

Сенсорные регуляторы яркости с фазоимпульсным и ШИМ-управлением

Александр Одинец

В статье рассматриваются два варианта регуляторов яркости с фазоимпульсным и широтно-импульсным управлением, предназначенных для работы с лампой накаливания в промышленной сети с напряжением 220 В.

Общие сведения

В настоящее время в промышленном производстве освоены и выпускаются регуляторы яркости на основе специализированной ИМС K145АП2, а также в микроконтроллерном исполнении. К сожалению, подобные кон-

струкции имеют ряд недостатков, которые делают применение их затруднительным или в некоторых случаях вообще невозможным по причине их низкой помехоустойчивости или необходимости правильной фазировки, когда фазный вывод конструк-

ции должен подключаться к фазному проводу сети, а нулевой – к нулевому. В то же время большинство опубликованных решений регуляторов яркости в микроконтроллерном исполнении сопровождаются только демоверсиями прошивок, которые ограничивают функциональные возможности регулятора и зачастую работают нестабильно.

От перечисленных выше недостатков свободны две предлагаемые конструкции, выполненные на основе

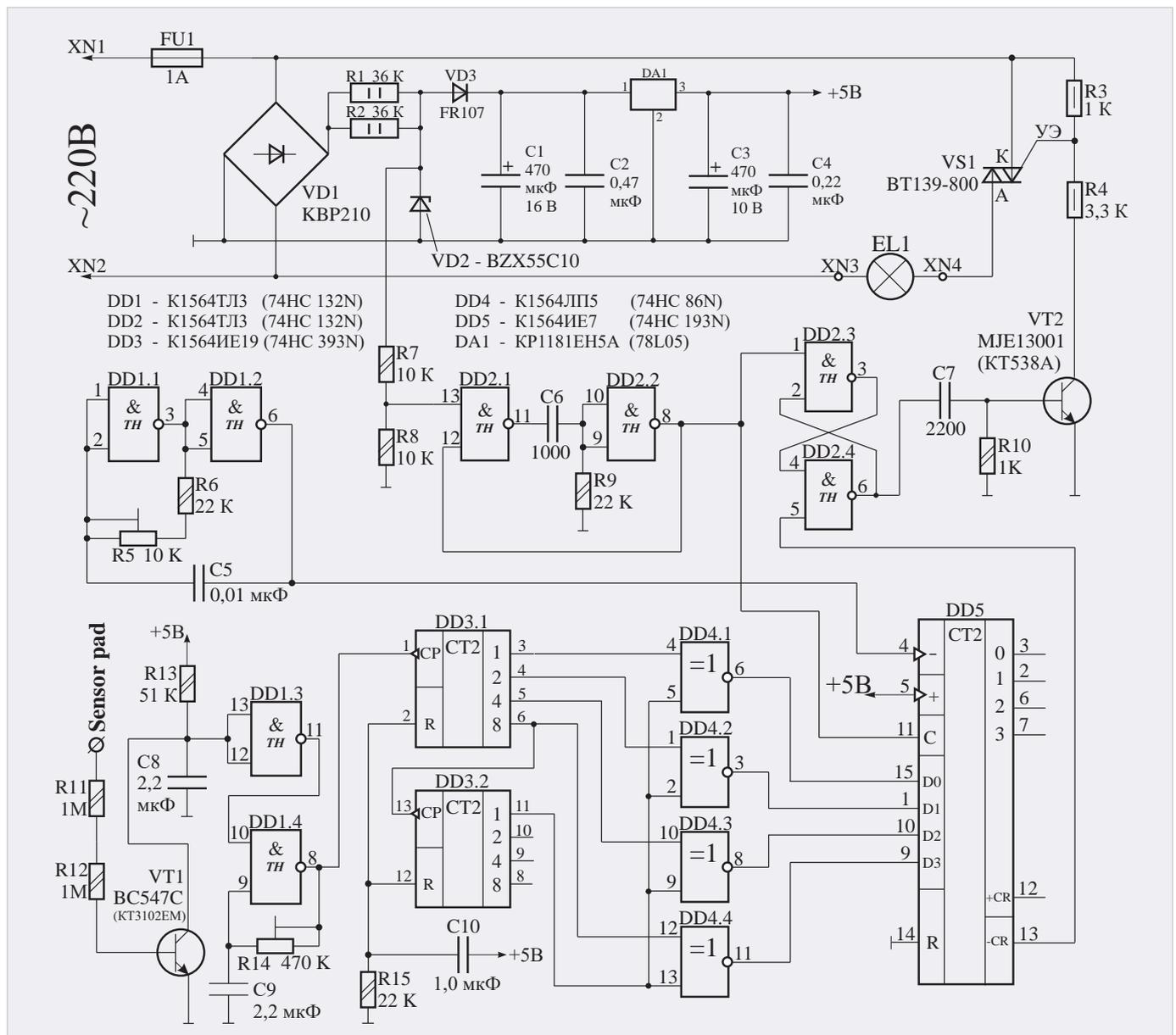


Рис. 1. Сенсорный регулятор яркости. Вариант 1. Схема электрическая принципиальная

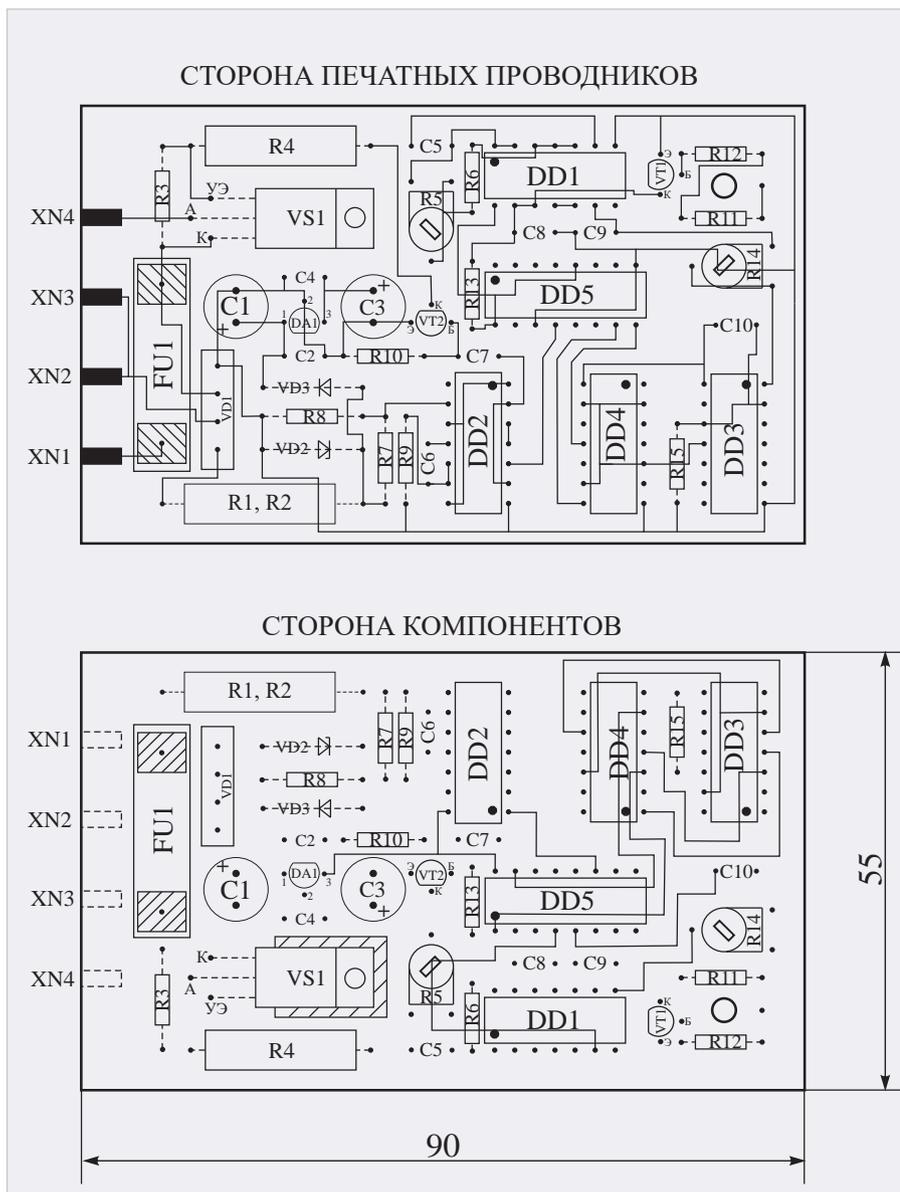


Рис. 2. Сенсорный регулятор яркости. Вариант 1. Рисунок печатной платы

распространённых ИМС стандартной логики. Если первый вариант с фазоимпульсным управлением яркостью можно использовать только с лампами накаливания, то на основе второй конструкции с широтно-импульсной модуляцией можно выполнить регулятор яркости светодиодных ламп. Это не означает, что светодиодную лампу можно подключать к регулятору непосредственно. Схемное решение второго варианта контроллера можно взять за основу регулятора яркости светодиодной лампы, а ключевой MOSFET-транзистор использовать в качестве регулирующего звена.

Оба устройства при включении питания устанавливают максимальную яркость лампы. Регулировка яркости производится путём касания рукой (пальцем) сенсорной пластины продолжительное время (в течение

нескольких секунд) или кратковременными касаниями для ступенчатого изменения яркости. Число градаций яркости равно 16. При касании сенсора яркость медленно убывает до минимума, а затем возрастает до максимума и так далее «по кругу». Если руку убрать от сенсора, то уровень яркости запомнится и останется неизменным до следующего касания сенсора или отключения питания.

Принцип работы

Схема электрическая принципиальная первого варианта устройства с фазоимпульсным управлением показана на рис. 1. Схема содержит: параметрический стабилизатор на элементах VD1, R1, R2, VD2, интегральный стабилизатор DA1 напряжения «5В» и конденсаторы фильтра C1...C4; задающий НЧ-генератор на логический эле-

ментах DD1.1, DD1.2; одновибратор – схему выделения моментов перехода сетевого напряжения через ноль на элементах DD2.1, DD2.2; RS-триггер управления симистором на элементах DD2.3, DD2.4; два усилительных каскада на транзисторах VT1 и VT2; пороговый компаратор DD1.3; генератор прямоугольных импульсов на основе триггера Шмитта DD1.4; схему формирования кодовых комбинаций уровня яркости, в состав которой входят счётчики DD3.1, DD3.2 и цепочка элементов «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ» DD4.1... DD4.4, а также реверсивный счётчик-формирователь угла сдвига DD5.

Сущность фазоимпульсного метода управления яркостью заключается в изменении времени задержки открывания симистора, считая с момента перехода сетевым напряжением нулевого значения. Чем больше время задержки, тем больше времени симистор находится в закрытом состоянии, тем меньше яркость, и наоборот, чем раньше открывается симистор, тем больше яркость лампы накаливания.

Рассмотрим работу регулятора яркости, считая с момента перехода напряжением сети нулевого значения. При этом ток через стабилитрон VD2 уменьшается до нуля, и на его катоде формируется отрицательный импульс пилообразной формы амплитудой 10 В. Этот импульс через делитель R7–R8 поступает на вход одновибратора на элементах DD2.1, DD2.2, который формирует из него стабильный по длительности, но уже прямоугольный отрицательный импульс. Этот импульс устанавливает RS-триггер в исходное состояние и одновременно обеспечивает загрузку двоичной комбинации с выходов элементов DD4.1... DD4.4 в собственные двоичные разряды счётчика DD5. По входам «D0...D3» счётчика DD5 будет записана комбинация «0000», так как счётчики DD3.1 и DD3.2 были установлены при включении питания в нулевое состояние благодаря цепочке C10-R15.

Благодаря выходным импульсам генератора (DD1.1, DD1.2), поступающим на вход вычитания (вывод 4) счётчика DD5, происходит уменьшение состояний счётчика, и, как только он достигнет нулевого состояния, а именно в таком состоянии он сейчас и находится, следующий отрицательный импульс на его вычитающем входе вызовет появление на его выхо-

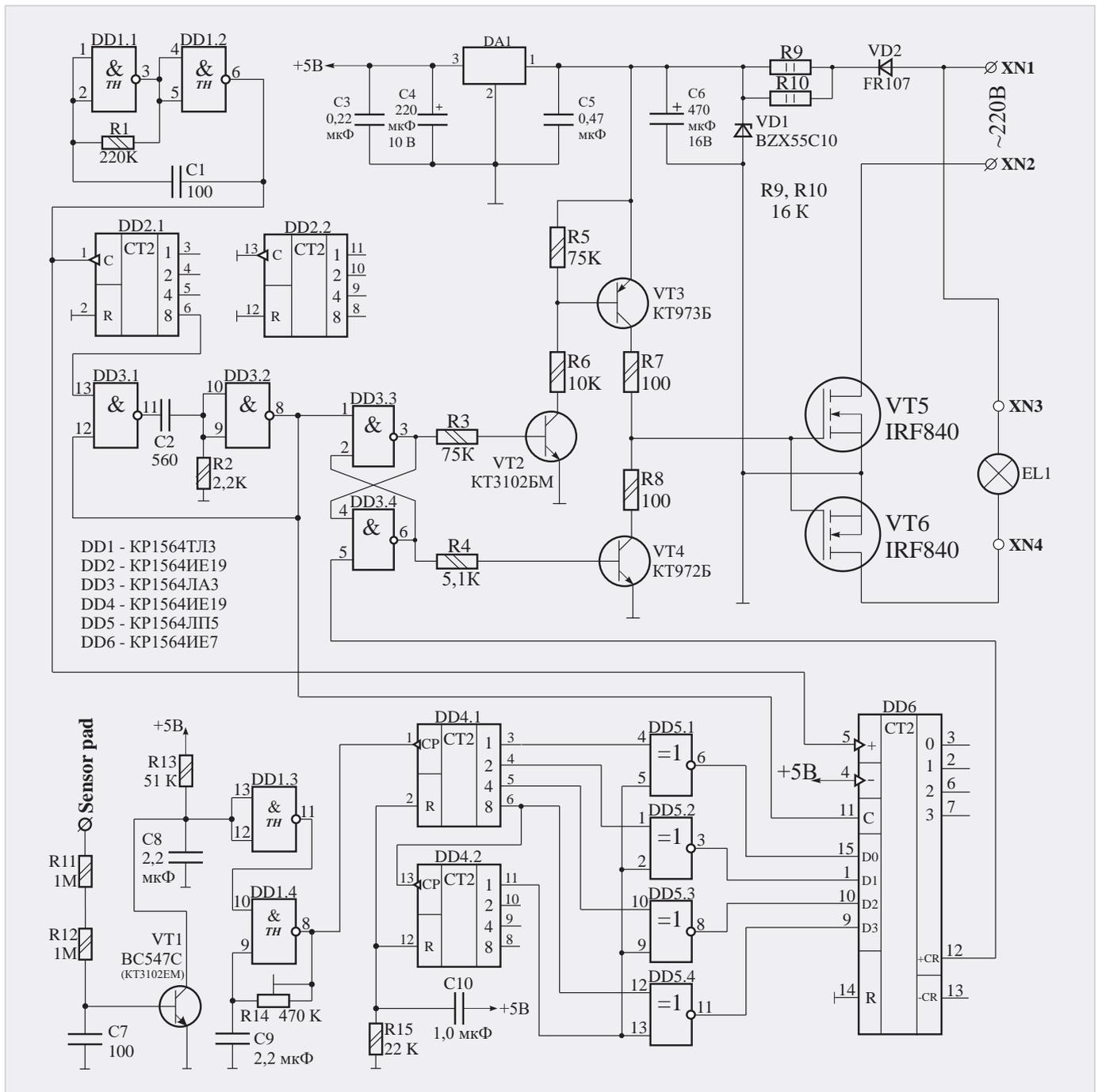


Рис. 3. Сенсорный регулятор яркости. Вариант 2. Схема электрическая принципиальная

де переноса «-CR» (вывод 13) короткого отрицательного импульса и перебор RS-триггера в противоположное состояние. Теперь на нижнем по схеме выходе RS-триггера (выводе 6 элемента DD2.4) появится положительный перепад, который после ограничения по длительности дифференцирующей цепочкой C7-R10 вызовет кратковременное открывание транзистора VT2 и включение симистора VS1. Лампа окажется подключённой к сети и будет светиться с максимальной яркостью. Симистор будет находиться во включённом состоянии до следующего момента перехода сетевым напряже-

нием нулевого значения. Этот процесс будет повторяться с удвоенной частотой сети, т.е. с частотой 100 Гц.

В таком режиме регулятор яркости будет работать до момента касания сенсора. При этом наведённое напряжение с частотой сети 50 Гц поступит через резисторы R11 и R12 на базу транзистора VT1 и откроет его. Начнётся разряд конденсатора C8, и, когда напряжение на входах компаратора DD1.3 станет меньше порогового значения, компаратор переключится, и на его выходе появится уровень «лог. 1». Работа генератора на основе триггера Шмитта DD1.4 будет разре-

шена, и на его выходе появятся прямоугольные импульсы с частотой несколько Гц. Эти импульсы будут увеличивать состояние счётчика DD3.1, а вслед за ним и DD3.2. Пока счётчик DD3.2 находится в нулевом состоянии, выходные комбинации счётчика DD3.2 проходят на выходы соответствующих элементов DD4.1...DD4.4 без инвертирования. Будет происходить постепенное уменьшение яркости до минимума. Когда счётчик DD3.2 установится в единичное состояние, уровень «лог. 1» с выхода его младшего разряда (вывод 11) переключит элементы DD4.1...DD4.4 в режим инвер-

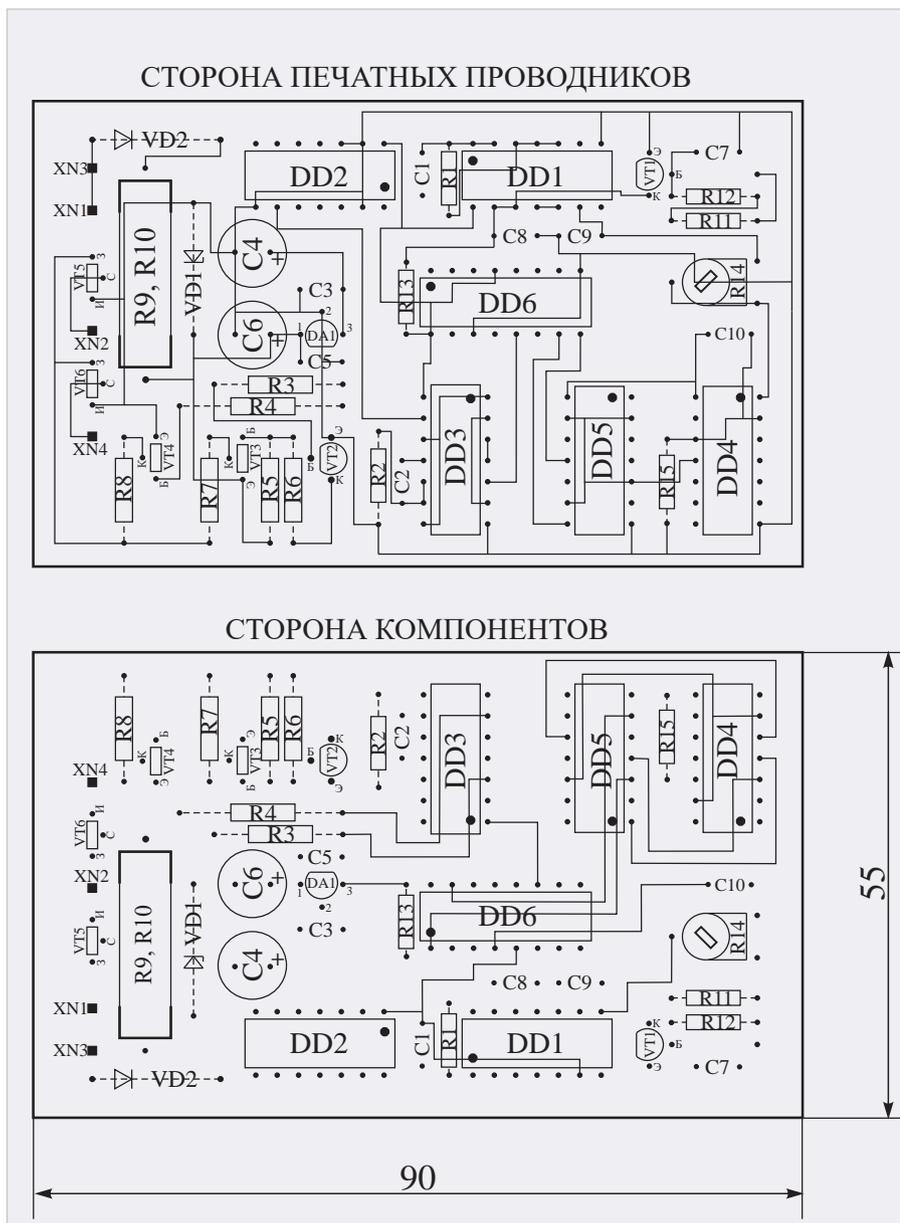


Рис. 4. Сенсорный регулятор яркости. Вариант 2. Рисунок печатной платы.

тирования, и яркость будет возрастать до максимума.

После установки желаемого уровня яркости и отпущения сенсора время задержки открывания симистора будет определяться двоичной кодовой комбинацией, записываемой по входам «D0...D3» счётчика DD5. Состояние счётчиков DD3.1 и DD3.2 будет оставаться неизменным до следующего касания сенсора или выключения и повторного включения питания. Топология печатной платы первого варианта устройства показана на рис. 2.

Схема электрическая второго, более совершенного варианта устройства с **широко-импульсным** управлением показана на рис. 3. В данном устройстве яркость лампы зависит от среднего времени нахождения мощных

ключевых MOSFET-транзисторов в открытом состоянии, которое зависит от **скважности** импульсов. Напомним, что **скважностью** импульса называется отношение периода следования импульсов к длительности импульса.

Нижняя часть схемы по своему функциональному назначению аналогична рис. 1, поэтому подробно её работу рассматривать не будем. Здесь выходные кодовые комбинации элементов DD5.1...DD5.4 представляют собой коэффициенты деления для счётчика DD6, работающего в составе схемы управления яркостью. В состав схемы (рис. 4) также входят: генератор опорных импульсов на элементах DD1.1, DD1.2, работающий с частотой около 32 кГц, счётчик – дели-

тель импульсов на 16 – DD2.1, одно-вибратор – формирователь коротких импульсов на элементах DD3.1, DD3.2, собственно счётчик с переменным коэффициентом деления DD6 и RS-триггер на элементах DD3.3, DD3.4.

В начальный момент времени при подключении автомата к сети интегрирующая цепочка C10-R15 формирует короткий положительный импульс, обнуляющий счётчики DD3.1, DD3.2. Такая же нулевая двоичная комбинация формируется на выходах элементов DD5.1...DD5.4, которая, поступая на входные двоичные разряды счётчика DD6, определяет режим его работы как режим с максимальным коэффициентом пересчёта, что соответствует максимальной яркости лампы накаливания.

В начальный момент времени одно-вибратор на элементах DD3.1, DD3.2 каждый раз по отрицательному перепаду импульса на выходе счётчика DD2.1 формирует на выходе (вывод 8 элемента DD3.2) короткий отрицательный импульс, который производит запись управляющей двоичной комбинации с выходов элементов DD5.1...DD5.4 во внутренние разряды счётчика DD6. Одновременно этот отрицательный импульс устанавливает RS-триггер DD3.3-DD3.4 в исходное единичное состояние. При этом транзисторы VT2, VT3 открыты, а VT4 – закрыт. Оба одновременно открытых мощных ключевых MOSFET-транзистора VT5, VT6 обеспечивают подключение лампы накаливания EL1 к сети как при положительной, так и при отрицательной полуволнах сетевого напряжения. Импульсы задающего генератора, поступающие на суммирующий счётный вход DD6 (вывод 5), обеспечивают увеличение состояний счётчика на единицу с приходом каждого нового импульса. Когда счётчик достигнет переполнения, на его выходе переноса «+CR» (вывод 12) сформируется короткий отрицательный импульс, который перебросит RS-триггер DD3.3-DD3.4 в противоположное нулевое состояние, что приведёт к открыванию транзистора VT4, закрыванию VT2 и VT3 и выключению лампы. Данный процесс повторяется с частотой около 2 кГц, что соответствует частоте задающего генератора 32 кГц, делённой на 16. Таким образом осуществляется ШИМ – модуляция яркости свечения лампы накаливания.

Следует заметить, что питание затворов мощных MOSFET-транзисторов осуществляется напряжением 10 В непосредственно с выхода параметрического стабилизатора VD2, R9, R10, VD1, а для питания цифровой части схемы применён пятивольтовый интегральный стабилизатор DA1.

Конструкция и детали

Оба варианта устройств собраны на печатных платах из двустороннего фольгированного стеклотекстолита одинакового размера 90×55 мм. В устройствах применены постоянные резисторы типа МЛТ-0,125, МЛТ-0,5 (R3, R4 – рис. 1), МЛТ-2 (R1, R2 – рис. 1, R9, R10 – рис. 3), конденсаторы неполярные типа К10-17, электролитические – К50-35 или импортные. Интегральный стабилизатор применён типа КР1181ЕН5А (78L05). Стабилитроны – на напряжение стабилизации 9...12 В – могут быть типа Д809, Д814Б, В, Г или импортные ВZХ55С10 или ВZХ55С12, диод VD2 (рис. 3) – кремниевый средней мощности с минимально допустимым обратным напряжением не менее 400 В. Дiodный мост (рис. 1) должен быть в вер-

тикальном исполнении типа КВР210 или аналогичный. Симистор в первом варианте устройства может быть из серий ВТ137, ВТ138, ВТ139 с минимально допустимым рабочим напряжением не менее 400 В. Транзисторы MOSFET типа IRF840 заменимы на IRF740 и другие с минимально допустимым рабочим напряжением сток–исток не менее 400 В и минимально возможным сопротивлением канала в открытом состоянии. Максимальная мощность нагрузки при эксплуатации устройств без радиатора не должна превышать в первом варианте 100 Вт, а во втором – 150 Вт. Автором проверены также транзисторы КП7173А отечественного производства. Их параметры: максимальный ток стока $I_c = 4$ А, максимально допустимое напряжение сток–исток $U_{си} = 600$ В. Сопротивление канала в открытом состоянии не более $R < 20$ мА. Максимальная мощность лампы накаливания в случае применения транзисторов типа КП7173А без радиатора не должна превышать 100 Вт.

Все ИМС серии КР1564 (74НСхх) заменимы на соответствующие аналоги серии КР1554 (74АСхх).

Настройка первого варианта регулятора заключается в установке необходимой скорости изменения яркости подстроечным резистором R14 и частоты задающего генератора резистором R5 около 1600 Гц. Сделать это можно визуально прикосновением к сенсору и наблюдением изменения яркости от нуля до максимума. Если частота генератора будет слишком низкой, то перекрытие диапазона яркости будет неполным, и наоборот, если частота будет слишком большой, то снижение яркости до нуля будет преждевременным. Частоту генератора устанавливают таким образом, чтобы изменение яркости точно соответствовало перекрытию диапазона от нуля до максимума.

Второй вариант регулятора нуждается в минимальной настройке для установки скорости изменения яркости подстроечным резистором R14.

В заключение хочется напомнить о правилах электробезопасности при работе с сетью напряжением 220 В. Следует избегать прикосновения к элементам включённого устройства, а при настройке использовать отвёртку с ручкой из изоляционного материала. ☺

НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

Малые языковые модели (SLM): новые приоритеты в развитии ИИ

В конце 2022 года OpenAI представила свою крупную языковую модель (LLM), что спровоцировало волну аналогичных разработок от ведущих технологических компаний. Однако, несмотря на мощь больших моделей, их использование сопряжено с рядом проблем: высокие энергозатраты, риски распространения недостоверной информации и сложности с конфиденциальностью данных.

Почему малые модели (SLM) становятся приоритетом?

1. Ограниченные и проверенные данные

- В отличие от LLM, обучающихся на огромных, но не всегда надёжных интернет-данных, SLM работают с узкоспециализированными наборами информации. Это снижает риск генерации токсичного или ложного контента.

- Пример – Meditron от EPFL, модель, обученная исключительно на медицинских данных из PubMed и клинических руководств.

2. Энергоэффективность и доступность

- SLM требуют значительно меньше вы-

числительных ресурсов – некоторые могут работать даже на смартфоне.

- Это делает их идеальными для локального использования, особенно в условиях ограниченного интернет-доступа.

3. Безопасность и конфиденциальность

- SLM функционируют в закрытых системах, что исключает утечку данных, в отличие от облачных LLM вроде ChatGPT.

- Например, при обработке медицинских запросов или корпоративной документации SLM не передают информацию на внешние серверы.

4. Точечная адаптация под задачи

- Технология RAG (Retrieval-Augmented Generation) позволяет дополнять модели актуальными данными без полного переобучения.

- В EPFL уже тестируют SLM для административных процессов, расшифровки лекций и анализа медицинских изображений.

Meditron: пример успешного применения SLM

Разработанная EPFL и Йельской школой медицины, эта модель превзошла средние результаты врачей на американских медицинских экзаменах. Её ключевые преимущества:



- **Открытый исходный код** – прозрачность и возможность доработки сообществом.

- **Локализация данных** – включение информации из регионов, традиционно недостаточно представленных в глобальных базах.

- **Постоянное улучшение** – врачи со всего мира тестируют модель в реальных условиях, повышая её точность.

Перспективы: персонализированная медицина и не только

Исследователи EPFL и CHUV работают над SLM, способными анализировать ангиограммы для прогнозирования сердечных приступов. В сочетании с данными носимых устройств это может стать основой для персонализированной медицины – при условии надёжной защиты конфиденциальности.