

УДК 681.518.3:681.518.5

В.А.Колесников, Т.С.Намазбаев, В.Ю.Моисеенко

Институт «Акционерное общество «Казчерметавтоматика», Караганда

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА AVR
В СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВАХ АВТОМАТИЗАЦИИ
И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСАХ**

Мақала AVR тектес микробақылағыштар негізінде әзірленген осы заманғы мамандандырылған автоматика құралы мен бағдарламалы-аспаптық кешендерге арналған. Ол жабдықтың негізгі құрамдық және жұмыс істеу сұлбасы келтірілген. Жабдықты әзірлеудің негізгі кезеңдері сипатталып, AVR тектес микробақылағыштар негізінде мамандандырылған жабдықтар мен аспаптарды құрастыру әдісі қалыптасқан.

This article is devoted to development of modern specialized means of automatics and hardware-software complexes on the basis of microcontrollers of group AVR. There is the description of microcontrollers in the article, and there are also specialized hardware means based on microcontrollers of group AVR. The cores structural and functions charts of the specialized equipment are resulted. The basic development cycles of the specialized equipment are described. The technique of construction of the modern specialized equipment and the equipment on the basis of microcontrollers of group AVR is developed.

Современная мировая экономика, промышленность и наука делают акцент не столько на материальные ценности, сколько на интеллектуальный потенциал. В связи с этим встает острая проблема выбора между зарубежными экземплярами опытных и промышленных приборов и экспериментальных установок и отечественными аналогами специализированных средств контроля и учета, а также сложных программно-аппаратных комплексов, удовлетворяющих современным требованиям к точности, быстродействию, качеству и способу представления полученной в ходе эксперимента или работы информации.

Практически в любой отрасли науки или промышленности существуют и постоянно появляются новые серьезные, острые, требующие значительных интеллектуальных усилий вопросы, связанные с высокоточным контролем и учетом различных технологических параметров и величин, а также с системами автоматизированного мониторинга и управления. Без решения этих вопросов невозможно широкое внедрение передовых технологических процессов и современного высокопроизводительного технологического оборудования, ведь прогресс технического развития в науке и промышленности связан не только с созданием принципиально новых технологий, нового оборудования увеличенной единичной мощности, но и с уровнем их интеллектуальной оснащенности современными средствами мониторинга, управления и автоматизации. Вместе с этим современные научные эксперименты требуют применения оборудования, которое значительно отличается по своим техническим и технологическим характеристикам от аппаратуры, используемой в настоящее время.

Основными потребителями современной интеллектуальной технической промышленной продукции являются предприятия АО «МитталСтил», АО «ТНК «Казхром»», ТОО «Корпорация Казахстан», ТОО «Евромет», Магнитогорский и Челябинский металлургические комбинаты, а потребителями специализированного научного оборудования — горноспасательные организации по Карагандинской области Министерства чрезвычайных ситуаций Республики Казахстан, Карагандинская государственная медицинская академия, Высшая школа спортивного мастерства и т.д. Потенциальные

потребители специализированных систем удаленного мониторинга — коммунальные городские службы и организации.

К промышленной интеллектуальной технической продукции можно отнести: весовой комплекс электротензорезисторный нового поколения, газоанализатор микропримесей в инертных газах, автоматизированную систему получения спецкокса, автоматизированную информационную систему мониторинга и управления на железнодорожном транспорте горных предприятий на базе спутниковой навигации, специализированную систему определения температуры проволоки волочильного стана и т.д., а к специализированному научному оборудованию — автоматизированную систему определения психофизиологического состояния человека, автоматизированный программно-аппаратный комплекс для регистрации движения общего центра масс человека, специализированную систему определения физико-химических свойств крови больных с хронической почечной недостаточностью и т.д.

Применение зарубежных приборов, оборудования и опытных установок не позволяет в полном объеме использовать заложенный в них потенциал, так как в основном это оборудование разрабатывается под конкретные условия проведения работ или опытов, которые в очень редких случаях совпадают с требованиями и условиями отечественной науки и промышленности. Разработка же специализированного оборудования за рубежом на заказ требует значительных материальных затрат.

Так, например, применение конвейерных весов фирмы Siemens требует наличия специальных условий эксплуатации, а также специализированных средств их обслуживания, что вызывает значительные дополнительные материальные затраты, конвейерные весы производства фирм дальнего зарубежья не удовлетворяют современным требованиям к точности, быстродействию, а также условиям эксплуатации.

Таким образом, разработка и создание отечественного парка современных специализированных приборов, оборудования, аппаратуры и программно-аппаратных средств позволяют с блеском решать как узкие специализированные научные, так и широкие производственные задачи практически в любом промышленном, коммунальном и медицинском направлении.

Использование современных высокопроизводительных микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel позволяет решить большинство вопросов, встающих перед разработчиком средств контроля, учета и автоматизации. А использование приборов, оборудования и специализированных программно-аппаратных комплексов на базе микроконтроллеров AVR — широкий спектр задач контроля, учета и автоматизации большинства современных производственных предприятий Республики Казахстан и стран СНГ.

Окончательный выбор разработчиком той или иной микропроцессорной платформы для реализации своей задачи зависит от большого числа разнообразных факторов, включая экономические. Но обычно первостепенным условием остается получение максимально выгодного соотношения «цена–производительность–энергопотребление», определяемого сложностью решаемой задачи.

AVR представляют собой мощный инструмент для создания современных высокопроизводительных и экономичных многоцелевых контроллеров. На настоящий момент соотношение «цена–производительность–энергопотребление» для AVR является одним из лучших на мировом рынке 8-разрядных микроконтроллеров. Можно считать, что AVR постепенно становится еще одним индустриальным стандартом среди 8-разрядных микроконтроллеров общего назначения.

Области применения AVR многогранны — это интеллектуальные автомобильные датчики различного назначения, игрушки, игровые приставки, материнские платы персональных компьютеров, контроллеры защиты доступа в мобильных телефонах, детекторы дыма и пламени, бытовая техника, модемы различных типов, современные зарядные устройства, изделия класса Smart Cards и устройства чтения для них, спутниковые навигационные системы для определения местоположения автомобилей на трассе, сложная бытовая техника, пульты дистанционного управления, сетевые карты, сотовые телефоны нового поколения, а также, различные и разнообразные промышленные системы контроля и управления, аналоговые (NMT, ETACS, AMPS) и цифровые (GSM, CDMA) мобильные телефоны, принтеры и ключевые контроллеры для них, контроллеры аппаратов факсимильной связи и ксероксов, контроллеры современных дисковых накопителей, CD-ROM и т.д.. Наряду с этим надежность микроконтроллеров семейства AVR позволяет использовать их для построения сложных специализированных систем автоматизации, контроля и управления и высокоточного оборудования и аппаратуры.

Все AVR имеют flash-память программ, которая может быть загружена как с помощью обычного программатора, так и с помощью SPI-интерфейса, в том числе непосредственно на целевой плате. Число циклов перезаписи — не менее 1000. Все AVR имеют также блок энергонезависимой электри-

чески стираемой памяти данных EEPROM. Этот тип памяти, доступный программе микроконтроллера непосредственно в ходе ее выполнения, удобен для хранения промежуточных данных, различных констант, таблиц перекодировок, калибровочных коэффициентов и т.п. EEPROM также может быть загружена извне, как через SPI интерфейс, так и с помощью обычного программатора. Число циклов перезаписи — не менее 100000. Два программируемых бита секретности позволяют защитить память программ и энергонезависимую память данных EEPROM от несанкционированного считывания.

Внутренний тактовый генератор AVR может запускаться от нескольких источников опорной частоты (внешний генератор, внешний кварцевый резонатор, внутренняя или внешняя RC-цепочка). Поскольку AVR-микроконтроллеры полностью статические, минимальная допустимая частота ничем не ограничена (вплоть до пошагового режима). Максимальная рабочая частота определяется конкретным типом микроконтроллера.

Микроконтроллеры AVR имеют в своем составе от 1 до 4 таймеров/счетчиков общего назначения с разрядностью 8 или 16 бит, которые могут работать и как таймеры, от внутреннего источника опорной частоты, и как счетчики внешних событий, с внешним тактированием.

Порты ввода/вывода AVR имеют число независимых линий «Вход/Выход» от 3 до 53. Каждый разряд порта может быть запрограммирован на ввод или вывод информации. Мощные выходные драйверы обеспечивают токовую нагрузочную способность 20 мА на линию порта (втекающий ток) при максимальном значении 40 мА, что позволяет, например, непосредственно подключать к микроконтроллеру светодиоды и биполярные транзисторы. Общая токовая нагрузка на все линии одного порта не должна превышать 80 мА (все значения приведены для напряжения питания 5 В).

Интересная архитектурная особенность построения портов ввода/вывода у AVR заключается в том, что для каждого физического вывода существует 3 бита контроля/управления, а не 2, как у распространенных 8-разрядных микроконтроллеров (Intel, Microchip, Motorola и т.д.). Упрощенная структурная схема элемента ввода/вывода AVR — микроконтроллера приведена на рисунке 1. Здесь DDRx — бит контроля направления передачи данных и привязки вывода к шине питания (VCC), PORTx — бит привязки вывода к VCC и бит выходных данных, PINx — бит для отображения логического уровня сигнала на физическом выводе микросхемы.

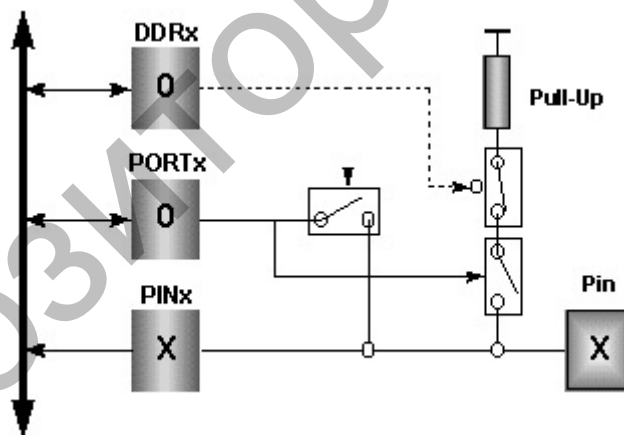


Рис. 1. Упрощенная структурная схема элемента ввода/вывода AVR

Использование только двух бит контроля/управления порождает ряд проблем при операциях типа «чтение–модификация–запись». Например, если имеют место две последовательные операции «чтение–модификация–запись», то первый результат может быть потерян безвозвратно, если вывод порта работает на емкостную нагрузку и требуется некоторое время для стабилизации уровня сигнала на внешнем выводе микросхемы. Архитектура построения портов ввода/вывода AVR с тремя битами контроля/управления позволяет разработчику полностью контролировать процесс ввода/вывода. Если необходимо получить реальное значение сигнала на физическом выводе микроконтроллера, нужно прочитать содержимое бита по адресу PINx. Если требуется обновить выходы, нужно прочитать PORTx-защелку, а потом модифицировать данные. Это позволяет избежать необходимости иметь копию содержимого порта в памяти для безопасности и повышает скорость работы микроконтроллера при работе с внешними устройствами. Особую значимость приобретает данная возможность AVR для реализации систем, работающих в условиях внешних электрических помех.

Аналого-цифровой преобразователь построен по классической схеме последовательных приближений с устройством выборки/хранения. Каждый из аналоговых входов может быть соединен со входом устройства выборки хранения через аналоговый мультиплексор. Устройство выборки/хранения имеет свой собственный усилитель, гарантирующий, что измеряемый аналоговый сигнал будет стабильным в течение всего времени преобразования. Разрядность аналого-цифрового преобразователя составляет 10 бит при нормируемой погрешности ± 2 разряда. Аналого-цифровой преобразователь может работать в двух режимах — однократное преобразование по любому выбранному каналу и последовательный циклический опрос всех каналов. Время преобразования выбирается программно, с помощью установки коэффициента деления частоты специального делителя, входящего в состав блока аналого-цифрового преобразователя.

AVR функционируют в широком диапазоне питающих напряжений от 1,8 до 6,0 В. Энергопотребление в активном режиме зависит от величины напряжения питания, частоты, на которой работает AVR, и конкретного типа микроконтроллера. Температурные диапазоны работы микроконтроллеров AVR — коммерческий (0...70 °С) и промышленный (-40...+85 °С).

С точки зрения программиста AVR представляет собой 8-разрядный RISC-микроконтроллер, имеющий быстрый Гарвардский процессор, память программ, память данных, порты ввода/вывода и различные интерфейсные схемы.

Гарвардская архитектура AVR реализует полное логическое и физическое разделение не только адресных пространств, но и информационных шин для обращения к памяти программ и к памяти данных, причем способы адресации и доступа к этим массивам памяти также различны. Подобное построение уже ближе к структуре цифровых сигнальных процессоров и обеспечивает существенное повышение производительности. Центральный процессор работает одновременно как с памятью программ, так и с памятью данных, разрядность шины памяти программ расширена до 16 бит.

Система команд AVR весьма развита и насчитывает до 133 различных инструкций. Почти все команды имеют фиксированную длину в одно слово — 16 бит, что позволяет в большинстве случаев объединять в одной команде и код операции, и операнд. Лишь немногие команды имеют размер в два слова — 32 бит и относятся к группе команд вызова процедуры CALL, длинных переходов в пределах всего адресного пространства JMP, возврата из подпрограмм RET и команд работы с памятью программ LPM. Различают пять групп команд AVR: условного ветвления, безусловного ветвления, арифметические и логические операции, команды пересылки данных, команды работы с битами.

Использование микроконтроллеров семейства AVR позволяет значительно увеличить скорость разработки готового приложения, а также снизить материальные затраты.

На базе микроконтроллера AVR — Atmega128 построен современный электротензорезисторный весовой комплекс нового поколения.

Структурная схема весового комплекса приведена на рисунке 2.

Комплекс обеспечивает точность взвешивания 1 % в диапазоне от 0 до 20 % и от 80 до 100 % максимальной линейной плотности и 0,5 % в диапазоне (20–80)% максимальной линейной плотности. На основе полученных от блока АЦП данных происходит вычисление мгновенной производительности и мгновенной массы. Эти значения могут отображаться на семисегментном информационном табло, также возможно отображение значения массы нарастающим итогом. Процент загрузки конвейера отображается на жидкокристаллическом индикаторе. Здесь же отображаются пункты меню, с помощью которых можно просмотреть информацию с датчиков в кодах АЦП, нарастающий итог массы, мгновенно вычисленное значение времени. Информация о мгновенной массе и производительности передается на верхний информационный уровень. Пропорционально мгновенной производительности выдается токовый сигнал (4–20) мА для управления агрегатами.

Конструкция механической части комплекса отличается простотой, отсутствием подпятников и шатунов, монтаж производится с использованием штатных роликоопор. Проблемы возникают при монтаже весов на старые, перекошенные конвейерные станы, здесь осуществляется выравнивание рам с помощью металлических прокладок. Расположение рам производится таким образом, что тензорезисторные датчики находятся по обе стороны конвейерной ленты, что помогает избежать увеличения погрешности взвешивания из-за неравномерностей погрузки транспортируемого материала и смещения транспортной ленты. Встречное (согласное) расположение рам также уменьшает динамические составляющие погрешности взвешивания [1].

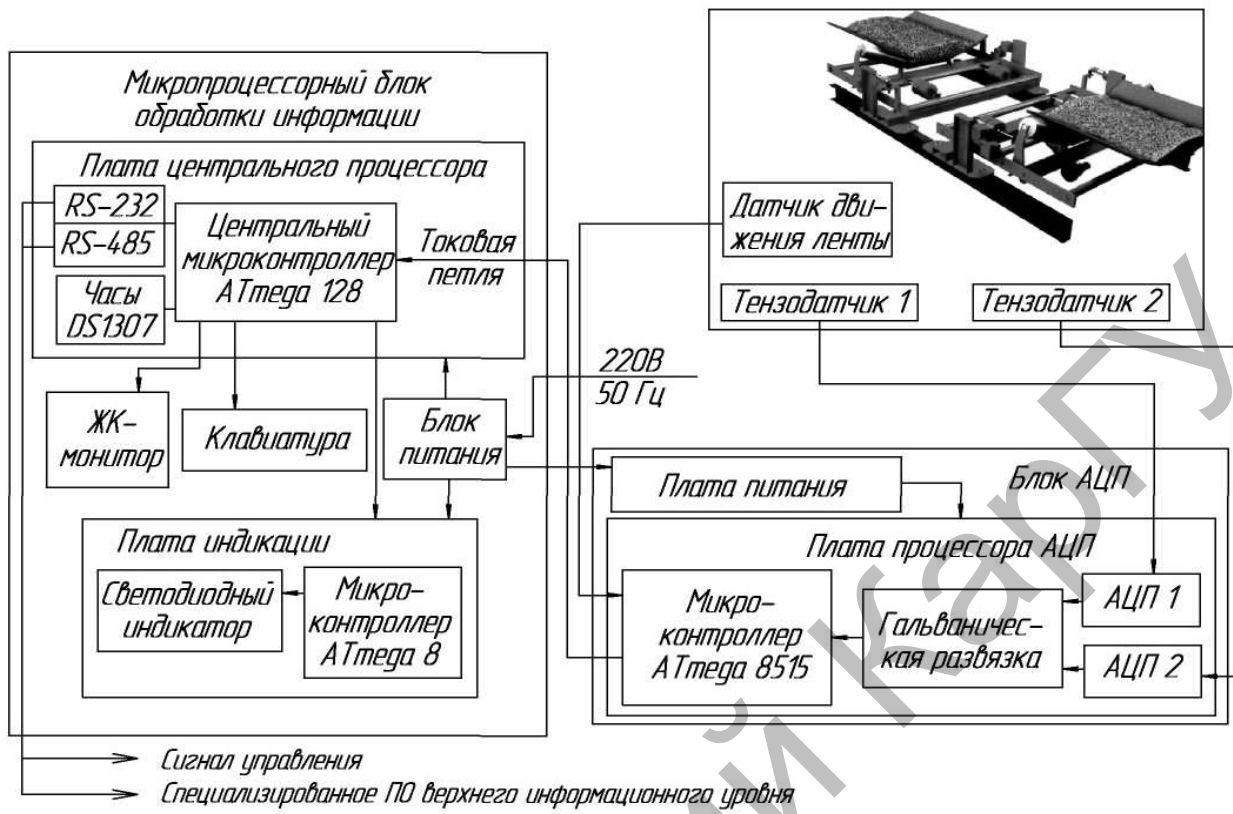


Рис. 2. Структурная схема весового комплекса

Структурная блок-схема платы центрального процессора микропроцессорного блока обработки информации приведена на рисунке 3.

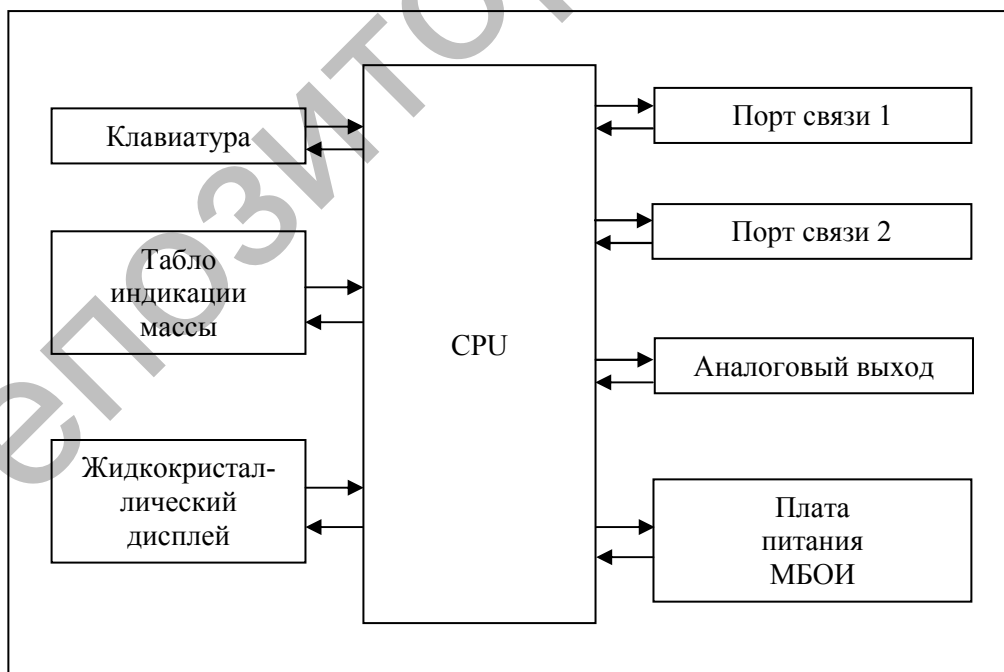


Рис. 3. Структурная блок-схема микропроцессорного блока обработки информации

Основным управляющим элементом платы является микроконтроллер AVR — Atmega128. Он выполняет следующие функции: постоянное отображение текущего состояния весового комплекса на жидкокристаллическом дисплее и семисегментном индикаторе, постоянный опрос клавиатуры, при-

ем информации от нижнего информационного уровня, ее обработка, анализ и выполнение операций по вычислению значения мгновенной и накопленной массы [2]. Вместе с этим микропроцессорный блок обработки информации поддерживает связь с верхним информационным уровнем по протоколу RS-232, который также обслуживает микроконтроллер ATmega128.

Система получения спецкокса имеет в своем составе целый ряд микроконтроллеров, выполняющих множественные функции, соединенных по протоколу PROFIBUS. Система предназначена для контроля за технологическими параметрами установки по производству спецкокса методом послыного сжигания каменного угля. Осуществляется контроль и управление вращением привода колосниковой решетки коксовой термоокислительной печи воздушной заслонкой основного воздухопровода подачи окислителя в зону коксования, вместе с этим производится контроль температуры поверхностного слоя зоны коксования, температуры и состава отходящих газов, температуры вспомогательно охлаждающего вещества, а также расхода окислителя в зоне коксования.

Система получения спецкокса обеспечивает следующие показатели: стабильный угольный слой на подвижной колосниковой решетке в зависимости от комковатости, влажности, газопроницаемости, т.е. в зависимости от физических параметров коксующего слоя методом плавного регулирования скорости движения подвижной колосниковой решетки, постоянный качественный контроль температуры поверхности зоны коксования, стабильную, регулируемую скорость подачи окислителя в зону коксования, в зависимости от физических и физико-химических свойств коксующегося слоя.

Структурная схема системы получения спецкокса представлена на рисунке 4.



Рис. 4. Структурная схема системы получения спецкокса

Автоматизированная система получения спецкокса в термоокислительной печи состоит из четырех основных блоков. К первому можно отнести устройства и приборы определения температуры, такие как термоэлектронные преобразователи, а также модули сбора и передачи информации от них. Ко второму блоку можно отнести устройства и приборы определения давления и модули сбора и пе-

редачи информации о них. Третьим блоком можно назвать блок частотного управления скоростью электропривода подвижной колосниковой решетки [3]. Питание электропривода и блока частотного управления скоростью электропривода осуществляется трехфазным питанием напряжением 380 В.

Основным модулем автоматизированной подсистемы контроля зоны коксования термоокислительной печи является технологический пульт системы. Структурно он состоит из платы центрального процессора, трех плат индикации, модуля управлением индикацией, модуля управления блоком частотного управления, скоростью электропривода подвижной колосниковой решетки, модулем управления воздушной заслонкой и блока питания. Основным элементом технологического пульта автоматизированной подсистемы контроля зоны коксования является плата центрального процессора.

Центральный процессор на базе микроконтроллера ATmega128 выполняет основные функции по сбору, анализу, обработке, вычислению и управлению данными, получаемыми от датчиков температуры и давления [4], привода воздушной заслонки и блока частотного управления скоростью электропривода подвижной колосниковой решетки.

На каждой плате индикации установлен автономный микроконтроллер ATmega8. В его функции входит постоянное прослушивание магистральной шины и при совпадении номеров передаваемого по шине и записанного в энергонезависимой памяти микроконтроллера уникального номера — вывод передаваемой информации на семисегментный индикатор платы индикации.

В современном устройстве удаленного сбора данных о техническом и технологическом состоянии подвижных единиц, бортовом комплексе, входящем в состав автоматизированной системы диспетчеризации, основным элементом также является микроконтроллер ATmega128. Вместе с ним на плате центрального процессора расположены еще три микроконтроллера ATmega8. Они соединены по интерфейсу UART. Бортовой комплекс для системы сбора данных о состоянии подвижных объектов содержит бортовые датчики технического и технологического состояния транспортного средства, навигационную антенну, GPS-приемник, радиоантенну, приемо-передающее устройство, трехпроцессорный контроллер, блок согласования для сбора информации от системы RFID, энергонезависимую память, модуль индикации режимов работы, модуль согласования с системами верхнего уровня, стабилизированный источник питания.

Трехпроцессорный контроллер состоит из трех однокристальных микропроцессоров. Структурная схема трехпроцессорного контроллера представлена на рисунке 5.

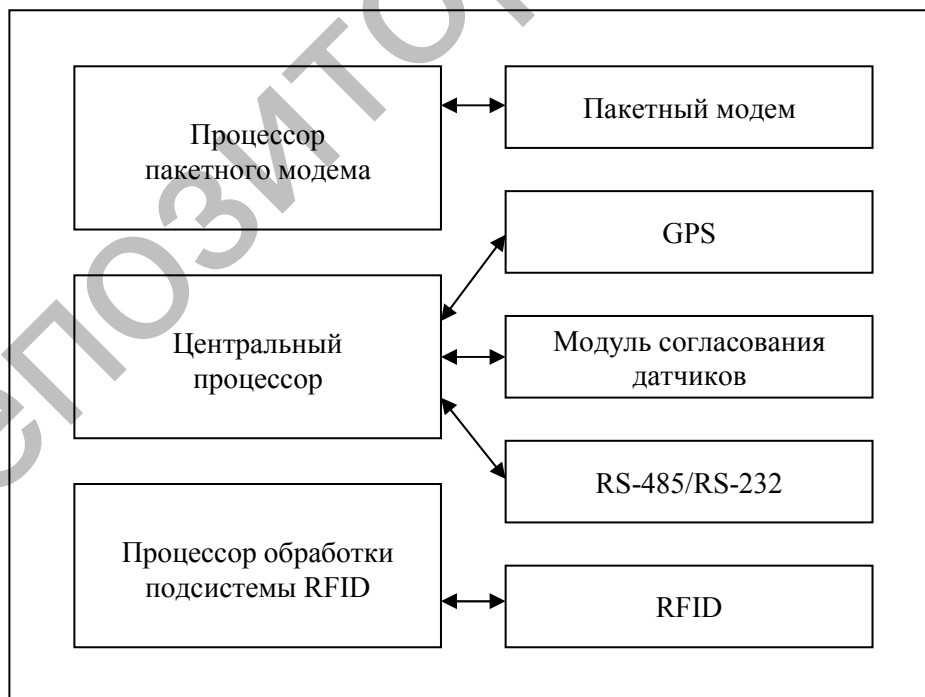


Рис. 5. Структурная схема контроллера бортового комплекса

Трехпроцессорный контроллер состоит из процессора пакетного модема, центрального процессора и процессора обработки подсистемы RFID. Подобная техническая компоновка позволяет разгрузить центральный процессор, полностью исключить взаимное влияние микропроцессоров и значи-

тельно повысить общее быстродействие контроллера. Достигается расширение функциональных возможностей и повышение помехоустойчивости бортового комплекса для системы сбора данных о состоянии подвижных объектов.

Конструктивно плата контроллера состоит из трех микроконтроллеров, центрального процессора Atmega128 и двух вспомогательных микроконтроллеров Atmega8, с расположенным на ней GPS-приемником, модулем сопряжения с бортовыми датчиками, системой RFID и интерфейсом RS-232/RS-485, а также модулем пакетного радиомодема, обеспечивающего стабильную передачу информации на скорости 4800 бод.

Функции основного микроконтроллера следующие: после общей инициализации GPS-приемник определяет местоположение, скорость и направление движения контролируемого объекта, затем происходит сбор информации от бортовых датчиков и передача полученной информации для обработки и формирования посылки. После этого происходят формирование посылки, добавление служебной информации и запись информации в энергонезависимую память. В конце происходят отображение режимов работы, синхронизация, обработка запросов и команд из диспетчерского пункта. В любой момент времени может поступить запрос из диспетчерского пункта, на который происходит мгновенная отправка информации в диспетчерский пункт [5].

При обобщении всех структурных схем получается некая модель построения электронных устройств на базе современных высокоскоростных микроконтроллеров семейства AVR. На всех схемах присутствует основной микроконтроллер, который выполняет большую часть возложенных на устройство задач, а также, при необходимости, вспомогательные микроконтроллеры, дополнительные устройства ввода и вывода информации и т.д.

Такая модель построения современных устройств, оборудования и аппаратуры позволяет значительно снизить материальные затраты на ее разработку и изготовление, снизить время разработки программного обеспечения путем накопления программного кода основных, часто повторяющихся задач, тем самым значительно увеличив скорость разработки и изготовления законченного, полностью работоспособного устройства.

Таким образом, аппаратура, разработанная и построенная на базе микроконтроллеров семейства AVR, высоко зарекомендовала себя в проведении научных опытов и экспериментов, а также в работе не только на металлургических, горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях, но и в городском коммунальном хозяйстве и в медицине.

Список литературы

1. *Донис В.К.* Повышение точности и эффективности конвейерных весов // Измерительная техника. — М., 1996. — № 9.
2. *Намазбаев Т.С.* Контроль и управление технологическими процессами в металлургии. — Астана: Фолиант, 2004.
3. *Сысков К.И.* Термоокислительное коксование углей. — М.: Металлургия, 1973. — 176 с.
4. *Линевег Ф.* Измерение температур в технике: Справ. — М.: Металлургия, 1980.
5. *Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П., Иванцев Н.В. и др.* Сетевые спутниковые радионавигационные системы. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1993. — 408 с.