

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер


Д.В. Грицук

«15» мая 2024

Разработка и исследование системы диммируемого светодиодного освещения

Содержание:

1. Введение.....	3
2. Обзорная часть (Диммируемый драйвер)	5
3. Описание предлагаемой системы управления.....	7
4. Разработка структурной схемы.....	8
5. Разработка функциональной схемы.....	10
6. Разработка принципиальной электрической схемы.....	11

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальна задача управления протяженными системами наружного и внутреннего освещения, построенными на базе светодиодных осветительных приборов.

Светодиодные светильники обладают множеством преимуществ: энергоэффективность, и, следовательно, экономичность и экологичность, длительность службы, простота управления яркостью освещения путем диммирования, легкость и ударопрочность.

Проанализировав существующие технические решения в области автоматизации освещения [7-10], можно сделать вывод, что большинство систем управления требуют прокладки дополнительных линий управления или используют для передачи команд управления сеть питания.

Первые системы дороже и сложнее в обслуживании, особенно при использовании наружного освещения со светильниками, расположенными на большом расстоянии друг от друга.

Вторые позволяют использовать имеющиеся проложенные линии, но вносят в нее помехи, что влияет на помехозащищенность оборудования. Также такие системы сами могут страдать от помех, вносимых мощным оборудованием, импульсными источниками питания или высокочастотными устройствами.

Для управления светильниками предложено использовать модифицированную низкочастотную PLC-технология (Power Line Communication), избавленную от перечисленных недостатков [11]. В данной технологии информация передается по самой линии электроснабжения на частоте сетевого напряжения. Выбран способ кодирования передаваемых данных количеством полуволн сетевого напряжения, прошедших между двумя маркерами. С целью минимизации влияния передаваемых посылок на форму сетевого напряжения предложено в качестве маркеров использовать полуволны сетевого напряжения, уменьшенные по амплитуде. Данный способ апробирован в лабораторных условиях с использованием стандартного диммируемого блока питания ИПС50-350ТУ.

В работе [11] приведена структурная схема автоматизированной системы освещения с передачей команд по сети электроснабжения, а также предложены варианты принципиальных схем силовых коммутаторов переменного напряжения, предназначенные для формирования информационных посылок от контроллера освещения микроконтроллерным демодулятором данных, расположенным в каждом осветительном приборе.

Центральным звеном системы освещения является именно контроллер освещения, который управляет всеми осветительными приборами посредством силового коммутатора, видоизменяющего форму сетевого напряжения.

Разрабатываемый контроллер освещения имеет следующие функции:

- 1) управление отдельными или всеми светильниками системы освещения с помощью модифицированной низкочастотной PLC-технологии;
- 2) управление всеми светильниками по аналоговому входу;
- 3) измерение освещенности с помощью цифрового датчика;
- 4) удаленное считывание даты, времени и освещенности в главное устройство верхнего уровня (управляющую станцию) по его запросу;
- 5) удаленная запись даты и времени в контроллер освещения из рабочей станции;
- 6) обслуживание и отладка контроллера освещения с помощью персонального компьютера.

Контроллер освещения формирует следующие команды управления светильниками:

- 1) команда локального управления позволяет включать/отключать и диммировать каждый светодиодный светильник индивидуально;
- 2) команда глобального управления позволяет включать/отключать и диммировать все светильники одновременно.

2. ОБЗОРНАЯ ЧАСТЬ (ДИММИРУЕМЫЙ ДРАЙВЕР)

Современным направлением внутреннего и наружного освещения является использование светодиодных светильников. Кроме основного назначения светодиодные светильники широко используются в качестве дополнительного, а иногда и основного освещения при закрытом способе выращивания растений.

Принципы работы светодиодных ламп основаны на излучательной рекомбинации электронно-дырочных пар в p-n-переходе при прямом смещении и на фотолюминесценции люминофоров для получения дополнительных спектральных составляющих [1]. Эти процессы протекают при температуре окружающей среды или немного повышенной, что обуславливает энергосберегающий характер таких источников света. Однако, несмотря на низкое энергопотребление, всегда остается востребованной возможность внешнего управления световым потоком и соответственно потребляемой мощностью.

Устройствами для изменения электрической мощности являются электронные устройства - диммеры. Диммеры, также как и драйверы для светодиодных ламп, имеют отличия от обычных источников питания из-за особенностей вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов.

На открытом одиночном светодиоде в зависимости от материала (цвета свечения) падает, примерно от 1,5 до 3 В. Ток же может изменяться в широких пределах, излучаемый световой поток пропорционален току.

Светодиоды включают последовательно, чтобы увеличить суммарное падение напряжения на сборке. Поэтому стабилизируют ток всей сборки светодиодов, для этого используется стабилизированный источник тока - светодиодный драйвер.

Выпускаются линейные и импульсные драйверы.

Линейные дешевы и создают меньше помех, но имеют большие потери мощности из-за нагрева.

Коэффициент полезного действия импульсных драйверов может достигать 95% и выше.

В качестве примера функционально законченного импульсного диммируемого драйвера можно привести изделие ИПС50-350ТУ компании АРГОС (рисунок 1) [2]. Драйвер имеет номинальный выходной ток 0...0.35 А и диапазон номинальных выходных напряжений 50...140 В. Предусмотрено управление диммированием с помощью ШИМ сигнала и с помощью аналогового сигнала напряжением 0...10 В.



Рис. 1 ВНЕШНИЙ ВИД ДРАЙВЕРА

В документации к ИПС50-350ТУ приведен вариант подключения диммера и зависимость выходного тока от скважности ШИМ сигнала (рисунок 2).

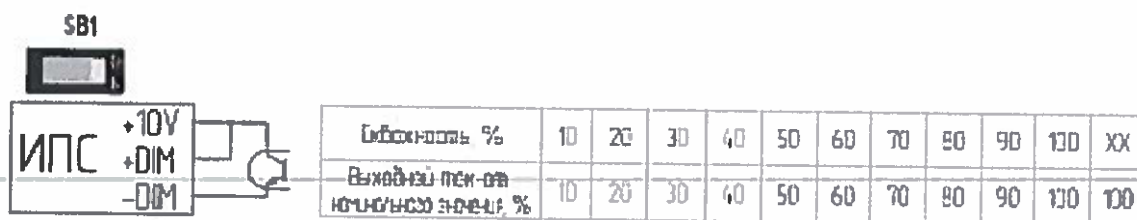


Рис. 2 ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДЛЯ ДИММИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ШИМ И ТАБЛИЦА СКВАЖНЕЙ

3. ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В данной работе предлагается следующая схема управления несколькими светильниками.

Модулятор изменяет напряжение сети, уменьшая одну полуволну напряжения на 10% - это будет маркер. Число немодулированных полуволн между маркерами будет полезной информацией (числом).

К сети будет подключено несколько приемных устройств (демодуляторов), считывающих маркеры и немодулированные полуволны и управляющих диммируемыми драйверами светильников.

Сообщения будут кодироваться следующим образом: будет отсылаться две модулированных полуволны для определения начала сообщения.

Затем несколько немодулированных полуволн, кодирующих адрес необходимого приемника (порядковый номер от трех до 128). Если была послана одна или две немодулированных полуволны, то команду воспринимают все приемники в сети.

Затем посылается еще один маркер, и после него - немодулированные полуволны числом от одной до 101, обозначающим устанавливаемую максимальную яркость в процентах (с вычетом единицы).

Пример сообщения представлен на рисунке 3.

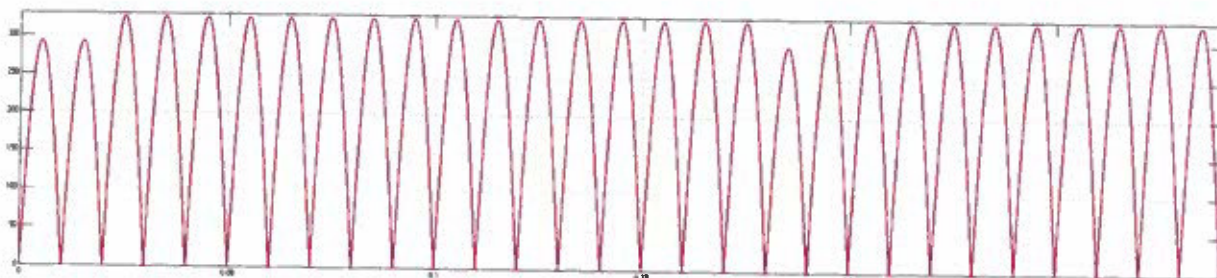


Рис. 3 СООБЩЕНИЕ ДЛЯ ПРИЕМНИКА С АДРЕСОМ 16 С ЯРКОСТЬЮ 10%

4. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

Структурная схема проектируемой системы и приемного устройства (демодулятора) представлена на рисунке 4.

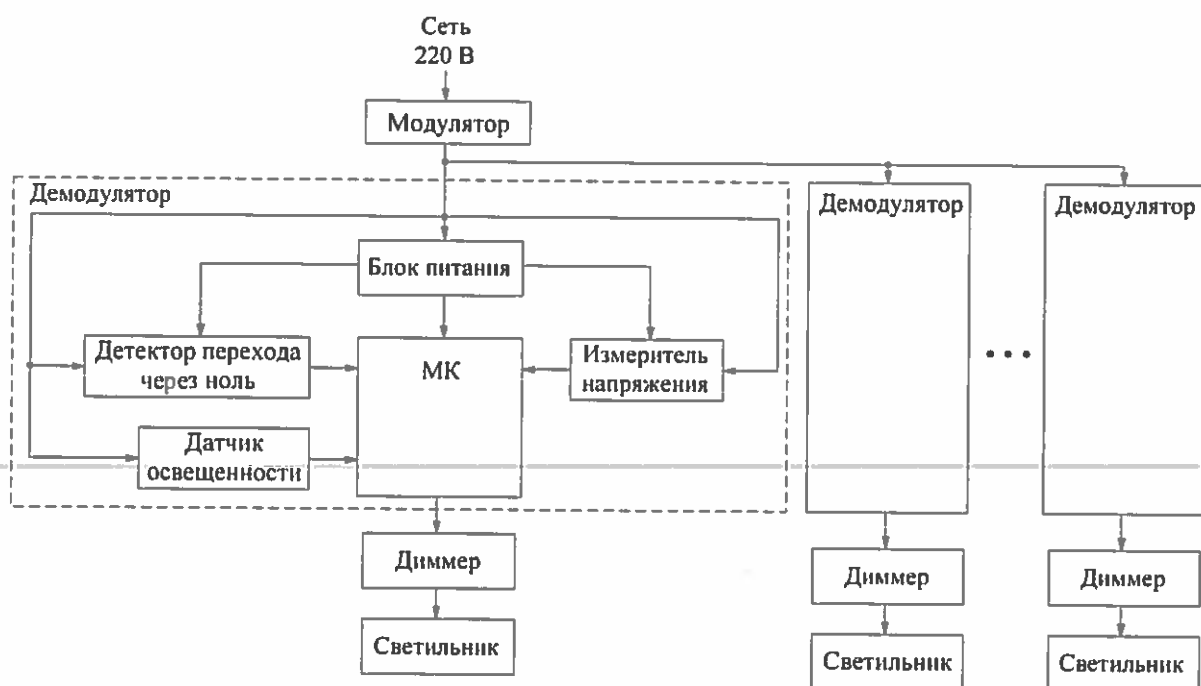


Рис. 4 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА

Приемное устройство подключается к сети 220 В, подключенной к передатчику, изменяющему форму напряжения.

Основная часть разрабатываемого устройства - микроконтроллер, измеряющий амплитуду полуволн, считающий количество обычных полуволн между двумя «маркерами» (модулированными по амплитуде полуволнами) и задающий скважность ШИМ в зависимости от полученного числа обычных полуволн.

Измерение напряжения происходит в момент, когда напряжение сетевой полуволны максимально. Для этого МК отсчитывает четверть периода от пересечения нуля и измеряет напряжения через измерительную схему.

Для этого используется измеритель напряжения, позволяющий измерять мгновенное напряжение сети с точностью, достаточной для определения изменения амплитуды на 10%. Также он будет использоваться для калибровки, чтобы вычислить текущее действующее напряжение сети.

Иногда могут наблюдаться снижение или повышения действующего напряжения сети при сильном изменении нагрузки на нее. Так, при снижении напряжения на 10% приемник должен верно определять, что это не модулированные полуволны, а просто снижение напряжения.

Если на приемник будет несколько раз подряд приходить сообщение, не похожее на нормальное, он будет запускать калибровку для определения напряжения сети. Также калибровку можно будет запускать вручную.

С помощью калибровки можно будет определять текущее действующее напряжение сети.

Момент перехода сетевого напряжения через ноль определяется с помощью схемы детекции перехода через ноль. Данная схема позволяет считать количество полуволн и отсчитывать момент максимальной амплитуды синусоиды.

Для того, чтобы устройство могло определять внешнюю освещенность и регулировать световой поток светильника в зависимости от времени суток или погоды, к нему будет подключен датчик освещенности. Это позволит экономить электроэнергию в светлое время суток и обеспечивать комфортную яркость освещения в сумерках или пасмурную погоду.

Питание микроконтроллера и измерительных схем осуществляется трансформаторным блоком питания.

Сигнал ШИМ с МК идет на управляемый диммер, подключенный к светильнику.

5. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Функциональная схема устройства представлена на рисунке 5.

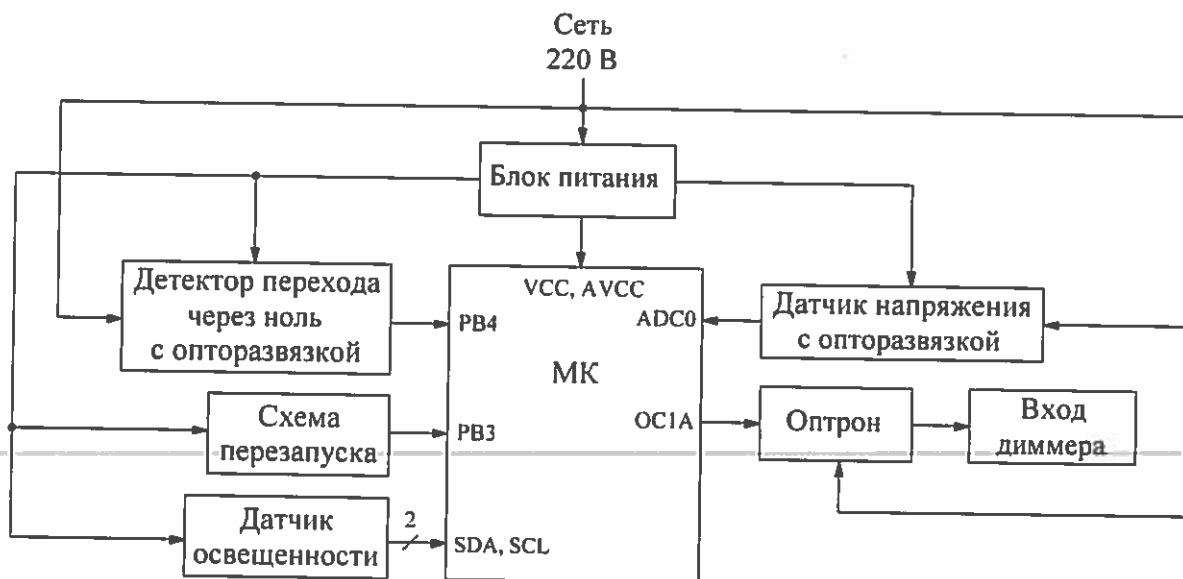


Рис. 5 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА

С целью защиты и развязки цифровой части устройства от силовой используются оптроны и трансформатор.

Диммер также подключается к устройству через оптрон, чтобы гальванически развязать устройства.

Для измерения напряжения используется схема датчика напряжения с оптической развязкой.

Схема перезапуска нужна для запуска режима калибровки, например, при начальной настройке устройства или при плановом обслуживании.

Датчик освещенности будет цифровым и подключаться по интерфейсу I2C к входам SDA, SCL.

Блок питания будет трансформаторный. Поскольку для измерения напряжения и отслеживания перехода через ноль напряжение на входе выпрямителя не подойдет, будет выбран трансформатор с двумя вторичными обмотками.

6. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ

6.1 Микроконтроллер

Необходимо выбрать микроконтроллер, имеющий как минимум один таймер с ШИМ, вход внешнего прерывания и внутренний АЦП. Данным требованиям соответствует 8-разрядный микроконтроллер AVR ATtiny85V-10SU со следующими характеристиками:

- 1) 32 8-разрядных регистра общего назначения;
- 2) 512 Байт памяти программ;
- 3) 8 кБайт оперативной памяти;
- 4) два 8-разрядных таймера-счетчика с предварительным делителем частоты и двумя каналами ШИМ;
- 5) шесть программируемых линий ввода/вывода;
- 6) четырехканальный 10-битный АЦП;
- 7) напряжение питания от 1,8 до 5,5 В.

Для фильтрации высокочастотных помех по питанию используются конденсаторы $C1 = C2 = 0,1$ мкФ, стоящие рядом со входом питания (VCC).

Для запуска режима калибровки можно использовать кнопку SB1, подключенная ко входу PB3. Пока кнопка не нажата, вход притягивается к питанию резистором $R1 = 10$ кОм. При этом на входе будет логическая единица.

Если же кнопка нажата, то на входе будет логический ноль.

Параллельно с кнопкой установлен транзистор VT1, позволяющий запускать калибровку сигналом напряжения.

Резистор $R3 = 10$ кОм притягивает базу к нулю в отсутствие сигнала управления, чтобы транзистор не открылся и не запустил калибровку.

Резистор $R2 = 100$ Ом задает ток базы транзистора.

Диод VD1 защищает транзистор от подачи слишком большого напряжения на базу.

На рисунке 6 представлена схема подключения МК.

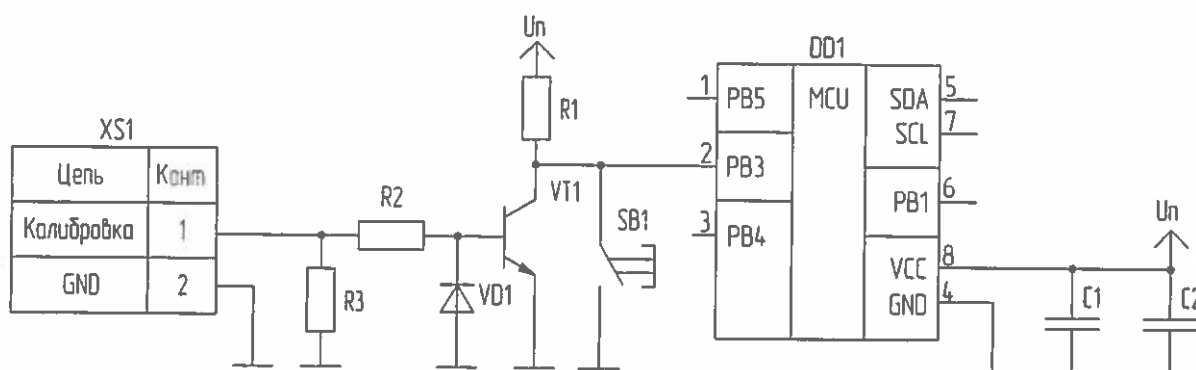


Рис. 6 ПОДКЛЮЧЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

6.2 Схема детекции перехода через ноль

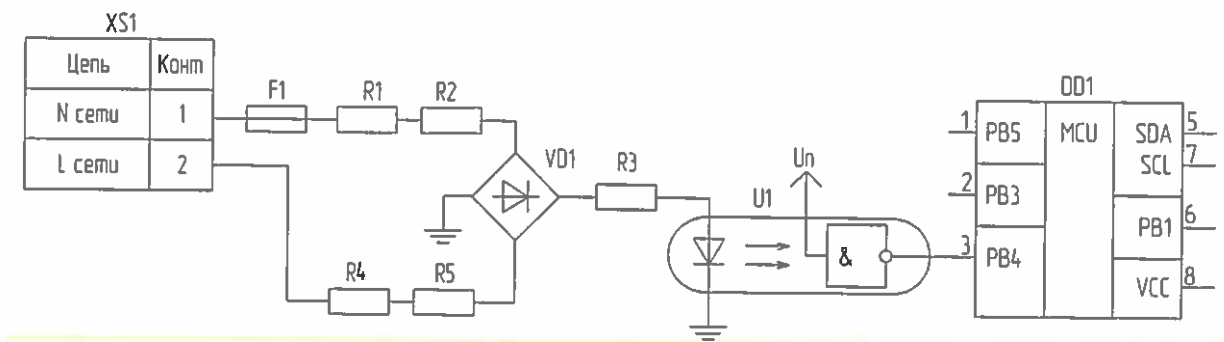


Рис. 7 СХЕМА ДЕТЕКЦИИ ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ НОЛЬ

6.3 Схема датчика напряжения

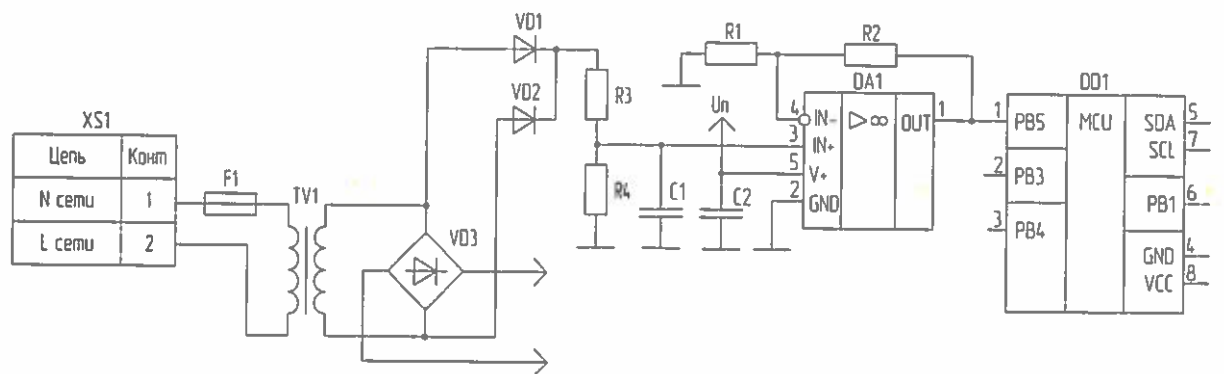


Рис. 8 СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

6.4 Схема подключения к диммеру

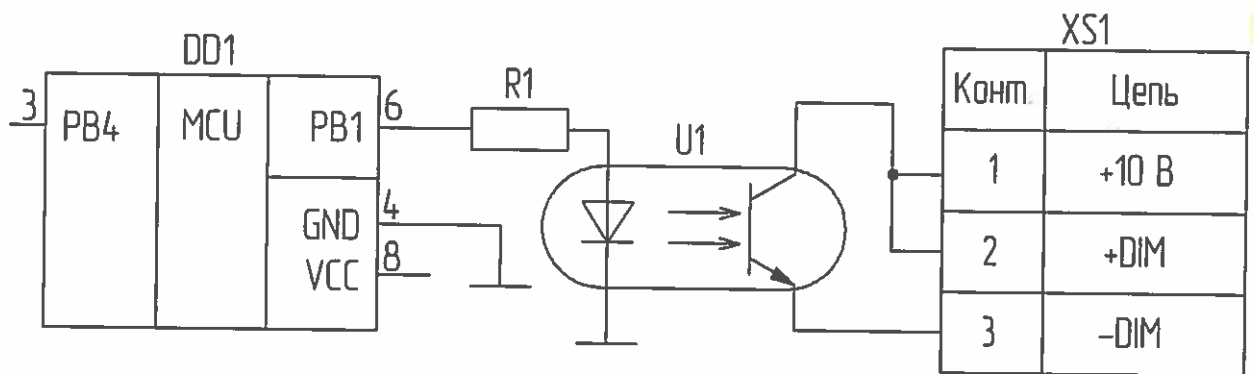


Рис. 9 СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ МК К ДИММЕРУ

6.5 Датчик освещенности

Схема подключения датчика представлена на рисунке 20.

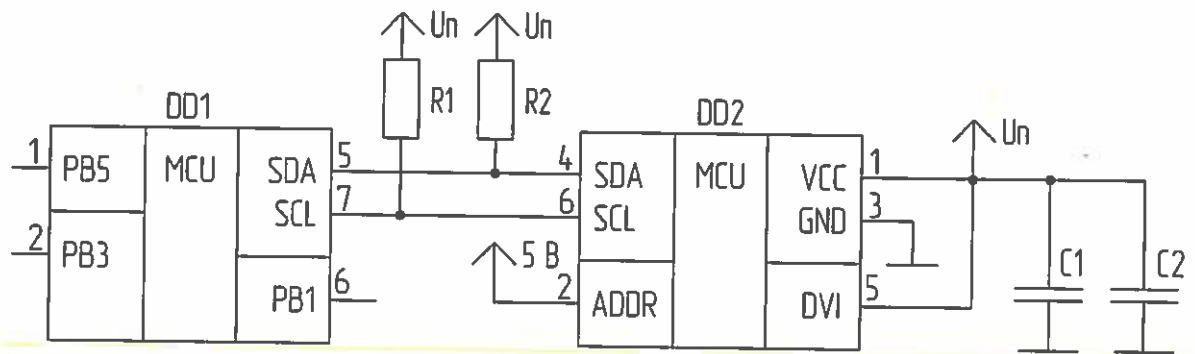


Рис. 10 ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКА

6.6 Блок питания

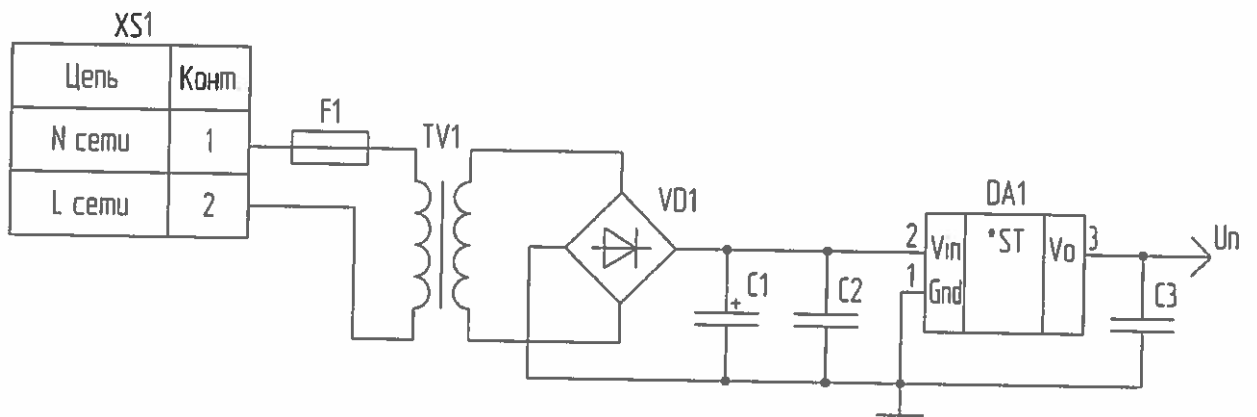


Рис. 12 СХЕМА БЛОКА ПИТАНИЯ

6.7 Принципиальная схема .

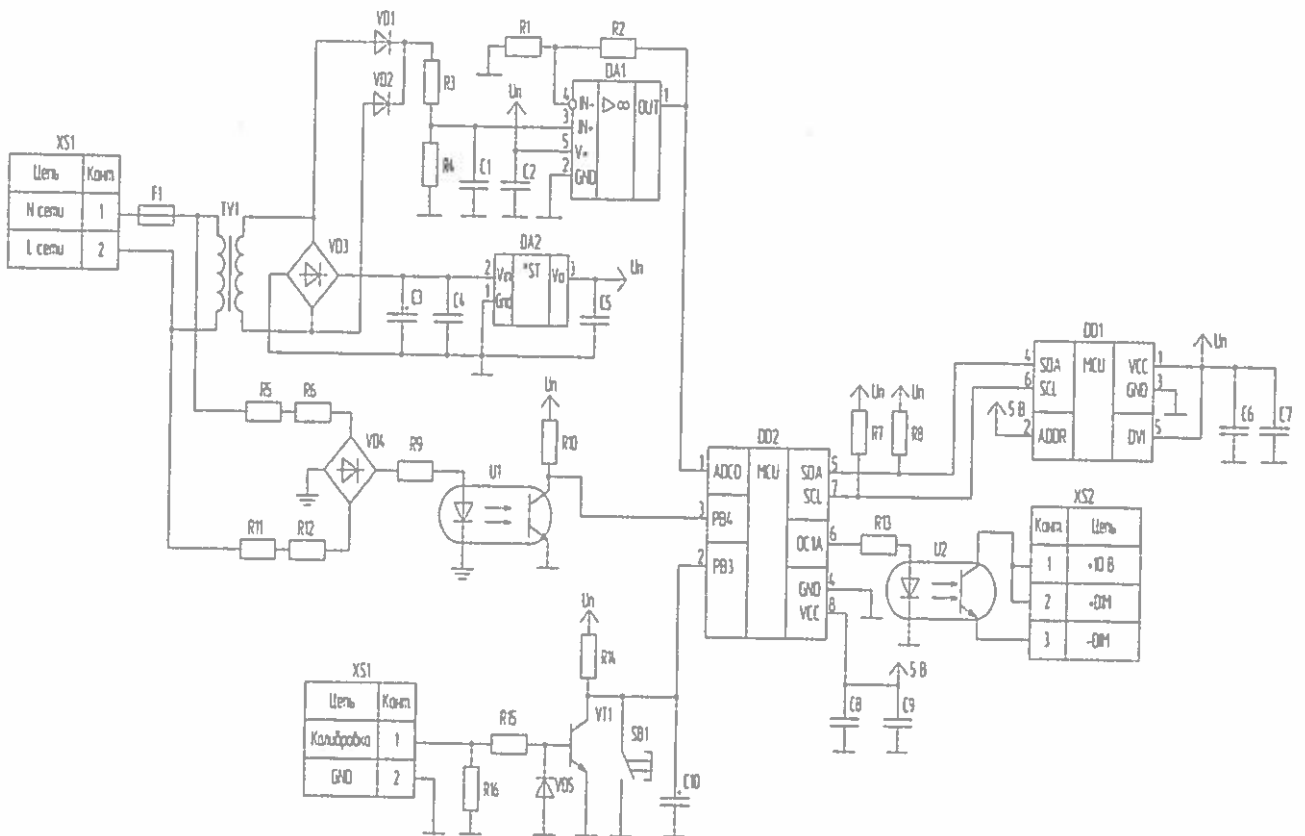


Рис. 13 СХЕМА БЛОКА ПИТАНИЯ