

Рис. 2. Переключатель для четырёх гирлянд. Вариант 1. Рисунок печатной платы

двум входам выбора режима SR, SL, а также разрешения выходов E1, E2. Если на оба входа E1 и E2 и хотя бы на один вход выбора SR или SL поданы напряжения низкого логического уровня, то все восемь выводов порта служат выходами. На них присутствует код, содержащийся в регистре (режим «считывания»). Если на входах выбора SR, SL действует напряжение высокого уровня, то через все восемь выводов порта в регистр загружаются данные из шины системы (режим «загрузка»). Причём загрузка происходит синхронно с подачей положительного перепада тактового импульса на вход С.

Режим **сдвига вправо** устанавливается при подаче уровня логической единицы на вход SR, при этом на входе SL должен быть установлен уровень логического нуля. Режим **сдвига влево** устанавливается при подаче уровня логической едини-

цы на вход SL, при этом на входе SR должен быть установлен уровень логического нуля. Если хотя бы на одном из входов E1, E2 будет напряжение высокого уровня, то выходы регистров окажутся в разомкнутом третьем состоянии, и порты смогут работать только как входы для приёма внешних данных.

Входы выбора режимов SR, SL, входы последовательных данных DR, DL, а также входы параллельных данных D1...D8 открываются синхронно с приходом положительного перепада тактового импульса на вход С, при этом на других входах необходимые уровни уже должны быть зафиксированы с учётом времени предустановки. Вход сброса регистра R является асинхронным с активным низким уровнем. При подаче уровня нуля на этот вход все триггеры регистра устанавливаются в нулевое состояние независимо от сигналов на других входах, сле-

довательно, вход сброса имеет наибольший приоритет.

Разрядность регистра может быть увеличена за счёт последовательного включения однотипных микросхем. При этом выход PL соединяется со входом DL предшествующего регистра, а выход PR – со входом DR последующего регистра. Рециркуляция данных достигается за счёт соединения выхода PR последнего в линейке регистра со входом DR первого.

### Схема электрическая принципиальная

Схема электрическая первого варианта устройства приведена на рис. 1. Здесь эффект «накопления» формируется благодаря четырём RS-триггерам, входящим в состав ИМС DD4 типа KP1564TP2, которые представляют собой элементы памяти, предназначенные для запоминания включённого состояния соответствующей светодиодной гирлянды. На элементах DD1.1, DD1.2 выполнен генератор прямоугольных импульсов, работающий с частотой около 25 Гц (частоту можно изменять в широких пределах подстроечным резистором R2). Счётчики DD2.1, DD2.2 срабатывают по спадам импульсов положительной полярности, приходящих на их счётные входы CP (выводы 2 и 10). Сигналы двух младших разрядов счётчика DD2.1 через элемент DD1.3 поступают на входы разрешения «&» (выводы 4 и 5) дешифратора DD3, который формирует уровень логического нуля на соответствующем выходе только при появлении уровней логических нулей на двух указанных входах разрешения (выводы 4 и 5). Рассмотрим работу устройства при начальном условии, когда счётчики DD2.1 и DD2.2 находятся в нулевом, а RS-триггеры, входящие в состав ИМС DD4, в единичном состоянии. При этом на выходе элемента DD1.3 формируется уровень логической единицы, и дешифрация состояний DD3 запрещена – на всех его выходах присутствуют уровни логических единиц. Два таких логических уровня, приходящих на входы элементов **ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ** (DD5.1...DD5.4), вызывают появление на соответствующих выходах уровней логических нулей, поэтому все транзисторы закрыты и гирлянды обесточены.

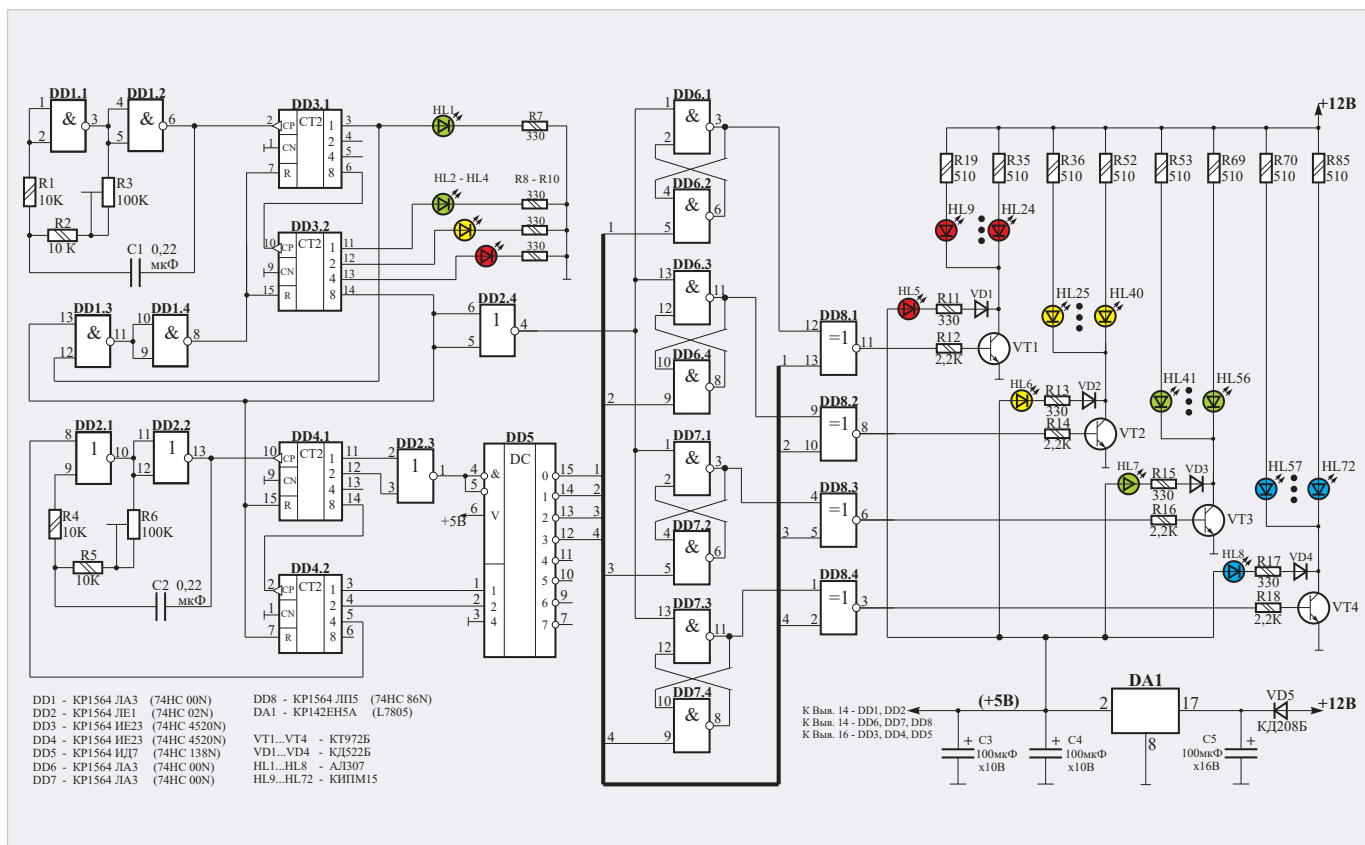


Рис. 3. Переключатель для четырёх гирлянд. Вариант 2. Схема электрическая принципиальная

Первый же отрицательный перепад с выхода генератора увеличит состояние счётчика DD2.1 на единицу, поэтому на выходе его младшего разряда (вывод 3) появится уровень логической единицы, а на выходе элемента DD1.3 – уровень нуля. Дешифрация состояний DD3 будет разрешена, и поскольку счётчик DD2.2 находится в нулевом состоянии, то уровень логического нуля появится на выходе первого разряда дешифратора DD3 (вывод 15). Этот уровень «перебросит» первый RS-триггер DD4 в нулевое состояние (по входу 1R, вывод 1), но зажигания первой гирлянды ещё не произойдёт, поскольку на оба входа элемента DD5.1 в этот момент времени приходят уровни логических нулей, а значит, на его выходе также формируется уровень логического нуля.

При установке счётчика DD2.1 в четвёртое состояние на выходе элемента DD1.3 вновь появится уровень единицы, и дешифрация состояний DD3 будет запрещена. На выходе первого разряда DD3 (вывод 15) появится уровень логической единицы, и поскольку на выходе верхнего по схеме RS-триггера DD4 зафиксирован уровень нуля, то теперь на выходе элемента DD5.1 появится

уровень единицы, который приведёт к открыванию транзистора VT1 и зажиганию первой гирлянды светодиодов (HL5...HL19) и светодиода HL1.

Очередной счётный импульс установит DD2.1 в пятое состояние, что приведёт к выключению гирлянды светодиодов. Далее при установке счётчика DD2.1 в восьмое и двенадцатое состояния последуют ещё две вспышки первой гирлянды (HL5...HL19) и светодиода HL1. При установке счётчика DD2.1 в пятнадцатое состояние на выходе первого разряда (вывод 15) дешифратора DD3 сформируется уровень логической единицы, поэтому такой же уровень установится и на выходе элемента DD5.1, что приведёт к фиксации транзистора VT1 в открытом состоянии и свечении первой гирлянды (HL5...HL19) и светодиода HL1 до момента сброса первого по схеме RS-триггера DD4 в нулевое состояние. Таким образом, будут сформированы три вспышки первой гирлянды со скважностью, равной четырём, с её последующей фиксацией во включённом состоянии. Напомним, что скважностью называется отношение периода следования импульсов к длительности

импульса. К примеру, в данном случае скважности, равной 4, при частоте генератора 25 Гц соответствует время свечения гирлянды 0,04 с при длительности пауз между вспышками 0,12 с (полная длительность периода вспышки в данном случае составляет:  $T = 0,04 \text{ с} + 0,12 \text{ с} = 0,16 \text{ с}$ ).

При переходе счётчика DD2.1 из пятнадцатого в нулевое состояние на выходе его старшего разряда (вывод 6) будет сформирован отрицательный перепад, который увеличит состояние счётчика DD2.2 на единицу. Далее последуют по три вспышки второй, третьей и четвёртой гирлянд с фиксацией каждой из них во включённом состоянии после трёх соответствующих вспышек. Задержка свечения всех гирлянд после их зажигания обеспечивается благодаря соединению третьего разряда счётчика DD2.2 (вывод 13) с третьим двоичным разрядом дешифратора DD3 (вывод 3). При этом состояния счётчика DD2.2 с четвёртого по седьмое декодируются дешифратором DD3, но не используются, поскольку выходы четырёх старших разрядов дешифратора DD3 (выводы 11, 10, 9, 7) остаются незадействованными. Таким образом, формируется задержка свече-

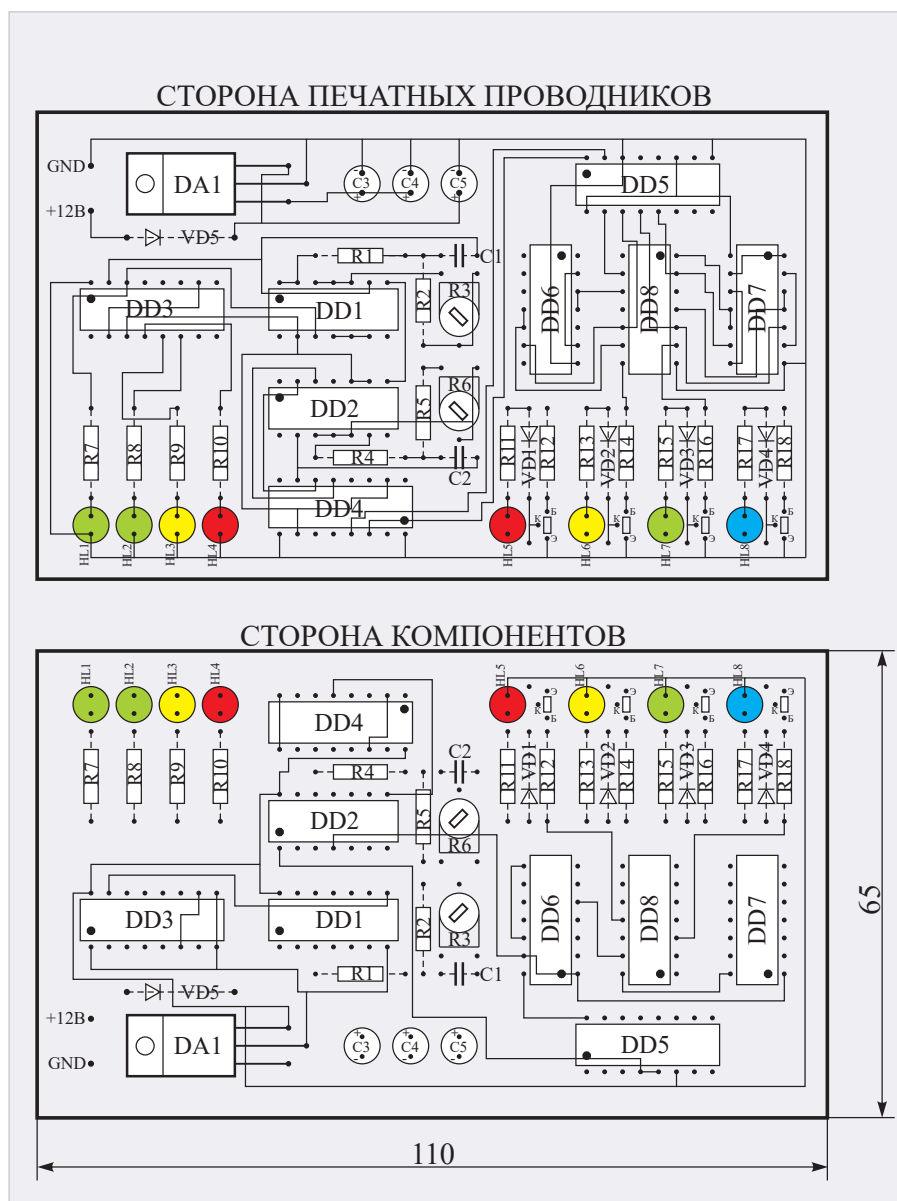


Рис. 4. Переключатель для четырёх светодиодных гирлянд. Вариант 2. Рисунок печатной платы

ния всех гирлянд на время, равное половине длительности рабочего цикла. При достижении счётчиком DD2.2 восьмого состояния на выходе элемента DD1.4 формируется короткий отрицательный импульс, который устанавливает все RS-триггеры DD4 в единичное состояние, и далее рабочий цикл повторяется.

Схема электрическая усовершенствованного варианта бегущих огней с «накоплением» приведена на рис. 3. Здесь работают два независимых генератора прямоугольных импульсов на элементах DD1.1, DD1.2 и DD2.1, DD2.2 соответственно. Первый из них входит в состав простейшего таймера, выполненного на счётчиках DD3.1, DD3.2 и элементах DD1.3, DD1.4. Светодиоды HL1...HL4 предназначены для

визуальной оценки прошедшего времени задержки, причём светодиод HL1 мигает с частотой в два раза меньшей, чем частота генератора. Элементами памяти в данном варианте устройства являются RS-триггеры, выполненные на элементах И-НЕ микросхем DD6, DD7 типа КР1564ЛА3.

Началу рабочего цикла соответствует нулевое состояние счётчиков DD3.1, DD3.2, DD4.1, DD4.2 и условное единичное состояние указанных RS-триггеров. (Применительно к RS-триггеру, выполненному на элементах DD6.1, DD6.2, условимся считать его единичным состоянием появление на выходе DD6.1 уровня логической единицы, а на выходе DD6.2 – логического нуля.) Поскольку в начальный момент

времени дешифрация состояний DD5 запрещена и все RS-триггеры находятся в исходных единичных состояниях, то на входы элементов **ИСКЛЮЧАЮЩЕ ИЛИ** (DD8.1...DD8.4) приходят уровни логических единиц, и на их выходах формируются уровни нулей, поэтому все гирлянды выключены.

Полуцикл зажигания светодиодных гирлянд формируется аналогично предыдущему варианту устройства, поэтому подробно останавливаться на этом не будем. Заметим только, что частоту вспышек и, следовательно, длительность полуцикла зажигания гирлянд можно изменять в широких пределах подстройкой резистора R6. Резисторы R1 и R4 в схемах генераторов предназначены для ограничения входных токов элементов DD1.1, DD2.1 через внутренние защитные диоды, а резисторы R2 и R5 ограничивают частотный диапазон генераторов.

Длительность всего рабочего цикла устройства определяется постоянной времени таймера, в состав которого входят: генератор прямоугольных импульсов на элементах DD1.1...DD1.2, счётчики DD3.1, DD3.2 и схема сброса на элементах DD1.3, DD1.4. Зажигание зелёного светодиода HL2 индицирует прошествие одной восьмой части времени выдержки, жёлтого HL3 – 25%, красного HL4 – 50%. Одновременное зажигание и последующее погасание всех светодиодов контрольной линейки (HL1...HL4) означает завершение времени выдержки с одновременным формированием на выходе старшего разряда счётчика DD3.2 импульса положительной полярности, равного по длительности периоду следования импульсов генератора, собранного на элементах DD1.1, DD1.2. При появлении на выходе старшего разряда счётчика DD3.2 (вывод 14) и младшего разряда DD3.1 (вывод 3) уровней логических единиц на выходе элемента DD1.4 формируется короткий положительный импульс, обнуляющий указанные счётчики, а на выходе старшего разряда DD3.2 (вывод 14) завершается формирование положительного импульса. Этот импульс является обнуляющим для счётчиков DD4.1 и DD4.2, а после инвертирования элементом DD2.4 он устанавливает в исходное единичное состо-

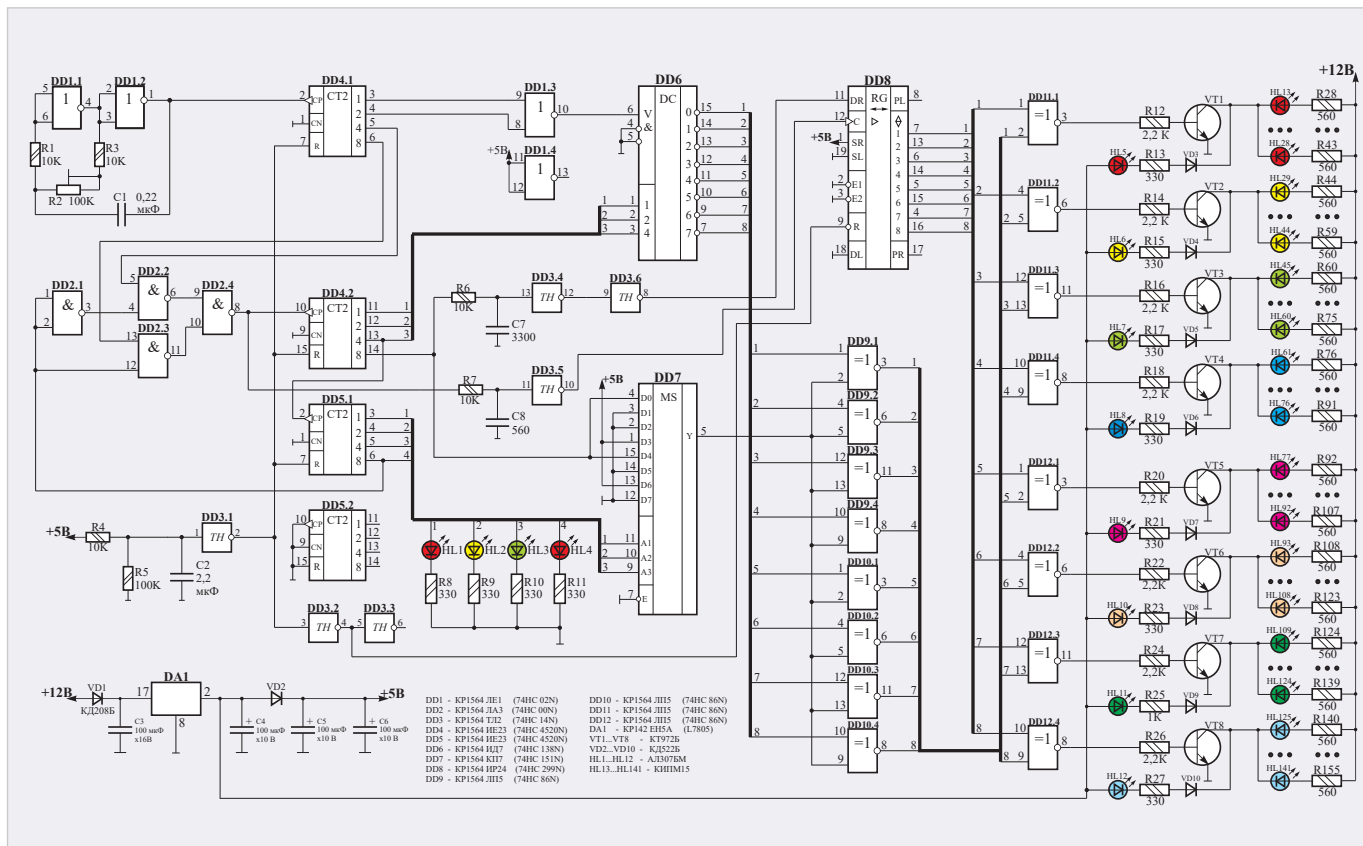


Рис. 5. Переключатель для восьми светодиодных гирлянд. Схема электрическая принципиальная

яние все RS-триггеры, что приводит к выключению гирлянд и последующему повторению рабочего цикла. Для индикации зажигания гирлянд на плате контроллера установлены контрольные светодиоды HL5... HL8, включённые последовательно с защитными диодами VD1...VD4.

Схема электрическая наиболее совершенного третьего варианта переключателя, предназначенного для управления восемью светодиодными гирляндами, приведена на рис. 5. В усовершенствованном варианте реализовано несколько последовательностей светодинамических эффектов бегущих огней с «накоплением» и «вычитанием», причём в первой половине цикла происходит по две вспышки светодиодных гирлянд с их фиксацией во включённом состоянии, а во второй половине цикла – по четыре вспышки. Устройство содержит генератор прямоугольных импульсов, собранный на элементах DD1.1, DD1.2, счётчик DD4.1 и мультиплексор количества вспышек DD2.1... DD2.4, счётчик DD4.2 и дешифратор DD6 текущей позиции светодиодной гирлянды, счётчик DD5.1 и мультиплексор DD7 номера светодинамического эффекта, регистр сдвига DD8 и

схему сравнения и управления транзисторными ключами на элементах ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ DD9.1...DD12.4.

В начальный момент времени при включении питания срабатывает схема обнуления счётчиков DD4.1, DD4.2, DD5.1, собранная на элементах DD3.1, R4, R5, C2. На выходе элемента DD3.1 формируется короткий положительный импульс, обнуляющий указанные счётчики, а на выходе DD3.2 – короткий отрицательный, устанавливающий все триггеры регистра DD8 также в исходное нулевое состояние. Зажигание определённой светодиодной гирлянды в конкретный момент времени зависит от комбинации двух входных сигналов, приходящих на входы одного из элементов DD11.1... DD12.4. При появлении комбинации из нуля и единицы на выходе элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ появляется уровень логической единицы, который приводит к открыванию ключевого транзистора и зажиганию гирлянды. При появлении комбинации из двух нулей или двух единиц на выходе такого элемента будет присутствовать уровень логического нуля, и транзистор будет закрыт. Комбинация включённых светодиодных гирлянд в определённый

момент однозначно определяется управляющими сигналами на выходах дешифратора DD6, мультиплексора DD7 и регистра сдвига DD8. Последовательность светодинамических эффектов определяется коммутацией входов D0...D7 (выводы 4...1, 15...12) мультиплексора DD7. Изменением коммутации входных сигналов DD7 можно выбрать другую последовательность светодинамических эффектов.

При включении питания счётчики DD4.1, DD4.2, DD5.1 и регистр DD8 устанавливаются в исходное нулевое состояние, поэтому все ключевые транзисторы закрыты и ни одна гирлянда не светится. Количество вспышек гирлянд, равное двум, в первой половине рабочего цикла определяется выходными сигналами двух старших разрядов счётчика DD4.1 (выводы 5 и 6), приходящими на входы элементов DD2.2 и DD2.3, входящими в состав мультиплексора [DD2.1...DD2.4]. Управляющим для данного мультиплексора является сигнал с выхода старшего разряда счётчика DD5.1, приходящий на входы элемента DD2.1 и один из входов элемента DD2.3. Поскольку счётчик DD5.1 в начальный момент времени находится в нулевом состоянии,



стра на один разряд вправо. Таким образом, во включённом состоянии зафиксирован уже вторая гирлянда и светодиод HL6.

Повторение вышеописанной процедуры будет вызывать по две последовательные вспышки каждой гирлянды до момента фиксации во включённом состоянии всех гирлянд. Далее отрицательным перепадом очередного счётного импульса счётчик DD4.2 будет установлен в восьмое состояние, и на выходе его третьего разряда (вывод 13) будет сформирован отрицательный перепад, который увеличит состояние счётчика DD5.1 на единицу. Теперь выход мультиплексора DD7 будет подключён к его второму входу D1 (вывод 3), поэтому на один из входов элементов DD9.1...DD10.4 будет приходиться уровень логического нуля. Учитывая, что все триггеры регистра DD8 теперь находятся в единичном состоянии, будет сформирован эффект бегущего огня с «вычитанием», при котором также будут сформированы по две вспышки каждой гирлянды, но уже с их последовательным выключением.

При установке счётчика DD5.1 во второе состояние на выходе мультиплексора DD7 логический уровень не изменится, но, учитывая, что теперь во все разряды регистра DD8 записаны уровни логических единиц, третьим по счёту будет сформирован эффект бегущего огня с «накоплением». При установке счётчика DD5.1 в третье и четвёртое состояния будут также сформированы эффекты бегущего огня с «накоплением», но с тем отличием, что в третьем состоянии счётчика на выход мультиплексора DD7 проходит уровень логической единицы с его входа D3, а в четвёртом – с выхода старшего разряда счётчика DD4.2. Далее в пятом, шестом и седьмом состояниях счётчика DD5.1 будут сформированы эффекты бегущего огня с «вычитанием», что будет означать завершение первой половины рабочего цикла.

При установке счётчика DD5.1 в восьмое состояние уровень логической единицы с выхода его старшего разряда (вывод 6) воздействует на входы элемента DD2.1 и один из входов элемента DD2.3 и разрешает прохождение на выход мультиплексора [DD2.1...DD2.4] счётных импульсов с выхода старшего разряда счёт-

чика DD4.1. Это условие определяет режим работы устройства во второй половине рабочего цикла с четырьмя вспышками каждой светодиодной гирлянды. Индикацию номера текущего режима в двоичном коде осуществляют светодиоды HL1...HL4. Включение красного светодиода HL4 индицирует вторую половину рабочего цикла. Таким образом, будет сформирована последовательность светодинамических эффектов, состоящая из бегущего огня с «накоплением», бегущего огня с «вычитанием», затем из трёх бегущих огней с «накоплением» и трёх бегущих огней с «вычитанием» с двумя вспышками гирлянд во всех режимах. Во второй половине цикла светодинамическая последовательность отличается только количеством вспышек гирлянд в каждом режиме, равным четырём. Далее цикл работы полностью повторяется.

### Конструкция и детали

Первый вариант устройства собран на печатной плате (рис. 2) из двухстороннего стеклотекстолита толщиной 1,5 мм и размерами 50×100 мм, второй вариант (рис. 4) – 65×110 мм, а третий вариант (рис. 6) – 80×130 мм. В устройствах применены постоянные резисторы типа МЛТ-0,125, переменные СПЗ-386, неполярные конденсаторы типа К10-17, электролитические К50-35. Светодиодные гирлянды составлены из светодиодов четырёх цветов диаметром 10 мм типа КИПМ-15, размещённых в чередующейся последовательности: красного, жёлтого, зелёного и синего. Возможны, конечно, и другие варианты сочетания светоизлучающих элементов, а также применение других точечных источников света. Изменить яркость свечения можно подбором соответствующих токоограничительных резисторов. Следует лишь помнить о максимальном допустимом токе светодиодов (20 мА) и нагрузочной способности транзисторных ключей. Все ключевые транзисторы необходимо установить на небольшие радиаторы для эффективного охлаждения.

Все микросхемы серии КР1564 (74НСхх) допускают непосредственную замену на соответствующие функциональные аналоги серий КР1554 (74АСхх) и КР1594 (74АСТхх), а также ТТЛШ-серий КР1533, К555,

К531 и даже ТТЛ – К155. Отличие серии КР1594 (74АСТхх) от стандартных КМОП-серий заключается в значении порогового напряжения, соответствующего ТТЛШ-сериям (КР1533, К555, К531). Поэтому совместно с ТТЛШ-сериями рекомендуется использовать именно ИМС серии КР1594 (74АСТхх). В случае применения ТТЛШ и ТТЛ-серий нужно также учитывать различия в значениях входных токов, поэтому в схемах генераторов необходим подбор номиналов времязадающих элементов. Счётчик КР1564ИЕ23 (74НС4520N) заменим на К561ИЕ10 (CD4520N), а ИМС КР1564ЛН1 (74НС04N), содержащая шесть инверторов, заменима на КР1564ТЛ2 (74НС14N). Микросхема КР1564ЛА3 заменима на КР1564ТЛ3, которая содержит в своём составе четыре триггера Шмитта, и даже на КР1533ЛА3 (ТЛ3). При использовании в устройствах на месте микросхемы генератора DD1 ИМС ТТЛШ структуры типа КР1533ЛА3 (ТЛ3) необходимо подобрать времязадающие элементы. Рекомендуемые номиналы: для конденсаторов – 100 мкФ, для резисторов – 1 кОм. Причём устанавливается только один подстроечный резистор, а другие заменяются перемычками. Следует помнить, что входы микросхем ТТЛШ-структуры нельзя подключать к шине питания непосредственно, только через резистор сопротивлением 1 кОм.

Напряжение источника питания может быть выбрано в диапазоне 9–15 В, конечно, с учётом подбора номиналов токоограничительных резисторов. В налаживании устройства практически не нуждаются. Собранные из исправных деталей и без ошибок, они начинают работать сразу при включении. Подстроечными резисторами в схемах генераторов можно изменять скорость переключения светодиодов, а во втором варианте устройства также продолжительность задержки свечения гирлянд после прохождения всего рабочего цикла.

### Литература

1. *Одинец А.Л.* Светодинамическое устройство «Бегущий огонь»: автоматический режим // Радиолюбитель. 2005. № 5. С. 6.
2. *Одинец А.Л.* «Бегущие огни» на КМОП-микросхемах // Радиомир. 2005. № 11. С. 18–19; № 12. С. 14–17.

