

А. ОДИНЕЦ

E-mail: A_Odinets@yahoo.co.uk

ПРОГРАММИРУЕМОЕ СДУ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ. ВЕРСИЯ 1.0.

Светодинамические устройства (СДУ), описания которых часто встречаются на страницах радиотехнической литературы, по архитектуре построения можно условно разделить на две группы. Первая группа – это устройства, в которых реализован ограниченный набор эффектов при относительно небольших аппаратных затратах, вторая группа – более сложные по архитектуре устройства с использованием ИМС памяти типа РПЗУ. Применение последних позволяет получить большое многообразие светодинамических эффектов.

Реализация устройств первого типа не вызывает затруднений, в то время как изготовление СДУ второй группы требует применения специальных программаторов, что делает их изготовление в условиях радиолюбительской лаборатории затруднительным, а иногда и невозможным.

Как показывает практика эксплуатации светодинамических устройств, эстетический визуальный эффект создают именно устройства с “запрограммированным” алгоритмом, а не сформированным случайным образом с использованием генератора случайных чисел (ГСЧ). Поэтому устройства на основе ГСЧ можно не рассматривать в данной классификации.

Второй недостаток заключается в том, что в любом из указанных случаев набор светодинамических эффектов жестко фиксирован. Поэтому, если в устройствах на основе РПЗУ можно изменить набор эффектов путем перепрограммирования микросхемы памяти с использованием программатора, то в устройствах на основе жесткой логики, в которых заложен фиксированный алгоритм, это вообще невозможно.

Третьим недостатком можно назвать возможность управления только ограниченным набором светоизлучающих элементов (светодиодов, ламп накаливания), поскольку на каждый элемент приходится один сигнальный провод.

Светодинамическое устройство, предлагаемое вниманию читателей, принципиально отличается от выше-названных типов СДУ применением последовательного интерфейса для

передачи данных в микросхемы выходного регистра, управляющего гирляндой светоизлучающих элементов. В данном контексте под последовательным интерфейсом понимается набор сигнальных проводников, по которым осуществляется передача данных в ИМС выходного регистра. Его использование позволило свести к минимуму количество сигнальных цепей, с помощью которых группы элементов гирлянды вместе со своими управляющими микросхемами выходного регистра подключаются к основной плате устройства.

Устройство позволяет управлять по программе независимо каждым из 16-ти элементов гирлянды по трем сигнальным линиям последовательного интерфейса. При этом разнообразие светодинамических эффектов, которые могут быть занесены в ОЗУ, ограничено только воображением пользователя. Гирлянда (в минимальной конфигурации) представляет собой две группы из 8-ми элементов, каждая из которых подключается к выходам своего регистра, входы данных (“DR”), синхронизации (“С”) и разрешения (“E2”) которого, в свою очередь, подключаются к трем сигнальным линиям последовательного интерфейса. Соединительная линия содержит также проводники “питание +5 В” и “общий”. Таким образом, гирлянда элементов подключается к основной плате контроллера всего пятью проводниками. Группы элементов могут быть удалены от контроллера и размещены между собой на значительное расстояние. В устройстве предусмотрено увеличение количества элементов гирлянды, причем их число может быть 2^N , где $N = 4, 5, 6, \dots$ и т.д.

В устройстве реализован принцип так называемого “Визуального программирования”, что значительно упрощает сам процесс программирования и делает его быстрым и наглядным. При этом светодинамические комбинации вводятся в буферные регистры и отображаются на линейке светодиодов непосредственно перед занесением в ОЗУ. Это исключает необходимость написания программы в специальных кодах и позволяет оперативно исправлять возможные ошибки, которые могут быть допущены

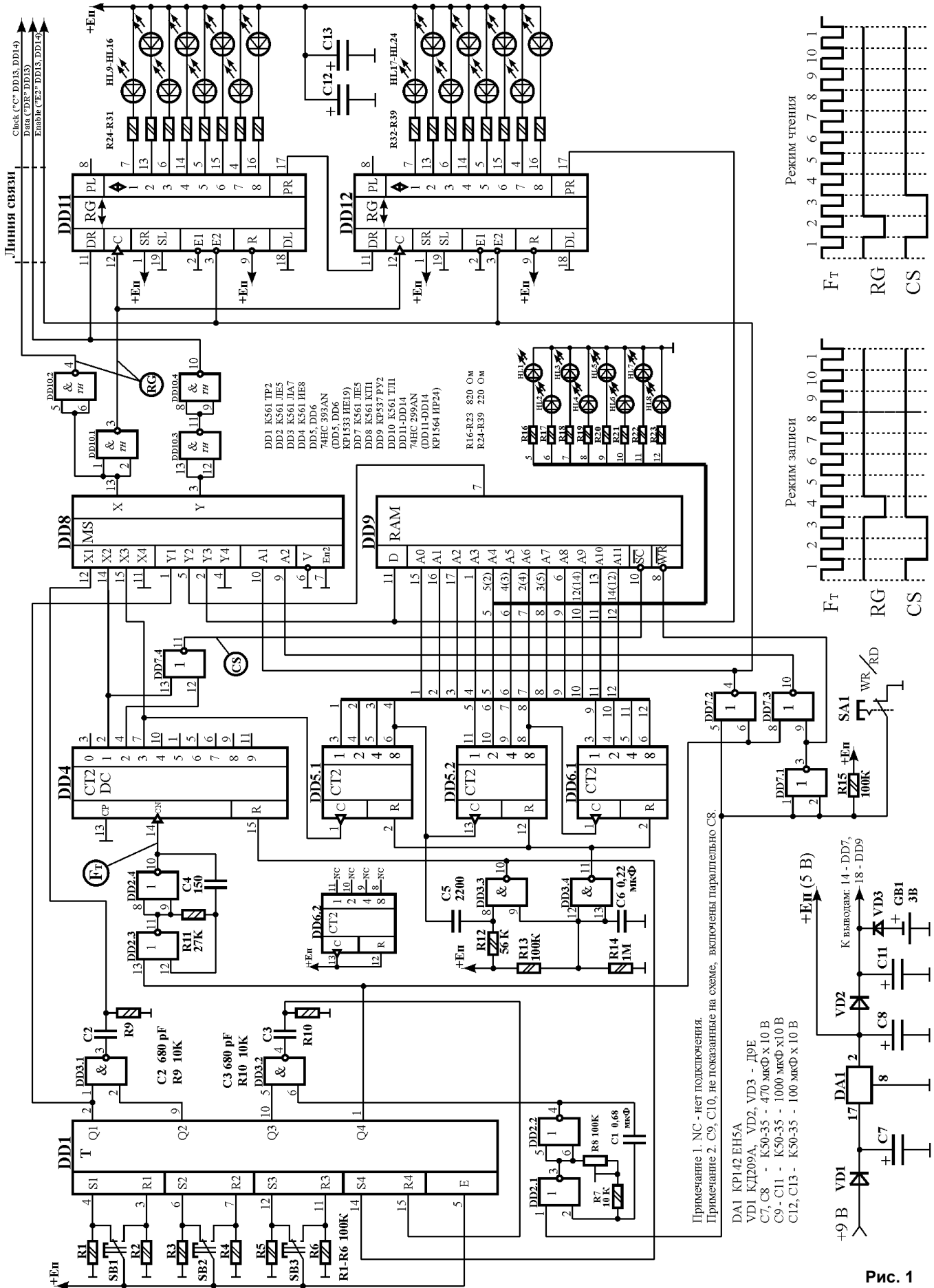
пользователем в процессе программирования.

Важнейшим преимуществом устройства является его полная автономность, т.е. отсутствие необходимости в использовании каких-либо внешних устройств для записи программы. Для длительного хранения программы используется источник резервного питания напряжением 3 В, состоящий из двух элементов типоразмера LR03 (AAA). Использование ИМС памяти типа ЭСПЗУ (28С16 фирм Atmel или Microchip), предусмотренное в усовершенствованной версии устройства, позволяет сохранять программу длительное время даже при отключенном источнике резервного питания.

Алгоритм программирования, заложенный в “СДУ с последовательным интерфейсом”, предусматривает многократное нажатие кнопок SB1...SB3. К примеру, программирование одного эффекта типа “Бегущий огонь” требует 32 нажатий кнопок SB1...SB3. Один такой эффект занимает объем памяти $16 \times 16 = 256$ Бит. Таким образом, программирование всего адресного пространства ОЗУ (4 кбита) потребует $(4096 \text{ Бит} / 256 \text{ Бит} = 16 \text{ эффектов}) \times 32 = 512$ нажатий. Реально этот процесс занимает около 5...10 минут (при скорости 1...2 нажатия в секунду). Количество нажатий может отличаться как в большую, так и в меньшую сторону, в зависимости от сложности эффектов. Даже в случае программирования самых сложных светодинамических эффектов временные затраты не превысят 15 минут. Поскольку программа заносится однократно и сохраняется длительное время, а перепрограммирование устройства может потребоваться очень нескоро, такие временные затраты нельзя назвать чрезмерными.

На рис. 1 приведена схема электрическая принципиальная светодинамического устройства.

Процесс программирования достаточно прост и удобен: он производится последовательным нажатием трех кнопок. Задание комбинации светоизлучающих элементов производится последовательным нажатием двух кнопок: SB1 “Запись 0” и SB2 “Запись 1”, которым соответствует введение на



Примечание 1. NC - нег. подключения.

Примечание 2. C9, C10, не показанные на схеме, включены параллельно C8.

DA1 КР142 ЕН5А

VD1 КД209А, VD2, VD3 - Д9Е

C7, C8 - К50-35 - 470 мкФ x 10 В

C9 - С11 - К50-35 - 1000 мкФ x 10 В

C12, C13 - К50-35 - 100 мкФ x 10 В

линейку включенного и выключенного светодиодов. Светодиодная комбинация, записываемая в регистры, сдвигается вправо на один разряд непосредственно после очередного нажатия любой из указанных кнопок. Запись в ОЗУ сформированной комбинации производится по однократному нажатию кнопки SB3 "Запись в ОЗУ". При этом автоматически формируется последовательность импульсов, при которой происходит запись в ОЗУ текущего состояния регистров DD11, DD12.

Устройство может работать в двух режимах: программирования (записи) и считывания (воспроизведения). Режим программирования устанавливается при разомкнутом положении переключателя SA1, считывания – при замкнутом.

В режиме программирования (SA1 разомкнут) высокий логический уровень, формирующийся на левом (по схеме) выводе резистора R15, переводит НЧ-генератор, собранный на элементах DD2.1, DD2.2, в режим ожидания, и на выходе элемента DD2.2 формируется уровень логической единицы. При включении питания все RS-триггеры ИМС DD1 устанавливаются в единичное состояние (на выходах "Q1"... "Q4" появляется уровень "1"). В исходном состоянии режима программирования на адресные входы мультиплексора DD8 приходят уровни логических нулей, поэтому на выходы мультиплексора "X" и "Y" проходят сигналы с информационных входов "X1", "Y1". Нажатие любой из кнопок SB1 или SB2 вызовет переключение элемента DD3.1 в единичное состояние, формирование короткого положительного импульса на выходе RC-цепочки C2, R9, который после прохождения через верхнюю часть мультиплексора DD8 и инвертирования элементом DD10.1 приведет к записи в первый разряд регистра DD11 информации по входу "DR" (вывод 11) с одновременным сдвигом содержимого всех разрядов на одну позицию вправо (в направлении их возрастания). При нажатии кнопки SB1 произойдет изменение состояния первого RS-триггера DD1. На выходе "Q1" (вывод 2) появится уровень логического нуля, который через мультиплексор DD8, элементы DD10.3, DD10.4 поступит на вход "DR" регистра DD11 и по завершению импульса отрицательной полярности (положительному перепаду) на входе "C" будет записан в первый разряд регистра. При нажатии кнопки SB2 состояние первого (верхнего по схеме) RS-триггера DD1 не изменится, и в пер-

вый разряд регистра DD11, по завершению импульса отрицательной полярности на его входе "C" (вывод 12), будет записан уровень логической единицы.

Таким образом, последовательное нажатие кнопок SB1, SB2 позволяет задавать любую комбинацию на светодиодной линейке.

Программирование текущей комбинации завершается нажатием кнопки SB3. При этом содержимое регистров DD11, DD12 переписывается в ОЗУ по адресам, задаваемым счетчиками DD5, DD6. При этом происходит одновременное обновление содержимого регистров DD11, DD12, благодаря подключению выхода "PR" DD12 (вывод 17) через мультиплексор DD8 и элементы D10.3, DD10.4 к входу "DR" DD11 (вывод 11).

Управление гирляндой элементов осуществляется с помощью ИМС регистров DD13, DD14, подключаемых к основной плате устройства витыми парами проводников. Их работа аналогична регистрам DD11, DD12 с тем отличием, что они работают только в режиме приема информации и не участвуют в программировании ОЗУ. Кодовые комбинации, загружаемые в регистры DD11 и DD12, дублируются в регистрах DD13 и DD14 благодаря соединению равнозначных входов "C" регистров DD11, DD12 и DD13, DD14 и "DR" регистров DD11 и DD13.

В режиме программирования работа генератора, собранного на элементах DD2.1, DD2.2, блокирована. Высокий логический уровень с выхода DD2.2 разрешает прохождение импульса через элемент DD3.2, формирующегося каждый раз при нажатии кнопки SB3 и равного по длительности времени ее удержания. При этом на выходе дифференцирующей цепочки C3, R10 формируется короткий положительный импульс (происходит ограничение импульса по длительности), обнуляющий 4-й RS-триггер DD1, уровень "0" с выхода "Q4" которого разрешает работу генератора, собранного на элементах DD2.3, DD2.4. Этот же уровень "0" с выхода "Q4" DD1, входя на вход DD7.3 (вывод 8) в сочетании с таким же уровнем "0", входящим на второй вход DD7.3 с выхода DD7.1, приводит к переключению мультиплексора в третье состояние (уровень "1" на входе "A2" (вывод 9)). При этом на выходы "X" и "Y" DD8 проходят сигналы с соответствующих входов "X3", "Y3".

По завершению первого отрицательного импульса на входе "CN" счет-

чика DD4, на его выходе "1" (вывод 2) появляется уровень логической "1", который переключает элемент DD7.4 в нулевое состояние и приводит к выборке ОЗУ по входу "CS" (вывод 10), см. отрицательный перепад "CS" на диаграмме режима записи. При этом бит информации с выхода "PR" (вывод 17) регистра DD12 будет записан в текущую ячейку ОЗУ, адрес которой формируют счетчики DD5, DD6. По спаду третьего счетного импульса на входе "CN" DD4, элемент DD7.4 переключится в единичное состояние и выборка ОЗУ закончится. Одновременно начнется формирование импульса синхронизации регистров DD11...DD12 и DD13...DD14 (см. отрицательный перепад "RG" на диаграмме режима записи). По спаду четвертого счетного импульса (фронт "RG"), произойдет параллельный сдвиг информации в регистрах на один разряд вправо. Устройство будет готово к записи следующего бита информации в следующую ячейку ОЗУ.

Таким образом, счетчик-дешифратор DD4 и элемент DD7.4 формируют по 16 импульсов "RG" и "CS", которые приводят к записи текущего состояния регистров DD11, DD12 в ОЗУ DD9 по адресам, задаваемым адресными счетчиками DD5, DD6. Одновременно происходит обновление содержимого регистров благодаря соединению выхода "PR" (вывод 17) DD12 с входом "DR" DD11 через нижний (по схеме) мультиплексор DD8. По спаду 16-го импульса на выходе "3" (вывод 7) DD4, на выходе "8" (вывод 6) счетчика DD5.1 формируется отрицательный перепад, который приводит к увеличению состояния счетчика DD5.2 на единицу и формированию короткого положительного импульса на выходе элемента DD3.3, который приводит к обнулению счетчика-дешифратора DD4 и установке 4-го RS-триггера DD1 в единичное состояние. Уровень "1" запрещает работу ВЧ-генератора, собранного на элементах DD2.3, DD2.4 и переключает элемент DD7.3 в нулевое состояние. Теперь к выходам мультиплексора DD8 подключены входы "X1", "Y1" и устройство готово к программированию следующей комбинации.

Состояние восьми старших адресных линий счетчиков DD5, DD6 отображается светодиодами HL1...HL8, по свечению которых можно контролировать заполнение адресного пространства ОЗУ.

В качестве примера рассмотрим программирование эффектов "бегущего огня" и "бегущей тени".

Пример 1. Эффект “Бегающий огонь”.

Включить питание. Светодиоды HL1...HL8 светиться не должны (DD5, DD6 – в нулевом состоянии).

Однократно нажать кнопку SB1. Контролировать включение светодиода HL9.

Однократно нажать кнопку SB3.

Однократно нажать кнопку SB2. Контролировать погасание светодиода HL9 и включение HL10.

Однократно нажать кнопку SB3.

Однократно нажать кнопку SB2. Контролировать погасание светодиода HL10 и включение HL11.

Однократно нажать кнопку SB3.

Повторить до прохождения включенным светодиодом всех позиций.

В процессе программирования нажатие кнопки SB3 сопровождается изменением комбинаций двоичного кода на выходах DD5, DD6, которые отображает линейка светодиодов HL1...HL8.

Пример 2. Эффект “Бегающая тень”.

Включить питание. Светодиоды HL1...HL8 светиться не должны (DD5, DD6 – в нулевом состоянии).

16 раз нажать кнопку SB1. Контролировать включение светодиодов HL9...HL24.

Однократно нажать кнопку SB3.

Однократно нажать кнопку SB2.

Контролировать выключение светодиода HL9.

Однократно нажать кнопку SB3.

Однократно нажать кнопку SB1. Контролировать включение светодиода HL9 и выключение HL10.

Однократно нажать кнопку SB3.

Однократно нажать кнопку SB1. Контролировать включение светодиода HL10 и выключение HL11.

Однократно нажать кнопку SB3.

Повторить до прохождения выключенным светодиодом всех позиций.

В процессе программирования нажатие кнопки SB3 сопровождается изменением комбинаций двоичного кода на выходах DD5, DD6, которые отображает линейка светодиодов HL1...HL8.

При выключении основного источника питания к выводам ИМС DD7 и DD9 через развязывающий диод VD3 подключается источник резервного питания. На входах элемента DD7.4 устанавливаются уровни “нулей”, а на его выходе – уровень “единицы”, который переводит ОЗУ в режим хранения. При этом все остальные ИМС обесточены (поэтому на их выходах присутствуют “нули”).

Режим чтения устанавливается в замкнутом положении SA1. Уровень “0”, формирующийся на левом (по схеме) выводе R15, приводит к запуску НЧ-генератора, собранного на элементах DD2.1, DD2.2, с частотой несколько Гц. Каждый отрицательный перепад на выходе DD2.2 будет вызывать формирование короткого положительного импульса на выходе дифференцирующей цепочки C3, R10 и повторение описанной выше процедуры.

Но при этом выходы “X” и “Y” мультиплексора DD8 подключаются к соответствующим входам “X2”, “Y2”, что приводит к записи информации в первый разряд регистра с выхода ОЗУ и формированию импульса “RG” синхронизации регистров во время первой половины действия импульса “CS” выборки ОЗУ (см. диаграмму режима чтения).

Отключать питание в процессе программирования нельзя, поскольку это приведет к нарушению непрерывности заполнения адресного пространства ОЗУ. Если в процессе программирования кратковременно отключить питание, а затем включить его вновь, то адресные счетчики DD5, DD6 обнулятся и программирование ОЗУ продолжится с нулевого адреса. Переход из режима программирования в режим чтения осуществляется путем переключения SA1 в замкнутое положение. Такой переход возможен в любой момент, даже не завершая программирования всего адресного

СТОРОНА ПЕЧАТНЫХ ПРОВОДНИКОВ

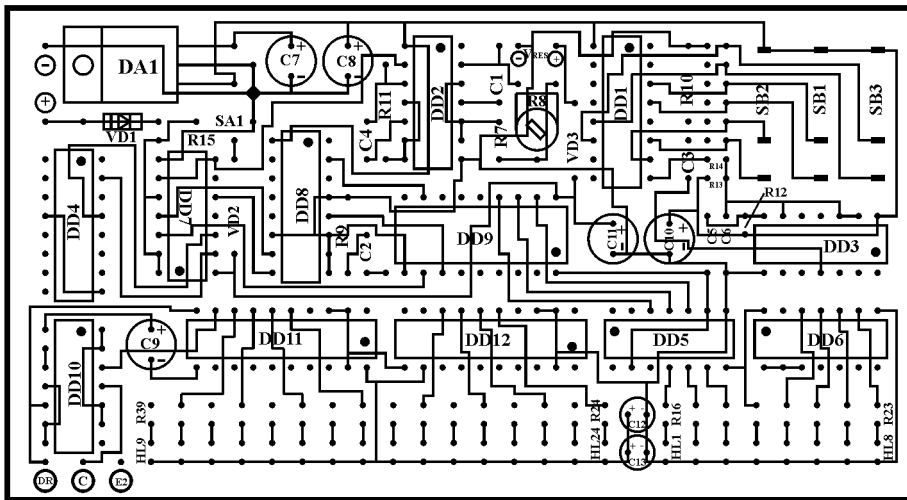
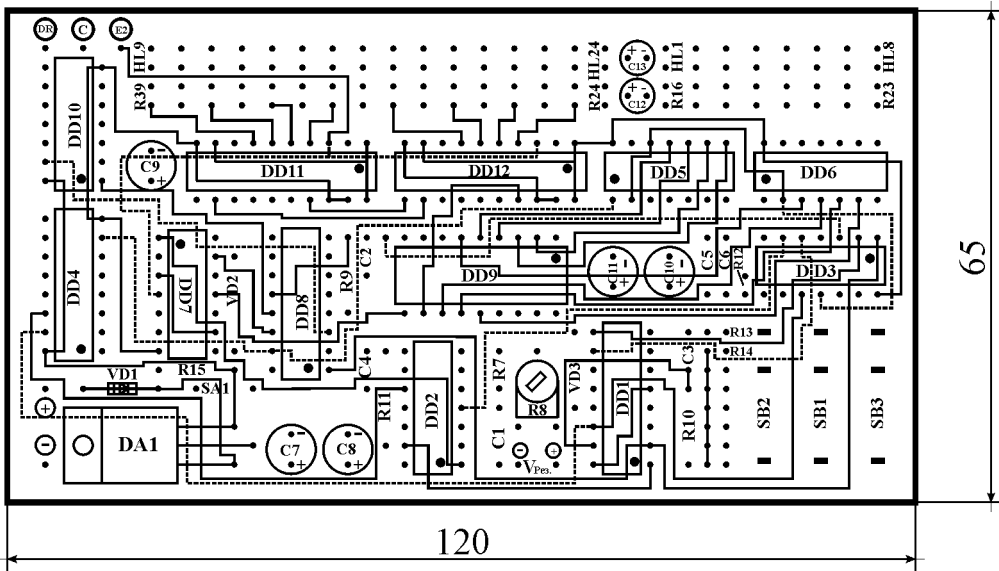


Рис. 2

СТОРОНА КОМПОНЕНТОВ



пространства ОЗУ. При этом работа НЧ-генератора будет разрешена и чтение ОЗУ начнется с текущего адреса, задаваемого счетчиками DD5, DD6. Длительное хранение программы в ОЗУ возможно благодаря использованию источника резервного питания.

Отрицательный перепад каждого выходного импульса НЧ-генератора будет приводить к обнулению 4-го RS-триггера DD1 и запуску ВЧ-генератора. Положительный перепад первого счетного импульса ВЧ-генератора приведет к началу формирования отрицательных импульсов выборки ОЗУ "CS" и синхронизации регистров "RG". Положительный перепад второго счетного импульса приведет к записи бита информации с выхода ОЗУ в первый разряд регистра по фронту импульса "RG" на его входе. Положительный перепад третьего счетного импульса приведет к завершению выборки ОЗУ и увеличению состояния счетчика DD5.1 на единицу. Спад 16-го импульса с выхода "3" (вывод 7) счетчика DD4 приведет к формированию отрицательного перепада на выходе "8" (вывод 6) DD5.1 и короткого положительного импульса на выходе элемента DD3.3. Этот импульс обнулит счетчик DD4 и установит 4-й RS-триггер DD1 в единичное состояние. Высокий логический уровень с выхода "Q4" приведет к останову ВЧ-генератора и переключению элемента DD7.2 в нулевое состояние. Одновременно отрицательный перепад с выхода счетчика DD5.1 приведет к увеличению состояния счетчика DD5.2 на единицу. На выходах регистров зафиксировается кодовая комбинация и, до момента спада очередного импульса на выходе НЧ-генератора, будет отображаться на линейке светодиодов.

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

Устройство собрано на печатной плате размерами 120x65 мм из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм с двухсторонней металлизацией (рис. 2). При разработке топологии учитывались проектные нормы ручного (не автоматизированного) нанесения рисунка, что должно облегчить изготовление печатной платы. Соединения, показанные штриховой линией, выполняются тонким многожильным проводом в изоляции после монтажа всех элементов. Проводники, для которых на печатной плате не предусмотрены соответствующие отверстия, припаиваются непосредственно к выводам микросхем.

В устройстве использованы резисторы типа МЛТ – 0,125, конденсаторы

K10–17 (C1...C6), K50–35 (C7...C13); светодиоды, излучающие в видимом диапазоне, Ø3 мм красного и зеленого цветов, размещенные в чередующейся последовательности. Возможны, конечно, и другие варианты гирлянды. Для управления лампами накаливания устройство необходимо дополнить ключевыми транзисторами. Диод VD1 может быть любым кремниевым средней мощности, VD2, VD3 – обязательно германиевые: падение напряжения на них должно быть минимальным; они предназначены для развязки резервного и основного источников питания. Все резисторы, за исключением R7...R15, устанавливаются вертикально. Кнопки SB1...SB3 типа МП9, распаиваются на плате. Для них предусмотрены отверстия соответствующей конфигурации. Переключатель SA1 использован типа П2К.

Следует обратить внимание на то, что в устройстве изменен порядок нумерации некоторых адресных шин ИМС ОЗУ (оригинальная нумерация приведена в скобках). Это никак не отражается на работе устройства и сделано исключительно для удобства трассировки печатных проводников.

Питание всех ИМС стандартное, кроме ИМС мультимплексора DD8. Поскольку он коммутирует однополярный сигнал, то его вход отрицательного питания "Еп2" (вывод 7) подключен к общему проводу. Входы "R" и "C" счетчика DD6.2 подключаются к шине "+Еп".

ИМС выходного регистра, управляющего выносной гирляндой, подключаются к основной плате устройства витыми парами проводов. Их включение аналогично ИМС DD11, DD12 контрольного регистра, но выход переноса "PR" последней ИМС DD14 выходного регистра остается свободным. При значительном увеличении длины соединительной линии сигнальные проводники необходимо выполнить экранированным кабелем.

Замена деталей: ИМС DD11...DD14 типа 74НС299 (прямой аналог КР1564ИР24) можно заменить на КР1533ИР24. Поскольку микросхемы серии КР1554 (74АСхх) очень чувствительны к импульсным помехам, то имеющийся в этой серии аналог 74АС299 или КР1554ИР24 не может быть рекомендован к применению. ИМС DD5, DD6 типа 74НС393АН можно, в крайнем случае, заменить на КР1533ИЕ19. ИМС К561 ТЛ1 заменима на КР1561 ТЛ1.

Ток, потребляемый устройством, не превышает 300 мА (при одновременном свечении всех светодиодов), а в

случае замены ИМС 74НС299 на КР1533ИР24 – не превышает 380 мА.

Интегральный стабилизатор DA1 КР142ЕН5А необходимо установить на радиатор небольших размеров. Напряжение питания устройства может быть увеличено вплоть до 15 В, но при этом следует помнить, что мощность, рассеиваемая на ИМС стабилизатора, возрастает пропорционально падающему на нем напряжению.

Частоту переключения светодиодных комбинаций можно изменять подстройкой резистора R8, а скорость загрузки комбинаций – подбором элементов C4, R11. Устройство, собранное из исправных элементов и без ошибок, работает сразу при включении. Подготовка к работе при первом включении состоит в занесении в ОЗУ желаемых светодиодных комбинаций по приведенной выше методике.

Как упоминалось ранее, в устройстве заложена возможность увеличения количества элементов. Благодаря этому, устройство может быть модифицировано для управления достаточным количеством элементов (светоинформационное табло). Для этого достаточно установить требуемое количество контрольных и выходных регистров и соответственно изменить количество тактов цикла записи/считывания.

Если требуется запрограммировать большее число эффектов, устройство может быть модернизировано для использования ОЗУ объемом 16 кБит (КР537РУ10) или 64 кБит (КР537РУ17), а применение ЭСППЗУ типа 28С16/С64 (фирм Atmel или Microchip) позволит еще и сохранять программу длительное время даже при отключенном источнике резервного питания. Усовершенствованный вариант авторского устройства, построенный на основе 16-кБит ЭСППЗУ типа AT28С16-15PI, использует тот же алгоритм программирования и позволяет управлять независимо каждым элементом 32-х элементной гирлянды.

Внимание! Данная разработка защищена "Законом об авторском праве"! Поэтому серийное изготовление устройства, применение схемотехнических решений или уникального алгоритма при разработке коммерческих устройств возможны только с письменного разрешения автора.

Вопросы, касающиеся конструкции прибора, а также его усовершенствованного варианта, можно отправлять на адрес электронной почты автора.