай мөлшердегі токты ғана шығара алады. Мысалы, 0,7 ток мәніне тең

светодиодтарды 0,3 А ток құрылғыға қосып, оларға ток жалпы 0,3 А ток беріледі. Мұндай жағдайда тізбектің қосылу схемасы рөл атқармайды. Дегенмен, кез келген мөлшердегі светодиодтар санын өзінше қоса беретін драйверлердің моделі де кездеседі, бірақ драйверлерді қуат бойынша істейді. Светодиодтардың қуаты драйвердің қуатынан аспайды. Сондықтан, светодиодтарының белгілі санын қосуға белгіделген драйверлер де өндіріледі, оларға аз светодиодтарды қосады. Олардың төтенше жағдайлардың сияқты шаралары қарастырылған. Бірақ, бұл драйверлердің тиімділігі төмен, дәлсіз жұмыс істейді, светодиодтар жылылықтан тұрады немесе мүлдем жапбайды. Сонда драйверге сәйкес емес жүктемені кернеуді қоссақ, ол тұрақсыз жұмыс істейді.

Дайын схемалар арқылы әртүрлі қуатты светодиодты драйверлерді жинайды. Салыстырма мысал ретінде RowTech қытай өндірісінің PT4115 микросхемасы негізінде жасалған драйвердің схемасы қарастырылады.

6 кесте – PT4115 микросхемасының техникалық көрсеткіштері

Сипаттамасы	Көрсеткіштері
Жарыялау басқару функциясы	Қуат реттеу
Кіріс кернеу, В	6-30
Танымалы, %	97-ге дейін
Қуат реттеуіне арналған шығыстары	-
Шығыс тоқтың өлшемі, А	1,2
Жүктеменің айырыпастарының аздығын ала сақтау	-

пайда болады. Келергі арқылы қадағаланып жүктемеге қарай жүретін ток белгілі бір мәнге дейін өседі. Ал, ток индуктивтілік және кернеу шамаларына тәуелді артады.

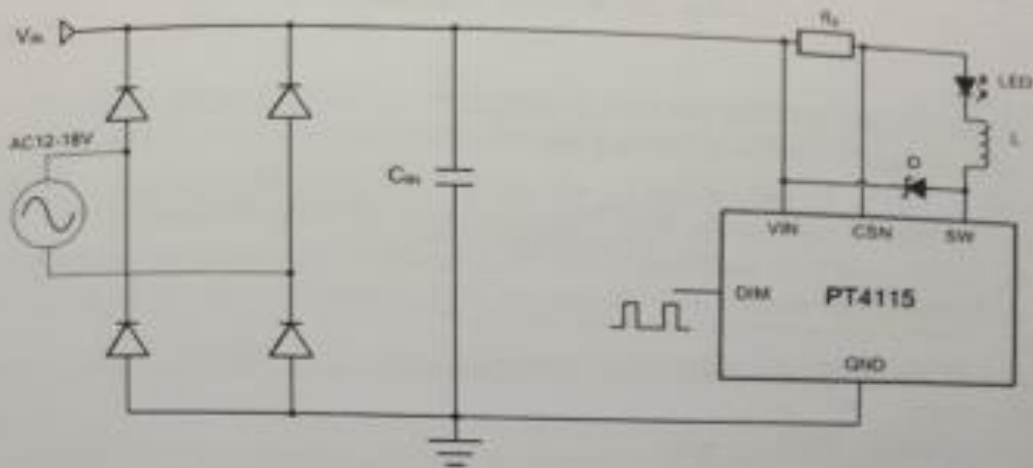
PT4115 микросхемасының жанықтықтары өндірілушінің нұсқаулықтары бойынша танылады. Төмен өлшемді конденсаторлар тізбекке жалғанады, өйткені басқа аналогтар драйвердің тиімділігіне кері әсерін тигізеді. Егер құрылғы тұрақты төмен керектенсе, конденсатордың сыйымдылығы 4,7 мкФ-тан жоғары етіп алынады. Егер ток

Микросхема 1 Вт-тан жоғары светодио-  
дтарды қоректендіруге арналған, жоғары  
тиімділікке не және жынықтықтарының саны аз.

Схемада конденсатор маңызды рөл атқарады, бұл жыныттық нульсацияны төмендетеді және транзистор жабылған кезде индуктивтілік орамымен жиналған энергияны компенсациялайды. Ал конденсатор болмағанда, индуктивтіліктің барлық энергиясы жарылайтқызып диод арқылы қорек кернеуіне түседі және соған қапасты микросхеманың істен шығу себепкері атанады. Сондықтан микросхеманы кіріс конденсаторсыз қосу ұсынылмайды.

Индуктивтілік светодиодтардың тұтынушылығына байланысты есептеледі. Оның мәнін белгіленген мөлшерден аздап артырады, бірақ бұл жалпы схеманың ПӘК төмендетеді. Кернеу берілген сәтте және ток резистор арқылы өткенде, индуктивтілік нөлге теңеледі. Ары қарай салыстырғыш резисторға дейінгі және кейінгі потенциалдар деңгейін талдайды, нәтижесінде шығыста жоғары шығырлану

айнымалы болса, қатты, сыйымдылығы 100 мкФ-тан төмен емес конденсатор қолданылады. Орамның индуктивтілігі 68 мкГн-ге тек. Оны өз қолымен жасау үшін істен шыққан компьютердің сәккінасы мен орам санын пайдаланады. Диодтың параметрлері сыйымдылығы 15 мкФ, жұмыс температурасы -65...150°C, 30 А дейінгі ток импульсын көтере алады. Резистордың мәні светодиодаға жетті тоқтың шамасымен есептеледі. Схемдағы оның мәні 0,13 Ом-тен, сәйкестігіне 780 мА.



6-сурет. PT4115 микросхемасы негізіндегі светодиодты драйвер

Осылайша, светодиодты драйверлерді таңдамас бұрын, алдымен, оның қосылу схемасына мән беріледі. Яғни, светодиодты емес, светодиодты драйверлерді таңдауға ерекше көңіл бөлінеді. Өйткені кез келген драйвердің қуаты светодиодтікіне сәйкес келе бермейді немесе оны қорек көзімен қамтамасыз етуге қуаты жетпейтү мүмкін. Бұл жағдай драйвердің істен шығуына алып келеді. Светодиодты драйверлердің ең басты талабы – қорек көзі.

Сонымен, светодиодты драйверлерді салыстыра келе, ең сенімді драйвердің көрсеткіштері мыналар болып табылады: жоғары ПӘК; жоғары сенімділігі; жұмыстық жиілігінің өте жоғары болмауы; ал өте жоғары болған жағдайда, схемадағы жиынтықтардың саны тиісінше аз болады; қорек көзінің тұрақтылығы; сондай-ақ қарапайымдылығы, қолжетімділігі, арзандылығы жатады.

#### Қорытынды

Мақалада светодиодты драйверлердің түрлері, олардың сипаттамалары бойынша салыстырулар жүргізілді. National Semiconductor драйверлерінің тиімділік және қауіпсіздік негізгі көрсеткіштері бойынша үшінші типті светодиодты драйверлердің артықшылықтары көп.

Ал Texas Instruments компаниясының светодиодты драйверлерін салыстыра келе, үшінші типті светодиодты драйвер басқа екеуіне қарағанда сенімділігі жоғары. Себебі онда, кемшіліктеріне қарағанда, алғашқы екеуінің артықшылықтары басым. Мысалы, ПӘК үлкен және схемадағы жиынтықтардың аз орынды алуы.

Сонымен қатар, қытай өндірісінің PT4115 микросхемасы негізінде жасалған светодиодты драйвердің тиімділігі мен сенімділігі жоғары, микросхемадағы жиынтықтардың ыңғайлы орналасуына байланысты ұзақ қызмет көрсетеді және жұмыстық жиілігі кең.

Светодиодты қуат көзі жарықтандырушы аспаптарда светодиодтар сияқты маңызды рөл атқарады. Светодиодты драйвер шамдардың сенімділігін, қызмет көрсету мерзімін, жалпы тиімділігін анықтайды.

Қатрде арзан бағала, пайдасы жоғары, өзінің сапалық және функционалдық сипаттамаларын сақтай отырып, аз өлшемді болып келетін светодиодты қорек көздерінің зерттемесін дайындау өзекті тақырыптардың бірі болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. <http://ledno.ru/>.
2. <http://diode-system.com/>.
3. <http://www.ti.com/>.
4. Hwu K. I., Yau Y. T., and Li-Ling L., «Powering LED Using High-Efficiency SR flyback Converter». Industry Applications, IEEE Transactions on, vol. 47, pp. 276-286, 2011.
5. Dianbo F., Ya L., Lee F. C., and Ming X., «A Novel Driving Scheme for Synchronous Rectifiers in LLC Resonant Converters». Power Electronics, IEEE Transactions on, vol. 24, pp. 1321-1329, 2009.
6. Цветков Д. Новые высокоэффективные DC/DC-преобразователи. Современная электроника, № 8, 2007.
7. <http://mustbuilding740.weebly.com/>.
8. Business Wire, 2010 Worldwide High-Brightness LED Market Grew 93 Percent According to Strategies Unlimited. <http://www.businesswire.com/>.
9. U. S. Department of Energy, SSL Research and Development Multi-Year Program Plan Mar 2011 (Updated May 2011). <http://apps1.eere.energy.gov/>.

Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

**СБОРНИК  
НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
ЭНЕРГЕТИКА, РАДИОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА  
И СВЯЗЬ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

Алматы 2019

*Продолжение приложения Е*

УДК 621.37/39+681.2

Рекомендовано к изданию Ученым Советом Алматинского университета энергетики и связи (протокол № 3 от 25.10.2019г.). Печатается по тематическому плану выпуска ведомственной литературы АУЭС на 2019 год, позиция.

Э65 «Энергетика, радиотехника электроника и связь» сборник научных трудов по специальности «Приборостроение».

Редакционная коллегия: Чигамбаев Т.О. – Алматы: АУЭС, 2019 – 52с.

ISBN 978-601-7939-07-6

Настоящий сборник статей составлен по результатам научной конференции магистрантов по специальности «Приборостроение» состоявшейся в АУЭС в октябре 2019 г.

УДК 621.37/39+681.2

Печатается по плану Алматинского университета энергетики и связи на 2019 г.

ISBN 978-601-7939-07-6

© АУЭС 2019 г.

*Продолжение приложения Е*



## СОДЕРЖАНИЕ

А.Б.Мендакулова, Ә.Жауыт. ДИНАМИКА И ЖЕСТКОСТЬ ИСХОДНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ	4
Е.Ж.Молдагалиев, Ә.Жауыт. ДІРЛІ АТҚАРУШЫ КОНВЕЙЕРДІҢ ДИНАМИКАСЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ БУЫНДАРЫНЫҢ КЕРНЕУЛІК – ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІН ЕСЕПТЕУ	14
К.А.Есбукенова, А.М.Ауэзова. МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ЗАДАННЫЙ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ	21
С.Б.Болатбек, А.М.Ауэзова. ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ДРАЙВЕРА С ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКОЙ	24
В.Р.Райх, Б.С.Байкенов. ЗОНД ВИДЕОКАРОТАЖА ДЛЯ СКВАЖИН	27
Т.О.Чигамбаев, Л.Б.Алтынбекова, Г.К.Балбаев. БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДАЛЬНЕГО ПОЛЕТА	31
Е.Е.Ахмет, Г.К.Балбаев. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ РЕЧИ	36
Р.Т.Жабаев, Т.О.Чигамбаев. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ О КРИТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ	39
А.Е.Кодеков, Т.О.Чигамбаев. ГУМАНОИДТЫҚ РОБОТТАРДЫҢ «БАС БӨЛІГІНІҢ ІС ҚИМБІЛДАРЫН» МОДЕЛІН ЖАСАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ	44
М.Ә.Рахметуллаев, А.М.Ауэзова. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЕ	49

*Продолжение приложения Е*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ДРАЙВЕРА С ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКОЙ

Болатбек Сагым Бакыткызы

(Рук. к.т.н., доцент, Ауэзова Алма Мухамбетжановна)

*В статье рассматривается схема драйвера для светодиода на основе гальванической развязки. Для развязки в схеме используются разделительные конденсаторы и индуктивности. Управление осуществляется с помощью специальной микросхемы.*

*Приведена формула для определения коэффициента мощности. Типы кривой силы света устанавливаются по расположению светодиодов на поверхностях.*

**Ключевые слова:** развязка, трансформатор, светодиод, драйвер, сила тока, емкость, индуктивность.

Посредством гальванической развязки между цепями передается энергия или информационный сигнал, но между ними нет электрического соединения. Она используется для уменьшения помех, бесконтактного управления и для защиты оборудования от повреждения. То есть, гальваническая развязка применяется для подачи переменного тока на источник питания и поэтому, защищает людей от поражения электрическим током и предотвращает от старения элементов схемы.

Ниже приведена существующая схема, разработанная без применения трансформатора. В этом методе развязка осуществляется с емкостью и индуктивностью. При помощи разделительных емкостей энергия переносится от главного каскада в выходную цепь источника питания.

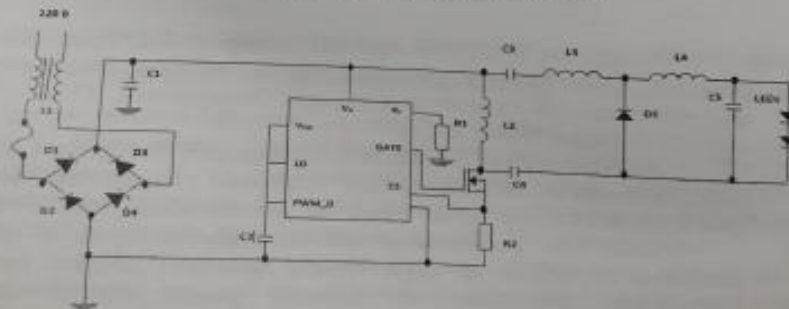


Рисунок 1 – Светодиодный драйвер на основе HV9910 с индуктивно-емкостной гальванической развязкой

Примером гальванической развязки может быть трансформатор. В зависимости от выходной цепи источников питания используются разные трансформаторы. Например, импульсный трансформатор. Но, есть и гальваническая развязка, в которой отсутствует трансформатор.

Конденсатор С1 уменьшает величину тока и подает ее в выходную цепь. Следовательно, поток в выходной цепи не увеличивается. Это защищает от удара током. По мере увеличения частоты, значение емкости уменьшится. R1 и С2 установлены на рабочую частоту. Увеличение частоты происходит через транзистор. Гальваническая развязка на постоянный ток и промышленный ток осуществляется конденсаторами С3, С4 и индуктивностью L1 для токов собственных частот. Подаваемое напряжение выпрямляется мостом.

Отклонение формы тока потребления, сдвиг фаз между током потребления и выходным напряжением определяется коэффициентом мощности. Характеризуется отношением активной мощности на полной потребляемой.

$$\eta = \frac{P_{\text{вх акт}}}{S_{\text{вх полн}}} \quad (1)$$

Коэффициент мощности показывает какая часть энергии уходит на преобразование. Следовательно, остальная часть никуда тратится, и передается по проводам и подвергает их к перегреву.

Потеря светового потока в модуле светодиодов происходит путем расчета потерь в каждом светодиоде. Светодиоды располагаются как в выпуклой, так и вогнутой поверхности. На вогнутой поверхности устанавливаются светодиоды с кривой силы света типов К, Г, на выпуклой типов Ш, М, С, Д при световом потоке светильников в нижнюю полусферу ( $\Phi_{\text{св}}=1000 \text{ лм}$ ).

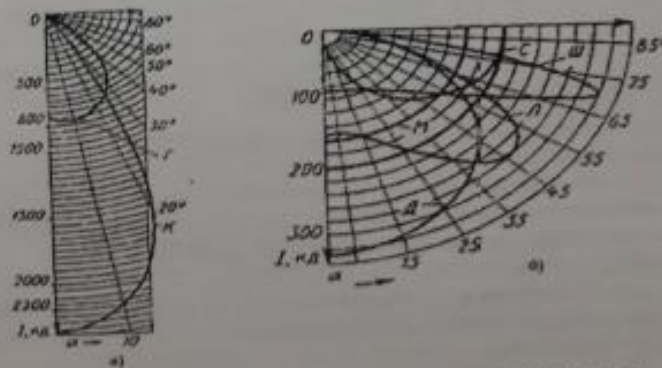


Рисунок 2 – Типы кривой силы света: а) К, Г; б) Ш, М, С, Д

Если светодиоды расположены на выпуклой поверхности, то оси светодиодов лежат в одной плоскости. Угол  $\varphi$  между лучами исходящими из светодиода 1 ( $O_1$ ) и касательными к цилиндрической части светодиода 2 зависит от  $\alpha$  угла.

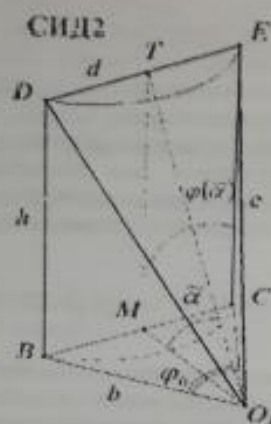


Рисунок 2 – Ход световых потоков светодиода 1 при экранировании светодиода 2

#### Вывод

Драйверы с гальванической развязкой обеспечивают длительный срок службы устройства и защиту людей от поражения электрическим током. Используются для уменьшения уровня помех. Коэффициент мощности определяет отклонение формы потребляемого тока. Расчет потери светового потока светодиодов осуществляется кривой силы света по расположению светодиодов на светодиодном модуле.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абрамова Л. В. О конструктивных особенностях использования светодиодов в различных классах световых приборов. Наука и инновации в Республике Мордовия: материалы VI респ. научн.-практ. конф., г. Саранск, 2007 г. - Стр. 443-449.
- 2 Ашурков С. Г. Метод расчета фотометрического тела излучателей со светодиодами разной пространственной ориентации. Светотехника, 2007. - №1. - С. 43-44.
- 3 [www.qiholding.ru](http://www.qiholding.ru) (просмотрено 12.10.19).



# NORWEGIAN JOURNAL OF DEVELOPMENT OF THE INTERNATIONAL SCIENCE

№37/2019

**Norwegian Journal of development of the International Science**

ISSN 3453-9875

VOL.1

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

## DESCRIPTION

The Scientific journal "Norwegian Journal of development of the International Science" is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

- James Smith (University of Birmingham, UK)
- Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)
- Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)
- Sander Svein (University of Tromsø, Norway)
- Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)
- Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)
- Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)
- Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)
- Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)
- Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)
- Sander Langfjord (University Hospital, Norway)
- Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)
- Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)
- Sofie Olsen (BioFokus, Norway)
- Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)
- Lutz Jäncke (University of Zürich, Switzerland)

- Lutz Jäncke (University of Zürich, Switzerland)
  - Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)
  - Chan Jiang (Peking University, China)
- and other independent experts

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: [publish@njd-iscience.com](mailto:publish@njd-iscience.com)

site: <http://www.njd-iscience.com>

## CONTENT ARCHITECTURE

**Sobolev V., Sobolev I., Druzhinina T.**  
RAPID ASSESSMENT OF THE LEVEL OF HIDDEN  
BUILDING DEFECTS BASED ON NON-CONTACT  
MICRODYNAMIC TESTS ..... 3

### ARTS

**Sarybay M., Yerkebay A.**  
CONTEMPORARY STAGE ART PROBLEMS IN THE  
THEATER CRITIC A. SYGAY'S WORKS ..... 7

### MEDICAL SCIENCES

**Chernysheva T., Pimenov L.,  
Varenik E., Valinurov A.**  
VITAMIN D IN COMORBID PATIENTS WITH HEART  
FAILURE AND METABOLIC SYNDROME ..... 11

**Zelter P., Chaplygin S., Kapishnikov A.**  
THE ROLE OF THREE-DIMENSIONAL MODELING IN  
PLANNING OPERATIONS IN PATIENTS WITH PORTAL  
HYPERTENSION SYNDROME ..... 13

**Kaminska A.**  
SYSTEM OF MEDICAL-PSYCHOLOGICAL SUPPORT OF  
THE FAMILY WHERE A PATIENT WITH ENDOGENOUS  
MENTAL DISORDER LIVES ..... 15

**Krytskiy T., Pasyechko N.**  
THE RELATIONSHIP OF THYROID FUNCTION AND THE  
DEVELOPMENT OF ANDROGEN DEFICIENCY IN MEN ..... 21

**Leonovich O., Morozov I., Dzaqurova T.**  
DIVERSE MORPHOLOGY HANTAVIRUS PUUMALA ..... 25

**Lobanova Y., Poselyugina O.,  
Steblecova N., Danilina K.**  
STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES OF THE  
KIDNEYS IN HYPERTENSIVE DISEASES. FEATURES OF  
DIAGNOSIS AND TREATMENT ..... 28

**Mikhailova I., Orlova V.,  
Minutko V., Simonova A., Pogodina E.**  
EPISODIC PARANOID SCHIZOPHRENIA AS AN  
INFECTIOUS PROCESS (MULTIDISCIPLINARY  
INVESTIGATION) ..... 31

**Bezrodnyi B., Slobodjanyk V., Filatov N.**  
ENDOSCOPIC DOUBLE STENTING OF THE BILIARY  
SYSTEM AND DUODENUM IN THE TREATMENT OF  
UNRESECTABLE CANCER OF THE HEAD OF THE  
PANCREAS, COMPLICATED BY OBSTRUCTIVE  
JAUNDICE ..... 35

### PHARMACEUTICS

**Pivovarova T., Pivovarova T.,  
Kabakova T., Magomedova F.**  
STUDY OF THE USE OF IRON DRUGS IN PEDIATRICS  
(FOR CHILDREN UNDER 3 YEARS) ..... 38

**Rudnik A.**  
THE STUDY OF COMPOUNDS DISTILLED WITH WATER  
VAPOR OF BLACK COTTONWOOD LEAF ..... 40

### PHYSICAL SCIENCES

**Egorov V.**  
MASS OF THE MATERIAL UNIVERSE ..... 44

**Plotnikova J., Frolov A.,  
Shaikhutdinov Y., Hwan D., Pogoreltsev A.**  
PRELIMINARY RESEARCHES OF THE ELECTRON  
DENSITY DISTRIBUTION IN THE  $La_2Cu_{1-x}Zn_xO_4$  SYSTEM:  
MAGNETIC PHASE ..... 45

**Shaar Y., Karnilovich S., Hassan N.**  
THE EFFECT OF ELECTRIC DRIFT ON THE MOVEMENT  
OF A CHARGED PARTICLE IN THE FIELD OF AN  
ACCELERATED ELECTROMAGNETIC WAVE ..... 50

### TECHNICAL SCIENCES

**Adambaev M., Bolatbek S.**  
SYNTHESIS OF THE REGULATOR-COMPENSATOR IN  
THE COMBINED SYSTEM OF STABILIZATION OF LED  
DRIVER CURRENT ..... 53

**Pyatakov E., Sokol I.,  
Korolenko A., Isaev E., Simanenkov A.**  
TO THE QUESTION OF DIAGNOSTIC DYNAMIC  
CHARACTERISTICS OF SHIP ICE ..... 57

**Krasnov A., Prakhova M.**  
SIMULATION OF A PIEZOELECTRIC  
ACCELEROMETER ..... 63

**Rogovoy A., Saidirassulov S., Urazbaeva G.**  
ENSURING INFORMATION SECURITY OF UNIVERSITY  
TESTING SYSTEM DATA ..... 69

## TECHNICAL SCIENCES

### SYNTHESIS OF THE REGULATOR-COMPENSATOR IN THE COMBINED SYSTEM OF STABILIZATION OF LED DRIVER CURRENT

**Adambaev M.**

*Candidate of technical sciences*

*Professor of the Department «Electronics and robotics»*

*Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev*

*Almaty, Kazakhstan*

**Bolatbek S.**

*Undergraduate of the Department «Electronics and robotics»*

*Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev*

### СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА-КОМПЕНСАТОРА В КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ СТАБИЛИЗАЦИИ ТОКА СВЕТОДИОДНОГО ДРАЙВЕРА

**Адамбаев М.Д.**

*кандидат технических наук*

*профессор кафедры «Электроника и робототехника»*

*Алматынский университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева*

*г. Алматы, Казахстан*

**Болатбек С.Б.**

*магистрант кафедры «Электроника и робототехника»*

*Алматынский университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева*

*г. Алматы, Казахстан*

#### Abstract

The main stage in the synthesis of an automatic control system is the identification (determination of the structure and parameters of the mathematical model) of the control object. To determine the characteristics of the LED driver, an experimental method is used, associated with the supply of typical influences (stepwise, harmonic, etc.) to the input of an object, as well as a statistical method. Random disturbances acting on the object determine the stochastic nature of the relationship between the input and output variables of the object.

#### Аннотация

Основной этап синтеза системы автоматического управления – идентификация (определение структуры и параметров математической модели) объекта управления. Для определения характеристик светодиодного драйвера применяется экспериментальный метод, связанный с подачей на вход объекта типовых воздействий (ступенчатого, гармонического и т.п.), а также статистический метод. Случайные возмущения, действующие на объект обуславливают стохастический характер связи между входными и выходными переменными объекта.

**Keywords:** identification, automatic control, LED driver, statistical, transient process.

**Ключевые слова:** идентификация, автоматическое управление, светодиодный драйвер, статистический, переходный процесс.

Светодиоды нуждаются только в постоянном токе для нормальной работы светодиодов, в отличие от других светящихся приборов. Дополнительные электронные устройства используются для

преобразования переменного тока в источник постоянного тока, чтобы сетевой источник питания работал в сочетании со светодиодами. Они упоминаются в научной литературе как стабилизаторы или драйверы светодиодов.

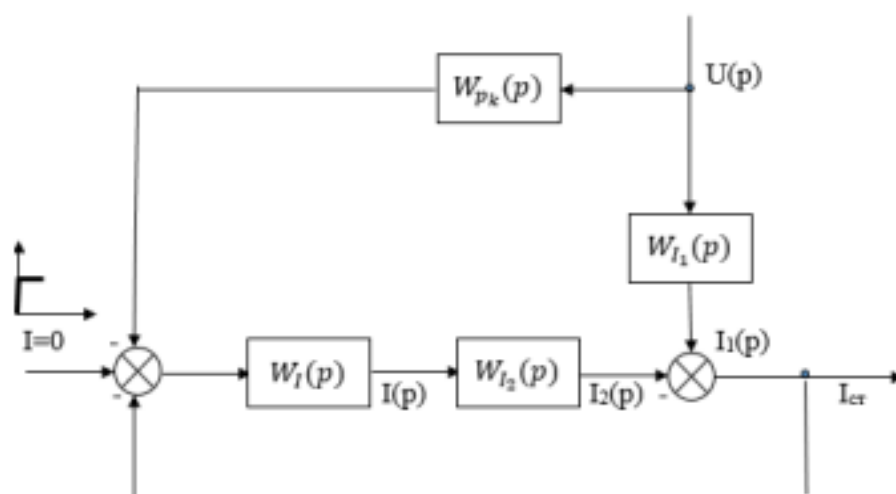


Рисунок 1 Структурная схема для идентификации светодиодного драйвера

где,  $I$  – входное заданное значение тока,  $I(p)$  – ток блока регулирования напряжения,  $I_1(p)$  – ток внешнего источника,  $I_2(p)$  – выходной ток светодиодного драйвера,  $W_1(p)$  – характеристика регулирования напряжения,  $W_{12}(p)$  – характеристика внешнего источника,  $W_{11}(p)$  – характеристика светодиодного драйвера,  $W_{pk}(p)$  – характеристика регулирования компенсации,  $U(p)$  – напряжение внешнего источника.

При условии, что входные и выходные величины, описывающие характеристики  $W(p)$ , могут быть измерены, задача идентификации сводится к определению оператора  $W(p)$  [1-2].

1) Для характеристики светодиодного драйвера используется драйвер на основе PT4115. Представляет собой индуктивный понижающий преобразователь с непрерывным режимом работы. Предназначен для управления одним или несколькими последовательно подключенными светодиодами, питающимися от источника напряжения выше, чем общее напряжение цепи светодиодов. Может работать от источника питания с напряжением от 6 до 30 В и обеспечивает выходной ток до 1,2 А, а выходную мощность более 30 Вт. На отдельный вход DIM можно подавать либо постоянное напряжение, либо широкий диапазон ШИМ.

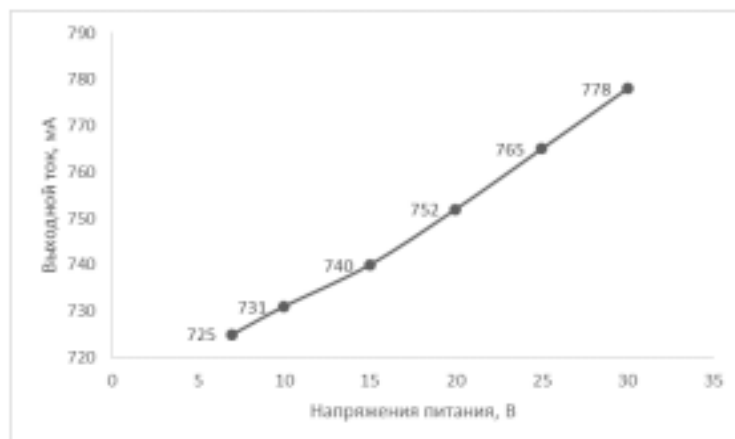


Рисунок 2 Выходной ток светодиодного драйвера на основе PT4115 по экспериментальным данным

Из рисунка 2 видно, что график выходного тока светодиодного драйвера описывает характеристику безынерционного звена, которое имеет передаточную функцию:

$$W_{12}(p) = K_2 \quad (1)$$

2) При ШИМ-регулировке ток через светодиод передается на короткий промежуток времени. Частота этих циклов будет выше, чем частоты, детектируемую человеческим глазом. В противном случае, появляется эффект мерцания светодиодных ламп. ШИМ-регулировка уменьшает отклонения свечения светодиода, поэтому этот метод широко используется.



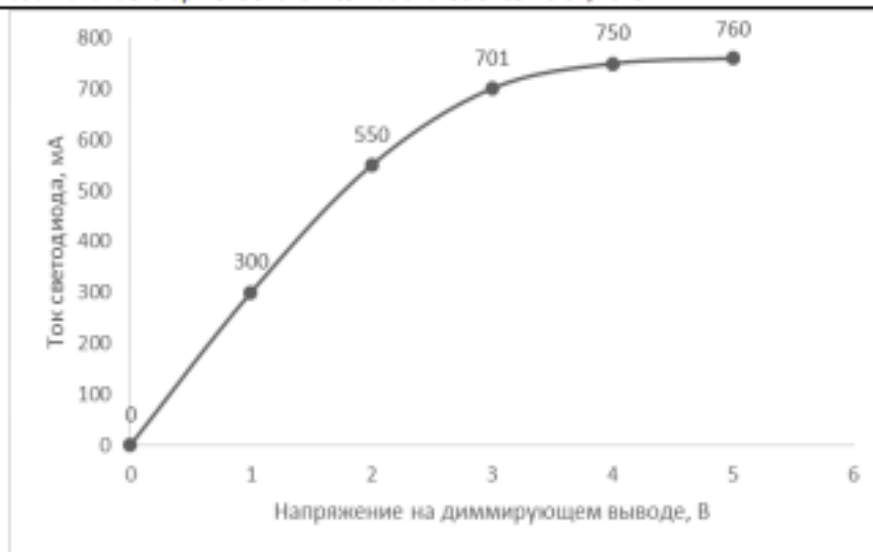


Рисунок 3 – Результаты регулировки напряжения

Результаты регулировки напряжения показывают экспоненциальный закон (инерционное звено 1-го порядка) зависимости тока светодиода от напряжения. Характеристика регулировки напряжения для данного закона:

$$W(p) = \frac{\kappa}{T_p + 1} \quad (2)$$

Чтобы стабилизировать ток на выходе драйвера, используется комбинированный метод по теории вероятности инвариантности. В выше перечис-

ленных случаях были рассмотрены звенья основного канала для идентификации по теории инвариантности. Основной канал действует непосредственно самой схеме.

3) Теперь создается дополнительный канал, по которому найдется передаточная функция внешнего источника. Вывод DIM управляется внешним напряжением постоянного тока для регулировки выходного тока на значение ниже номинального среднего значения.

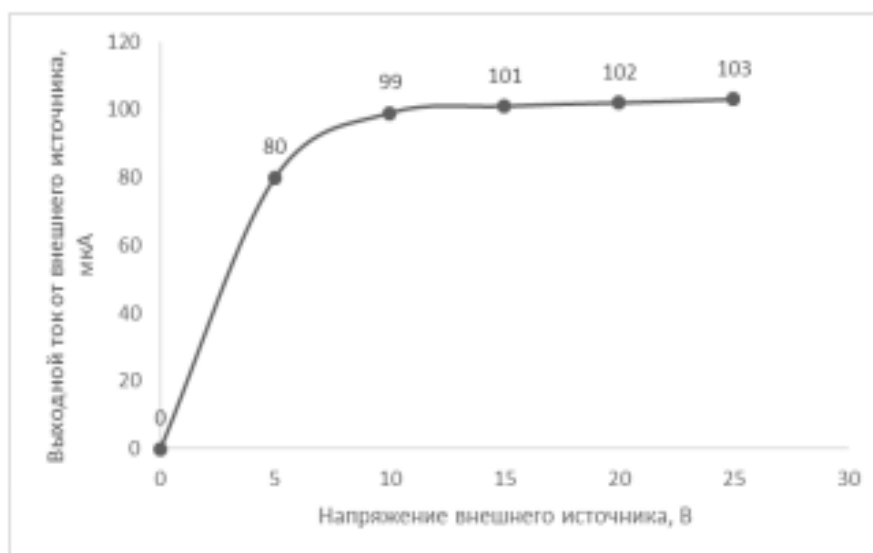


Рисунок 4 Зависимость тока внешнего источника от его напряжения

В этом случае, характеристика внешнего источника тоже имеет передаточную функцию инерционного звена 1-го порядка (экспоненциальный закон):

$$W_2(p) = \frac{\kappa_2}{T_2 p + 1} \quad (3)$$

4) Для того, чтобы найти неизвестную характеристику  $W_{pk}(p)$  и рассчитать схему, показанную на

рисунке 1, заданное значение тока приравняем к нулю [3-5]. Отсюда выходит:

$$I_1 + I_2 = 0 \quad (I_2) \quad (4)$$

Тогда по ниже приведенной схеме найдем значение  $I_1$ .

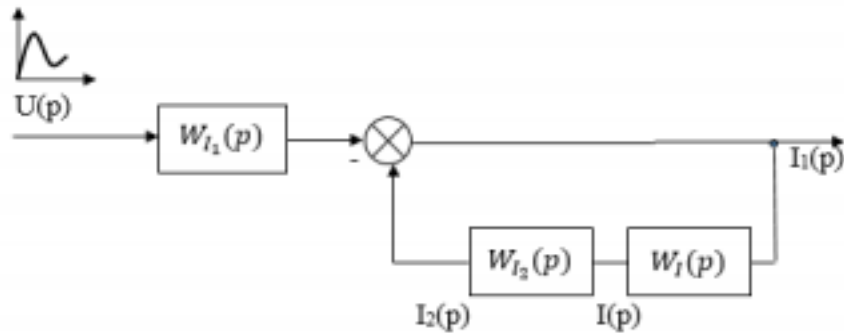


Рисунок 5 Структурная схема для идентификации  $I_1$

$$I_1(p) = U(p) \cdot W_{12}(p) \cdot \frac{1}{1 + W_{12}(p)W_1(p)} \quad (6)$$

Вставим формулы (1), (2) и (3) в формулу (6), получим:

$$I_1(p) = U(p) \cdot \frac{K_1}{T_1 p + 1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{K_2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \cdot \frac{K}{T_2 p + 1}}$$

А значение тока  $I_2$  определяется по рисунку 6.

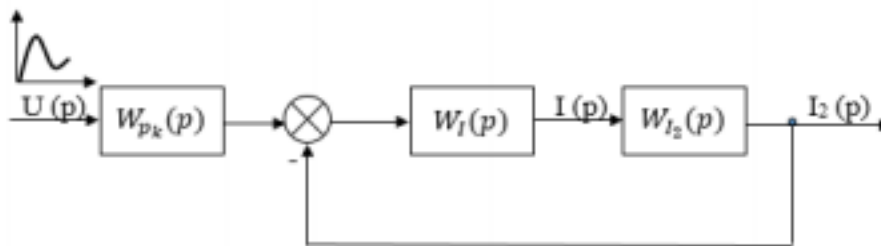


Рисунок 6 Структурная схема для идентификации  $I_2$

$$I_2(p) = U(p) \cdot W_{pk}(p) \cdot \frac{W_1(p)W_2(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)} \quad (7)$$

Вставим (1), (2) в формулу (7), получим:

$$I_2(p) = U(p) \cdot W_{pk}(p) \cdot \frac{\frac{K}{T_2 p + 1} \cdot \frac{K_2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}}{1 + \frac{K}{T_2 p + 1} \cdot \frac{K_2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}}$$

По теории инвариантности (4) находим неизвестную  $W_{pk}(p)$ :

$$I_1 + I_2 = \frac{U(p)W_{12}(p)}{1 + W_{12}(p)W_1(p)} + \frac{U(p)W_{pk}(p)W_1(p)W_2(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)} = 0$$

Из этого следует:

$$U(p) \neq 0, 1 + W_1(p) \cdot W_2(p) \neq 0, W_{12}(p) + W_{pk}(p) \cdot W_1(p) \cdot W_2(p) = 0, W_{pk}(p) = -\frac{W_{12}(p)}{W_1(p)W_2(p)} = -\frac{\frac{K_1}{T_1 p + 1}}{\frac{K}{T_2 p + 1} \cdot \frac{K_2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}} = \frac{K_1 \cdot (T_2 p + 1)}{K \cdot K_2 \cdot (T_1 p + 1)} \quad (8)$$

Проверим уравнение (4) к равенству нулю, вставляя (8):

$$I_1 + I_2 = U(p) \cdot \left( \frac{\frac{K_1}{T_1 p + 1} \cdot \frac{K_2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \cdot \frac{K}{T_2 p + 1}}{1 + \frac{K_1 \cdot (T_2 p + 1)}{K \cdot K_2 \cdot (T_1 p + 1)}} \right) = 0, K_1 \cdot K \cdot K_2 \cdot (T_2 p + 1) - K_1 \cdot K \cdot K_2 \cdot (T_1 p + 1) = 0.$$

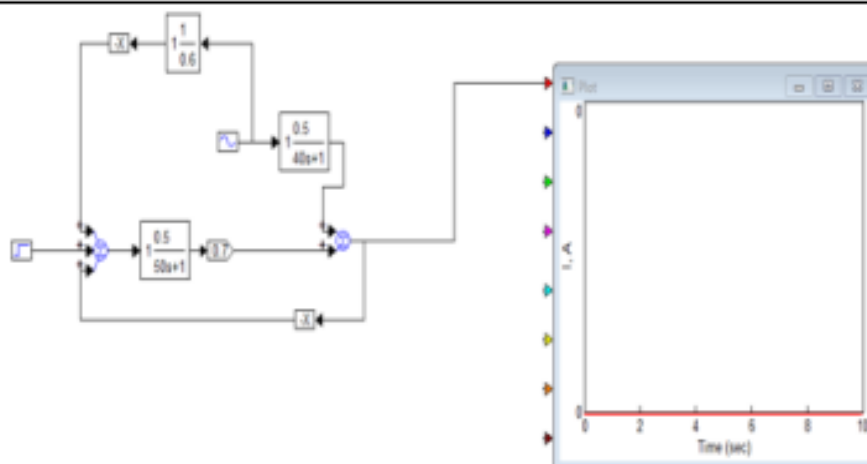


Рисунок 7 Моделирование системы идентификации

Таким образом, применение разработанного регулятора-компенсатора в комбинированной системе автоматической стабилизации тока светодиодного драйвера позволяет практически исключить влияние колебаний напряжения на величину рабочего тока, что повышает технико-экономические показатели светодиодных приборов освещения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Цветков Д. Новые высокоэффективные DC/DC-преобразователи. Современная электроника, № 8, 2007.
2. Автоматическое управление в электроэнергетике (прикладная математика и идентификация). – Алматы: МОН РК; КазНТУ им. Сатпаева, 2015. – 322 с.
3. Теория и практика технического эксперимента в электроэнергетике. – Алматы: МОН РК; КазНТУ им. Сатпаева, 2013. – 237 с.
4. Hwu K. L., Yau Y. T., and Li-Ling L., «Powering LED Using High-Efficiency SR flyback Converter». Industry Applications, IEEE Transactions on, vol. 47, pp. 376-386, 2011.
5. Rich Rosen. Dimming Techniques for Switched Mode LED Drivers, №126.