

# Цифровой регулятор температуры с дистанционным управлением по GSM-каналу

Владимир Бартенев (Москва)

**В статье дано описание цифрового устройства, которое может использоваться как приставка к сотовому телефону и в качестве дистанционно управляемого регулятора температуры. Наличие последовательного интерфейса у данного устройства позволяет реализовать с его помощью более сложные энергосберегающие алгоритмы регулирования температуры.**

Дистанционное измерение и регулирование температуры с помощью пультов дистанционного управления находит всё большее применение в различных измерительных, отопительных и кондиционерных системах. Широко распространено дистанционное управление по инфракрасному каналу. В настоящее время широко используется дистанционное управление по радиоканалу, например, технологии Bluetooth или Zigbee. Однако управление по этим каналам осуществляется на небольших расстояниях: не более 12 и 100 м соответственно. Инфракрасный канал ограничен уровнем чувствительности приёмника и требует прямой видимости, а радиопередатчики, используемые в нерегистрируемых радиоканалах, должны иметь ограниченную излучаемую мощность (как правило, не более 10 мВт).

А как быть, если, находясь на работе, вы хотите узнать температуру в загородном доме или изменить там режим отопления в связи с резким похолоданием? Или другой вариант: находясь в центральном офисе необходимо контролировать температуру на удалённом объекте, например, на складе. Для этого можно воспользоваться устройством дистанционного управления, описание которого приведено в данной статье. Дистанционное управление осуществляется с помощью сотового телефона, к которому подключается через микроконтроллер (МК) цифровой датчик температуры [1]. Одновременно МК выполняет и функцию регулятора температуры, задавая её на любом рас-

стоянии от контролируемого объекта в виде специального SMS-сообщения. Важно лишь, чтобы этот объект находился в зоне действия какой-либо ближайшей к нему сотовой станции.

Поясним принцип дистанционного измерения и регулирования температуры с использованием средств сотовой связи. Оператор, находясь на большом удалении от объекта, где контролируется температура, передаёт запрос на объект в виде SMS-сообщения ( $T = ?$ ) и в ответ получает SMS-сообщение с измеренной температурой. Если необходимо изменить параметры регулирования, то оператор передаёт сообщение другого типа ( $T = XX$ , где  $XX$  есть значение температурной уставки) и в ответ получает подтверждение об изменении регулируемой температуры в виде соответствующего SMS-сообщения (OKXX). Кроме того, в регуляторе температуры имеются фиксированные температурные уставки, выход за пределы которых также приводит к передаче соответствующего SMS-сообщения ( $T = H$  (Temperature High) или  $T = L$  (Temperature Low)). Могут быть переданы важные и тревожные SMS-сообщения, например, при отключении на объекте сети переменного тока 220 В ( $U = 0$ ). В этом случае регулятор температуры переходит на питание от аккумулятора сотового телефона, к которому он подключен. При снижении напряжения аккумулятора ниже критического уровня передаётся SMS-сообщение  $U = L$ . О неисправности цифрового датчика температуры передаются два SMS-сообщения – ER0 и ER1 при коротком замыкании или обрыве/отсутствии датчика соответственно.

Цифровой регулятор температуры выполнен на базе микросхемы DS2436 [2]. Она отслеживает температуру встроенным узлом температурного датчика с 13-битным разрешением (погрешность преобразования в диапазоне  $-40...85^{\circ}\text{C}$  составляет  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), формируя на выходе 13-битный код, и контролирует напряжение питания регулятора температуры (напряжение аккумуляторной батареи) с помощью встроенного 10-битного АЦП (погрешность преобразования не более  $\pm 10$  мВ). Эта доступная и недорогая микросхема работает с интерфейсом типа 1-Wire (MicroLan). Микросхема выполнена в транзисторном трёхвыводном корпусе TO-92 (DS2436), удобном для монтажа, или в 8-контактном корпусе SOIC для монтажа на поверхность (DS2436Z).

Регулятор температуры состоит из цифрового блока управления с МК, подключаемого по последовательному интерфейсу к сотовому телефону, из датчика температуры DS2436, устанавливаемого в телефонной коробке для настенного крепежа на удалении до 30 м от МК, и блока питания 5 В, который одновременно используется как зарядное устройство аккумулятора сотового телефона. На рис. 1 приведена электрическая схема регулятора. В выборе сотового телефона предпочтение отдано телефонам фирмы Sony Ericsson, т.к. эта фирма для интерфейса применяет длительное время один и тот же тип разъёма. Это позволяет использовать для регулятора как устаревшие (T28, R520), так и совсем новые модели (T290, T630, J300i). Кроме того, AT-команды, с помощью которых МК управляет приёмом и передачей SMS-сообщений через GSM-модем сотового телефона, доступны на сайте производителя [3].

В регуляторе был применён самый доступный и недорогой МК фирмы Microchip PIC16C622A (можно использовать любой МК этой фирмы). На транзисторе VT1 выполнена схема

контроля напряжения 5 В, при пропадании которого на входе RB7 МК формируется «лог. 0». Кварцевая стабилизация частоты МК на Z1 обеспечивает устойчивое согласование сигналов последовательного интерфейса с сотовым телефоном в широком диапазоне температур. На транзисторе VT2 обеспечивается согласование низких логических уровней сотового телефона с более высокими логическими уровнями МК на приём, а на передачу эта же задача решается делителем R9-R10.

Порт RA3 формирует сигналы однопроводного интерфейса MicroLan и именно к нему подключен средним выводом датчик температуры и напряжения микросхемы DS2436. Порт RA2 также выполняет функции последовательного однопроводного интерфейса для передачи данных в виде трёх байт: байт измеряемой температуры, байт температурной уставки и байт состояния регулятора температуры. Эта информация по прерыванию может передаваться в другой МК для её индикации, сохранения или регулирования по другим алгоритмам. Например, это могут быть энергосберегающие алгоритмы с другими температурными уставками с их привязкой ко времени суток и дням недели.

На выходе порта RA0 появляется «лог. 1» при неисправностях регулятора (ошибки датчика, разряд аккумулятора), а на выходе RA1 «лог. 1» появляется при неисправностях сотового телефона. Если телефон не отвечает на AT-команду, то «лог. 1» прореживается «лог. 0», если же телефон исправен, но в его память не занесён телефонный номер, на который будут передаваться SMS-сообщения, то «лог. 1» сохраняется до устранения указанной ошибки. На выходе RB3 формируется сигнал в виде «лог. 0» длительностью 2 мс, являющийся признаком передачи по последовательному интерфейсу новой температурной уставки, полученной по GSM-каналу. Порт RB6 является выходом регулятора, к которому можно подключить управляющий транзистор или оптронный семистор.

Внешний вид регулятора в модульном исполнении с установкой на DIN-рейку с сотовым телефоном T630 показан на рис. 2. А на рис. 3 показан энергосберегающий регулятор температуры, собранный на двух МК, с часами реального времени. Первый, ведущий МК, измеряет температуру и осуществляет работу с сотовым телефоном

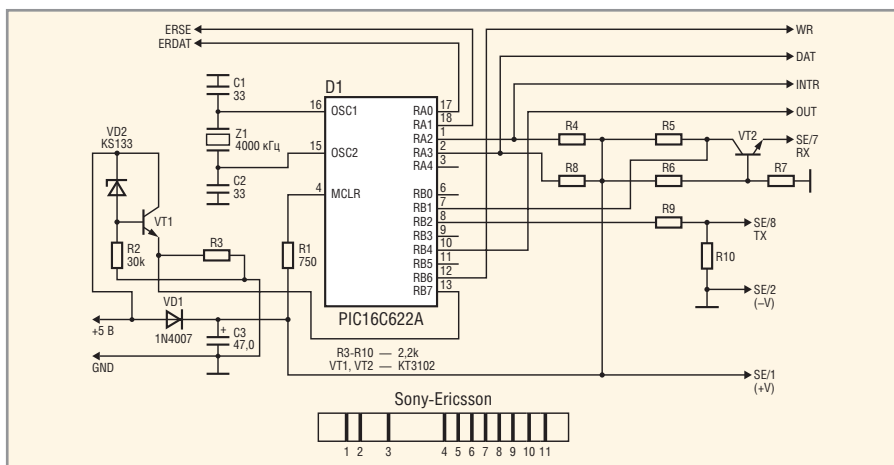


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема регулятора температуры

**Выводы регулятора:** DAT – данные датчика DS2436, INTR – передача данных регулятора, OUT – выход регулятора, ERSE – ошибки сотового телефона, ERDAT – ошибки регулятора, WR – признак смены температурной уставки. **Выводы разъёма сотового телефона:** SE/2 – общий провод, SE/1 – плюс питания, SE/8 – передача данных интерфейсу, SE/7 – приём данных по интерфейсу.

по вышеописанному алгоритму. Второй, ведомый МК, принимает данные от первого МК, управляет LCD-индикатором, опрашивает клавиатуру и, учитывая данные от часов реального времени, получаемые по интерфейсу от микросхемы DS1302, регулирует температуру по четырём задаваемым программам: суточной, с одной температурной уставкой, суточной с двумя температурными уставками, недельной и комбинированной суточно-недельной. На базе этого регулятора может быть реализована более сложная распределённая отопительная система с дистанционным регулированием температуры от удалённого компьютера [4].

Рассмотрим алгоритм работы регулятора. Процесс регулирования температуры ведётся по температурной уставке T, которая может задаваться дистанционно в диапазоне значений от 5 до 37°C с дискретом 1 градус. Значения 5 и 37 градусов выбраны как крайние значения диапазона. Регулятор температуры сохраняет свою работоспособность и без сотового телефона, но в этом случае используется начальная фиксированная температурная уставка T = 21°C. При подключении блока питания к регулятору температуры происходит начальная инициализация МК и считывание исходной температурной уставки T = 21°C из ПЗУ МК. Далее, первой AT-командой производится проверка сотового телефона на отклик. Эта команда передаётся в сотовый телефон по последовательному интерфейсу в виде ASC-кодов в формате 8N1 со скоростью 9600 бит/с. На

рис. 4 показана временная диаграмма кода AT, передаваемого в телефон.

Для реализации последовательного интерфейса можно было бы воспользоваться аппаратной реализацией порта USART, входящего в состав некоторых МК. В данном случае предпочтение было отдано программной



Рис. 2. Регулятор температуры с сотовым телефоном T630 (модуль устанавливается на DIN-рейку)



Рис. 3. Энергосберегающий регулятор температуры на базе двух микроконтроллеров с часами реального времени

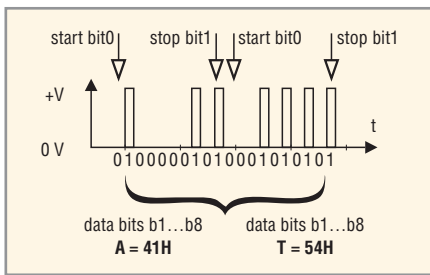


Рис. 4. Временная диаграмма кода команды AT, передаваемого в телефон

реализации последовательного интерфейса (позволяет расширить выбор МК). Отклик телефона на переданную команду должен быть «ОК». Если этого отклика нет, то формируется признак ошибки «Нет интерфейса» и регулятор работает автономно, обрабатывая температурную уставку 21°C. Если же отклик получен, производится проверка наличия в памяти телефона (в телефонной книжке) номера телефона, на который будут передаваться SMS-сообщения. Если это не удаётся сделать, то формируется признак ошибки «Нет номера». При этом регулятор продолжает работать автономно. При считывании номера

телефона параметры номера сохраняются в памяти МК и в дальнейшем используются для формирования SMS-сообщений. После этого МК переходит в режим ожидания SMS-сообщения. Одновременно контролируются исправность датчика, измеряемая температура, наличие сетевого напряжения и величина напряжения аккумулятора.

Если возникает какая-то критическая ситуация, то МК формирует соответствующее тревожное SMS-сообщение и передаёт его на сохранённый номер. Если ситуация не изменяется, такие SMS-сообщения передаются через каждые 15 мин. Полученное SMS-сообщение дешифруется и удаляется из памяти, если не соответствует формату типа T = ? или T = XX. Если же SMS-сообщение имеет вид T = ?, то в ответ на запрос передаётся SMS-сообщение +XX или -XX, где XX – измеренная температура в градусах. Если же принятое SMS-сообщение имеет вид T = XX, то значение XX как новая температурная уставка записывается в память МК и обрабатывается регулятором температуры. После этого МК в

ответ передаёт подтверждение об изменении температурной уставки OKXX.

Все SMS-сообщения формируются в формате PDU (Protocol Data Unit), который подробно описан в документах стандарта ETSI 03.38 (кодировка) и ETSI 03.40 (структура).

Высокая надёжность регулятора, низкая стоимость, возможность использования устаревших, но имеющих большой ресурс сотовых телефонов делает перспективным использование регулятора в низкобюджетных энергосберегающих проектах реформы ЖКХ.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бартнев В.Г. Регулятор температуры с дистанционным управлением по GSM-каналу. Патент № 55162 от 07.03.06.
2. Бартнев В.Г. Цифровые датчики температуры и их применение. Датчики и системы. 2004. № 12.
3. www.sonyericsson.com.
4. Бартнев В.Г., Бартнев М.В. Энергосберегающая модульная АСУ ТП для распределенных объектов «СИНТАЛ ТЕЛЕТЕРМ». Датчики и системы. 2005. № 2.



**Новости мира News of the World Новости мира**

**8-разрядные микроконтроллеры с интегрированным Ethernet**

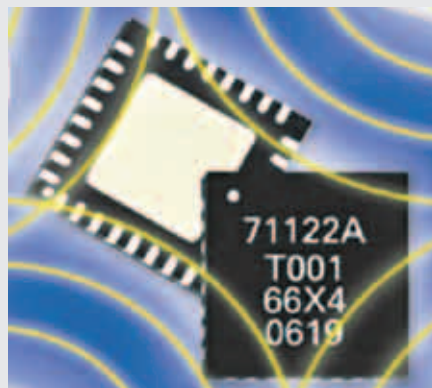
Компания Microchip представляет семейство 8-разрядных микроконтроллеров с интегрированной периферией Ethernet-связи, в соответствии с IEEE 802.3 (10BASE-T). Семейство PIC18F97J60 имеет на чипе Medium Access Controller (MAC) и Physical Layer Device (PHY). Компания, кроме того, предлагает свободный TCP/IP-Software-стек. Характеристиками семейства являются специальный Ethernet-буфер на 8 и 128 Кб Flash-памяти, а также 4 Кб SRAM. Для поддержки разработки имеется PIC18F97J60 PICDEM.net 2 Development Board. В дополнение к этому может быть скачана последняя версия свободного PIC18 TCP/IP Ethernet стека фирмы Microchip. 100-контактные PIC18F97J60/96J65/96J60, 80-контактные PIC18F87J60/86J65/86J60 и 64-контактные PIC18F67J90/66J65/66J60 предлагаются в соответствии с директивами RoHS в корпусах TQFP.

[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

**Чип многоканального ресивера на 300...930 МГц**

Фирма Melexis представляет чип многоканального ресивера на 300...930 МГц.

[www.melexis.com](http://www.melexis.com)



MLX71122 спроектирован для применения в безлицензионном ISM-диапазоне (Industrial-Scientific-Medical) и в SRD-диапазоне (Short Range Devices). С программируемым ФАПЧ-синтезатором без модификаций высокочастотных схем возможны также и значительно большие частотные перекрытия диапазонов различных регионов (например, американский диапазон 315 МГц, европейский диапазон 433 МГц).

Модель MLX71122 может работать при напряжении питания от 3 до 5,5 В и потребляет 11 мА. В режиме Standby потребляемый ток снижается до 50 нА. Чувствительность на входе приёмника составляет при АМ-сигналах 112 дБм, при ЧМ-сигналах 107 дБм.

**Комбинация ZigBee-радиотрансивера и 16-разрядного микроконтроллера**

Компания STMicroelectronics объявила о сетевом беспроводном решении в Single-Chip-исполнении на базе стандарта ZigBee. Элемент SN250 сочетает в себе работающий на частоте 2,4 ГГц, соответствующий IEEE 802.15.4 радиотрансивер и 16-разрядный микроконтроллер с EmberZNet Software-Stack. Помимо этого чип содержит аппаратно поддерживаемую функцию отладки для сетевого уровня.

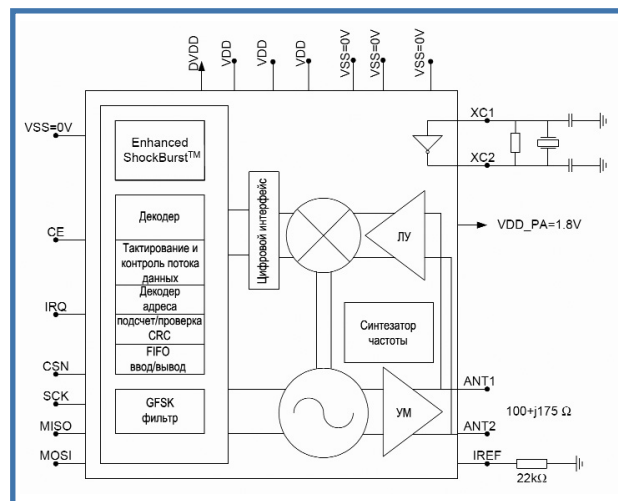
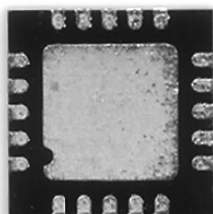
Интегрированный в чипе EmberZNet Software-Stack разработан Ember Corporation. Интерфейс антенны допускает подключение антенны с внешним усилителем мощности и без него. Ядро 16-разрядного RISC-процессора содержит 128 Кб Flash-памяти и 5 Кб SRAM и аппаратный кодирующий блок с генератором случайных чисел. Палитра периферийных функций включает два последовательных контроллера с DMA (I<sup>2</sup>C Master, SPI Master/Slave и UART), два 16-разрядных многоцелевых таймера, один 16-разрядный Sleep-таймер, один Watchdog-таймер и Power-on-Reset-схему.

[www-us.mastek.com.ua](http://www-us.mastek.com.ua)

# Твой шаг в мир без проводов:



**однокристалльный трансивер nRF24L01  
Nordic Semiconductor с пропускной способностью 2 Мбит/с  
и аппаратной поддержкой протокола Enhanced Shock Burst**



## Краткие характеристики nRF24AP1

Параметр	Значение
Минимальное питающее напряжение	1,9 В
Максимальная выходная мощность	0 дБм
Максимальная скорость передачи (радиоканал)	2 МБод
Рабочий температурный диапазон	-40...+85°C
Чувствительность при скорости 1 МБод	-85 дБм
Средний ток потребления при мощности -6 дБм	0,05 мА
Пиковое потребление при передаче на -0 дБм	11,3 мА
Пиковое потребление при приеме	22 мА / 600 мкс
Максимальное число одновременных подключений*	6
Количество частотных каналов	125

\*Режим работы в качестве принимающей стороны

## Основные достоинства

- Высокая скорость передачи данных
- Простое подключение к внешнему микроконтроллеру по последовательной шине
- Минимум внешних компонентов
- Минимальный ток потребления
- Компактность
- Низкая стоимость
- Встроенный аппаратный протокол передачи данных с автоматическим подтверждением приёма пакета



Доступен набор для разработки



Доступны модули с трансиверами