

# Электроника для гаража

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье описано устройство, которое не будет лишним в гараже и не только. Устройство имеет три канала измерения температуры и таймер. Подробно поясняется алгоритм работы устройства и программное обеспечение.

Любые устройства, разработанные на базе микроконтроллеров, имеют особенности разработки и применения. Число исполняемых функций можно выбрать под каждый конкретный случай, изменив программное обеспечение, как правило, при минимальных доработках в аппаратной части. Это относится и к предлагаемому устройству. Интерфейс устройства приведён на рисунке 1. Принципиальная схема устройства показана на рисунке 2.

Устройство разработано на базе микроконтроллера ATMEGA8535-16PI. Три независимых канала измерения канала позволяют измерить температуру в трёх точках, например, в погребе, на улице и в самом гараже.

В устройстве есть внутренний таймер, который может применяться для управления электронагревательным прибором, зарядным устройством для аккумулятора или просто для включения какого-то электроприбора на определённый интервал времени.

В интерфейс устройства (см. рис. 1) входит клавиатура (кнопки S1 – S4), шкальный знакосинтезирующий индикатор HG1, неоновая лампочка и блок индикации (дисплей) из четырёх семисегментных индикаторов HG2 – HG6. Интерфейс достаточно компактен, удобен и хорошо читается.

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (C) (Старт/стоп) – кнопка подтверждения заданного времени

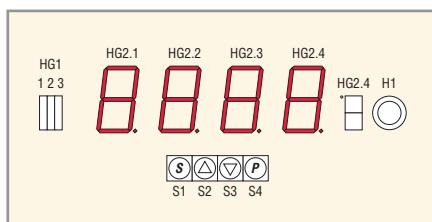


Рис. 1. Интерфейс устройства

для таймера; нажатием данной кнопки запускается работа таймера (идёт обратный отсчёт времени);

- S2 (▲) – увеличение на единицу значения при установке времени в минутах, выключение звукового и светового сигнала при включении звуковой сигнализации; при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 4 с значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на пять единиц за 1 с;
- S3 (▼) – уменьшение на единицу значения таймера в минутах; при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 4 с значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на пять единиц за 1 с;
- S4 (P) – выбор режима работы устройства («таймер», «температура 1», «температура 2», «температура 3»). Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение (слева направо по рисунку 1):
  - 1-й разряд (индикатор HG2.1) отображает знак «–» при измерении отрицательных температур в режимах измерения температуры («температура 1», «температура 2», «температура 3») и тысячи минут в режиме «таймер»;
  - 2-й разряд (индикатор HG2.2) отображает сотни градусов в режимах измерения температур и сотни минут в режиме «таймер»;
  - 3-й разряд (индикатор HG3.1) отображает десятки градусов в режимах измерения температур и десятки минут в режиме «таймер»;
  - 4-й разряд (индикатор HG3.2) отображает единицы градусов в режимах измерения температур и единицы минут в режиме «таймер»;
  - 5-й разряд (индикатор HG4) отображает символ «°С» в режимах измерения температуры.

Элемент № 1 индикатора HG1 включен при работе в режиме «температура 1», элемент № 2 индикатора HG1 включен при работе в режиме «температура 2», и, соответственно, элемент № 3 индикатора HG1 включен при работе в режиме «температура 3».

Неоновая лампа H1 сигнализирует о состоянии нагрузки. Нагрузка подключается к устройству через соединитель X2.

Таймер с обратным отсчётом времени позволяет задавать время от 1 до 9999 мин с дискретностью 1 мин. Время таймера можно перепрограммировать. Предусмотрена звуковая сигнализация длительностью 60 с с частотой повторения 1 Гц при обнулении заданного времени таймера.

После нажатия кнопки S1 (C) включается нагрузка и начинается обратный отсчёт времени таймера; точка h индикатора HG2.2 включается и выключается с периодом 1 с. При повторном нажатии данной кнопки нагрузка выключается; обратный отсчёт времени таймера запрещён.

Рассмотрим функциональные узлы принципиальной схемы. Основой устройства служит микроконтроллер DD1, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 11,0592 МГц.

Канал управления нагрузкой собран на твердотельном реле DA1. Канал управляется с вывода 8 микроконтроллера DD1. Нагрузка подключается к соединителю X2. Пьезоэлектрический излучатель BA1 включается с вывода 4 микроконтроллера DD1.

Порт PD микроконтроллера DD1 управляет клавиатурой (кнопки S1 – S4) и динамической индикацией, которая реализована на транзисторах VT4, VT6, VT9, VT10, VT11 и цифровых семисегментных индикаторах HG2 – HG6. Резисторы R9 – R16 ограничивают ток для сегментов HG2 – HG4. Коды включения индикаторов HG2 – HG4 при функционировании динамической индикации поступают в порт РС микроконтроллера DD1. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 19 (PD5)

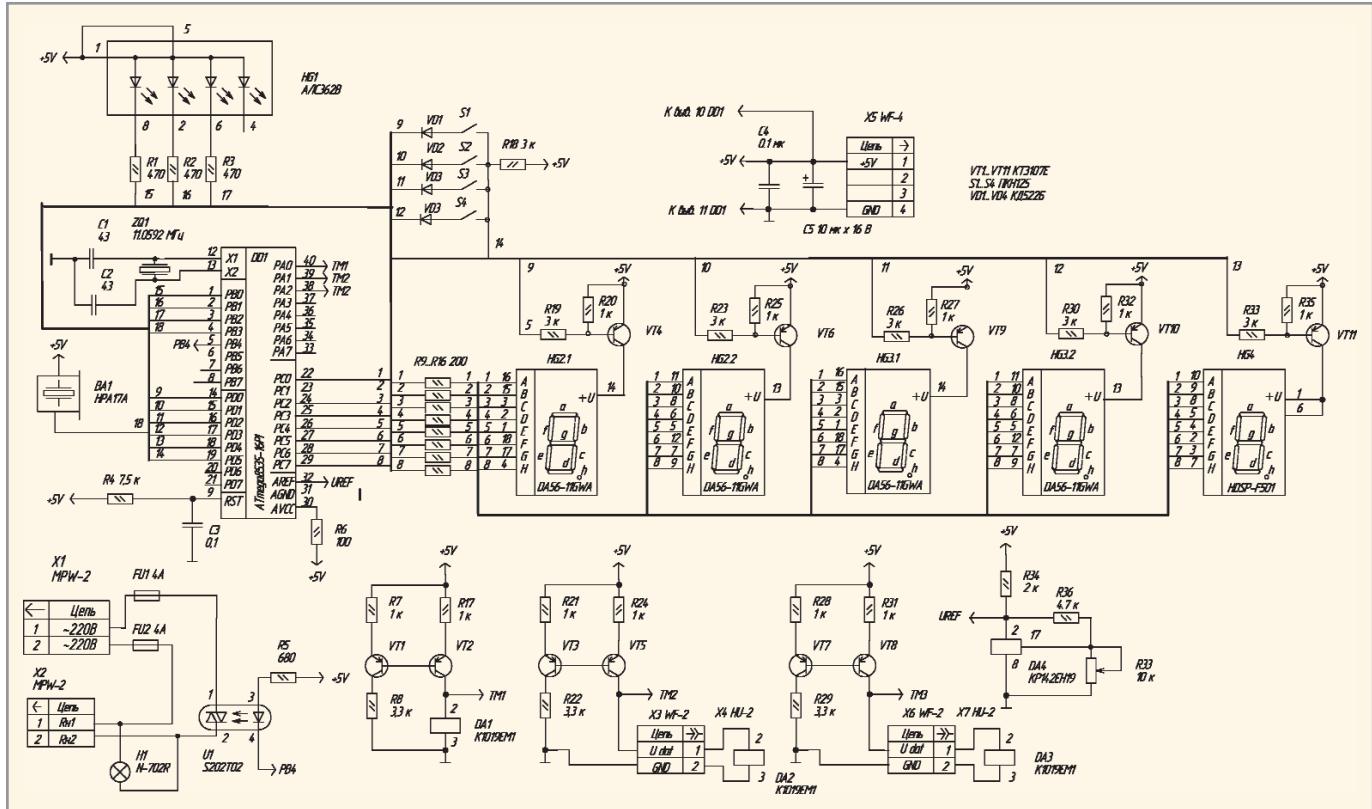


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема устройства

микроконтроллера DD1. Элементы  
школьного индикатор HG1 подключены  
к выводам порта PB микроконт-  
роллера DD1.

Автор достаточно свободно обращался с аппаратной частью микроконтроллера DD1, но, как видно из принципиальной схемы, аппаратные возможности микроконтроллера DD1 задействованы далеко не полностью.

Канал управления нагрузкой собран на базе твердотельного реле U1. Данный канал управляется с вывода 8 (PB7) микроконтроллера DD1. Неоновая лампа H1 позволяет визуально контролировать состояние нагрузки, подключенной к соединителю X2.

Каналы измерения температуры построены на базе микросхем термодатчиков типа K1019ЕМ1. Эти микросхемы представляют собой приборы с линейной зависимостью выходного напряжения от температуры. Их подробное описание приведено в [4]. В таблице приведены основные технические характеристики данных термодатчиков.

Канал измерения температуры №  
1 собран на микросхеме DA1. Чтобы  
максимально реализовать возмож-  
ности данной микросхемы, её целе-  
сообразно питать от стабилизатора  
тока. Генератор тока, выполненный

на транзисторах VT1, VT2 обеспечивает стабилизированный ток через микросхему  $I_{пит} = 1$  мА. Ток устанавливается подбором номинала резистора R8. Отправное значение сопротивления данного резистора (в килоомах) можно рассчитать по формуле  $R = U_{пит} - 1,7$  (где  $U_{пит}$  – напряжение питания в вольтах). Выходное напряжение с DA1 поступает на вывод 40 (PA0) микроконтроллера DD1 (вход АЦП канала № 1). Каналы измерения температуры № 2 и № 3 работают аналогичным образом. Выходные напряжения с вышеуказанных каналов поступают на выводы 39 (PA1) и 38 (PA2) микроконтроллера DD1. Датчики температуры DA2, DA3 через жгуты подключаются к плате через соединители X3 и X6, соответственно.

Источник внешнего опорного напряжения выполнен на микросхеме DA4 типа КР142ЕН19. Опорное напряжение

пряжение устанавливается переменным резистором R33.

Десятиразрядный АЦП, встроенный в микроконтроллер ATMEGA8535, позволяет производить преобразования напряжения от нуля до уровня напряжения опорного источника. АЦП микроконтроллера может работать как с внешним, так и с внутренним источником опорного напряжения. Напряжение внутреннего источника опорного напряжения равно 2,56 В. В нашем устройстве применяется внешний источник опорного напряжения.

Значение выходного кода АЦП находится по формуле  $A = (U_{\text{bx}}/U_{\text{ref}}) \times 2^N$ , где  $A$  – величина напряжения в двоичном коде;  $U_{\text{bx}}$  – напряжение на входе АЦП;  $U_{\text{ref}}$  – напряжение источника опорного напряжения;  $N$  – разрядность АЦП.

Чтобы более полно использовать измеряемый температурный диапазон

## Основные параметры ИС термодатчиков типа К1019ЕМ1

Ток питания, мА	1	
Предельно допустимый ток питания, мА	0,5...1,5	
Рабочий температурный интервал, °C	-45...+125	
Выходное напряжение, мВ, при токе питания 1 мА	45°C	2232...2332
	25°C	2952...3012
	125°C	3932...4032

зон, а также для упрощения формулы согласования рабочего диапазона и двоичного числа с выхода АЦП и исключения процедуры калибровки каналов измерения температуры использован внешний источник опорного напряжения 4 В (это значение напряжения равно выходному напряжению термодатчика при температуре 125°C).

Для согласования рабочего диапазона измеряемых температур и двоичного числа с выхода АЦП в программе заложена формула  $Y = 0,5X - 366$ , где  $X$  – двоичное десятиразрядное число с выхода АЦП.

Следует отметить, что термодатчики K1019EM1 – достаточно инерционные. Поэтому на дисплей по каждому каналу измерения выводится текущее преобразование АЦП микроконтроллера, без накопления и усреднения. Это в некоторой степени упрощает программу.

Цифровая часть принципиальной схемы таймера гальванически развязана от сети. Питающее напряжение поступает на плату с соединителя X5. Конденсатор C3 фильтрует пульсации в цепи питания +5 В. Блокировочный конденсатор C2 установлен в цепи питания микроконтроллера DD1.

Алгоритм управления таймером получился достаточно простым, понятным и удобным. Программное обеспечение микроконтроллера было разработано в среде AVR Studio и обеспечивает реализацию алгоритма работы электронных часов и измерение температуры по трём независимым каналам. В программе используются три прерывания: Reset, прерывание таймера T0, обработчик которого начинается с метки *TIM0\_OVF*, и прерывание АЦП, обработчик которого начинается с метки *ADCC*.

При переходе на метку Reset инициализируются стек, таймер, порты, регистры одной секунды и одной минуты, а также флаги и переменные, используемые в программе. Основная задача «часовой части» программы – формирование точных временных интервалов длительностью 1 с – решена с помощью прерываний от таймера T0 и счётчиков на регистрах R20 (sek1) и R21 (min1).

В основной программе происходит счёт текущего времени, инкремент и декремент устанавливаемого време-

ни таймера, включение звукового сигнала.

Таймер T0 генерирует прерывания по переполнению (в регистре TIMSK установлен бит TOIE0). Коэффициент предварительного деления тактовой частоты таймера установлен равным 64 (в регистре TCCR0 записано число 3).

В обработчике прерывания таймера T0 происходит счёт одной секунды, счёт одной минуты, опрос клавиатуры, функционирование динамической индикации, а также инициализация трёх каналов АЦП, перекодировка двоичного числа значений времени в код для отображения информации на семисегментных индикаторах устройства, блок периодического включения точки *h* индикатора HG2.2 в режиме «таймер».

После запуска АЦП микроконтроллер DD1 переводится в режим Idle командой sleep. Из режима Idle микроконтроллер DD1 выводится прерыванием АЦП. В обработчике прерывания АЦП очищается содержимое регистра управления АЦП. Это вызывает прекращение работы АЦП и запрет прерываний АЦП.

В ОЗУ микроконтроллера с адреса \$60 по адрес \$73 организован буфер отображения для динамической индикации. Ниже приведено подробное распределение адресного пространства в ОЗУ микроконтроллера:

- RAM = \$60 – адрес начала ОЗУ микроконтроллера
- \$60 – \$64 – адреса, где хранится текущее значение времени таймера в минутах. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «таймер»;
- \$65 – \$69 – адреса, где хранится измеренное значение температуры для канала № 1 и символ «°С». Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «температура 1»;
- \$6A – \$6E – адреса, где хранится измеренное значение температуры для канала № 2 и символ «°С». Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «температура 2»;
- \$6F – \$73 – адреса, где хранится измеренное значение температуры для канала № 3 и символ «°С». Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «температура 3»;
- RAM + \$40 – адреса, где хранится результат преобразования АЦП для канала № 1;
- RAM + \$45 – адреса, где хранится результат преобразования АЦП для канала № 2;
- RAM + \$49 – адреса, где хранится результат преобразования для канала № 1;
- RAM + \$4E – адреса, где хранится результат преобразования для канала № 2;
- RAM + \$50 – адреса, где хранится результат преобразования АЦП для канала № 3.;
- RAM + \$55 – адреса, где хранится результат преобразования для канала № 3.

Сразу после подачи питания на выводе 9 микроконтроллера DD1 через цепь R4, C1 формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD1. При инициализации во все разряды портов микроконтроллера DD1 записываются лог. 1. Твердотельное реле DA1 закрыто, нагрузка отключена.

Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 3,8 из 8 Кб памяти программ микроконтроллера Atmega8535. Доработав программу, можно довести количество измеряемых каналов температуры до восьми, задействовав все входы порта РА микроконтроллера DD1 и добавив аналоговые модули, построенные на базе микросхем – термодатчиков типа K1019EM1.

Устройство было смонтировано на макетной плате с размерами 120 × 120 мм. При монтаже лучше отделить цифровую часть схемы от сетевой части. При необходимости интерфейс можно смонтировать на отдельной плате.

Датчик канала измерения температуры № 1 (DA2) расположен в основном модуле; конструктивно его необходимо установить, чтобы исключить его подогревание посторонними источниками тепла. Выносные датчики каналов измерения температуры № 2 и № 3 (DA2, DA3) целесообразно загерметизировать. Автор это сделал следующим образом: к датчику температуры припаял выводы кабеля, поместил его в трубку типа 305ТВ-40Т 230Т длинной 30...40 мм и залил эпоксидным клеем. Диаметр трубки должен быть на 2...4 мм больше диаметра датчика. Для датчика можно изготовить любой другой корпус, способный работать в той среде, где он будет установлен.

В устройстве использованы резисторы С2-33Н-0,125; подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и допуском 5%. Конденсаторы С1 – С4 типа К10-17а, С5 – К50-35а. Конденсатор С4 устанавливается между цепью +5 В и общим проводником микроконтроллера DD2.

Нагрузка, как уже отмечалось выше, подключаются к устройству через соединитель (вилку) X2 типа MPW-2 (ответная часть – розетки МНУ-2). Данные соединители можно заменить на клеммники типа ТВ-10-02. Пьезоэлектрический излучатель ВА1 НРМ14АХ можно заменить на НРА17АХ или НРА14АХ.

В дисплее выделен разряд, индирующий символ «°С» (индикатор HG4) на фоне остальных разрядов интерфейса. Поэтому для данного разряда выбран семисегментный индикатор красного цвета HDSP-F501, индикаторы HG2, HG3 – зелёного цвета, типа DA56-11GWA. Подойдут любые другие индикаторы с общим анодом и приемлемой яркостью све-

чения, например, отечественные типа АЛС321.

Питающее напряжение +5 В поступает на плату устройства через соединитель X5. Потребление тока по каналу напряжения +5 В не превышает 200 мА. Сетевое напряжение поступает с соединителя X1 через предохранители FU1, FU2. Номинальный ток предохранителей FU1, FU2 – 10А, тип – ВП1-2 (10А/250В). Номинальное значение тока данных предохранителей определяется значением тока нагрузки, подключаемой к устройству. Неоновую лампу Н1 типа N-702R с габаритами  $L = 30$ ,  $d = 8,5$  можно заменить на N-706R. Можно подобрать и любые другие лампы – неоновые или накаливания на напряжение 220 В.

Параметры твердотельного реле S202TO2: максимальный ток нагрузки 2 А, управляющий ток 8 мА, напряжение изоляции 3000 В. Данное реле, например, можно заменить на S202S12 со следующими параметрами: максимальный ток нагрузки 8 А, управляющий ток 8 мА, напряжение

изоляции 4000 В. Для включения более мощной нагрузки можно применить реле типа PF480D25 с параметрами: управляющее напряжение 4...15 В, управляющий ток (при  $U_{\text{упр.}} = 5$  В) 15 мА, коммутируемое напряжение 48...660 В, максимальный ток нагрузки 25 А.

После подачи питания на устройство необходимо, вращая движок переменного резистора R33, установить опорное напряжение на выводе 32 микроконтроллера DD1, равное  $4 \pm 0,1$  В.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бродин В.Б., Шагурин И.И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. ЭКОМ, 1999.
2. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. 2-е изд. Додека-XXI, 2006.
3. Малахов С. Цифровой таймер на микроконтроллере. Схемотехника. 2004. № 2. С. 32–34.
4. Бирюков С. Микросхемы-термодатчики К1019ЕМ1, К1019ЕМ1А. Радио. 1996. № 7. С. 59, 60.

