

Многоканальный цифровой регулятор температуры

Владимир Бартнев (Москва)

При создании многоканального цифрового регулятора температуры использован новый подход к построению распределённой архитектуры программируемых устройств на нескольких микроконтроллерах. В его основе лежит не столько обеспечение высокой общей производительности проектируемого устройства, сколько стремление к функциональной и конструктивной законченности отдельных его блоков, реализуемых на разных микроконтроллерах, которые наилучшим образом подобраны для решения той или иной задачи и объединены однопроводным интерфейсом.

Наличие на рынке широкого выбора микроконтроллеров, отличающихся своей производительностью, корпусами, функциональными возможностями, количеством портов ввода-вывода и, самое главное, ценой, предоставляет разработчику возможность разнообразить подходы к их использованию при проектировании программируемых устройств. Возросшие требования к программируемым устройствам в части их реконфигурации, возможности постоянного усовершенствования и модернизации только за счёт смены программного обеспечения заставляют разработчиков для минимизации затрат на программирование (а это теперь основные затраты) несколько изменить концепцию построения таких устройств. Сущность этой концепции заключается в том, что разрабатываемое устройство разбивается на функциональные блоки, которые реализуются на отдельных микроконтроллерах, выбираемых исходя из оптимального соответствия решаемой блоком задаче при обеспечении наилучших показателей по критерию эффективность – стоимость. Фактически создаётся распределённая многопроцессорная вычислительная среда. Однако она создается не из соображений повышения общей производительности устройства, а для минимизации затрат на разработку программного обеспечения отдельных функциональных блоков, что обеспечивает возможность быстрого изменения

характеристик устройства в соответствии с изменяющимися требованиями.

Поскольку время разработки нового продукта – ключевой момент в современных рыночных условиях, применение нескольких микроконтроллеров существенно сокращает период разработки новых моделей. Это связано с тем, что использование отлаженных и проверенных на практике функциональных блоков при модернизации устройства требует изменения программы лишь отдельных микроконтроллеров. Это снижает затраты на изготовление и проверку нового устройства. Более того, программируемое устройство может быть модернизировано уже на этапе испытаний для устранения непредвиденных проблем или улучшения его характеристик только заменой отдельных микроконтроллеров. Функциональные узлы могут быть размещены конструктивно в разных корпусах и даже удалены друг от друга на сравнительно большие расстояния. Ещё одним преимуществом рассматриваемого подхода является способность к глубокой самодиагностике как всего устройства, так и микроконтроллеров, что повышает надёжность изделия и требует минимальных затрат на ремонт.

Проиллюстрируем этот подход на примере построения многоканального энергосберегающего цифрового регулятора температуры (ЭЦРТ), предназначенного для автоматического регулирования темпе-

ратуры в нескольких помещениях. ЭЦРТ применяется совместно с цифровыми датчиками температуры [1] и исполнительными устройствами, образуя замкнутую многоканальную динамическую систему автоматического регулирования. Приведём основные характеристики ЭЦРТ:

- тип датчиков температуры: цифровой DS18S20;
- диапазон регулируемых температур: 0...99°C (задаётся пользователем);
- точность измерения температуры: $\pm 0,5^\circ\text{C}$;
- частота опроса датчиков температуры: 1 Гц;
- восемь независимых каналов измерения температуры и регулирования;
- привязка измеряемых температур ко времени суток и дням недели;
- четыре энергосберегающие программы регулирования температуры (постоянная, суточная, недельная и комбинированная);
- сохранение всех уставок в энергонезависимой памяти;
- индикация температуры, времени и всех температурных уставок на четырёхзначном светодиодном дисплее;
- коммутируемая нагрузка внешними оптронными симисторами;
- гальваническая развязка силовых цепей от цепей датчиков;
- последовательный однопроводный интерфейс с компьютером типа MicroLan.

Энергосберегающий регулятор температуры состоит из четырёх функциональных блоков: блока управления (основного блока), блока индикации, блока интерфейса и часов реального времени. Каждый такой функциональный блок выполнен на отдельном микроконтроллере. Электрическая схема регулятора приведена на рис. 1. В регуляторе использованы следующие компоненты: кварцы X1, X2, X4 (4 МГц), резисторы R1 – R4 (2,2 кОм), R5 – R12 (27 Ом),

R13 (1 кОм), R14 (47 Ом), R16 – R19 (330 Ом), конденсаторы C1 – C6 (27 пФ), транзисторы VT1 – VT4 (КТ3102), семисегментные индикаторы с общим анодом.

Блок управления регулятора реализован на микроконтроллере D2 (PIC16F648A). Микроконтроллер выполняет в ЭЦРТ функцию «мастера», управляя работой всех остальных микроконтроллеров. Причём в качестве интерфейса между управляющим микроконтроллером D2 и управляемыми микроконтроллерами D1 и D4 используется однопроводный интерфейс типа MicroLan [2], для чего задействован механизм работы по прерыванию. Это позволяет разместить блок индикации на удалении, в удобном для контроля за работой регулятора месте. Аналогично можно разместить микроконтроллер D4 в непосредственной близости к управляемым симисторам, передавая в силовой блок вместо восьми управляющих сигналов только один. В состав управляющего блока кроме микросхемы D2 также входят кнопки управления и светодиоды VD1 – VD4, сигнализирующие о состоянии терморегулятора. Четыре кнопки предназначены для установки и просмотра параметров регулирования и для управления работой терморегулятора. Нажатие на кнопку «С» приводит к полной инициализации терморегулятора, при этом устанавливается основной режим вывода информации – текущее время. Нажатие на кнопку «+» или «-» приводит к перебору номеров температурных каналов t1 – t8, часов и минут, разделённых точкой. В режиме установки параметров нажатие этих кнопок приводит к увеличению или уменьшению значения параметра. Длительное нажатие на одну из этих кнопок приводит к увеличению скорости опроса клавиатуры. При этом отпускание кнопки приводит к установке исходной скорости опроса. Нажатие на кнопку «*» в режиме перебора номеров каналов приводит к выводу значения уставки данного канала, а в режиме установки или просмотра уставки нажатие на эту кнопку приводит к выходу в режим перебора номеров каналов. Отсутствие нажатий на любую из кнопок в течение 10 с приводит к выходу терморегулятора в основной режим вывода информации: инди-

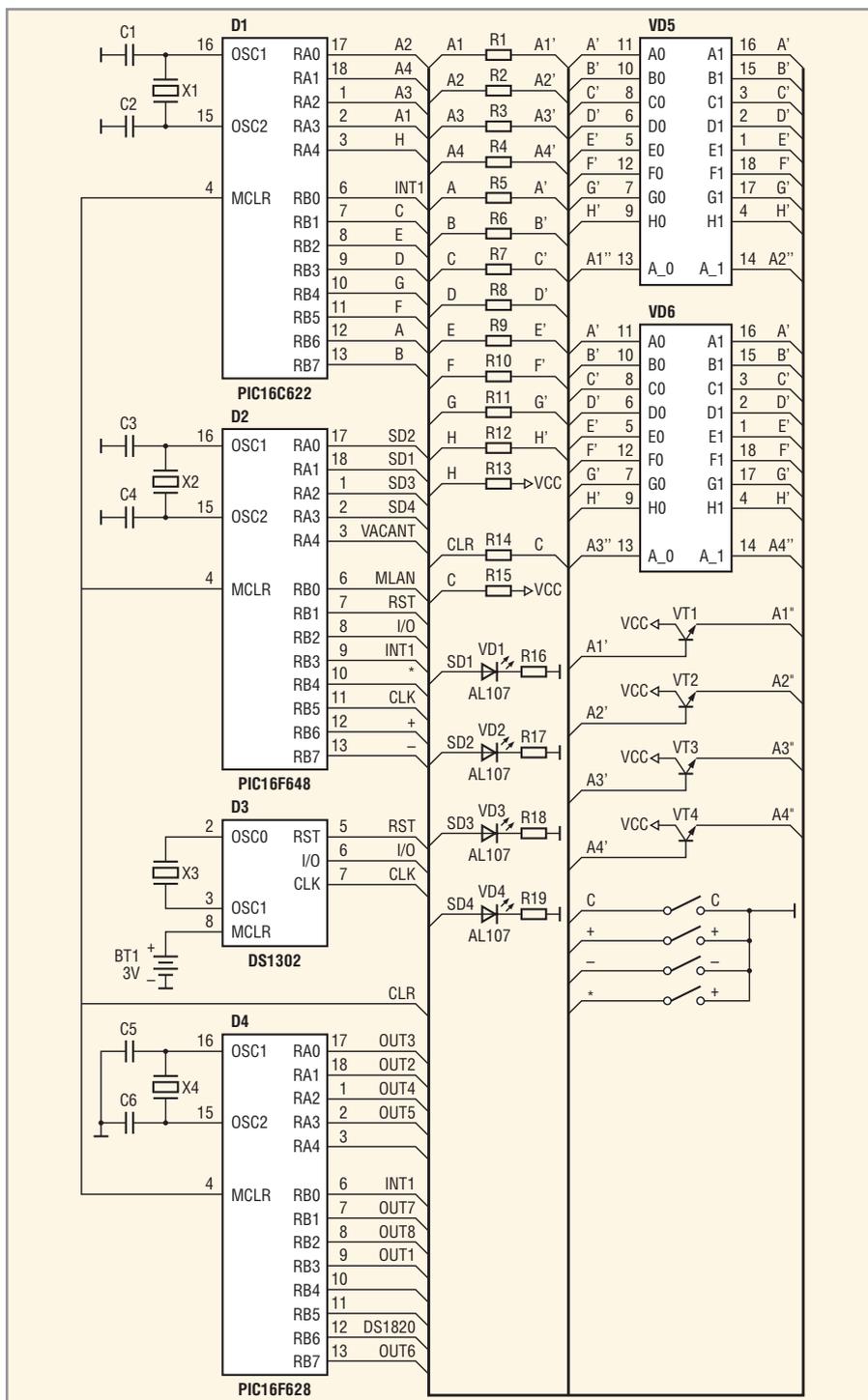


Рис. 1. Электрическая схема ЭЦРТ

кации текущего времени (часы, минуты). Четыре светодиода VD1 – VD4 информируют о включении нагрузки, об аварийной ситуации, о наличии питающего напряжения и о работе интерфейса с компьютером.

В следующем функциональном блоке индикации в качестве программируемого знакогенератора используется микросхема PIC16C622A, которая через резисторы подключена к выводам сегментов светодиодного дисплея на четыре знакоместа. Динамическая индикация осуществляется

коммутацией анодов дисплея с помощью транзисторов VT1 – VT4. На светодиодный дисплей выводится текущая информация о времени, температуре по каждому из каналов, а также уставки каждого из каналов в режиме установки или просмотра параметров. В случае аварийной ситуации выводятся сообщения «ErrX», где X – код ошибки. Код Err1 или Err2 означает отказ соответствующего датчика (обрыв или замыкание), Err0 – неисправность таймера. Отсутствие свечения индикатора или вывод ненормаль-

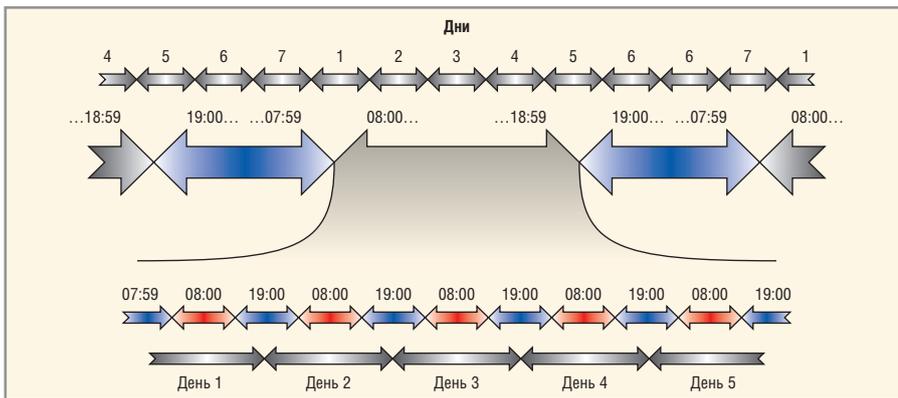


Рис. 2. Процесс регулирования температуры

ных кодов также является аварийной ситуацией. Микроконтроллер выводит на правую пару индикаторов параметры регулирования и данные. На левую пару выводится аббревиатура из двух стилизованных латинских букв (исключениями являются только текущие часы и минуты). В табл. 1 приводятся расшифровки этих аббревиатур от английских слов.

Третий функциональный блок выполнен на микросхеме PIC16F628A и предназначен для формирования выходных сигналов терморегулятора и для сопряжения терморегулятора с цифровыми датчиками температуры DS18S20 по однопроводному интерфейсу типа MicroLan. Все датчики подключены параллельно, и их идентификация производится с помощью уникальных номеров, занесённых в ПЗУ ещё на этапе производства.

И, наконец, четвёртый функциональный блок – часы реального времени DS1302 с резервным питанием на литиевой батарейке. Связь с управляющим микроконтроллером D2 осуществляется по интерфейсу I²C. Кварцевый резонатор X3 имеет частоту 32 768 Гц.

Поясним работу регулятора на примере использования программы недельно-суточного теплорегулиро-

вания. Чтобы запрограммировать регулятор на такое смешанное управление нагревателем по двум уставкам, необходимо:

- переключиться на нужный температурный канал кнопками «+» или «-»;
- нажать на кнопку «*», после чего будут мерцать индикаторы, отображающие основную уставку;
- выставить нужное значение основной уставки, нажимая на кнопку «+» для увеличения текущего значения или на кнопку «-» для уменьшения текущего значения;
- нажать на кнопку «*», после чего будут мерцать индикаторы, отображающие дополнительную уставку;
- выставить нужное значение дополнительной уставки, нажимая на кнопку «+» для увеличения текущего значения или на кнопку «-» для уменьшения текущего значения;
- нажать на кнопку «*», после чего будут мерцать индикаторы, отображающие номер текущей программы регулирования;
- выставить значение номера текущей программы регулирования равным 4, нажимая на кнопку «+» для увеличения текущего значения или на кнопку «-» для уменьшения текущего значения;

Таблица 1. Расшифровки аббревиатур

Аббревиатура	Канал	Расшифровка
dC	Временной	Номер текущего дня (date Current)
dH	Временной	Номер дня начала работы регулятора по основной уставке H (date High)
dL	Временной	Номер дня начала работы регулятора по дополнительной уставке L (date Low)
hH	Временной	Час начала работы регулятора по основной уставке H (hour High)
hL	Временной	Час начала работы регулятора по дополнительной уставке L (hour Low)
F1-8	Температурный	Окно регулирования (Frame)
H1-8	Температурный	Основная уставка (High)
L1-8	Температурный	Дополнительная уставка (Low)
P1-8	Температурный	Номер программы регулирования (Program)
t1-8	Температурный	Температура датчиков (temperature)

- нажать два раза на кнопку «*», или нажать на кнопку «C», или подождать 10 с;
- переключиться на временной канал кнопками «+» или «-»;
- нажать три раза на кнопку «*», после чего начнут мерцать индикаторы, отображающие час начала работы регулятора по основной уставке;
- выставить нужное значение часа начала работы регулятора по основной уставке, нажимая на кнопку «+» для увеличения текущего значения или на кнопку «-» для уменьшения текущего значения;
- нажать на кнопку «*», после чего будут мерцать индикаторы, отображающие час начала работы регулятора по дополнительной уставке;
- выставить нужное значение часа начала работы регулятора по дополнительной уставке, нажимая на кнопку «+» для увеличения текущего значения или на кнопку «-» для уменьшения текущего значения;
- нажать два раза на кнопку «*», после чего будут мерцать индикаторы, отображающие номер дня начала работы регулятора по основной уставке;
- выставить нужное значение номера дня начала работы регулятора по основной уставке, нажимая на кнопку «+» для увеличения текущего значения или на кнопку «-» для уменьшения текущего значения;
- нажать на кнопку «*», после чего начнут мерцать индикаторы, отображающие номер дня начала работы регулятора по дополнительной уставке;
- выставить нужное значение номера дня начала работы регулятора по дополнительной уставке, нажимая на кнопку «+» для увеличения текущего значения или на кнопку «-» для уменьшения текущего значения;

Таблица 2. Параметры регулирования, установленные для смешанного управления регулятором

Параметр	Значение
Основная уставка	15°C
Дополнительная уставка	22°C
Час начала работы регулятора по основной уставке	19
Час начала работы регулятора по дополнительной уставке	8
Номер дня начала работы регулятора по основной уставке	5
Номер дня начала работы регулятора по дополнительной уставке	1

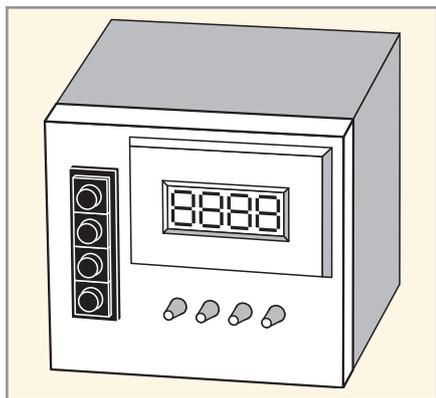


Рис. 3. Внешний вид ЭЦРТ

- нажать на кнопку «*», или нажать на кнопку «С», или подождать 10 с.

Пусть после перечисленных манипуляций параметры регулирования в одном из восьми каналов были установлены такими, как в табл. 2. Тогда в дни с номерами 6, 7 круглосуточное регулирование температуры будет вестись по основной уставке (т.е. если температура на датчике упадет ниже 15°C, то будет включен нагреватель, который выключится только тогда,

когда температура на датчике станет равной 15°C). В дни же с номерами 1 – 5 ежедневно с 00:00 до 07:59 и с 19:00 до 23:59 регулирование температуры будет вестись по основной уставке, а с 08:00 до 18:59 – по дополнительной уставке (т.е. если температура на датчике упадет ниже 22°C, то будет включен нагреватель, который выключится только тогда, когда температура на датчике станет равной 22°C).

Этот процесс проиллюстрирован на рис. 2.

Таким образом, с помощью ЭЦРТ может быть реализован энергосберегающий режим отопления производственных помещений, когда в субботу и воскресенье круглосуточная температура будет поддерживаться на уровне 15°C и только в рабочие дни и часы будет обеспечиваться более комфортная температура 22°C. Конструктивно ЭЦРТ оформлен в корпусе, укрепляемом на дин-рейку (см. рис. 3) [3].

Применение в ЭЦРТ трёх микроконтроллеров позволило выделить функциональные блоки (индикации

и интерфейса) с устойчивым и хорошо отлаженным программным обеспечением, которое не требует дальнейших изменений. Все доработки и усовершенствования касаются только одного функционального блока, что и ускоряет разработку программного обеспечения для новых моделей программируемых устройств с более совершенными алгоритмами. Такой же подход был заложен в основу построения энергосберегающего регулятора температуры с дистанционным управлением по GSM-каналу [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартев В. Цифровые датчики температуры и их применение. Датчики и системы. 2004. № 12.
2. MicroLAN – новая концепция построения однопроводной сети. Перспективные изделия, сб. Москва: Додэка, 1996. Вып. 2.
3. Энергосбережение – концепция и технологии ОАО ВНИИРТ (www.digiterm.ru).
4. Бартев В. Регулятор температуры с дистанционным управлением по GSM-каналу. Современная электроника. 2006. № 9. ©

Новости мира News of the World Новости мира

IBM объявляет о разработке оптического устройства, которое позволит повысить производительность компьютеров

Корпорация IBM объявила о разработке устройства, способного замедлять поток света в кремниевой микросхеме. Это изобретение позволит в будущем использовать в компьютерах оптические коммуникационные компоненты для достижения более высокой производительности.

Исследователи понимали, что использование оптических сигналов вместо электрических для передачи данных в компьютерной микросхеме могло бы обеспечить значительное повышение производительности, поскольку световые сигналы могут быстрее передавать большие объёмы информации. Однако важнейшим условием управления потоком информации является «буферизация», или временное удержание данных в микросхеме.

Длительного удержания данных можно добиться, пропуская свет через оптические волокна. Однако существующие сегодня «линии задержки» являются слишком большими для использования в микрочипах, в которых пространство является дефицитным и дорогостоящим. Для практической интеграции таких ли-

ний задержки в микросхеме их площадь должна быть значительно меньше одного квадратного миллиметра, а их конструкция должна быть совместима с существующими технологиями производства микросхем.

Учёные IBM смогли уложиться в данные размеры и обеспечить необходимый уровень контроля светового сигнала, пропустив его через кремниевую оптическую линию задержки нового типа, состоящую из 100 последовательных «микрорезонаторов», которые созданы с использованием CMOS-технологии. Если оптический волновод изогнут в кольцо, то, пропуская свет по кругу много раз, можно обеспечить его задержку. Оптическое буферное устройство на основе этой простой концепции позволяет кратковременно хранить 10 бит оптической информации на площади размером 0,03 квадратных миллиметра. Это 10% плотности размещения информации на флоппи-диске и значительное усовершенствование в сравнении с предыдущими результатами. Подобное усовершенствование позволит интегрировать в компьютерный чип сотни таких устройств и является важным шагом в направлении реализации в микросхемах оптических коммуникаций.

<http://www.research.ibm.com>.

Официально опубликована спецификация PCI Express 2.0 – максимальная скорость удвоена

Группа PCI-SIG, ответственная за стандартизацию PCI Express, объявила о выходе новой версии спецификаций PCI Express Base 2.0. Новая версия стала результатом 60-дневного рассмотрения предварительной версии, включающей предложения участников организации. Наиболее заметным усовершенствованием новой спецификации является удвоение скорости потока. Кстати, для её обозначения используется величина GT/s (GigaTransfers per second – миллиардов пересылок в секунду), а не Гбит/с, встречающаяся в некоторых материалах. В новой версии PCI Express максимальная скорость возросла с 2,5 до 5 GT/s. Более скоростная схема передачи сигналов позволила увеличить суммарную пропускную способность 16-линейного соединения (x16) примерно до 16 Гбайт/с. Кроме того, в спецификации PCI Express Base 2.0 есть и другие улучшения, которые позволят разработчикам создавать более интеллектуальные устройства, оптимизировать их энергопотребление и сохранить совместимость с имеющимся оборудованием.

<http://www.pcisig.com>