

# Устройство для создания световых эффектов на микроконтроллере

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье описано устройство для создания световых эффектов на базе микроконтроллера ATMEGA8535. Редакция журнала надеется, что это несложное устройство будет воспроизведено каким-либо российским предприятием и потеснит на рынке аналогичные китайские изделия.

Современные микроконтроллеры (МК) широко применяются в автомобильной электронике, средствах измерения и связи, различных промышленных приложениях. Снижение стоимости микроконтроллеров и доступность средств программирования создаёт новые области применения, где МК успешно заменяют дискретные ИС. Одной из таких областей являются игрушки и другие потребительские устройства для развлечений, в которых применение восьмиразрядных МК вполне уместно и обосновано.

Предлагаемое устройство для создания световых эффектов (далее – устройство), прежде всего, ориентировано на украшение новогодней ёлки, но может быть использовано для других иллюминаций. Устройство выполнено на микроконтроллере ATMEGA8535, хотя можно применить МК и с более скромными ресурсами.

Принципиальная схема устройства приведена на рисунке. Введём следующие условные обозначения: индикатор HL2 – индикатор № 1, индикатор HL3 – индикатор № 2, индикатор HL104 – индикатор № 103, индикатор HL1 – индикатор № 104. Конструктивно индикаторы №№ 1 – 8 образуют собой гирлянду (далее гирлянда № 1), соответственно, индикаторы №№ 9 – 16 образуют гирлянду № 2 и т.д. Индикаторы №№ 97 – 104 – гирлянду № 13. Положим, что все индикаторы в гирлянде расположены в один ряд. Применительно к украшению ёлки, слева можно разместить гирлянды с нечётными номерами, а справа – с чётными. Гирлянда № 13 размещается на стволе ёлки, индикатор HL1 (№ 104) – в звезде на верхушке ёлки.

В интерфейс управления устройства входят: клавиатура (кнопки S1 – S4) и цифровой индикатор HG1. Число, индицируемое на индикаторе, определяет номер светового эффекта, выполня-

емого в устройстве. Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (Δ) – инкремент числа, индицируемого на индикаторе HG1 (выбор номера выполняемого светового эффекта);
- S2 (∇) – декремент числа, индицируемого на индикаторе HG1 (выбор номера выполняемого светового эффекта);
- S3 (C) – старт/стоп. После нажатия на данную кнопку устройство реализует световой эффект, индицируемый на индикаторе HG1, или комбинацию световых эффектов;
- S4 (B) – включает/выключает все индикаторы HL1 – HL104. Данная операция необходима для проверки работоспособности индикаторов HL1 – HL104.

Выполняемый световой эффект задаётся кнопками S1, S2 и далее подтверждается кнопкой S3. Световые эффекты, реализуемые в устройстве, описаны в таблице.

На семисегментном индикаторе HG1 буква B и цифра 8, а также буква D и цифра 0 выглядят одинаково. Поэтому при отображении букв B и D на индикаторе HG1 включается точка h.

Основой устройства служит микроконтроллер DD1, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 МГц. С порта PA микроконтроллер DD1 управляет индикаторами гирлянд №№ 7 – 13. Соответственно, гирлянды зажигаются ключами, выполненными на транзисторах VT2 – VT8. Данные ключи управляются с порта PB микроконтроллера DD1. Индикатор HL1 управляется с вывода 8 микроконтроллера. Коды включения индикаторов поступают на вход порта A микроконтроллера DD1. С порта PC микроконтроллер DD1 управляет клавиатурой (кнопки S1 – S4), индикатором HG1 и индикаторами гирлянд №№ 7 – 12. Соответственно, гирлянды зажигаются ключами, выполненными на транзис-

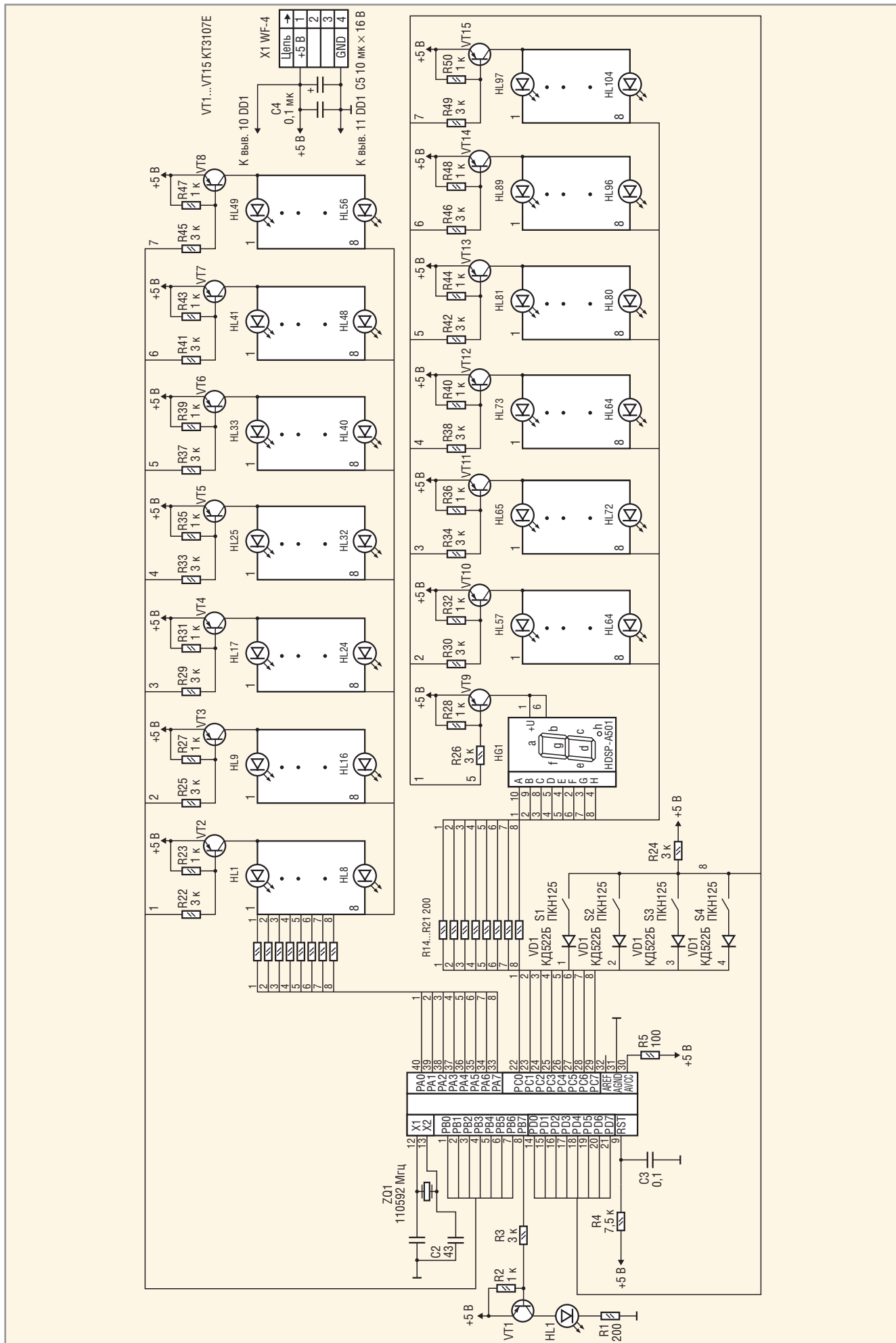
торах VT9 – VT15. Данные ключи управляются с порта PD микроконтроллера DD1. Коды включения индикаторов поступают на вход порта PC микроконтроллера DD1.

Для функционирования клавиатуры задействован вывод 21 микроконтроллера DD1. Питающее напряжение поступает на плату с соединителя X1. После подачи питания на выводе 9 микроконтроллера DD1 цепью R4C3 формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD1. При инициализации во все разряды портов PB, PD, PA, PC микроконтроллера DD1 записываются лог. 1. Ключи на транзисторах VT1 – VT15 закрыты, индикаторы HL1 – HL104 – выключены.

Программное обеспечение микроконтроллера DD1 обеспечивает реализацию алгоритма работы задаваемых световых эффектов в режиме динамической индикации. Задача формирования временного интервала для включения индикаторов каждой гирлянды (или интервала переключения индикаторов и гирлянд) решена с помощью прерываний от таймера/счётчика 0 и счётчика на регистре r20 (секунды). Таймер/счётчик 0 формирует запрос на прерывание. Счётчик на регистре r20 подсчитывает количество прерываний (декрементирует число, загружаемое в r20), и устанавливается необходимый флаг (нулевой разряд регистра r19 (flo)). Чтобы увеличить скорость переключения индикаторов (гирлянд), можно уменьшить число, загружаемое в r20.

Программа состоит из процедуры инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера/счётчика 0. Последняя осуществляет формирование временного интервала для включения индикаторов, опрос клавиатуры, работу динамической индикации, а также выполнение всех световых эффектов, реализованных в устройстве.

В памяти данных микроконтроллера DD1 с адреса 60H по 73H организован буфер отображения для динамической индикации. По адресу 60H находится байт номера отображаемого светового



Принципиальная электрическая схема устройства для создания световых эффектов

Световые эффекты, реализуемые в устройстве

Номер светового эффекта	Число или символ, индицируемый на индикаторе HG1	Название эффекта	Описание светового эффекта
1	0	Мерцающая ёлка	Сначала включаются чётные номера индикаторов (нечётные выключены), потом нечётные номера (чётные выключены). Если индикаторы расположить в виде массива (или матрицы), как на принципиальной схеме (см. рисунок), то получается имитация мерцания звёздного неба
1	1	Переключаемая ёлка	Поочерёдное включение и выключение всех индикаторов в гирлянде
3	2	Бегущий огонёк № 1	В каждой гирлянде один включенный индикатор циклически «пробегает» по всей гирлянде в одном направлении. Например, в гирлянде № 1 от индикатора № 1 к индикатору № 8 – сначала включается индикатор № 1, потом № 2 (№ 1 при этом выключается) и т.д. В гирлянде № 2 – от индикатора № 9 к индикатору № 17
4	3	Бегущий огонёк № 2	В каждой гирлянде два включенных индикатора «пробегают» по всей гирлянде в одном направлении. Например, в гирлянде № 1 от индикатора № 1 к индикатору № 8 – сначала включается индикатор № 1, потом индикатор № 2, затем индикатор № 1 выключается, а индикатор № 3 включается, и т.д.
5	4	Бегущий огонёк № 3	В каждой гирлянде три включенных индикатора «пробегают» по всей гирлянде в одном направлении. Например, в гирлянде № 1 от индикатора № 1 к индикатору № 8 – сначала включаются индикатор № 1, потом индикатор № 2, затем индикатор № 3, индикатор № 1 выключается и т.д.
6	5	Переключаемые гирлянды № 1	Поочерёдное включение всех гирлянд с чётными номерами, а затем с нечётными (чётные номера при этом выключаются), и наоборот
7	6	Переключение группы в каждой гирлянде	Поочерёдное включение групп индикаторов в каждой гирлянде (в группе четыре индикатора). Например, в гирлянде № 1 сначала включаются индикаторы №№ 1 – 4, потом включаются индикаторы №№ 5 – 8, а индикаторы №№ 1 – 4 выключаются, и т.д.
8	7	Бегущая лента	Сначала в гирлянде № 1 включается индикатор № 1, затем № 2, затем № 3, и т.д. до № 8. Потом то же самое осуществляется в гирлянде № 2 (сначала включается индикатор № 9, затем № 10, затем № 11, и т.д. до № 16). Получается имитация бегущей ленты. После того как лента «проползает» по всем гирляндам (после включения индикатора № 95 в гирлянде № 12), все гирлянды гаснут. Далее цикл повторяется. Гирлянда № 13 в эффекте не задействована
9	8	Бегущий огонёк № 4	В каждой гирлянде один выключенный индикатор циклически «пробегает» по всей гирлянде в одном направлении, а затем в обратном (реверс). Например, в гирлянде № 1 от индикатора № 1 к индикатору № 8, а потом от индикатора № 8 к индикатору № 1 Сначала выключается индикатор № 1 (все остальные индикаторы в данной гирлянде включены), потом № 2 (№ 1 при этом включается), и т.д. до индикатора № 8. Затем индикатор № 8 включается и снова выключается № 1, и т.д.
10	9	Бегущая гирлянда	Включенная гирлянда циклически «пробегает» по всей ёлке в одном направлении, от гирлянды № 1 к гирлянде № 13. Сначала включается гирлянда № 1, потом включается гирлянда № 2, гирлянда № 1 при этом выключается, и т.д.
11	A	Переключаемые гирлянды № 2	Поочерёдное включение гирлянд. Затем общее выключение. Сначала включается гирлянда № 1, затем № 2, затем №№ 3 – 13, потом все гирлянды выключаются, и т.д.
12	B	Переключаемые гирлянды № 3	Поочерёдное включение гирлянд. Затем общее выключение. Сначала включается гирлянда № 1, затем № 2, затем № 3 и так до № 13; потом гирлянда № 13 выключается, затем № 12 и так до № 1. Затем всё повторяется в цикле
13	C	Переключаемые гирлянды № 4	Сначала включаются гирлянды, расположенные на левой стороне ёлки (например, №№ 1 – 7), гирлянды на правой стороне ёлки (соответственно №№ 8 – 13) выключены, затем гирлянды на левой стороне ёлки выключаются, на правой – включаются, и т.д.
14	D	Переключаемые гирлянды № 5	Сначала включаются все гирлянды, затем поочерёдно выключаются гирлянда № 1, затем № 2, затем №№ 3 – 13, потом все гирлянды включаются, и т.д.
15	E	Бегущий огонёк № 4	Одиночный «огонь» (один включенный индикатор) «пробегает» по всем гирляндам в направлении от индикатора № 1 гирлянды № 1 до индикатора № 95 гирлянды № 12. Затем цикл повторяется. Гирлянда № 13 в данном эффекте не задействована
16	F	Бегущий огонёк № 5	Одиночный «огонь» (один включенный индикатор) «пробегает» по всем гирляндам в направлении от индикатора № 1 гирлянды № 1 до индикатора № 95 гирлянды № 12. Потом в обратном направлении – от индикатора № 95 гирлянды № 12 до индикатора № 1 гирлянды № 1. Затем цикл повторяется. Гирлянда № 13 в данном эффекте не задействована

эффекта, который после перекодировки выводится на семисегментный индикатор HG1. По адресам 61H – 73H хранится текущее значение для индикаторов HL2 – HL104 (гирлянд №№ 1 – 13). Доступ к данным в адресном пространстве осуществляется с помощью адресных указателей. Адреса гирлянд №№ 1 – 6 и байта номера светового эффекта загружаются в Y-регистр. Адреса гирлянд №№ 7 – 13 загружаются в Z-регистр. При выполнении световых эффектов в качестве адресного указателя используется X-регистр; Z-регистр и Y-регистр задействованы в программе только при работе в режиме динамической индикации.

Разработанная на ассемблере программа занимает порядка 1 Кб памяти программ (flash-память программ) микроконтроллера, т.е. 1/8 всего объёма. Свободную память можно использовать для реализации любых других световых эффектов или для динамического изменения параметров (скорости переключения индикаторов или гирлянд, реверса и т.п.). В микроконтроллере задействованы все четыре порта (31 линия вывода и 1 линия ввода). Из периферийных устройств в микроконтроллере задействован только таймер/счётчик 0.

Семисегментный индикатор HG1 типа HDSP-F501. Индикатор HL1 типа КИПД40Н20-К4-П7 красного цвета све-

чения. Индикаторы HL2 – HL105 типа КИПД40С20-Л4-П7 – зелёного цвета свечения. В принципе можно использовать любые индикаторы с  $I_{np} = 10$  мА. Для изменения яркости сегментов индикатора HG1 и индикаторов HL1 – HL105 можно изменять номиналы ограничительных резисторов R1, R6 – R21. При этом желательно соблюдать требования к нагрузочной способности портов микроконтроллера ATMEGA8535.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. www.atmel.com.
2. Шишкин С. «Бегущие огни» на микроконтроллере AT89C4051. Радио. 2010. № 11. С. 46–48.

