

Система обогрева на базе терморегулятора МЕТАКОН-562 и микроконтроллеров фирмы ATMEL

Сергей Шишкин (г. Саров, Нижегородская обл.)

В статье описана система обогрева для производственных помещений, в которой использован 6-канальный терморегулятор МЕТАКОН-562 российского производства. Приведены схемы аппаратуры и комментарии к алгоритму работы плат контроллеров.

Вопрос экономии энергоресурсов всегда является актуальным. В статье представлена система обогрева, которая позволяет экономить электроэнергию, затрачиваемую на обогрев помещений. В складских и производственных помещениях экономии энергоресурсов можно получить за счёт понижения температуры обогреваемых помещений в вечернее и ночное время, в отсутствие рабочего персонала. Кроме того, любая организация работ в производственных помещениях подразумевает обеденные и технологические перерывы. Таким образом, сэкономить электроэнергию можно, понижая температуру в определённые, заранее заданные интервалы времени.

Сформулируем основные требования к системе обогрева (далее – система):

- система должна автоматически поддерживать в 9 интервалах времени 6 заранее заданных значений темпе-

ратуры (в каждом заданном временном интервале – своя температура);

- временной диапазон одного интервала программируется от 1 минуты до 24 часов с дискретностью 1 минута;
- в качестве источника тепла применяется тепловая пушка.

Функциональная схема системы показана на рисунке 1. Основные узлы: измеритель–регулятор А1 (далее – терморегулятор); плата первого контроллера А2; плата второго контроллера А3; симисторный модуль А4; тепловая пушка А5 (состоит из электронагревателя АН1 и вентилятора АН2).

Временная диаграмма, поясняющая алгоритм работы системы, представлена на рисунке 2. Система автоматически поддерживает температуру в девяти интервалах времени. Время окончания одного интервала является началом следующего. Рабочий цикл системы составляет 24 часа.

Функцию поддержания заданных температур в системе выполняет терморегулятор МЕТАКОН-562-Р-ТП-0 фирмы «КонгрАвт». В данном терморегуляторе имеется шесть независимых каналов измерения и поддержания заданной температуры № 1...6. Фотография лицевой панели терморегулятора МЕТАКОН-562 приведена на рисунке 3.

Ниже перечислены его основные функции:

- измерение сигнала первичных датчиков, преобразование его в единицы технологического параметра в соответствии с характеристикой датчика и индикация измеренного значения на дисплее;
- масштабирование входного сигнала (раздельное по каждому каналу) и отображение результата измерения в единицах физических величин (только для унифицированных входных сигналов);
- индикация результата измерения по выбранному каналу на 4-разрядном индикаторе;
- возможность автоматической индикации поканальных измерений с фиксированным периодом;
- двух- и трёхпозиционное регулирование и сигнализация; произвольный выбор функции в каждом канале;
- сигнализация аварийных ситуаций при работе прибора, в том числе диагностика обрывов линий подключения первичных датчиков;
- светодиодная индикация состояния дискретных сигналов управления;
- задание параметров работы кнопками на лицевой панели с контролем по цифровому дисплею;
- сохранение параметров прибора в энергонезависимой памяти при отключении напряжения питания;
- защита параметров прибора от несанкционированного воздействия с помощью пароля.

Основные технические характеристики терморегулятора МЕТАКОН-562-Р-ТП-0 приведены в таблице 1. Прибор

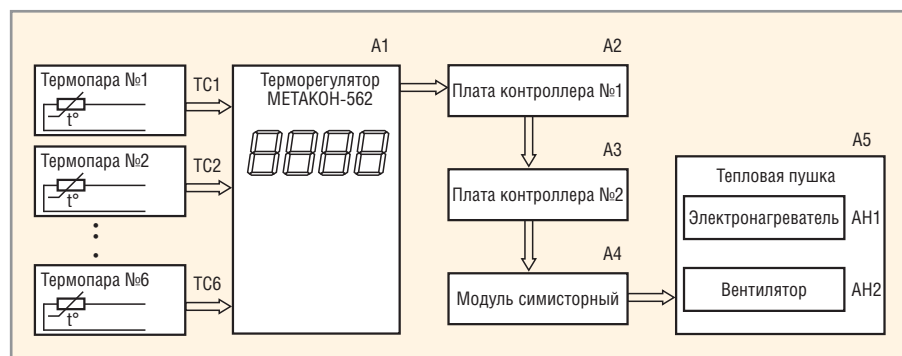


Рис. 1. Функциональная схема системы обогрева

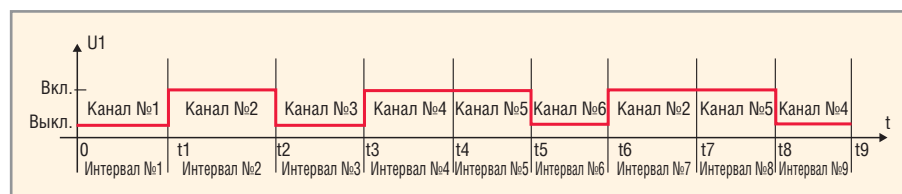


Рис. 2. Временная диаграмма, поясняющая алгоритм работы системы

зарегистрирован в Государственном Реестре средств измерений. Терморегулятор имеет множество настроек, но его программирование не вызывает сложностей. Более подробную информацию о приборе можно найти на интернет-странице фирмы-производителя [4].

Принципиальная схема платы контроллера № 1, на которую поступают выходные сигналы терморегулятора, приведена на рисунке 4. Плата контроллера № 1 разработана на базе микроконтроллера фирмы ATMEL AT89C51-24PC и 2-строчного знако-синтезирующего ЖК-индикатора DV-16232 FBLY-H/R фирмы Data Vision. ЖК-индикаторы как функциональные узлы отображения информации весьма информативны и позволяют оператору контролировать несколько десятков параметров одновременно.

Плата контроллера № 1 выполняет следующие функции: отсчёт реального времени, индикацию текущего времени в 24-часовом формате (часы-минуты-секунды); установку и коррекцию текущего времени; установку девяти интервалов времени, в которых выходные каналы № 1...7 (выводы 1...7 микроконтроллера DD1) управляются по заданному алгоритму. Окончание любого интервала является началом следующего. Границы интервалов программируются. Проще говоря, на плате контроллера № 1 можно запрограммировать 9 будильников, в момент срабатывания которых включаются (или выключаются) выходные каналы. Время включения каждого будильника (часы-минуты) может быть установлено в 24-часовом формате.

На дисплее ЖК-индикатора HG1 можно одновременно наблюдать текущее время и границы одного из девяти интервалов (время включения и выключения будильника), а также состояние нагрузок (вкл/выкл) в данном интервале. Если текущее время совпало с началом какого-либо интервала, в порт P1 микроконтроллера DD1 загружается байт управления нагрузками для данного интервала времени.

Следует отметить, что выходных каналов платы – 7, а терморегулятора – 6, то есть канал № 7 платы не задействован. В любом из девяти интервалов времени программно включается только один канал, поэтому интервалы

фактически определяют девять режимов работы платы контроллера № 1 – «интервал 1», «интервал 2» и т.д.

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (P) – выбор режима работы в замкнутом цикле («интервал 1», «интервал 2», «интервал 3»... «интервал 9»). После подачи питания таймер № 1 сразу переходит в режим «интервал 1»; каждое нажатие данной кнопки переводит его в следующий режим; режимы работы переключаются в порядке возрастания; после «интервал 9» следует «интервал 1»;
- S2 (▲) – увеличение на единицу значения выбранного разряда при установке текущего времени и интервалов, а также принудительное выключение звукового и светового сигналов в начале каждого интервала;
- S3 (◀) – выбор разряда при установке значений во всех вышеуказанных режимах. У выбранного разряда устанавливается курсор, при каждом нажатии на кнопку курсор сдвигается влево на один разряд;



Рис. 3. Фотография лицевой панели терморегулятора МЕТАКОН-562

- S4 (▶) – выбор разряда при установке значений. У выбранного разряда устанавливается курсор, при каждом нажатии на кнопку курсор сдвигается вправо на один разряд.

На рисунке 5 приведена фотография ЖК-индикатора в режиме «интервал 1». В каждой строке ЖК-индикатора отображаются 16 символов. В таблице 2 подробно представлены разряды дисплея индикатора HG1.

После подачи питания плата контроллера № 1 переходит в режим «интервал 1» (в первом разряде второй

Таблица 1. Основные технические характеристики терморегулятора МЕТАКОН-562-Р-ТП-0

Технические характеристики	Значение
Общие характеристики	
Количество каналов контроля и регулирования	6
Габариты, не более, мм	96 × 96 × 160
Масса, кг	0,8
Количество выходных устройств	6
Питание	
Напряжение питания прибора, В	220 (+10%, -15%)
Потребляемая мощность, не более, ВА	9
Частота, Гц	50±0,5
Входы	
Период опроса входных сигналов, не более, с	1
Тип входного сигнала (в зависимости от модификации)	Термопары типа ХА, ХК, ПП, ПР, НН, ЖК, ВР(А-1), ВР(А-2), ВР(А-3); 0...50 мВ; градуировки ПМТ-2, Р-3
Предел основной погрешности измерения сигналов, приведённой к диапазону измерения, %	0,1
Выходные устройства	
Реле электромагнитные	
Допустимые значения коммутируемого напряжения, В	
– постоянное напряжение	110
– переменное напряжение	250
Допустимые значения коммутируемого тока, А	
– при работе с активной нагрузкой	5
– при работе с индуктивной нагрузкой	2
Максимальная коммутируемая мощность	
– на переменном токе	1200 ВА
– на постоянном токе	150 Вт
Гальваническая изоляция	Индивидуальная гальваническая изоляция каждого выхода
Условия эксплуатации	
Закрытые взрывобезопасные помещения без агрессивных паров и газов	
Температура окружающего воздуха, °С	0...50
Верхний предел относительной влажности при более низких температурах, без конденсации влаги, %, при 35°С	80
Атмосферное давление, кПа	86...106

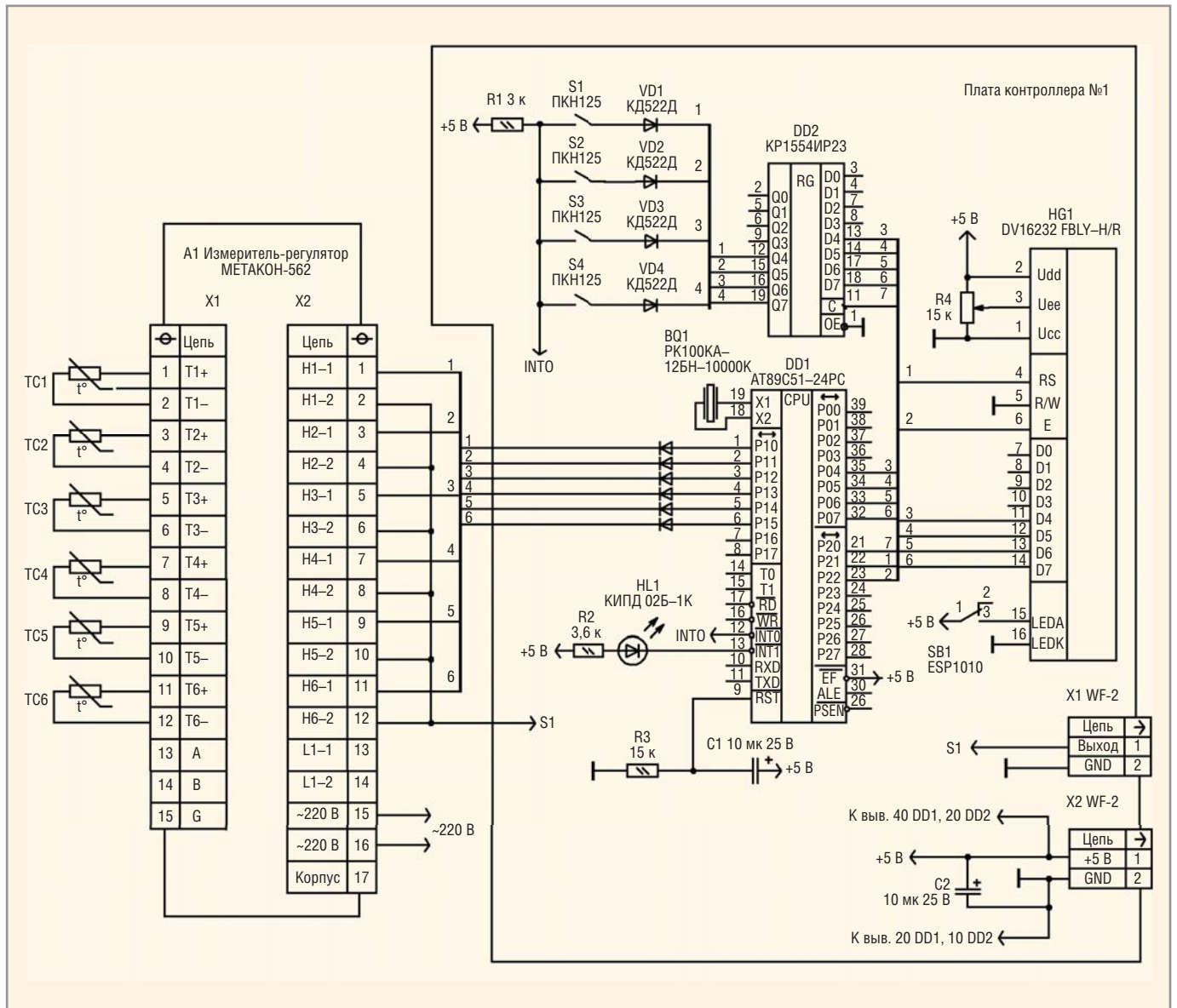


Рис. 4. Принципиальная схема платы контроллера № 1 с терморегулятором

строки дисплея индицируется «1»). Только в данном режиме устанавливается или корректируется текущее время. Для этого необходимо кнопками S3 или S4 подвести курсор к изменяемым разрядам текущего времени и кнопкой S2 изменить значение разряда. Для установки начального и конечного значений интервалов необходимо проделать те же операции. Текущее время и флаг RAZ отображаются во всех режимах.

Для программирования выходных каналов необходимо подвести курсор к нужному разряду и кнопкой S2 изменить его значение, как описано выше. Каждое нажатие кнопки S2 в данном случае инвертирует предыдущее состояние разряда («0» на «1» и наоборот). При инициализации после подачи питания во все разряды 10...16 первой строки заносится «0» (каналы отключены). Для разреше-

ния управления каналами необходимо флаги RAZ установить в «1». Для оперативного отключения всех каналов данный разряд следует установить в «0».

При установке текущего времени в режиме «интервал 1» запрещается его отсчёт. Во всех остальных режимах отсчёт текущего времени не запрещается. Изменить флаги RAZ можно только в режиме «интервал 1». Границы интервалов можно перепрограммировать.

Рассмотрим основные узлы принципиальной схемы (см. рис. 4). Питающее напряжение поступает с соединителя X2. Потребление тока по каналу напряжения +5 В не превышает 250 мА (при отключённой подсветке индикатора HG1). Основой устройства служит микроконтроллер DD1, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на

10 МГц. Сигнал с выхода 13 микроконтроллера с периодом 1 с включает индикатор HL1. С порта P0 микроконтроллер DD1 управляет ЖК-индикатором HG1 и – через регистр DD2 – клавиатурой (кнопки S1...S4). Для функционирования клавиатуры также задействован вывод 12 микроконтроллера DD1.

ЖК-индикатор работает в режиме 4-разрядной шины данных, для этого задействована старшая тетрада байта, пересылаемого микроконтроллером в порт P0. С вывода 22 микроконтроллера DD1 поступает сигнал, информирующий индикатор о типе передаваемых данных (RS=1 – данные, RS=0 – сигнал). С вывода 23 микроконтроллера DD1 поступает стробосигнал, по перепаду которого из лог. 1 в лог. 0 осуществляется запись данных в индикатор. Данные из индикатора не считываются, поэтому вывод 5

(R/W) подключён к общему проводу. С переменного резистора R4 на вывод 3 индикатора поступает напряжение, уровень которого регулирует контраст формируемого изображения. В примененном 2-строчном индикаторе курсор автоматически сдвигается с первой на вторую строку по достижении сорокового знакоместа. Если дисплей содержит в строке 16 символов, то для перехода на вторую строку необходимо снова устанавливать адрес ячейки видеопамати индикатора (DD RAM).

В памяти данных микроконтроллера DD1 с адреса 30H по 35H, а также с 5AH по 61H, организован буфер отображения для вывода информации на дисплей индикатора. По своему функциональному назначению, в зависимости от режима работы устройства, адресное пространство буфера разделено на двенадцать групп (см. табл. 3).

После подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через цепь R3 C1 формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD1. Затем идёт инициализация программы, в которой настраивается индикатор HG1. При этом происходит очистка его буфера и разрешается отображение курсора. В порт P1 записываются сигналы уровня лог. 1 (нагрузки выключены).

На плате контроллера № 1 установлены резисторы C2-33H-0,125 Вт; подойдут любые другие с такой же мощностью и допуском 5%. Резистор R5 типа СП5-2ВА. Конденсаторы C1, C2 – K50-35. У микроконтроллера DD1 и регистра DD2 между цепью +5 В и общим проводом полезно установить блокировочный конденсатор типа K10-17a-N90-0,1мкФ. Индикатор HL1 типа КИПД 02Б-1К красного цвета.

Конструктивно тепловые пушки (теповентиляторы) состоят из электронагревателя (нагревательного элемента) и вентилятора. При выключении мощных тепловых пушек, во избежание нагрева корпуса и выхода из строя находящихся на нём элементов управления, необходимо сначала выключить электронагреватель, а потом, с некоторой задержкой, вентилятор. Обдув электронагревателя производится до тех пор, пока температура на выходе тепловой пушки не достигнет температуры окружающей среды. Требуемая задержка при выключении вентилятора зависит от технических ха-

рактеристик тепловой пушки (мощности, производительности, габаритных размеров и т. д.). Плата контроллера № 2 реализует вышеуказанную функцию, т.е. осуществляет задержку выключения вентилятора. Данный интервал времени программируется.

Плата контроллера № 2 реализует следующие функции:

- задание временного интервала на выключение вентилятора с помощью кнопок с контролем по циф-



Рис. 5. Фотография ЖК-индикатора таймера № 1 в режиме «интервал 1»

ровому дисплею (временная задержка задаётся от 1 до 999 секунд с дискретностью 1 секунда);

Таблица 2. Разряды дисплея индикатора HG1

Разряд	Отображает
Первая строка*	
1	«десятики часов» текущего времени
2	«единицы часов» текущего времени
3	символ «:» с периодом включения 1 с во всех режимах (во время корректировки или установки текущего времени включён постоянно)
4	«десятики минут» текущего времени
5	«единицы минут» текущего времени
6	символ «:» с периодом включения 1 с во всех режимах (во время корректировки или установки текущего времени включён постоянно)
7	«десятики секунд» текущего времени
8	«единицы секунд» текущего времени
9	пробел (space)
10...16	состояние выходных каналов 1...7 в текущем выбранном режиме: если отображается «1», то соответствующий канал включён (или будет включён, когда текущее время будет в границах отображаемого интервала); если отображается «0», то соответствующий канал выключен
Вторая строка*	
1	текущий режим работы устройства: «1», если устройство работает в режиме «интервал 1»; «2» – «интервал 2»; «3» – «интервал 3» и т.д.
2	пробел (space)
3...7	в часах и минутах (через символ «:») начало интервала в отображаемом режиме работы устройства
8	пробел (space)
9...13	в часах и минутах (через символ «:») конец интервала в текущем режиме работы устройства
14	пробел (space)
15	флаг RAZ, разрешающий включение нагрузок во всех запрограммированных интервалах
16	курсор

* Слева направо по рисунку 5

Таблица 3. Адресное пространство буфера

№ группы	Адрес	Где хранится
1	30H...35H	текущее время в минутах и секундах (эти адреса выводятся на индикатор во всех режимах)
2	36H...39H	в часах и минутах начало первого интервала (эти адреса выводятся на индикатор в режимах «интервал 1» и «интервал 9»)
3	3AH...3DH	в часах и минутах начало второго интервала (эти адреса выводятся на индикатор в режимах «интервал 1» и «интервал 2»)
4	3EH...41H	в часах и минутах начало третьего интервала (эти адреса выводятся на индикатор в режиме «интервал 2» и «интервал 3»)
5	42H...45H	в часах и минутах начало четвёртого интервала (эти адреса выводятся на индикатор в режиме «интервал 3» и «интервал 4»)
6	46H...49H	в часах и в минутах начало пятого интервала (эти адреса выводятся на индикатор в режимах «интервал 4» и «интервал 5»)
7	4AH...4DH	в часах и минутах начало шестого интервала (эти адреса выводятся на индикатор в режимах «интервал 5» и «интервал 6»)
8	4EH...51H	в часах и минутах начало седьмого интервала (эти адреса выводятся на индикатор в режимах «интервал 6» и «интервал 7»)
9	52H...55H	в часах и минутах начало восьмого интервала (эти адреса выводятся на индикатор в режимах «интервал 7» и «интервал 8»)
10	56H...59H	в часах и минутах начало девятого интервала (эти адреса выводятся на индикатор в режимах «интервал 8» и «интервал 9»)
11	5AH...5DH	в часах и минутах текущее значение начала интервала, который отображается в 3...7 разрядах второй строки индикатора
12	5EH...61H	в часах и минутах текущее значение конца интервала, который отображается в 9...13 разрядах второй строки индикатора

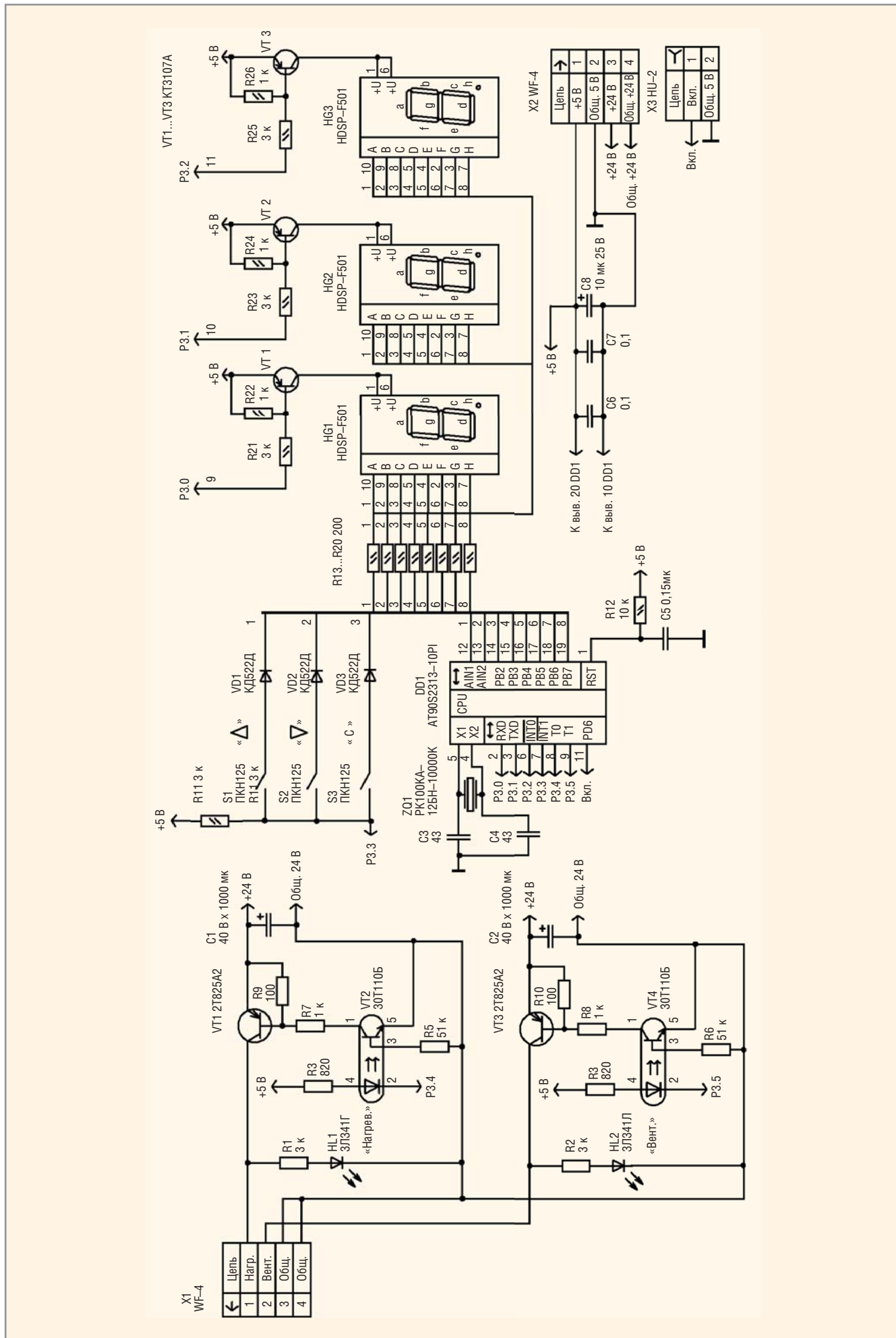


Рис. 6. Принципиальная схема платы контроллера № 2

- управление (включение/выключение) с клавиатуры устройства или дистанционное;
- светодиодную индикацию выходных каналов;
- обратный отсчёт заданного интервала времени при выключении тепловой пушки.

Принципиальная схема платы контроллера № 2 для управления тепловыми пушками на базе микроконтроллера AT902313-10PI показана на рисунке 6. Канал управления нагревателем с вывода 8 микроконтроллера DD1 (канал управления № 1) собран на транзисторе VT1 и транзисторной оптопаре VT2. Канал управления вентилятором с вывода 9 микроконтроллера DD1 (канал управления № 2) собран на транзисторе VT3 и транзисторной оптопаре VT4. Включение и выключение осуществляется кнопкой S3 (C). Включение каналов визуальнo контролируется индикаторами VD1, VD2. Дистанционное управление осуществляется с помощью сигнала «ВКЛ» (контакт 1, соединитель X3).

В интерфейс управления платы контроллера № 2 входят клавиату-

ра (кнопки S1...S3) и блок индикации (дисплей) из трёх 7-сегментных индикаторов HG1...HG3. Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (Δ) – увеличение на единицу значения при установке времени в секундах. При удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 3 секунд, значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 секунду;
- S2 (∇) – уменьшение на единицу значения при установке времени в секундах. Соответственно, при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 3 секунд, значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 секунду;
- S3 (C) – кнопка включения/выключения реле времени (алгоритм работы в рабочем цикле приведён ниже). Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение:
 - 1 разряд (индикатор HG3) отображает «единицы секунд»;
 - 2 разряд (индикатор HG2) отображает «десятки секунд»;

- 3 разряд (индикатор HG1) отображает «сотни секунд».

После подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через цепь R12C5 формируется сигнал аппаратного сброса микроконтроллера DD1. Инициализируются регистры, счётчики, стек, таймер T/C1, сторожевой таймер, порты ввода/вывода; на дисплее отображается число 001.

Алгоритм работы платы контроллера № 2 в рабочем цикле следующий. После инициализации, на выводах 8 и 9 микроконтроллера устанавливаются лог. 1 (каналы № 1 и № 2 отключены). Далее кнопками S1, S2 необходимо задать временную задержку на выключение ΔT канала № 2; значение отображается на дисплее. При включении кнопкой S3 (или внешним сигналом «ВКЛ») сразу включаются каналы управления № 1 и № 2 (устанавливается лог. 0 на выводах 8 и 9 микроконтроллера DD1), поэтому электронагреватель и вентилятор в тепловой пушке включаются одновременно. При выключении кнопкой S3 (или внешним сигналом «ВКЛ») сразу выключается канал управления

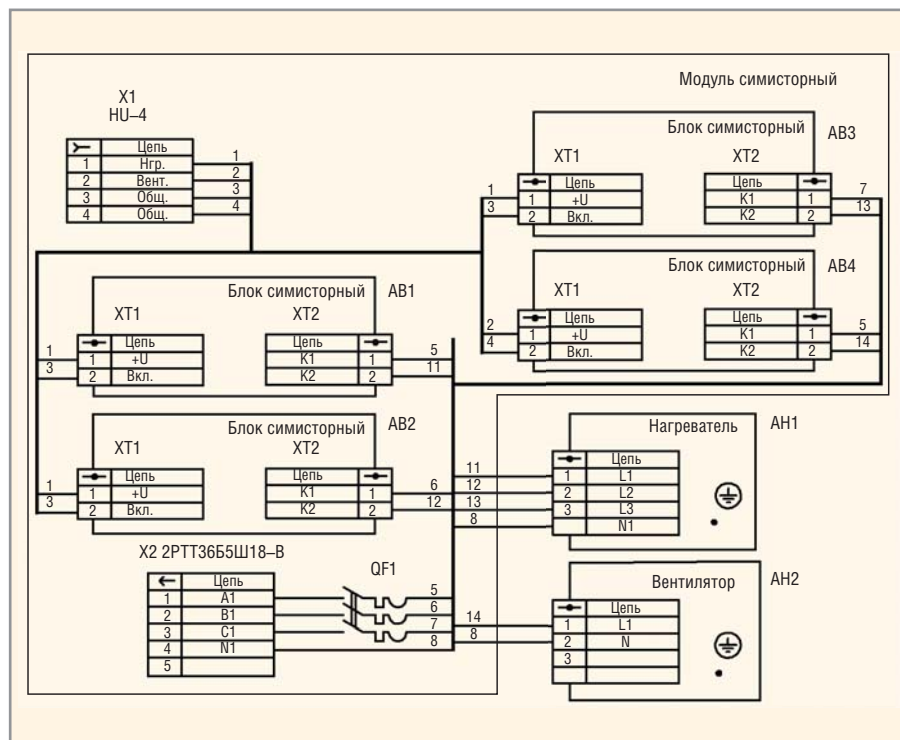


Рис. 7. Принципиальная схема симисторного модуля с тепловой пушкой

№ 1 (устанавливается лог.1 на выводе 8 микроконтроллера DD1). Заданное время задержки ΔT декрементируется с каждой секундой. Как только оно станет равным нулю, выключается канал управления № 2 (устанавливается лог. 1 на выводе 9 микроконтроллера DD1). На дисплее снова отображается заданное значение ΔT . Цикл завершён.

С порта В микроконтроллер DD1 управляет клавиатурой (кнопки S1...S3) и динамической индикацией, которая реализована на транзисторах VT1...VT3 и цифровых 7-сегментных индикаторах HG1...HG3. Коды для включения индикаторов HG1...HG3 при функционировании динамической индикации поступают на вход В микроконтроллера DD1. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 7 микроконтроллера DD1. Рабочая частота микроконтроллера DD1 задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 МГц.

При инициализации микроконтроллера DD1 все выводы порта В сконфигурированы как выходы. Выводы PD3, PD6 порта D сконфигурированы как входы, остальные – как выходы. Целесообразно, чтобы цепи питания цифровой части платы контроллера № 2 и управления каналами тепловентилятора (+5 В и +24 В) были гальванически развязаны.

Для перевода устройства в рабочий режим необходимо кнопками S1 (Δ), S2 (∇) установить интервал времени ΔT . Для включения каналов № 1 и № 2, как указывалось выше, необходимо нажать на кнопку S3 (С) или установить сигнал «ВКЛ» в лог. 0. Установленное время при этом заносится в ОЗУ микроконтроллера DD1. Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 0,72 кбайт памяти программ микроконтроллера. Потребление тока по каналу +5 В не превышает 100 мА, по каналу +24 В – 300 мА.

На рисунке 7 приведена принципиальная схема симисторного модуля с тепловой пушкой. В схеме (см. рис. 7) использованы конденсаторы C3...C7 типа K10-17а, C1, C2, C8 – типа K50-35, резисторы типа C2-33Н-0,125 Вт. Индикаторы HG1...HG3 зелёного цвета типа HDSP-F501. Индикаторы HL1, HL2 – единичные индикаторы типа ЗЛ341Г. Симисторный модуль включает в себя блоки АВ1...АВ4. Тепловая пушка состоит из электронагревателя АН1 и вентилятора АН2. Симисторные блоки АВ1...АВ3 подключают к сетевому напряжению электронагреватель АН1, симисторный блок АВ4 подключает к сетевому напряжению вентилятор АН2.

В системе использованы симисторные блоки типа BC-440-63/40-Н фирмы «Контравт». Данный блок обеспечивает:

- коммутацию нагрузки;
- гальваническое разделение цепи управления и силовой цепи;
- привязку момента коммутации к переходу напряжения нагрузки через ноль;
- индикацию сигнала управления;
- защиту силового элемента от кратковременных перегрузок по напряжению.

При использовании блока BC-440-63/40-Н обеспечивается дополнительное снижение коммутационных помех за счёт включения силового элемента в момент перехода сетевого напряжения через ноль («ноль-контроль»). Подробную информацию о силовых блоках можно найти на интернет-странице фирмы [4].

Тепловая пушка типа LEISTER LHS PREMIUM 60L оснащена однофазным вентилятором LEISTER ROBUST. Электронагреватели и вентиляторы LEISTER отличаются низким уровнем шума и рассчитаны на длительный режим эксплуатации. Подробную информацию на данные электронагреватели и вентиляторы можно найти на интернет-странице фирмы [3]. Сетевое напряжение 380 В поступает на блок управления через соединитель X1. Если необходимо подключить более мощный, трёхфазный вентилятор, то следует задействовать три симисторных блока.

Коммутация устройств системы осуществляется следующим образом: соединитель X1 платы контроллера № 1 (см. рис. 4) подключается к соединителю X3 платы контроллера № 2 (см. рис. 6); соединитель X1 платы контроллера № 2 (см. рис. 6) подключается к соединителю X1 симисторного модуля (см. рис. 7). При работе с системой необходимо соблюдать требования по электробезопасности.

В дополнительных материалах к данной статье, размещённых рядом с соответствующим материалом на сайте журнала, приведены тексты программ для микроконтроллеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродин В.В., Шагурин И.И. Микроконтроллеры: Архитектура, программирование, интерфейс. ЭКОМ, 1999.
2. <http://www.tme.pl>.
3. <http://www.leister.com>.
4. <http://www.contravt.ru>.

