

ВОСЬМИЗАРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Современная тенденция в области разработки микропроцессорных управляющих систем состоит в наращивании мощности вычислителей, переходе к 16- и 32-разрядным контроллерам и промышленным персональным компьютерам (ПК), в использовании операционных систем (ОС), построении многоуровневой иерархии интерфейсов. Подобный подход, при всех его положительных сторонах: модульности, снижении трудоемкости разработки, стандартизации протоколов и т. д., не всегда применим в российских условиях. Причина — значительная степень избыточности, приводящая к недопустимо высокой цене.

Аркадий Ключев
Павел Кустарев
Алексей Платунов

lmt@d1.ifmo.ru

Между тем существует и продолжает активно развиваться класс восьмиразрядных микроконтроллеров и микросхем поддержки. Они могут использоваться не только для создания простейших устройств управления: регуляторов, контроллеров бытовой техники интеллектуальных периферийных модулей, но и для создания достаточно сложных локальных и распределенных комплексов промышленной автоматики, таких как системы учета энергоресурсов, контроля доступа, управления микроклиматом и др. Примерами подобных микроконтроллеров могут служить семейства PICmicro (Microchip Inc.), Z8 (Zilog Inc.), COP8 (National Semiconductor Co.).

Сформулируем требования к типовой управляющей системе рассматриваемого класса, наиболее приемлемые для отечественного рынка:

- минимальная стоимость (до 10 USD за канал ввода/вывода);
- надежность функционирования в «жестких» условиях. Практический опыт показывает, что «жесткие» условия проявляются порой самым неожиданным образом;
- ориентация как на специальные коммуникации, так и на имеющиеся на предприятиях и в зданиях сети: телефонные, охранные, электропитания;
- низкие требования к качеству электропитания;
- доступность элементной базы и комплектующих в России;
- невысокая технологическая сложность изделия (печатных плат, монтажа);
- соответствие стандартам по электрическим параметрам, коммуникационным протоколам, инструментальным средствам;
- наличие средств конфигурирования и прикладного программирования системы конечным пользователем.

Анализ элементной базы восьмиразрядных микроконтроллеров показывает, что основным ограничением при решении широкого круга задач является объем резидентной памяти программ и данных. При традиционном проектировании это частично преодолевается за счет тщательного программирования, которое может быть реализовано только специалистом. Следствием такого положения вещей является невозможность программирования относительно сложной прикладной задачи конечным пользователем. Либо пользователю предоставляются контроллеры-полуфабрикаты и простые инструментальные средства, которыми он не может эффективно воспользоваться, либо система разрабатывается «под ключ» специализированной фирмой. Требования распределенности топологии и вычислений в современных системах автоматики и необходимость соответствия стандартам контроллерных сетей (Fieldbus) дополнительно усугубляют ситуацию.

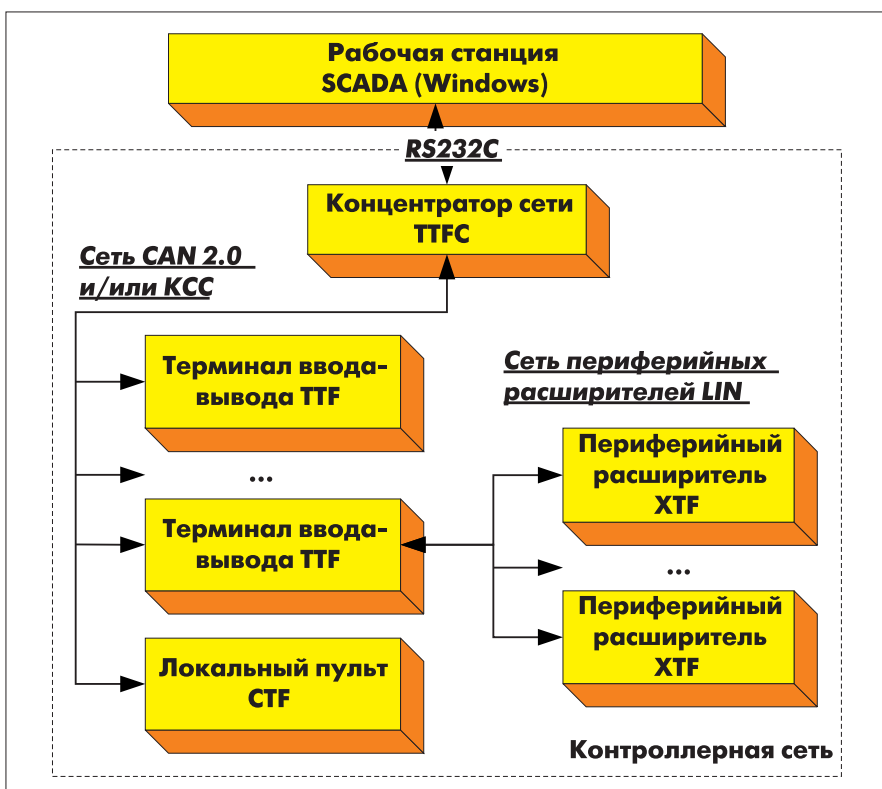


Рис. 1. Структура КТС «БРИЗ»

Удачным решением указанной проблемы является использование традиционной для программируемых логических контроллеров (PLC) технологии виртуальной машины, с высокоуровневым языком программирования, который реализуется в рамках ограниченных ресурсов современных восьмиразрядных микроконтроллеров.

Обычно к преимуществам такой технологии относят:

- повышение уровня программирования за счет создания интерпретатора входного языка;
- сокрытие средствами виртуальной машины деталей вычислительного процесса (прерывания, синхронизация и т. д.);
- повышение надежности и безопасности функционирования системы средствами виртуальной машины.

Преодолеть ограничения резидентной памяти микроконтроллера можно путем использования внешних элементов памяти с последовательным интерфейсом (I2C, SPI). Современная номенклатура микросхем позволяет организовать массивы энергонезависимой памяти (E2PROM, FLASH) объемом от 16 байт до 8 Мбайт, что покрывает большинство применений. Технология виртуальной машины позволяет использовать подобную память для хранения прикладных программ и данных. Кроме того, в эту память могут выноситься части системных алгоритмов, некритичные к скорости выполнения.

Опыт реализации ряда проектов показывает, что потери производительности при такой организации не превышают 2–5 раз, что в большинстве случаев приемлемо при тактовой частоте современных микроконтроллеров 1–40 МГц.

Подобная технология проектирования успешно применяется в контроллерах комплекса технических средств (КТС) «БРИЗ». Данный комплекс разработан в Санкт-Петербурге фирмой «ЛМТ» по заказу и при участии ЗАО «БТКиО». В настоящее время модули КТС «БРИЗ» производятся серийно, используются в системах автоматизации промышленных зданий, в системах железнодорожной автоматики и имеют пятилетний опыт эксплуатации.

Структура КТС «БРИЗ»

КТС «БРИЗ» используется как распределенное вычислительное ядро автономных систем сбора данных и управления с возможностью обслуживания разнотипных каналов ввода/вывода: дискретных, аналоговых. Для визуализации данных и управления системой используется специально разработанная или стандартная SCADA на внешнем ПК и локальный пульт оператора.

Важной особенностью «БРИЗ», определяющей ее эффективность, масштабируемость и живучесть при отказах отдельных компонентов, является способность работать как в режиме централизованного регулирования SCADA, так и в режиме переноса локальных функций управления на контроллеры, вплоть до полного исключения SCADA.

Обобщенная структура КТС «БРИЗ» представлена на рис. 1. Система включает до 127 контроллеров семейства ТТФ, в том числе терминалы ввода/вывода ТТФ, концентратор сети ТТФ С, локальный пульт оператора СТФ. Число каналов ввода-вывода может быть увеличено подключением к контроллерам периферийных расширителей ХТФ. Для связи концентратора сети с ПК используется гальванически изолированный интерфейс RS-232С.

В качестве протоколов основной вычислительной сети выбраны CAN 2.0, а также специально разработанный протокол КСС. Интерфейс CAN 2.0 занимает ведущее положение в данной области, широко поддержан в мире на уровне элементной базы, стандартных модулей и программных средств. Протокол КСС ориентирован на передачу данных по каналам телефонной связи, сигнализации и аналогичным двухпроводным линиям. Реализация последнего не требует дорогостоящих модемов (ни внешних, ни встроенных) и выделенных коммуникаций. Предусмотрена возможность организации смешанных сетей CAN 2.0/ КСС с отдельными или едиными коммуникационными каналами.

В качестве интерфейса периферийных расширителей выбран перспективный стандарт LIN, поддерживаемый ведущими электронными корпорациями: Motorola, Siemens, Atmel и другими.

Характеристики КТС «БРИЗ» представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Значение		Ед. изм.
	CAN 2.0	КСС	
Протяженность	2500	10000	м
Число контроллеров	127	62	шт.
Число периферийных расширителей у одного контроллера	16	16	шт.
Число каналов ввода/вывода	под управлением SCADA	2048	шт.
	в автоматическом режиме	64	шт.
Цикл обмена с выделенным контроллером	50	300	мс
Полный цикл обмена (при макс. количестве контроллеров)	1.5	20	с
Напряжение питания	40..20	70..7	В
Потребляемая контроллером мощность	0.6	0.6	Вт
Электропитание по кабелю связи	есть	есть	-

Семейство контроллеров ТТФ

Вычислительной базой системы ТМ/ТУ «БРИЗ» являются унифицированные контроллеры семейства ТТФ, выпускаемые ООО «ЛМТ». Представители семейства имеют единую внутреннюю организацию и элементную базу, близкие электрические, эксплуатационные и конструктивные параметры, поддерживают общие протоколы взаимодействия. Надежность и эффективность функционирования контроллеров обеспечивается использованием импортной элементной базы и прогрессивными автоматизированными технологиями производства.

Ядром контроллеров являются однокристальные микроЭВМ (ОКМЭВМ) PICmicro (Microchip) или AVR (Atmel). Микросхемы обоих семейств представлены в России многими поставщиками, недороги (до 10 USD), поддерживаются инструментарием и отлаженной

технологией производства изделий. ОКМЭВМ PICmicro за годы отлично зарекомендовали себя во многих высоконадежных приложениях, поэтому используются в большинстве модулей КТС «БРИЗ». Схожие по организации, микроконтроллеры AVR используются в контроллерах, требующих несколько больших объемов памяти.

Список периферийных каналов, реализованных в семействе ТТФ, включает:

- гальванически изолированные дискретные каналы ввода на напряжения 24 и 220 В;
- аналоговые каналы ввода 0–5 В с 8-разрядным АЦП;
- каналы ввода с цифровых датчиков температуры типа DS1820 (Dallas Semiconductor);
- переключаемые релейные выходы на коммутируемый ток 1 А при напряжении 220 В;
- выходы аналогового напряжения 0–10 В, 10 мА.

Контроллеры имеют адаптер одного из двух основных интерфейсов КТС «БРИЗ»: CAN 2.0 или КСС и могут поддерживать интерфейс периферийных расширителей LIN.

Сами периферийные расширители имеют схожее ядро и проектируются под конкретные агрегаты, например для управления электродвигателями различных типов.

Контроллеры ТТФ выпускаются в виде печатных плат для встраивания в приборы и агрегаты или в стандартном влагозащитном корпусе для настенного монтажа ROSE PCI 07-6. Внешние коммуникации подключаются через винтовые клеммные колодки.

Номенклатура и параметры контроллеров семейства ТТФ приведены в табл. 2.

Ряд модулей семейства ТТФ выпускается в исполнении с повышенной надежностью, для использования в автономных системах кондиционирования воздуха транспортных средств. Улучшение параметров обеспечивается дополнительными средствами активной и пассивной защиты контроллеров от сбоев.

Конфигурирование КТС «БРИЗ»

Контроллеры семейства ТТФ поддерживают два уровня конфигурирования, доступных конечному пользователю.

1. Настройка сетевой подсистемы: логических каналов передачи данных, форматов данных, режимов обмена. Данный уровень поддержан только в CAN-контроллерах ТТФ5.

Таблица 2

Наименование параметра		Тип контроллера				
		TTF4	TTF4C	TTF5	TTF5C	CTF5
		TU3428-001-43475370-99				
Функция контроллера		ввод/вывод	концентратор сети	ввод/вывод	концентратор сети	локальный пульт
Тип сети		KCC	KCC	CAN 2.0	CAN 2.0	CAN 2.0
Периферийный интерфейс		-	-	-	-	LIN
Тип ОКМЭВМ		PIC16C73	PIC16C73	PIC16F877	PIC16F877	Atmega103
Каналы ввода-вывода	Аналоговый ввод 0–5 В	2	-	3	-	-
	Дискретный ввод 220 В 0–50 Гц	4	-	4	-	-
	Дискретный ввод 24 В 0–50 Гц	2	-	2	-	-
	Цифровые термодатчики	3	-	3	-	4
	Переключаемые релейные выходы 1 А	4	-	4	-	-
Аналоговый выход 0–10 В		1	-	2	-	-
Напряжение питания		70..7	70..7	40..20	40..20	40..20
Потребляемая мощность		0.6 (0.03 ¹)	0.6 (0.03 ¹)	0.6	0.6	0.8 (4.5 ²)
Кабель питания/связи		2 жилы	2 жилы	4 жилы	4 жилы	4 жилы
Габаритные размеры платы		156x74x32	156x74x32	156x74x32	156x74x32	156x74x32
Габаритные размеры корпуса		180x95x57	180x95x57	180x95x57	180x95x57	180x95x57

¹ Маломощная реализация для питания от телефонной линии.

² При работе с включенной подсветкой жидкокристаллического индикатора.

2. Прикладное программирование: настройка системы на исполнение алгоритмов управления конечным пользователем.

Конфигурирование первого уровня обеспечивается использованием прикладного протокола сети CAN 2.0 и коммуникационных профилей в стандарте CANopen (CiA Draft Standard 301 ver. 4.01). Поддержаны все основные механизмы CANopen (PDO, SDO, Network Management, Synchronisation, TimeStamp, Emergency и др.), для терминалов ввода/вывода реализован сокращенный вариант профиля «Device profile for generic I/O modules. CiA Draft Standard. Version 2.0». Не используется динамическая настройка соединений — только

Predefined Connection Set; модули TTF5C и CTF5 — MASTER, модули TTF5 — SLAVE.

Прикладной алгоритм (2 уровень) описывается на подмножестве языка программирования PLC IEC-1131 и преобразуется специальным транслятором в исполняемый код встроенной в контроллеры стековой виртуальной машины. Прикладные программы сохраняются в энергонезависимой памяти контроллера и не требуют перезагрузки при каждом старте.

Для конфигурирования контроллеров на всех уровнях разработан инструментальный программный комплекс, работающий на ПК под управлением ОС Windows.

Области применения и перспективы развития

На базе КТС «БРИЗ» могут быть реализованы:

- локальные и распределенные системы контроля микроклимата и кондиционирования зданий и помещений;
- автономные системы кондиционирования на транспортных средствах;
- бытовые и промышленные системы учета энергоресурсов;
- комплексы аварийной сигнализации;
- охранные системы;
- системы ограничения доступа;
- системы управления освещением;
- другие системы сбора информации и телеуправления.

Номенклатура модулей КТС «БРИЗ» постоянно расширяется. В настоящее время в стадии разработки находятся мощные контроллеры, ориентированные на построение закрытых систем автоматического управления с возможностью подключения к внешним SCADA через сети Ethernet и через Интернет.

Литература

1. Новиков Г. И., Платунов А. Е. Сквозное автоматизированное проектирование микропроцессорных систем. Изв. вузов. Приборостроение, 2000. Т. 43, № 1–2. С. 35–39.
2. Ремизевич Т. В. Микроконтроллеры встраиваемых приложений: от общих подходов к семействам HC05 и HC08 фирмы Motorola. М. Додэка, 2000. С. 272.
3. Однокристалльные микроконтроллеры PIC12C5x, PIC16x8x, PIC14000, M16C/61,62, пер. с англ. Б. Я. Прокопенко. М. Додэка, 2000. С. 336.