

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА

Полудневич С.С., студент гр.924404

Селезнёв И.Л., канд. тех. наук, доцент

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Селезнёв И.Л. – канд. тех. наук, доцент

Аннотация. В данной статье рассматриваются понятия систем управления и мониторинга, дается описание встраиваемой системы как основной их составляющей. Затрагиваются основные области применения микроконтроллеров в таких системах, их спецификации и основные характеристики, приводится обзор современного рынка микроконтроллеров и тенденции развития.

Ключевые слова. Система, контроллер, управление, мониторинг, микроконтроллер, встраиваемая система, периферия, архитектура, устройство, интерфейс, система на кристалле, память, сенсор, процессор, интеграция.

Системы управления представляют собой специализированные решения для контроля функционирования ИТ-инфраструктуры. Такие системы зачастую применяются в совокупности с системами мониторинга для сбора данных и контроля параметров системы управления. Для решения различных задач в данных системах чаще всего применяются встраиваемые решения, позволяющие автоматизировать технологические процессы.

Встраиваемые системы можно определить как специализированные (заказные) микропроцессорные системы, непосредственно взаимодействующие с объектом контроля управления и, возможно, объединенные с ним конструктивно. Это системы от контроллера офисного дверного замка до инфокоммуникационной «начинки» заводов-автоматов, интеллектуальных энергетических систем, зданий, транспортных систем, умных городов, домов.

Основными особенностями встраиваемой вычислительной системы являются:

- работа в реальном масштабе времени (в большинстве случаев);
- наличие сенсоров и исполнительного устройства управления;
- автономность работы (отсутствие оператора, ограничения электропитания);
- высокие требования по надежности и безопасности функционирования;
- критические применения, связанные со здоровьем и жизнью человека.

Современные встраиваемые системы находят применение практически во всех сферах деятельности человека – от контроля за домашними электроприборами до применения в ядерных реакторах и космических аппаратах. Системы управления и мониторинга различных объектов, перечисленные в таблице 1, не могли бы реализовываться без встраиваемых систем [1].

Таблица 1 – Примеры применения встраиваемых систем

Авиационные и военные системы	Автопилоты самолетов, авионика и навигационные системы, системы автоматической посадки, системы наведения, управление двигателем.
Потребительская электроника	Телевизоры, духовки, посудомоечные машины, плееры DVD, стереосистемы, системы безопасности, управление поливом газонов, термостаты, фотокамеры, часы, автоответчики, декодеры кабельного телевидения.
Промышленное оборудование	Управление лифтами, системы наблюдения, роботы, станки с ЧПУ, программируемые логические контроллеры, промышленные системы автоматизации и управления.
Роботизированные системы	Промышленные роботы, автономные транспортные средства, космические исследовательские роботы (роботы-марсоходы, зонды, космические станции).

Встраиваемые системы создаются на базе микропроцессоров или микроконтроллеров. В любом случае в основе продукта лежит интегральная схема, которая обычно предназначена для выполнения вычислительных операций в реальном времени. Работа в реальном времени является крайне важной составляющей в работе встраиваемой системы, поскольку зачастую к таким системам применяются жесткие критерии по времени отклика управляющего исполнительного устройства на приход информации с внешнего датчика. На рисунке 1 показано взаимодействие внутри встраиваемой системы в реальном масштабе времени. Время получения сигнала с сенсора – t_1 , t_2 – время выдачи управляющего воздействия на исполнительное

устройство, t_3 – крайний срок выдачи управляющего воздействия. Если по какой-либо причине выдача управляющий сигнал будет выработан после t_3 , то он будет бесполезен или, возможно, вреден. Например, система управления стеклоподъемником в автомобиле – если встраиваемая система игнорирует сигнал датчика положения стекла, либо стекло, либо подающий стекло механизм могут быть испорчены.

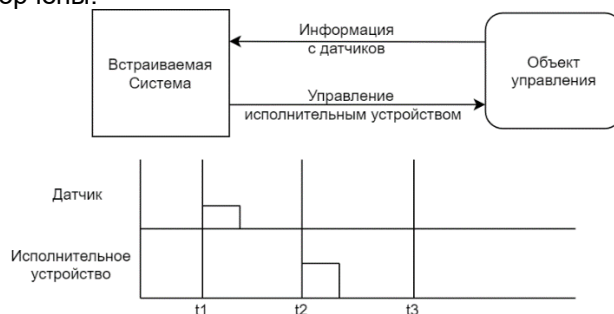


Рисунок 1 – Работа встраиваемой системы в реальном времени

Вычислительные системы могут быть представлены тремя группами элементов: обработчики, устройства памяти, интерфейсы. С группой обработчиков связаны термины «процессор» и «микроконтроллер». Микроконтроллеры встраиваемых систем проектируются как автономные системы, содержащие в себе множество специализированных частей. Главным отличием микропроцессоров от микроконтроллеров является специализация микроконтроллеров, в то время как, процессоры можно применять для любого рода задач, при подключении соответствующих устройств. Для описания микроконтроллеров часто используется термин «система на кристалле» (System on Crystal, SoC), поскольку в современных системах управления и мониторинга существует тенденция к интеграции периферии встраиваемой системы и микроконтроллера в единое целое. Системы на кристалле обычно состоят из трех основных цифровых системных блоков: процессор, память и логические компоненты. Процессорное ядро реализует поток управления, когда каждой управляющей программой однозначно устанавливаются последовательности выполнения операций обработки данных, что позволяет задавать один из возможных алгоритмов работы всей интегральной схемы. Память используется по ее прямому назначению — хранение кода программы процессорного ядра и данных. Наконец, логические компоненты используются для реализации специализированных аппаратных устройств обработки данных, состав и назначение которых определяются конечным приложением. Типовая схема системы на кристалле обычно включает в себя так же и набор периферийных устройств и контроллеров: контроллер прерываний, таймеры, контроллер сети, контроллер последовательного канала, контроллер памяти, контроллер ПДП (прямого доступа к памяти). Интерфейсы используются для обмена данными между системой на кристалле, внешними устройствами и сенсорами, а также для программирования контроллера с компьютера. На рисунке 2 представлен типичный вариант схемы SoC.



Рисунок 2 – Структура системы на кристалле

Системы на кристалле должны обладать определенным набором характеристик, специфичных для сферы применения встраиваемой системы. Такие спецификации могут, например, включать в себя разрядность процессорного ядра, возможность работы в режиме пониженного энергопотребления, требования к архитектуре микроконтроллера, поддержку определенных интерфейсов, наличие таймеров, АЦП и остальной периферии. В таблице 2 приведены часто используемые распространенные архитектуры микроконтроллеров.

Таблица 2 – Архитектуры микроконтроллеров

Архитектура	Разработчик	Производитель	Основные серии
-------------	-------------	---------------	----------------

AVR	Atmel	Atmel	tinyAVR, megaAVR, XMEGA
Motorola HC11	Motorola	NXP semiconductors	6800, 68000, 88000
ARMv7, ARMv8-A	ARM	STMicroelectronics, NXP	STM32F103xx
PIC	Microchip	Microchip Technologies	PIC16, PIC18, PIC32

Объем выпуска микроконтроллеров с однократно программируемой памятью программ постоянно сокращается из-за быстрого развития и удешевления Flash-технологий. Особенности архитектуры AVR также является развитая система прерываний, программируемые биты защиты, процессорное 32-битное ядро с упрощенным набором команд (Reduced Instruction Set Computer, RISC). Такие серии контроллеров, как mega328, mega32u4, tiny85 являются наиболее популярными на сегодняшний день, и находят применение во многих промышленных областях за счет своей дешевизны изготовления, простоты и эффективности [2]. Микроконтроллеры архитектуры ARMv7 и ARMv8 на сегодняшний день продолжают тенденцию развития 32-битных систем с ядрами Cortex-M [3]. Их особенностями является наличие большого числа портов ввода-вывода, что позволяет применять их в системах управления лифтами, умными домами, мониторинга состояния зданий, охранно-пожарных систем и иных мест, требующих обработки данных с большого количества сенсоров.

Немаловажно и наличие специфической периферии в микроконтроллерах для разных сфер применения систем мониторинга и управления. Например, без такой периферии, как таймеры, АЦП, ЦАП, не обходится практически ни одна встраиваемая система. Поддержка интерфейсов коммуникации, как параллельных, так и последовательных, является неотъемлемой частью систем мониторинга, в которых важно поддерживать обмен данными между контроллерами. В таблице 3 приведены наиболее распространенные современные контроллеры и особенности их периферии.

Таблица 3 – Специфическая периферия контроллеров

Серии контроллеров	Особенности периферии
dsPIC	10-битный 4-канальный ШИМ модуль, 12-бит АЦП, 11 16-битных таймеров
STM32F101	51 порт ввода-вывода, поддержка I2C, CAN, SPI, USART интерфейсов, RTC, NVIC [3]
Mega	8-битный процессор, RC генератор, продвинутый режим энергосбережения.

В микроконтроллерах серии dsPIC важной частью периферии является интегрированный в систему на кристалле ШИМ – контроллер с поддержкой 4 каналов и 10-битной разрядности. Наличие такой периферии позволяет использовать этот микроконтроллер в системах управления двигателями, асинхронными и синхронными моторами и другой электромеханикой, где требуется контроль вращения с помощью широтно-импульсной модуляции. Основу периферии STM32 составляет от 32 до 64 портов ввода-вывода и наличие привязанных к ним интерфейсов обмена данными I2C, CAN, USART [3]. В отличие от STM и PIC контроллеров, например, контроллер ATmega328 реализует продвинутую 8-битную RISC архитектуру, поддержку выбора частоты работы ядра, 6 режимов пониженного энергосбережения для сохранения регистров в условиях чрезвычайно низким энергообеспечением.

Перспективными направлениями развития являются снижение энергосбережения у 8-битных контроллеров AVR для расширения областей их применения в системах управления с повышенной автономностью. Также, микроконтроллеры ARM с разрядностью 32 бита имеют тенденцию к наращиванию такой периферии, как например АЦП, ЦАПы, последовательные интерфейсы и контроллеры векторных прерываний, из-за растущих потребностей в управлении и мониторинге масштабных промышленных предприятий и систем управления лифтами и умными домами [3].

Список использованных источников:

1. Баррет, Ф. Встраиваемые системы. Проектирование приложений на микроконтроллерах семейства 68HC12/HCS12 с применением языка С / С. Ф. Баррет, Д. Дж. Пак. : ДМК, Москва, 2007. – с. 22-26
2. Белов А. Микроконтроллеры AVR. От азов программирования до создания практических устройств / А. В. Белов – Наука и техника, 2020. – с. 72-75
3. Developing a New Generation of Smart Automation with ARM Cortex-M3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.radiolocman.com/review/article.html?di=134036>. – Дата доступа: 20.03.2021.

UDC 004.31-022.53:681.5

APPLICATION OF MICROCONTROLLERS IN CONTROL AND MONITORING SYSTEMS

Poludnevich S.S., Seleznev I.L.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Seleznev I.L. – PhD in Technical Sciences

Annotation. This article discusses the concepts of control and monitoring systems, provides a description of the embedded system as their main component. The main areas of application of microcontrollers in such systems, their specifications and main characteristics are touched upon, an overview of the modern microcontroller market and development trends are given.

Keywords. System, controller, control, monitoring, microcontroller, embedded system, peripherals, architecture, device, interface, system on crystal, memory, sensor, processor, integration.