

Реле времени на микроконтроллере

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

Описано реле времени на базе микроконтроллера AT902313-10PI и соответствующее программное обеспечение для микроконтроллера AVR.

Существует множество бытовых устройств, которые необходимо периодически включать на определённые интервалы времени в течение суток и в различные дни недели. Это нагреватели, вентиляторы, насосы для полива, осветители и т.п. Одну из таких задач – периодически включать и выключать бытовой прибор – решает описываемое реле времени. Применение микроконтроллеров (МК) позволяет реализовать подобные устройства с большим набором полезных возможностей.

Принципиальная схема предлагаемого реле времени (далее – устройство) на базе микроконтроллера AT902313-10PI представлена на рисунке 1. Рассмотрим основные функции устройства. В нём предусмотрено два режима работы: режим задания параметров (режим № 1) и рабочий режим (режим № 2). Временная диаграмма рабочего цикла устройства в рабочем режиме приведена на рисунке 2.

В режиме № 1 с клавиатуры устройства задаются значения интервалов включения T1 и выключения T2, счёт времени запрещён. Симисторный блок A1 закрыт, нагрузка, подключаемая к соединителю X1 устройства, отключена от сетевого напряжения. В устройстве предусмотрено задание интервалов T1 и T2, как в минутах, так и в секундах, в диапазоне от 999 до 1 с дискретностью 1. Визуально значения T1 и T2 можно контролировать на трёхразрядном дисплее. Диапазон задания T1 и T2 позволяет применить предлагаемое устройство для реализации эффекта присутствия хозяев в доме.

В режиме № 2 происходит обратный отсчёт заданных интервалов T1 и T2 в рабочем цикле. В интервале времени T2 ключ на транзисторах VT1, VT2 закрыт, блок A1 закрыт, нагрузка отключена от сетевого напряжения. В интервале времени T1 ключ на транзисторах VT1, VT2 открыт, симисторный блок открыт, нагрузка подключена к сетевому напряжению. Периодически,

один раз в секунду, мигает точка h индикатора HG3. Подробнее рабочий цикл устройства будет описан ниже.

Канал управления нагрузкой (вывод 11 микроконтроллера DD1) собран на транзисторах VT1, VT2 и симисторном блоке A1. С порта PB микроконтроллер DD1 управляет клавиатурой (кнопки S1 – S8) и динамической индикацией, которая собрана на транзисторах VT3 – VT5 и семисегментных индикаторах HG1 – HG3. Коды для включения индикаторов HG1 – HG3 при функционировании динамической индикации поступают на вход PB микроконтроллера DD1; для функционирования клавиатуры задействован вывод 7.

Интерфейс устройства содержит клавиатуру (кнопки S1 – S8), блок индикации (дисплей) на трёх семисегментных индикаторах HG1 – HG3, индикаторы HL1, HL2 и лампу H1. Элементы интерфейса управления и контроля имеют следующее назначение:

- S1 (▲) – увеличение на единицу значения, индицируемого на дисплее, при установке времени в минутах (секундах); при удержании кнопки более 5 с значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 с;
- S2 (▼) – уменьшение на единицу значения, индицируемого на дисплее, при установке времени в минутах (секундах); при удержании кнопки более 5 с значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 с;
- S3 (C) (старт/стоп) – кнопка запуска/останова устройства в режиме № 2. В рабочем цикле (который периодически повторяется) происходит обратный отсчёт заданных интервалов времени T1 и T2; с первым нажатием кнопки нагрузка подключается к сетевому напряжению, и происходит обратный отсчёт заданного интервала T1;
- S4 (P) (режим) – кнопка выбора режима работы: режим № 1 или режим № 2;

- S5 (B1) (выбор) – кнопка выбора интервалов T1 или T2;
- S6 (B2) (выбор) – кнопка выбора режима работы: минуты или секунды;
- S7 (O) (обнуление) – кнопка экстренного обнуления заданных параметров T1 и T2 и выключения нагрузки;
- S8 (B3) (вкл./выкл.) – кнопка принудительного (ручного) включения/выключения нагрузки, вне зависимости от того, в каком режиме находится устройство. Каждое нажатие данной кнопки изменяет состояние нагрузки на противоположное. Данная кнопка необходима при проверке работоспособности канала управления нагрузкой, а также для включения нагрузки в режиме № 2 в интервале времени T2;
- HL1 – индикатор режима работы устройства: горит – режим № 2, погашен – режим № 1;
- HL2 – индикатор интервалов T1 и T2. Если HL1 горит, на дисплее индицируется интервал T1. Если HL1 погашен, на дисплее индицируется интервал T2. Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение:

- 1-й разряд (индикатор HG3) отображает единицы минут (единицы секунд) интервалов T1 и T2;
- 2-й разряд (индикатор HG2) отображает десятки минут (десятки секунд) интервалов T1 и T2;
- 3-й разряд (индикатор HG1) отображает сотни минут (сотни секунд) интервалов T1 и T2.

Лампа H1 позволяет визуальным образом контролировать факт подключения нагрузки к сетевому напряжению. Чтобы запустить устройство, необходимо задать интервалы T1, T2, перевести его в режим № 2 и нажать кнопку S3 (C).

Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD2 через цепь формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD1. Инициализируются регистры, счётчики, стек, таймер T/C1, сторожевой таймер, порты ввода/вывода. При инициализации МК транзисторный ключ выключен. На индикаторах HG1 – HG3 индицируются нули; индикатор HL1 погашен; индикатор HL2 горит.

Формирование точных временных интервалов длительностью 1 с осуществляется с помощью прерываний

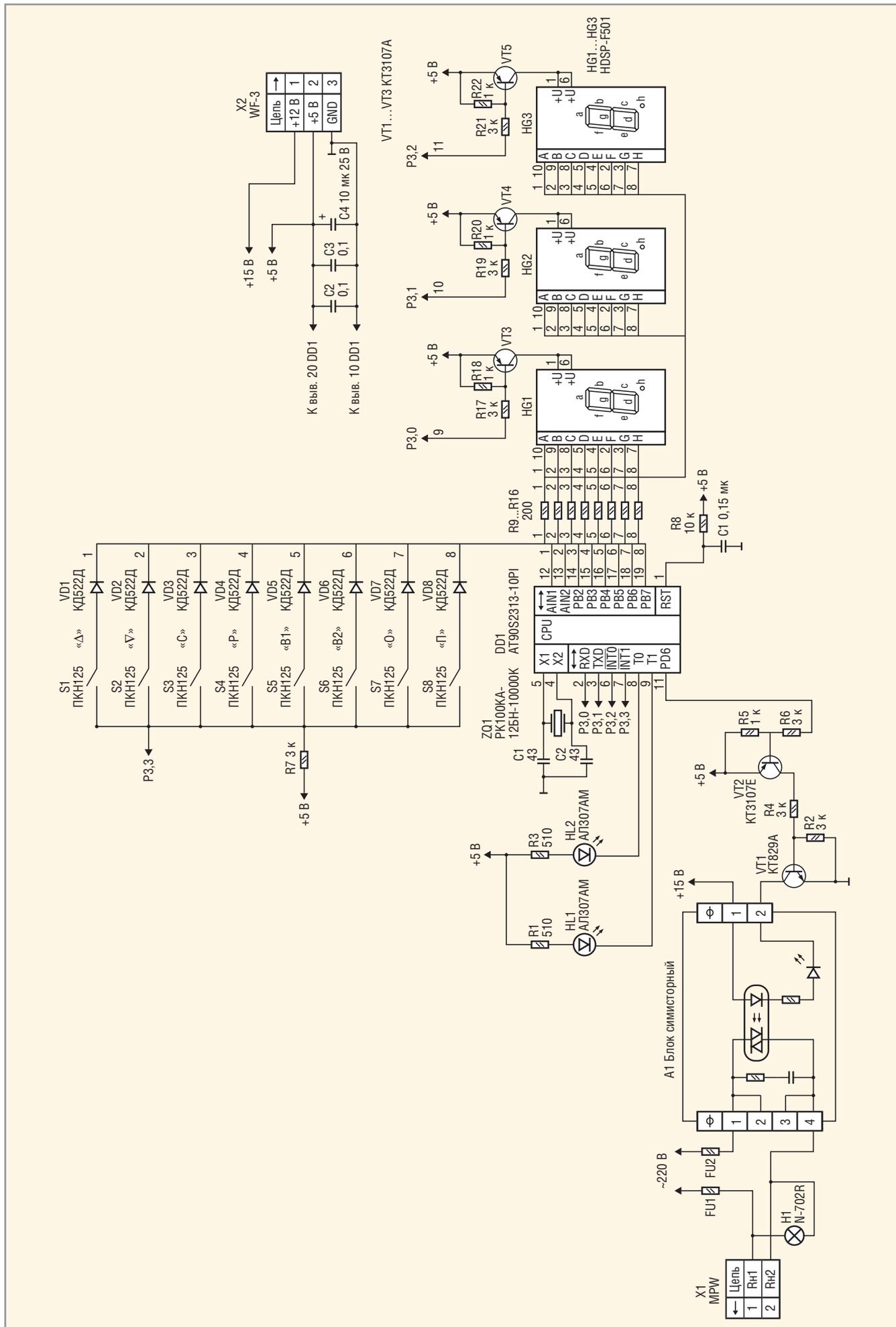


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема реле времени

от таймера T/C1 и счётчика на регистре R20. Счётчик на регистре R21 формирует интервал в одну минуту. Таймер T/C1 формирует запрос на прерывание один раз в 3,9 мс. Счётчики на данных регистрах подсчитывают количество прерываний, через каждую минуту устанавливается флаг (PUSK) и текущее время декрементируется. Примерно через каждые 3,9 мс происходит отображение разрядов в динамической индикации устройства.

Программа для МК состоит из трёх основных частей: инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера T/C1 (соответственно метки INIT, SE1, TIM0).

В основной программе осуществляется инкремент и декремент заданного значения времени. В подпрограмме обработки прерывания осуществляется счёт секунд, опрос клавиатуры, включение индикаторов HL1, HL2 и перекодировка двоичного числа значений времени в код для отображения информации на семисегментных индикаторах. Назначение флагов в регистрах R19 (flo), R25 (flo1), R26 (flo2) приведено ниже.

```

;Назначение флагов регистра flo
;0 разряд - флаг одной минуты
;1 разряд - флаг для кнопки № 1
«больше»
;2 разряд - флаг для кнопки № 2
«меньше»
;3 разряд - флаг для кнопки № 3
«старт/стоп»
;4 разряд - флаг увеличения значения для кнопки «больше»
;5 разряд - флаг увеличения значения для кнопки «меньше»
;6 разряд - флаг разрешения счета (обратный отсчет времени)
;
;Назначение флагов регистра flo1
;0 разряд - флаг выключения звуковой сигнализации
;1 разряд - флаг, разрешающий быстрое увеличение времени
;2 разряд - флаг, разрешающий быстрое уменьшение времени
;3 разряд - флаг, запускающий счетчик времени KKNR1
;4 разряд - флаг, запускающий счетчик времени KKNR2
;
;Назначение флагов регистра flo2
;0 разряд - флаг режима работ (№ 1 или № 2)
    
```

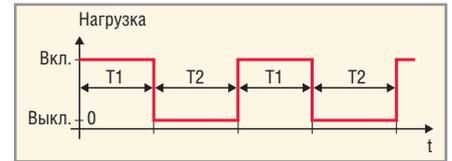


Рис. 2. Временная диаграмма рабочего цикла реле времени

```

;1 разряд - флаг для кнопки № 4,
выбора режима работы (№ 1 или № 2)
;2 разряд - флаг для кнопки № 5,
выбора интервалов (T1 или T2)
;3 разряд - флаг для кнопки № 6,
выбора (минуты или секунды)
;4 разряд - флаг выбора интервалов (T1 или T2)
;5 разряд - флаг выбора (минуты или секунды)
;6 разряд - флаг для кнопки № 7
(обнуление T1 и T2)
;7 разряд - флаг для кнопки № 8
(вкл./выкл. нагрузки)
    
```

В памяти данных МК с адреса \$060 по \$065 организован буфер отображения для динамической индикации. По адресам \$060 – \$062 хранится текущее значение интервала T1. Заданное значение интервала T1 хранится по адресам \$066 – \$068. Соответственно, по ад-

ресам \$063 – \$065 хранится текущее значение интервала T2. Заданное значение интервала T2 хранится по адресам \$069 – \$06B. Текущие значения интервалов T1 и T2 с адресов \$060 – \$062 и \$063 – \$065 (значения, которые задаются с помощью кнопок S1, S2) переписываются соответственно по адресам \$066 – \$068 и \$069 – \$06B сразу после нажатия на кнопку S3 (С).

При нажатии на кнопку S1 текущее значение времени на дисплее увеличивается на единицу и устанавливается флаг, разрешающий увеличивать текущее значение времени, индицируемого на дисплее. Одновременно запускается счётчик, выполненный на R1 и формирующий интервал 5 с. Если кнопка удерживается более 5 с, значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 с. Интервал времени, в течение которого происходит увеличение времени, организован на регистре R0. При отпускании кнопки S1 все вышеупомянутые счётчики обнуляются. Аналогичным образом организована работа кнопки S2, но при её нажатии текущее значение времени на дисплее уменьшается на единицу. Если кнопка удерживается более 5 с, значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 с. Счётчики для кнопки S2 организованы соответственно на регистрах R3 и R2. Описанный алгоритм работы кнопок S1 и S2 применим как к интервалу T1, так и к T2.

На регистре R22 (catod) организован регистр знакоместа. При инициализации в R1 загружается число 1; в Y-регистр загружается начальный адрес буфера отображения \$060, при этом на дисплее будет включен разряд единицы минут (единицы секунд). С каждым обращением к подпрограмме обработки прерывания содержимое регистра R22 сдвигается влево на один разряд, а Y-регистр инкрементируется. Как только 1 появится в третьем разряде регистра R22, все разряды будут выбраны, при этом в R22 следует снова загрузить единицу, а в Y-регистр – начальный адрес буфера отображения.

В подпрограмме обработки прерывания таймера T/C1 каждый байт из буфера отображения после перекодировки выводится в порт PB микроконтроллера DD1. Для включения индикаторов HG1, HG2, HG3 необходимо установить лог. 0 на выводах 2, 3, 6 микроконтроллера DD1 соответственно. Например, чтобы на индикаторе HG3 индицировалась 1,

необходимо двоично-десятичное число, расположенное в оперативной памяти по адресу \$060, перекодировать, вывести в порт PB микроконтроллера и установить лог. 0 на выводе 2 микроконтроллера DD1. Циклически и поочередно записывая после перекодировки в порт PB микроконтроллера DD1 байты из функциональной группы буфера отображения и лог. 0 на соответствующий вывод порта D, мы получаем режим динамической индикации.

В процессе обработке подпрограммы прерывания происходит опрос клавиатуры. Младшая тетрада выводимого при этом в порт В байта для клавиатуры представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт В, микроконтроллер DD1 анализирует сигнал на входе 7 (PD.3). При любой нажатой кнопке на вход 7 микроконтроллера поступает лог. 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры «привязана» к «своему» разряду в младшей тетраде байта данных, выводимого в порт В микроконтроллера для опроса клавиатуры.

Алгоритм работы устройства в рабочем цикле следующий. Пусть устройство работает в режиме секунд. После подачи питания необходимо с клавиатуры интерфейса в режиме № 1 задать необходимые параметры работы устройства – интервалы включения T1 и выключения T2. Данные параметры отображаются на дисплее (индикаторы HG1 – HG3). Устройство переходит в рабочий цикл сразу после нажатия на кнопку «старт/стоп» (S3) в режиме № 2, при этом загорается индикатор HL1 и периодически, один раз в секунду, мигает точка h индикатора HG3. Микроконтроллер DD1 устанавливает лог. 0 на выходе 11. Время (интервал включения T1), индицируемое на дисплее, декрементируется с каждой секундой. Значение интервала включения T1 (текущее значение) хранится в памяти данных по адресам \$060 – \$062. Как только оно станет равно нулю, микроконтроллер устанавливает лог. 1 на выходе 6. При этом закрываются транзисторы VT1, VT1 и блок А1, нагрузка отключается от сетевого напряжения, лампа Н1 и индикатор HL1 гаснут. Значение T1 переписывается с адресов \$066 – \$068 на адреса \$060 – \$062. Теперь дисплей индицирует заданное значение интервала выключения T2, которое хранится по адресам \$063 – \$065. Нагрузка будет отключена в течение времени, равного интервалу

выключения. Теперь время, индицируемое на дисплее (T2), декрементируется с каждой секундой. Как только оно станет равно нулю, МК устанавливает лог. 0 на выходе 11, нагрузка подключается к сетевому напряжению, лампа Н1 и индикатор HL1 загораются. Заданное значение T2 переписывается с адресов \$069 – \$06B на адреса \$063 – \$065. На дисплее снова отображается значение времени, равное интервалу включения T1. Рабочий цикл завершён. Далее всё повторяется.

В режиме счёта минут устройство работает аналогичным образом, только интервалы T1 и T2 декрементируются с каждой минутой. Но точка h индикатора HG3 мигает один раз в секунду.

Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 540 байт памяти программ микроконтроллера. Аппаратная часть микроконтроллера DD1, как видно из схемы, задействована полностью.

Потребление тока по каналу напряжения +5 В составляет не более 100 мА. Микроконтроллер AT902313-10PI можно заменить на Atini2313. Симисторный блок А1 типа BC-240-15/10-Н с максимальным током нагрузки 15А и диапазоном напряжений нагрузки 60...240 В, 50 Гц [3]. Если нагрузка трёхфазная, можно применить три таких блока (в разрыв каждой фазы). При этом управляющие цепи блоков в устройстве должны подключаться следующим образом: контакт 1 клеммного соединителя XT2 подключается к цепи +15V, а контакт 2 клеммного соединителя XT2 подключается к коллектору транзистора VT1. Если же нагрузка подключается к однофазной сети, то блок А1 можно заменить на электромагнитное или твердотельное реле, учитывая при этом параметры подключаемой нагрузки. Номинальный ток предохранителя выбирается исходя из тока подключаемой нагрузки. Индикаторы HG1 – HG3 зелёного цвета, типа HDSP-F501. Подойдут любые другие индикаторы с общим анодом и приемлемой яркостью свечения, например, отечественные типа АЛС321. Устройство не требует настройки и отладки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов А. Создаем устройства на микроконтроллерах. Наука и техника, 2007.
2. Голубцов М., Кириченко А. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. СОЛОН-Пресс, 2005.
3. <http://www.contravt.ru>.

