

# Терморегулятор с гистерезисом

Николай Заец (Белгородская обл.)

В статье описан принцип работы и конструкция терморегулятора, обладающего гистерезисом, задаваемым при помощи указания верхней и нижней границ регулируемой температуры. Прибор основан на микроконтроллере PIC16F73.

## Принцип работы

Предлагаемый терморегулятор обеспечивает поддержание плюсовой температуры по установленному верхнему и нижнему пределу. Пределы установки температуры – от 0 до 99°C. Температура может поддерживаться как при помощи ТЭНов, так и при помощи парового или водяного отопления с использованием сервоприводов с концевыми датчиками. Для контроля возникновения возможных аварийных ситуаций предусмотрен аварийный вход и индикация.

Отображение температуры и режима работы прибора выполняется при помощи четырёх семисегментных светодиодных индикаторов с общим катодом. Установка пределов регулирования температуры и режимов индикации выполняется тремя кнопками.

Термодатчиком служит микросхема DS1820, измеряющая температуру с точностью 0,5°C. Для обработки информации и вывода на индикацию применён 28-выводный микроконтроллер (МК) типа PIC16F73.

Терморегуляторы с большой точностью поддержания температуры используются в основном в инкубаторах. Однако существует целый ряд случаев, когда допустимо поддержание температуры с разницей между верхним и нижним пределом от единиц до нескольких десятков градусов. При этом носителем тепла, как правило, служит нагретый пар или вода, при помощи которых даже при желании невозможно поддерживать температуру с высокой точностью.

Описываемый терморегулятор можно использовать для сушки любого сырья (древесина, зерно), для производственных процессов нагрева жидкости (пастеризация молока, отделения творога, в котлах и бойлерах) или для отопления помещений (теплица, хранилище) в холодное время года.

При снижении контролируемой температуры ниже установленного минимума терморегулятор подаёт сигнал для включения исполнительного механизма открывания задвижки. Если в системе имеется концевой датчик сервопривода, то сигнал выключится после прихода единичного уровня от датчика. Когда контролируемая температура достигнет максимума, подаётся сигнал закрывания задвижки, который будет снят по-

сле прихода единичного уровня от второго концевой датчика.

Если нагрев выполняется при помощи ТЭНов, то входы концевых датчиков заземляют, и нагрев будет выполняться до достижения контролируемой температурой максимального установленного значения. Если максимальная и минимальная установленные температуры равны, то терморегулятор превращается в термостат и поддерживает температуру с точностью 0,5°. Таким образом, установленные максимальное и минимальное значения температур будут определять диапазон температур на объекте регулирования.

Устройство имеет три режима установки: работа, установка максимума и установка минимума. В режиме «работа» в левом разряде высвечивается буква «Р», а следующие разряды высвечивают текущую контролируемую температуру. В режиме установки максимума в левом разряде высвечивается буква «Н», а минимума – «L».

Установка разрядов выполняется двумя кнопками: «Установка+» и «Установка-». При нажатии кнопки «Установка+» значения разрядов прибавляются, а кнопки «Установка-» – убавляются. Если кнопки нажимать с периодом в одну секунду, то будет выполняться медленная установка разрядов (по единице). Если кнопка удерживается более 1 с, то начинается ускоренная установка с изменением значения на единицу через 0,1 с.

Алгоритм программы терморегулятора показан на рисунке 1. После инициализации МК запускается таймер и предделитель с коэффициентом деления, равным 32. Переполнение таймера будет происходить через 8 мс. Последующие делители отмечают флагами интервалы времени 0,1 с и 1 с. Флаг «8 мс» необходим для смены разрядов динамической индикации. Флаг «0,1 с» используется в ускоренной установке значений разрядов. Флаг «1 с» используется при смене режима индикации и для медленной установки разрядов.

После индикации каждого разряда выполняются все последующие подпрограммы, показанные на рисунке 1.

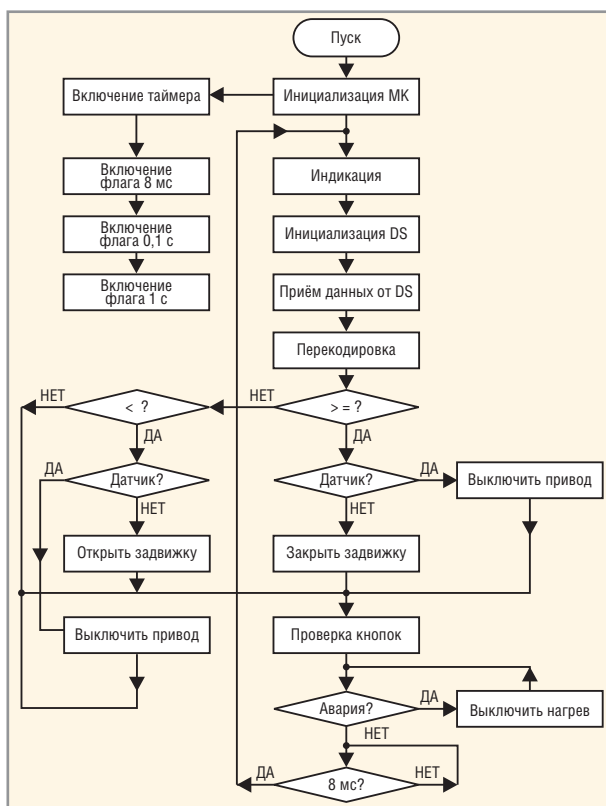


Рис. 1. Алгоритм работы программы терморегулятора

Для простоты изображения алгоритма процедура индикации первого и второго разряда не показана.

После индикации выполняется инициализация термодатчика и приём от него данных о температуре. Полученные данные перекодируются в двоично-десятичный код с заполнением рабочих регистров индикации. Десятичное значение ( $0,5^{\circ}\text{C}$ ) для информации переписывается в регистр запятой нулевого разряда.

Далее выполняется сравнение измеренной температуры с максимальной установленной. Если есть равенство или превышение, то проверяется выход датчика. Если концевой датчик включен (лог. 1), то привод выключается, в противном случае задвижка продолжает закрываться.

Если измеренная температура меньше максимальной установленной, то она сравнивается с минимальной установленной. Если измеренное значение меньше установленного, то проверяется вход концевой датчика. При открытой задвижке выключается привод, в противном случае подтверждается открывание задвижки.

После сравнения температур выполняется подпрограмма проверки кнопок, которая подробнее будет рассмотрена ниже. Проверяется вход аварийных ситуаций. Аварию может вызвать, например, отсутствие в системе теплоносителя. Если вход имеет единичный уровень, то процессор закичивается до устранения аварийной ситуации, включается аварийная сигнализация, а динамическая индикация останавливается на одном разряде. Если аварии нет, то ожидается включение флага «8 мс», после чего на индикацию выводится значение следующего разряда.

Алгоритм подпрограммы проверки кнопок показан на рисунке 2. Проверка кнопок начинается с определения режима индикации. Если задан режим «Работа», то проверка кнопок «Установка+» и «Установка-» не выполняется, но проверяется кнопка установки режима индикации. То есть в режиме «Работа» МК не будет реагировать на случайное нажатие кнопок установки разрядов. Если процессор находится в режиме установки, то в зависимости от нажатой кнопки («Установка+» или «Установка-») выполняется прибавление или вычитание разрядов.

Если кнопки установки не нажаты, а индикация – в рабочем режиме, то проверяется состояние кнопки «Режим». Если кнопка «Режим» не нажата, то выполняется возврат из подпрограммы. В противном случае устанавливается флаг кнопки, и МК также возвращается из подпрограммы. Дальнейшая программа будет выполняться после отпускания кнопки «Режим» при последующих проверках кнопок.

Далее проверяется флаг «1 с». Если прошла одна секунда, то сбрасываются все флаги и определяется текущий режим индикации. Он изменяется на следующий в очередности: «Работа» – «Установка max» – «Установка min» – «Работа» – ... По установленному флагу режима из регистров хранения переписываются их значения в регистры индикации, и МК возвращается из подпрограммы.

Алгоритмы работы подпрограмм установки разрядов на вычитание и прибавление идентичны, но в первом случае значение разряда проверяется на равенство 0 (счётчик декрементируется), а во втором случае – 9 (счётчик инкрементируется).

Алгоритм подпрограммы «Установка+» показан на рисунке 3. При нажатой кнопке проверяется флаг ускорения. Если ускорения нет или кнопка отпущена, то проверяется флаг «1 с». При медленной установке индикация изменяется через 1 с, а при ускоренной установке – через 0,1 с. Флаги «1 с» и «0,1 с» устанавливаются одновременно, поэтому если установлен флаг «1 с», то программа проверяет значение разряда на равенство 9. Если равенства нет, то инкрементируется счётчик единиц и проверяется состояние кнопки. При нажатой кнопке устанавливается флаг ускорения, иначе сбрасываются все флаги. Установленные двоично-десятичные значения для удобства сравнения перекодируются в двоичный код.

При значении разряда, равном 9, счётчик единиц обнуляется и проверяется на равенство 9 счётчик десятков. При равенстве счётчик десятков обнуляется, а в противном случае инкрементируется. Далее работа продолжается аналогично тому, как это показано со счётчиком единиц, т.е. устанавливается флаг ускорения или сбрасываются все флаги, и выполняется перекодировка в двоичный код.

Для того чтобы подпрограммы установки прибавления и вычитания

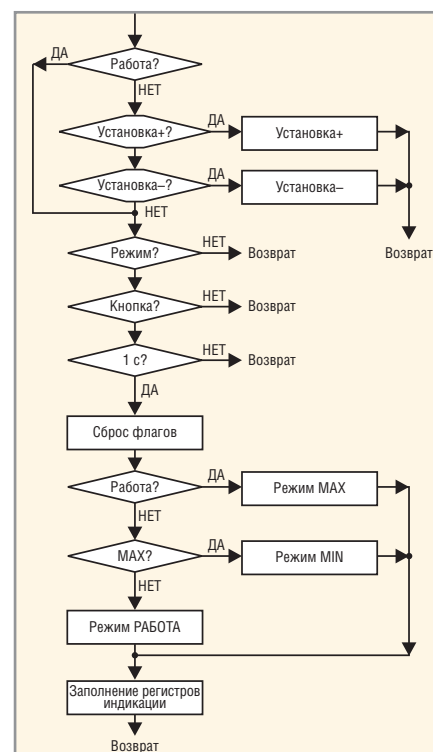


Рис. 2. Алгоритм работы подпрограммы проверки кнопок

были общими при установке минимальной и максимальной температур ограничения, установка выполняется в регистры индикации. По флагу установленного режима значения регистров индикации переписываются в регистры хранения и перекодируются в двоичный код.

В зависимости от режима установки температуры – максимальной или минимальной – значения регистров проверяются на корректность установки. Если устанавливаемая минимальная температура больше максимальной, то регистры установки минимальной температуры обнуляются. Если устанавливаемая максимальная температура меньше установленной минимальной, то в регистры установки максимальной температуры записываются девятки (99). По этой причине после включения устройства сначала необходимо устанавливать значение максимальной температуры, а потом минимальной. Если начать установку с минимальной температуры при нулевой максимальной температуре, то индикатор не будет реагировать на нажатие кнопок установки.

## Конструкция

Принципиальная схема терморегулятора показана на рисунке 4. Входы порта «В» программно «подтянуты»

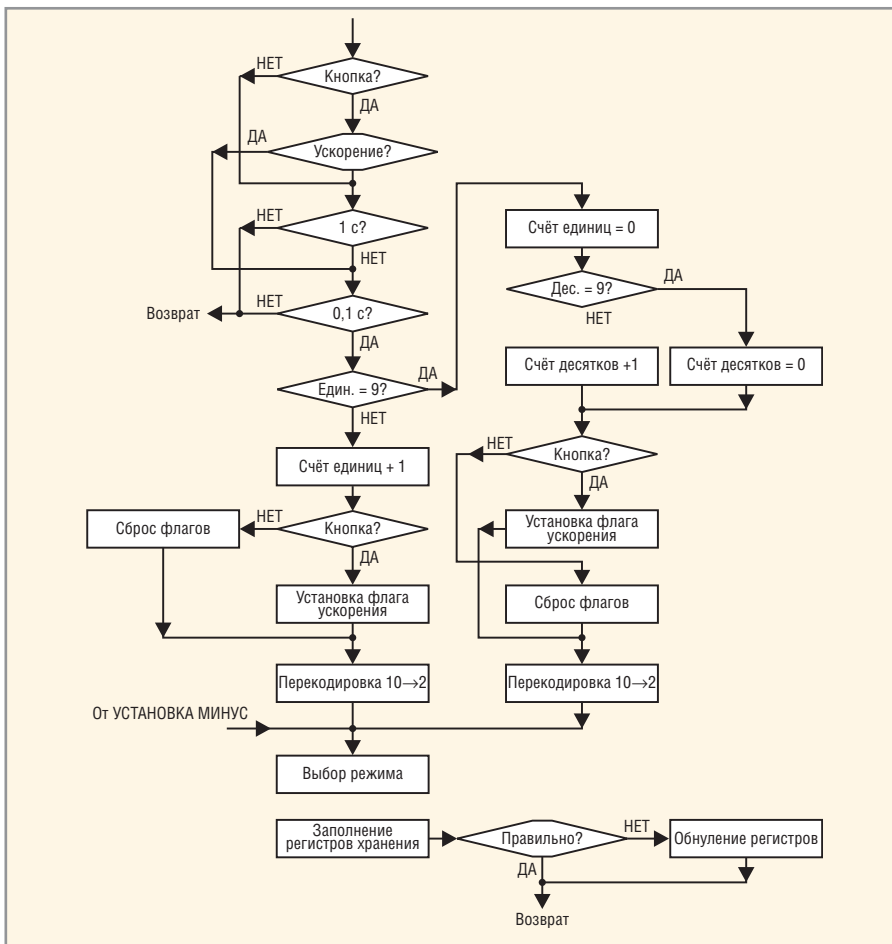


Рис. 3. Алгоритм работы подпрограммы «Установка»

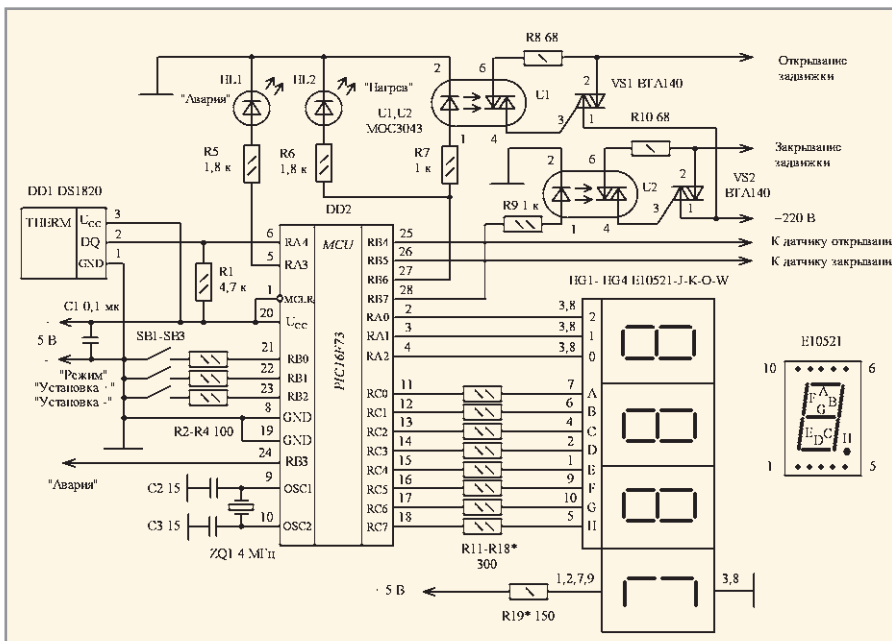


Рис. 4. Принципиальная схема терморегулятора

внутренними резисторами к плюсу питания. Сегменты крайнего правого разряда индикатора включены на постоянное высвечивание буквы «С». По желанию этот индикатор можно не устанавливать. Все элементы схемы имеют стандартное включение и в пояснении не нуждаются.

Терморегулятор изначально был разработан для ванны длительной пастеризации молока ИКПС-011 (ООО «Эльф 4М») взамен вышедшего из строя штатного терморегулятора, поэтому размеры печатной платы и расположение элементов управления имеют определённую конфигу-

рацию. Чертёж печатной платы и схема расположения на ней элементов доступны на сайте журнала.

Стабилизатор напряжения 5 В размещён на отдельной плате вместо имевшейся платы управления ТЭНами. Потребляемый терморегулятором ток не превышает 50 мА, поэтому вместо штатного стабилизатора КРЕН5А можно использовать стабилизатор типа 78L05.

На вход «Авария» термостабилизатора подан сигнал от датчика наличия воды в рубашке ванны. На входы концевых датчиков подано напряжение 5 В. Термодатчик DS1820 установлен вместо штатного терморезистора.

### РАБОТА С ТЕРМОРЕГУЛЯТОРОМ

Поле подачи напряжения питания на индикаторе высветится: P\*\*C, где \*\* – значение текущей контролируемой температуры.

Нажмите кнопку «Режим». На индикаторе высветится: H00C, где буква «H» указывает на режим установки максимальной температуры.

Кнопками «Установка+» и «Установка-» введите значение необходимой максимальной температуры.

Нажмите кнопку «Режим». На индикаторе высветится: L00C, где буква «L» указывает на режим установки минимальной температуры.

Кнопками «Установка+» и «Установка-» введите значение необходимой минимальной температуры.

Нажмите кнопку «Режим». На индикаторе высветится P\*\*C. Терморегулятор находится в рабочем режиме. При установке или просмотре значений максимальной и минимальной температур регулирование температуры не прекращается. Свечение индикатора «Нагрев» указывает, что ТЭНы включены. При возникновении аварийной ситуации включается светодиод «Авария». К выходу «Авария» можно подключить звуковую сигнализацию.

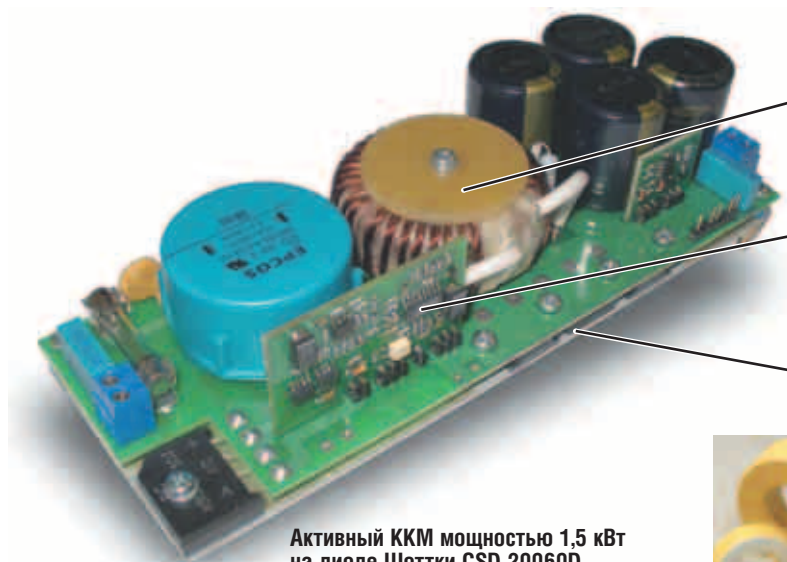
Высвечивание запятой в разряде единиц градусов показывает значение 0,5°C. Например, если на индикаторе высвечивается P35,С, то это значит, что контролируемая температура – 35,5°C. Значение долей градуса выведено на индикатор для информации. По высвечиванию запятой можно быстро определить скорость нагрева или охлаждения теплоносителя.

Файл term4.hex для программирования микроконтроллера доступен на сайте журнала.



# Решения для аналоговой и силовой электроники

## Пример практического применения



Активный ККМ мощностью 1,5 кВт на диоде Шоттки CSD 20060D



Высокоэффективные магнетодиэлектрические сердечники Micrometals для силовой электроники и ВЧ-техники



### Применение SiC-диодов Шоттки позволяет

- Снизить потери в диоде и ключевом транзисторе в 2 раза
- Уменьшить количество силовых электронных компонентов в 3 раза
- Увеличить надёжность
- Повысить частоту преобразования, снизить массу и габариты
- Получить выигрыш в стоимости и эффективности одновременно

### Характеристики высоковольтных диодов Шоттки фирмы Cree

Наименование	CSD04060A CSD04060D CSD04060E	CSD06060A CSD06060D CSD06060G	CSD10060A CSD10060D CSD10060E	CSD20060D	CSD05120A	CSD10120A CSD10120D	CSD20120D
$U_{\text{макс}}$ , В	600	600	600	600	1200	1200	1200
$I_{\text{пост}}$ , А	4	6	10	20	5	10	20
Типы корпусов	TO252, TO220-2, TO220-3	TO263, TO220-2, TO220-3	TO263, TO220-2, TO220-3	TO247-3	TO220-2	TO220-2, TO247-3	TO247-3

## SiC-приборы – уникальность ВАШИХ РАЗРАБОТОК!

Узнайте подробности в компании ПРОСОФТ

Телефон: (095) 234-0636 • Web: [www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)

**ПРОСОФТ – официальный дистрибьютор компании CREE в России и странах СНГ**