

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
Филиал  
«Минский радиотехнический колледж»

Учебная дисциплина «Встраиваемые микропроцессорные системы»

**Инструкция**  
по выполнению лабораторной работы  
«Исследование встраиваемых микропроцессорных систем»

Минск  
2017

## **Лабораторная работа № 1**

**Тема работы: «Исследование встраиваемых микропроцессорных систем»**

### **1. Цель работы:**

Изучение встраиваемых микропроцессорных систем, знакомство с особенностями их практического использования.

### **2. Задание**

Определить основные характеристики и параметры микроконтроллера встраиваемой системы.

### **3. Оснащение работы**

Техническое задание, ПК.

### **4. Основные теоретические сведения**

Встраиваемая система (ВС) – это компьютерная система, спроектированная для специальных функций управления внутри большой системы, часто с жесткими условиями по временной задержке реакции на события. По сравнению со встраиваемыми системами, персональный компьютер спроектирован для решения широкого круга задач пользователей. Встраиваемая система проектируется для решения более узкого круга задач. Встраиваемые системы управляют большим количеством устройств в сегодняшнем мире. Сферы использования варьируются от портативных устройств, такие как цифровые часы и mp3 плееры, автомобильные системы, бытовая техника и т.д., до больших стационарных инсталляций, таких как контроллеры для управления производственным процессом на заводах и систем, контролирующих ядерные электростанции. Встраиваемые системы содержат процессорные ядра, которые в большинстве представляют собой микроконтроллер или цифровой сигнальный процессор (DSP). Классы ядер, используемых во ВС очень широк, начиная от 8,16-битных микроконтроллеров и заканчивая 32 битными микроконтроллерами типа ARM, MIPS, PowerPC с частотой десятки и сотни мегагерц, внешней RAM и FLASH памятью объемами в десятки и сотни мегабайт. Так как встраиваемые системы предназначены для решения специализированных задач, то инженеры имеют возможность оптимизировать дизайн систем таким образом, чтобы снизить размер и стоимость продукта и увеличить надежность и производительность. С этой целью очень широко применяются системы на кристалле (System-on-a-Chip ) при проектировании устройств. Типичная система на кристалле содержит в себе процессорное ядро, банк памяти RAM и FLASH, а так же различные периферийные устройства (аналоговые преобразователи, внешние интерфейсы

USB, Ethernet, SPI). За счет высокой интегрированности устройств различного назначения, получается значительная экономия в размерах, энергопотреблении, а также стоимости проектирования конечных устройств. Благодаря этим характеристикам SoC пользуются большой популярностью.

Технические и общественные системы, перечисленные на рисунке 1.1, просто не могли бы существовать без разнообразных встраиваемых систем.



*Рисунок 1.1 - Области применения встраиваемых систем*

Особенности встраиваемых систем:

- работа в реальном времени;
- миниатюризация размеров;
- минимизация энергии потребления;
- интерфейс пользователя и интерфейс сопряжения с объектом;
- многозадачность;
- минимизация стоимости;
- ограничение объема памяти.

Микроконтроллеры – это элементная база, на основе которой выполняются встраиваемые системы. Микроконтроллеры объединяются в семейства. К одному семейству относят изделия, имеющие одинаковое ядро – совокупность таких понятий, как система команд, циклограмма работы ЦП, организация памяти программ и памяти данных, система прерываний и базовый набор периферийных устройств. Отличия между различными представителями одного семейства заключаются, в основном, в составе периферийных устройств и объеме памяти программ или данных. Наиболее важная особенность семейства – программная совместимость на уровне двоичного кода всех входящих него МК. Основные семейства микроконтроллеров:

PIC (Microchip). PIC-микроконтроллеры Гарвардской архитектуры,

производимые американской компанией Microchip Technology Inc. Название PIC является сокращением от Peripheral Interface Controller, что означает «периферийный интерфейсный контроллер».

В основу концепции PIC, единую для всех выпускаемых семейств, была положена RISC-архитектура (Reduced Instruction Set Computer – архитектура с сокращенным набором команд) с системой простых однословных команд, применение встроенной памяти программ и данных и малое энергопотребление.

В основе RISC-архитектуры лежат основополагающие принципы:

- любая операция выполняется за один такт;
- система команд должно содержать минимальное число инструкций одинаковой длины;
- операции обработки данных реализуются только в формате «регистр-регистр»;
- результаты должны формироваться со скоростью одно слово за такт.

В номенклатуре Microchip Technology Inc. представлен широкий спектр 8-и, 16-и и 32-битных микроконтроллеров и цифровых сигнальных контроллеров под маркой PIC. Отличительной особенностью PIC-контроллеров является хорошая преемственность различных семейств. Это и программная совместимость (единая бесплатная среда разработки MPLAB IDE), и совместимость по выводам, по периферии, по напряжениям питания, по средствам разработки, по библиотекам и стекам наиболее популярных коммуникационных протоколов. Номенклатура насчитывает более 500 различных контроллеров со всевозможными вариациями периферии, памяти, количеством выводов, производительностью, диапазонами питания и температуры и т. д.

AVR (Atmel). Концепция новых скоростных микроконтроллеров была разработана группой разработчиков исследовательского центра ATMEL в Норвегии, инициалы которых затем сформировали марку AVR (Alf Bogen / Vergard Wollan / Risc architecture). Первые микроконтроллеры AVR AT90S1200 появились в середине 1997 г. и быстро снискали расположение потребителей.

AVR-архитектура, на основе которой построены микроконтроллеры семейства AT90S, объединяет мощный гарвардский RISC-процессор с раздельным доступом к памяти программ и данных, 32 регистра общего назначения, каждый из которых может работать как регистр – аккумулятор, и развитую систему команд фиксированной 16-бит длины. Большинство команд выполняются за один машинный такт с одновременным исполнением текущей и выборкой следующей команды, что обеспечивает производительность до 1 MIPS на каждый МГц тактовой частоты.

Достоинства:

- высокий показатель быстродействие/энергопотребление;
- удобные режимы программирования;
- широкая номенклатура;
- доступность программно-аппаратных средств поддержки;

- высокая нагрузочная способность выходов.

ARM (ARM Limited). Архитектура ARM (Advanced RISC Machine, Acorn RISC Machine, усовершенствованная RISC-машина) – семейство лицензируемых 32-битных и 64-битных микропроцессорных ядер разработки компании ARM Limited. Компания занимается исключительно разработкой ядер и инструментов для них (компиляторы, средства отладки), зарабатывая на лицензировании архитектуры сторонним производителям.

Около 98 % из более чем миллиарда мобильных телефонов, продаваемых ежегодно, были оснащены, по крайней мере, одним процессором ARM. Процессоры ARM широко используются в потребительской электронике – в том числе мобильных телефонах, цифровых носителях и плеерах, портативных игровых консолях, калькуляторах и компьютерных периферийных устройствах, таких как жесткие диски или маршрутизаторы.

Данные процессоры имеют низкое энергопотребление, поэтому находят широкое применение во встраиваемых системах и доминируют на рынке мобильных устройств, для которых важно низкое энергопотребление.

Типовая структура процессора для встраиваемых систем (рисунок 1.2):

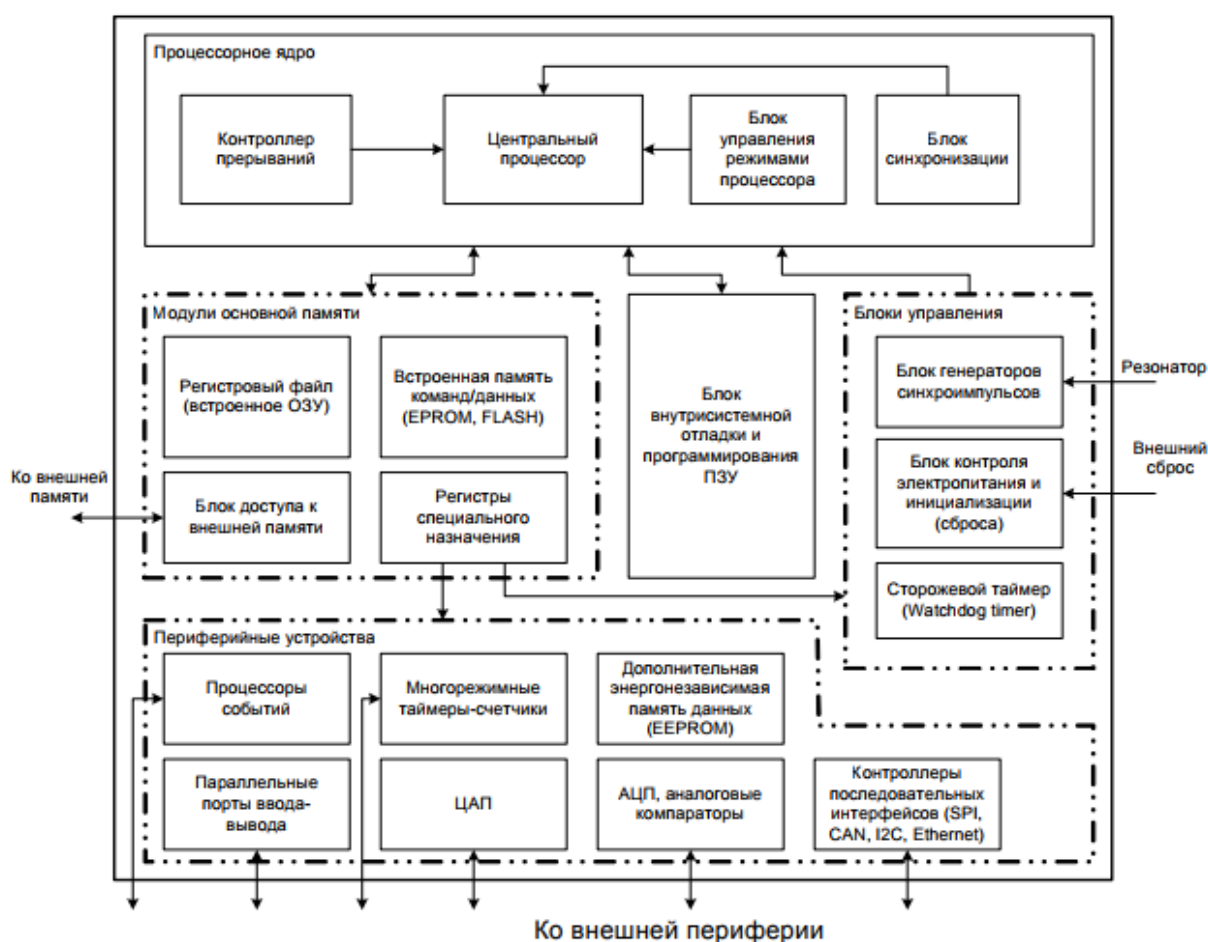


Рисунок 1.2 – Типовая структура процессора для встроенных систем

При модульном принципе построения все процессоры одного семейства

содержат в себе одинаковый базовый функциональный блок – процессорное ядро, и изменяемый функциональный блок. Базовый блок (процессорное ядро) включает:

- Центральный процессор;
- Внутренние магистрали адреса, данных и управления;
- Блок формирования множества сигналов с различными фазами и частотами для синхронизации центрального процессора и внутренних магистралей.
- Блок управления режимами работы процессора, который может настраивать процессор на активный режим, режим обработки прерываний, несколько режимов пониженного энергопотребления, режим рестарта.

Процессорное ядро является основным отличительным признаком архитектуры определенного семейства процессоров, поэтому его (ядро) называют по названию семейства.

Изменяемый функциональный блок включает:

- Модули памяти различных типов: оперативную память данных типа SRAM, постоянную память команд (программ) типов ROM, EPROM или FLASH, энергонезависимую память данных типа EEPROM;
- Модули периферийных устройств;
- Модули управления и синхронизации.

В различных микросхемах семейства может иметься различный набор модулей изменяемого функционального блока. Общую совокупность модулей, реализованных в микросхемах одного семейства, называют библиотекой периферийных модулей данного семейства. В данную библиотеку входят не только периферийные, но и модули памяти, встроенные генераторы синхронизации, блок контроля электропитания и формирования сигналов рестарта системы в случае сбоя или «внешнего сброса», модули внутрисхемной отладки и программирования. В последнее время активно развивается направление «System-On-Chip», когда конечный пользователь сам может формировать структуру специализированного процессора из предоставленной библиотеки периферийных модулей, а также самостоятельно разрабатывать новые модули.

Техническое решение процессорного ядра определяют следующие параметры:

- Архитектурные – набор регистров, организация памяти, способы адресации операндов в памяти, система команд для обработки этих данных.
- Схемотехнические решения – схемы регистров, АЛУ, схемы управления магистралями и т.п. Схемотехника определяет также внутреннюю диаграмму функционирования – последовательность перемещения данных по магистралям между регистрами, памятью, АЛУ.
- Технология производства – определяет допустимую сложность схемы, максимальную частоту переключений, энергопотребление.

В современных процессорах для встраиваемых систем реализуют как CISC-архитектуру (Motorola HC11, Intel MCS-51, AMD Am186 и др.), так и

RISC-архитектуру (MicrochipPIC, Atmel AVR, Triscend E7-ARM). Производительность процессорного ядра определяется комплексом факторов:

- Частотой тактирования межмодульных магистралей адреса и данных Fbus. Она определяется из частоты генератора синхронизации Fxclk по соотношению, индивидуальному для каждого процессорного ядра.

- Количеством пересылок регистр-регистр за единицу времени. Для RISC-процессоров это одна пересылка за такт шины, для CISC – 1..3 пересылки (они медленнее).

- Производительностью при выполнении операций наиболее используемым в конкретном алгоритме управления.

- Временем вызова/возврата подпрограммы обработки прерывания. Этот параметр значим для функционирования в режиме жесткого реального времени и определяет максимальную интенсивность обрабатываемых событий.

Самое главное требование, предъявляемое к системам реального времени – быстрая и детерминированная реакция на внешние события. Иногда для решения этой задачи приходится жертвовать производительностью. У большинства ядер и процессоров, разработанных для систем реального времени, отсутствует память кэш, а там, где она есть, кэш не может быть отключен программно. Отсутствие кэш обеспечивает детерминированность реакции процессора на внешнее событие.

## 5. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с областью применения встраиваемых систем и их особенностями.
2. Изучить типовую структуру процессора для встраиваемых систем.
3. Определить основные характеристики и параметры микроконтроллера встраиваемой системы, данные занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристики и параметры микроконтроллера

	Наименование	Значение	Единицы измерения	Примечание
	2	3	4	5
	мные			
	енование микроконтроллера			
	с			
	жение питания			
	ь			
	говая периферия			
	раторы			

	ционные усилители			
	к температуры			
	овая периферия			
	реального времени			

*Продолжение таблицы 1.1*

	2	3	4	5
	ры			
	-генератор/ выходы			
	фейсы			
	е			
	ество линий ввода-вывода			
	вая частота			
	нератор			

## 6. Форма отчета о работе

Лабораторная работа № \_\_\_\_

Номер учебной группы \_\_\_\_\_

Фамилия, инициалы учащегося \_\_\_\_\_

Дата выполнения работы \_\_\_\_\_

Тема работы: \_\_\_\_\_

Цель работы: \_\_\_\_\_

Оснащение работы: \_\_\_\_\_

Результат выполнения работы: \_\_\_\_\_

## 7. Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение термину компьютер.
2. Дайте определение термину микропроцессор.
3. Дайте определение термину микроконтроллер.
4. Перечислите домашние встроенные системы.
5. Поясните, чем отличаются микроконтроллер и персональный компьютер.
6. Приведите примеры работы встроенных систем в реальном масштабе времени?

## 8. Рекомендуемая литература

Брайант, Р.Э. Компьютерные системы: архитектура и программирование. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.

Безуглов, Д.А. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006.

Голубцов, М.С. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. - М.: СОЛОН-Пресс, 2004.

Калабеков, Б.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы: учебник.



М.: Горячая линия-ТЕЛЕКОМ, 2005.

Костров, Б. В. Архитектура микропроцессорных систем. – М.: Издательство Диалог-МИФИ, 2007.

Костров, Б. В. Микропроцессорные системы и микроконтроллеры / Б. В. Костров, В. Н. Ручкин. – М.: ТехБук (Десс), 2007.

Редькин, П.П. Микроконтроллеры Atmel архитектуры AVR32 семейства AT32UC3: руководство пользователя / П.П. Редькин. – М.: Техносфера, 2010.

Сиротский, А.А. Микропроцессорные программируемые логические контроллеры в системах автоматизации и управления / А.А. Сиротский. – М.: Спутник, 2013.