

# Автоматы световых эффектов от «А» до «Я»

Об автоматах световых эффектов уже немало сказано и написано. Автор предлагаемой вниманию читателей статьи попытался систематизировать все возможные варианты построения и использования этих автоматов.

Условно все автоматы световых эффектов можно разделить на два основных типа — «бегущие огни» и «цветомузыкальные устройства».

«Бегущие огни» — это устройства, управляющие светоизлучающими приборами строго в соответствии с логикой своего построения. По схемотехническому решению они различаются на аппаратные и программные. Аппаратные автоматы, как правило, легко повторяемы, но имеют существенный недостаток — чем больше эффектов автомат может выполнить, тем большим количеством интегральных микросхем это достигается. Программные автоматы достаточно просты, обладают огромнейшими возможностями по созданию эффектов, содержат небольшое количество микросхем, но требуют дополнительное оборудование — программатор, а иногда и компьютер. И аппаратные, и программные «бегущие огни» могут быть либо с ручным управлением, либо полностью автоматическими. В последнее время получили широкое распространение комбинированные автоматы.

«Цветомузыкальные устройства» — это автоматы световых эффектов, целиком и полностью управляемые звуковым сигналом (как правило, музыкой). В подавляющем большинстве все цветомузыкальные устройства построены на принципе разложения звукового сигнала на частотные составляющие. При наличии выделяемой составляющей «зажигается» тот или иной светоизлучающий прибор. Некоторые из них имеют дополнительные выходы для каждого канала и помимо регистрации наличия частотной составляющей отслеживают также ее уровень. Различают аналоговые (построенные с использованием только аналоговых элементов) и цифровые устройства (на входе последних стоят АЦП, и дальнейшую обработку сигналов производят цифровые микросхемы, иногда даже процессоры).

Оба типа автоматов можно разделить также на низковольтные и высоковольтные. К низковольтным относятся те приборы, у которых напряжение нагрузки не превышает 42 В. С точки зрения безопасности — это идеальные приборы. Но габариты сетевого трансформатора, обеспечивающего нормальную работу такого устройства в достаточно большом помещении, очень велики. Высоковольтные авто-

маты лишены мощного сетевого трансформатора (как правило, мощность трансформатора для питания устройства управления не превышает 20...30 Вт), т. к. в нагрузку подают сетевое напряжение (220 В). Количество и мощность ламп в каждом канале таких устройств зависит лишь от типа используемого выходного каскада.

Рассмотрению построения схем, конструктивных особенностей и сфер использования автоматов световых эффектов, начиная от примитивнейших и заканчивая серьезными устройствами, посвящается серия статей, первая из которых предлагается вниманию читателей.

## Мультивибраторы

Схема простейшего автомата световых эффектов изображена на рис. 1. Эта схема получила очень широкое распространение из-за своей простоты и дешевизны (она часто встречается в импортных переносных магнитолах). Это обычный мультивибратор, нагруженный на лампы накаливания. К достоинствам этой схемы можно отнести то, что она не критична к используемым деталям, напряжению питания и типу нагрузки.

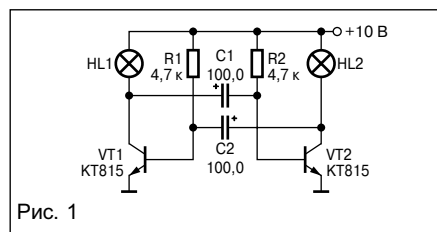


Рис. 1

В момент включения питания на базы транзисторов через резисторы R1 и R2 подается напряжение смещения, и они начинают открываться. При этом один из транзисторов окажется открыт сильнее, чем другой, потому что у них всегда есть разброс, пусть даже и небольшой, по коэффициенту усиления. Допустим, что VT1 открыт сильнее, в этом случае во время заряда конденсатора C1 на базу VT2 не будет поступать положительное смещение, возникающее при прохождении тока через резистор R2, и он закроется. Лампа HL1 будет светиться, а HL2 — нет. Как только C1 заря-

дится настолько, что уже не сможет компенсировать подаваемое через R2 напряжение смещения, транзистор VT2 откроется, и лампа HL2 загорится. В это же время с базы VT1 будет снято напряжение смещения, и он закроется, а лампа HL1 погаснет. На коллекторе VT1 получится напряжение большее, чем на базе VT2, и емкость C1 начнет разряжаться. После зарядки C2 откроется VT1, и, естественно, закроется VT2. Эти процессы будут повторяться до тех пор, пока на схему подано напряжение питания.

Время заряда конденсаторов сильно зависит от их емкости, сопротивления резисторов смещения, коэффициента усиления транзисторов и тока, протекающего через них. Следовательно, именно эти параметры и определяют частоту мерцания ламп. Наиболее приемлемый способ регулировать ее — это изменить номиналы либо резисторов R1 и R2, либо конденсаторов C1 и C2. Если необходимо

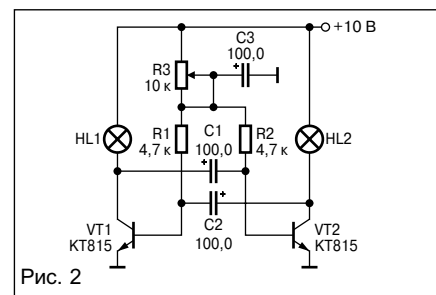


Рис. 2

оперативно регулировать частоту мерцания, то можно ввести в схему регулировочный резистор R3. Введение в схему конденсатора C3 позволяет исключить взаимное влияние открывающихся транзисторов (рис. 2).

На использовании изменения подаваемого на базы транзисторов напряжения смещения построена схема, изображенная на рис. 3. Здесь в качестве переменного резистора используется транзистор, на базу которого подается напряжение, зависящее от уровня входного сигнала. В качестве входного сигнала используется выходной сигнал усилителя мощности звуковой частоты (УМЗЧ). Резистором R5 регулируют уровень входного сигнала, который детектируется диодами VD1, VD2 и емкостями C4, C5. В зависимости от уровня сигнала транзистор VT3 будет открываться или закрываться. При достаточ-

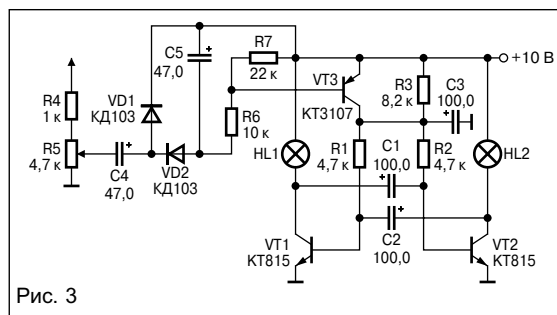


Рис. 3

но большом уровне входного сигнала транзистор VT3 открывается до насыщения, и к смещающим резисторам прикладывается практически все напряжение питания. Следовательно, время зарядки конденсаторов увеличится, а частота мерцания уменьшится. Соответственно, при отсутствии звукового сигнала или малом его уровне транзистор VT3 будет закрыт, и к резисторам будет приложено гораздо меньшее напряжение, время зарядки емкостей уменьшится, а частота увеличится.

Резистор R4 — токоограничивающий, он не позволяет устройству вносить дополнительные искажения в звуковой сигнал и предотвращает выход из детектора строя в том случае, когда движок резистора R5 находится в верхнем по схеме положении. R3 не позволяет мультивибратору «остановиться» в момент отсутствия музыки.

Немного систематизировать порядок мерцания позволяет схема трехфазного мультивибратора (рис. 4). Принцип работы этой схемы такой же, как и у обычного мультивибратора, только каналов в схеме стало три, что позволило «огню» не мерцать, а двигаться («бежать»). Введение четвертого канала еще более увеличит эффект «бега», но при этом сильно снизится устойчивость работы всей схемы, и может потребоваться подбор транзисторов по коэффи-

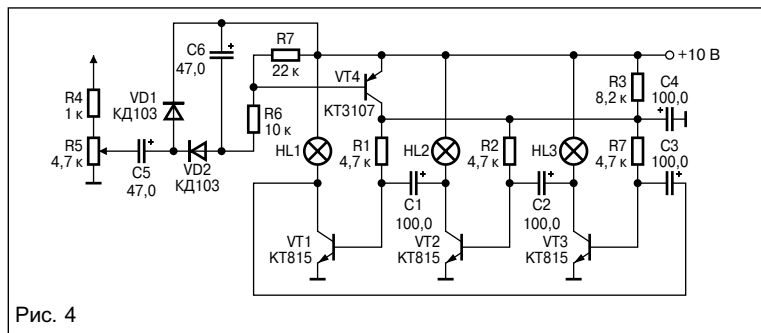


Рис. 4

циенту усиления, а также номиналов резисторов и конденсаторов, что в свою очередь увеличит трудоемкость изготовления и стоимость устройства.

Транзисторы мультивибратора должны иметь ток коллектора в 3-4 раза больший, чем ток лампы накаливания, т. к. в момент подачи напряжения нить накала еще холодная, и ее сопротивление намного меньше, чем в разогретом (светящемся) состоянии. При токах через лампы свыше 0,5 А целесообразно использование радиаторов для снятия тепла с корпусов транзисторов. Использование ламп накаливания с током более 1 А не рекомендуется, лучше воспользоваться последовательно соединенными лампами, рассчитанными на меньшее напряжение. Все номиналы указаны для соединенных последовательно четырех ламп на 2,5 В, 0,15 А в цепи коллектора каждого транзистора, и напряжения питания 10 В. При увеличении тока нагрузки наверняка потребуются

подбор номиналов конденсаторов C1, C2 и резисторов R1, R2.

В качестве источника питания допустимо использовать любой источник, можно нестабилизированный. При выборе питающего напряжения лучше всего отталкиваться от имеющихся в наличии ламп, мощность же сетевого трансформатора должна быть больше мощности используемых ламп. При установке подобных конструкций в уже имеющуюся аудиоаппаратуру рекомендуется воспользоваться слаботочными лампами, чтобы иметь возможность использовать питание от штатного сетевого трансформатора. Частоту мерцания можно регулировать подбором емкости конденсаторов. Желательно, чтобы их номиналы были одинаковыми. В случае использования мощных ламп с током потребления более 0,3 А рекомендуется воспользоваться установленными на радиаторы со-

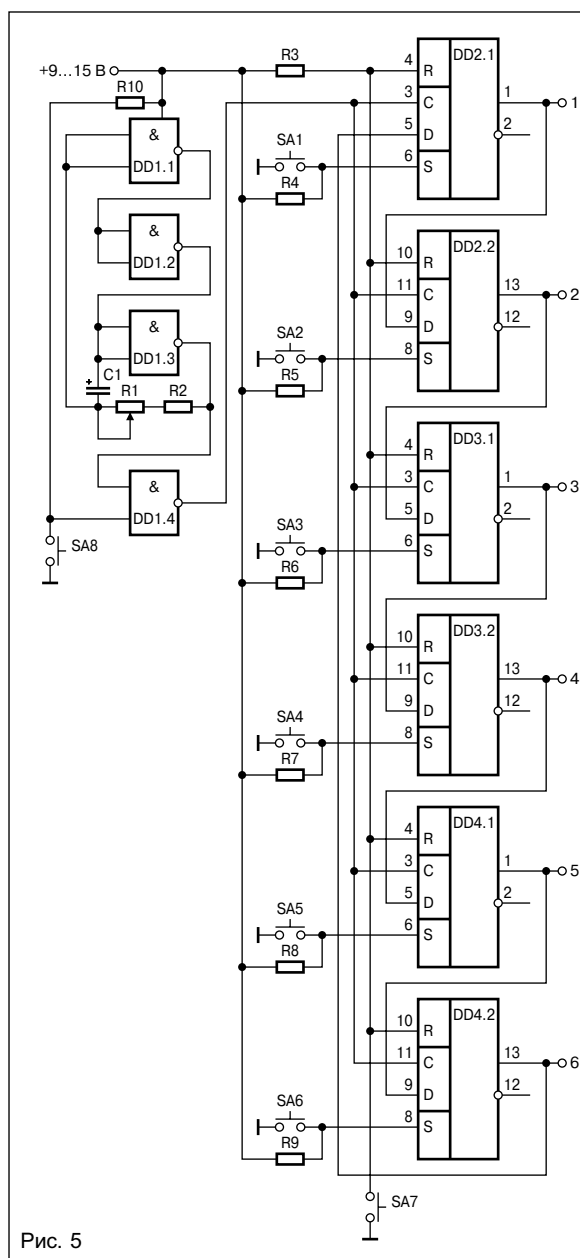


Рис. 5

ставными транзисторами, т. к. при этом сильно увеличиваются токи базовых переходов, что потребует применения конденсаторов большой емкости (более 220 мкФ).

### Аппаратные «бегущие огни»

Для получения более эффектной светиллюминации необходимо организо-

вать работу как минимум четырех каналов. Конечно, можно решить эту задачу и без использования цифровых интегральных микросхем, но при этом неоправданно возрастут трудоемкость, габариты и стоимость конструкции. Поэтому в качестве простейших будут рассмотрены автоматы, содержащие ИМС.

Таблица 1

Позиция	Тип	Номинал
R1	любой	33-47 кОм
R2	МЛТ-0,125	3,3-4,7 кОм
R3-R10	МЛТ-0,125	10-33ком
C1	4,7-22 мкФх16-25 В	от требуемой частоты
DD1	K516ЛА7, K561ТЛ1	
DD2-DD4	K561ТМ2	
SA1-SA8	Лучше использовать свосмеренный переключатель типа "П2К" с индивидуальной фиксацией, у которого крайний переключатель лишен фиксирующего стопора	

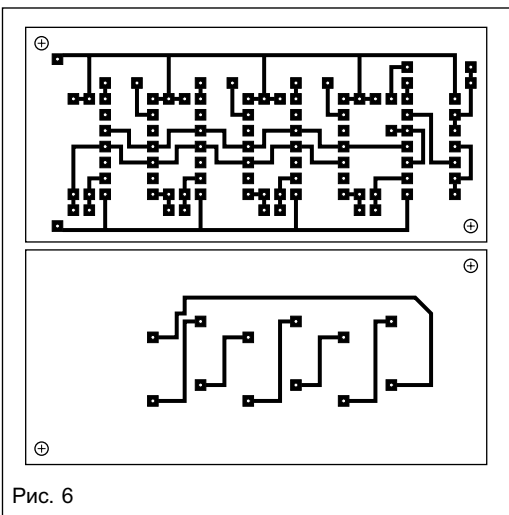


Рис. 6

приблизит напряжение на входе DD1.1 к уровню лог. 0. Однако на выходе DD1.3 будет присутствовать уровень лог. 1, и благодаря этому через соединенные последовательно резисторы R1 и R2 начнет заряжаться емкость C1. Напряжение на входе DD1.1 начнет медленно увеличиваться, и когда оно приблизится к уровню лог. 1, элемент DD1.1 на своем выходе изменит состояние на лог. 0. Это сформирует на выходе DD1.2 лог. 1, и емкость C1 начнет разряжаться. На выходе DD1.3 появится лог. 0, тем самым уменьшая время разряда емкости C1 и заряжая ее сигналом другой полярности. На входе

случае чрезмерного увеличения емкости и уменьшения сопротивлений.

Если SA8 находится в разомкнутом состоянии, то на входе DD1.4 будет присутствовать уровень лог. 1, который разрешит работу этого элемента. Если же контакты SA8 замкнут, то уровень лог. 0 запретит работу элемента, и импульсы на его выходе перестанут формироваться.

Прямоугольные импульсы с выхода элемента DD1.4 подаются на входы «С» элементов DD2.1-DD4.2, и с приходом каждого фронта импульса информация, находящаяся на входах «D», будет появляться на их выходах. Под фронтом импульса подразумевается промежуток времени, в течении которого уровень сигнала изменяется от состояния лог. 0 в состоянии лог. 1. Под спадом будет подразумеваться промежуток времени, в течении которого уровень сигнала будет изменяться от состояния лог. 1 в состояние лог. 0.

Поскольку выход каждого из триггеров соединен со входом последующего, а выход последнего — со входом первого, то информация с каждым фронтом тактового сигнала будет опускаться от верхнего (по схеме) элемента вниз. Дойдя до нижнего триггера, информация запишется в верхний триггер, и цикл повторится.

Кнопка SA7 служит для одновременной записи во все триггеры лог. 0, т. е. для общего сброса информации. Для записи информации в триггеры прежде всего необходимо запретить смещение информации внутри описываемого регистра во избежание ошибок ввода. Для этого достаточно замкнуть контакты SA8. Для записи информации лог. 1 предусмотрены индивидуальные для каждого триггера кнопки SA1-SA6. После записи контакты SA8 размыкают, элемент DD1.4 разрешает прохождение на входы «С» триггеров тактовых импульсов, и «огонь» начинает свой бесконечный «бег».

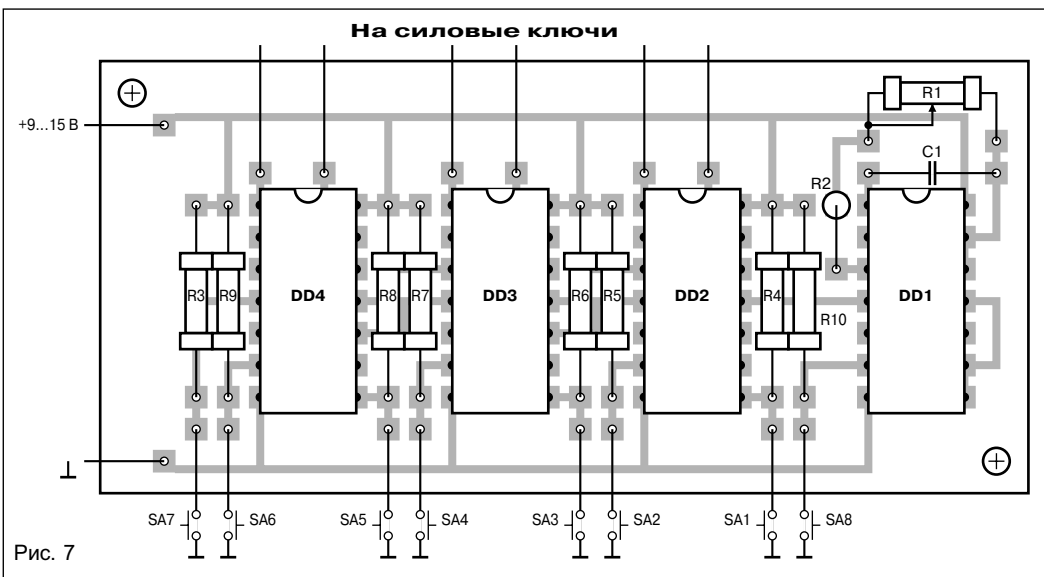


Рис. 7

Практически любые аппаратные устройства «бегущих огней» используют в своей работе последовательный регистр сдвига, последний выход которых соединен со входом регистра. Таким образом, записанная в регистр информация перемещается внутри регистра как-бы по кругу. Регистр можно организовать либо на D-триггерах, либо использовать уже готовый. И в ТТЛ-, и в КМОП-сериях можно выбрать регистры, идеально подходящие для создания «бегущих огней».

Принципиальная схема простейшего автомата изображена на рис. 5, чертеж печатной платы — на рис. 6, расположение деталей — на рис. 7. Список используемых деталей приведен в табл. 1. На элементах DD2-DD4 построен регистр сдвига. На элементах DD1.1-DD1.4 собран задающий генератор, рабочая частота которого определяет скорость «бега огня». При подаче напряжения питания информация на входе DD1.1 неопределена, но по уровню она все же ближе к уровню лог. 0. Следовательно, на выходе этого элемента сформируется единичный сигнал. На выходе DD1.2 появится лог. 0, который через незаряженный конденсатор C1 еще больше

DD1.1 напряжение начнет уменьшаться, и по достижении уровня, близкого к уровню лог. 0, элемент DD1.1 изменит свое состояние на противоположное. Таким образом цикл зарядки/разрядки конденсатора C1 будет повторяться снова и снова. Очевидно, что время зарядки/разрядки конденсатора зависит от величин сопротивлений R1 и R2 и емкости этого конденсатора. Следовательно, чем больше будут сопротивления резисторов и емкость конденсатора, тем дольше будут длиться циклы. Однако следует отметить, что чрезмерное уменьше-

ние емкости C1 и увеличение сопротивлений R1 и R2 может привести к потере устойчивости в работе генератора. То же будет и в

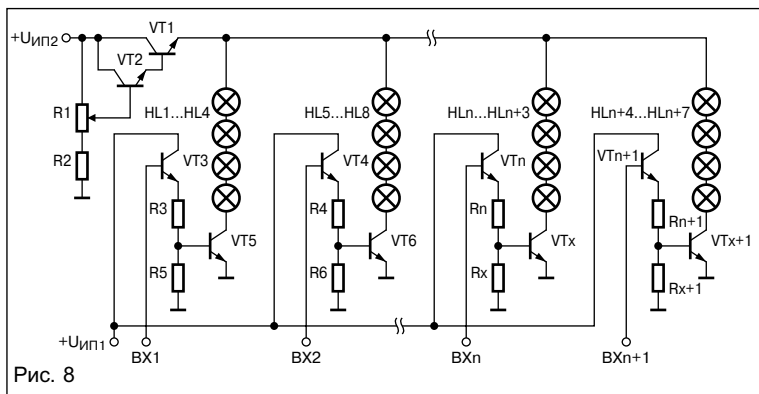


Рис. 8

Таблица 2

Позиция	Тип	Номинал
R1	любой	при напряжении питания до 10В — 3,3 кОм, при большем напряжении — не менее 10 кОм.
R2	МЛТ-0,125	
R3, R4, Rn, Rn+1	МЛТ-0,125	1,5 кОм
R5, R6, Rx, Rx+1	МЛТ-0,125	3,3 кОм
VT1		КТ819
VT2		КТ972
VT3, VT4, VTn, VTn+1		КТ503
VT5, VT6, VTx, VTx+1		в зависимости от требуемой нагрузки, от КТ815, до КТ819

Построение автомата таким образом позволяет без особых усилий увеличивать количество каналов, что придает устройству некую универсальность: сколько требуется каналов — столько и сделаем.

В качестве силовых ключей можно использовать любую из схем, изображенных на рис. 8. Список используемых элементов приведен в табл. 2.

Описанный вариант относится к разряду низковольтных, в качестве ключа используется мощный биполярный транзистор, на базу которого подается напряжение с эмиттерного повторителя. Введение эмиттерного повторителя обосновано тем, что выходные токи микросхем не очень ве-

лики, а для открытия мощного транзистора иногда требуется ток величиной до 0,5...1 А. Количество силовых ключей равно количеству выходов (каналов) устройства управления (в рассмотренном выше варианте оно равно шести).

На транзисторах VT1, VT2 собран регулятор яркости свечения, которая подбирается резистором R1. Ток коллектора транзистора должен быть рассчитан с учетом суммарного тока потребления всех каналов. Обязательное условие: VT1 должен быть установлен на теплоотвод, поскольку при токе нагрузке 1 А на нем будет выделяться примерно 12 Вт мощности. Из этого следует, что использование подобного регулятора возмож-

но при небольших токах нагрузки, в противном же случае от него лучше отказаться (потребуется слишком мощные транзисторы и огромные теплоотводы).

При больших токах нагрузки требуется установка силовых транзисторов на теплоотводы. В случае горения ламп не в полный накал возможно уменьшение номиналов резисторов R3, R4, Rn, Rn+1.

В качестве источника питания самих ламп можно использовать нестабилизированный источник, вырабатывающий напряжение, чуть меньшее, чем рабочее напряжение используемых ламп (примерно на 10-15%). Это несколько снизит яркость свечения, но увеличит срок эксплуатации гирлянд, поскольку при повышении сетевого напряжения созданный запас предохранит лампы от выхода из строя. Если мы хотим, чтобы в одном из каналов число ламп было увеличено, то для уменьшения протекающего через силовые ключи тока лучше воспользоваться лампами с более низким рабочим напряжением. Естественно, их нужно соединить последовательно (подобное решение приведено на рис. 8).

Выходные каскады, предназначенные для работы с сетевой нагрузкой, будут рассмотрены в следующей статье.

**Андрей Тишкунов**  
root@amr.novshah.donpac.ru