Лабораторная работа № 4

устройство управления микроконтроллеров семейства AVR фирмы AtMEL

# **Введение**

Микроконтроллеры семейства AVR предоставляют пользователю широкие возможности по выбору источника тактового сигнала и его частоты. Здесь может быть использован встроенный генератор с внутренним или внешним кварцевым резонатором, внешний сигнал синхронизации, встроенный *RC*-генератор с внутренней или внешней времязадающей *RC-*цепочкой (рис. 1.1).

Все микроконтроллеры семейства Mega имеют несколько (до 6) режимов пониженного энергопотребления, так называемые «спящие» режимы. Каждый из этих режимов позволяет сократить энергопотребление микроконтроллера в периоды его бездействия. Вход в любой из этих режимов выполняется по команде SLEEP. При выходе микроконтроллера из «спящего» режима производится его реинициализация (сброс).

Микроконтроллеры семейства Tiny имеют два режима пониженного энергопотребления: Idle (режим ожидания) и Power Down, микроконтроллер ATtiny15L имеет еще и дополнительный режим ADC Noise Reduction (режим снижения шумов АЦП).

Каждый из этих режимов позволяет значительно сократить энергопотребление в периоды бездействия микроконтроллера. Вход в этот режим выполняется по команде SLEEP. При выходе микроконтроллера из «спящего» режима производится его реинициализация (сброс в исходное состояние, далее просто сброс). Сброс микроконтроллера может произойти не только при его «пробуждении». Другими событиями, при которых осуществляется сброс микроконтроллера, являются подача напряжения питания, снижение напряжения питания ниже минимально допустимого уровня, срабатывание сторожевого таймера, появление на выводе RESET сигнала НИЗКОГО уровня.

**  **

*а) б) в) г)*

Рис 1.1. Подключение кварцевого или керамического резонатора (*а*); внешнего источника тактового сигнала (*б, в*); внешней *RC*-цепочки (*г*).

В качестве источников прерывания в микроконтроллерах семейства могут выступать периферийные устройства, а также сигналы на некоторых выводах (входы внешних прерываний). Так как состав периферийных устройств зависит от модели, то и число источников прерываний в каждой модели различно.

**Цель работы**

Научиться управлять режимами работы микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel. Понимать способы внутренней и внешней синхронизации работы микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel.

**Задачи**

Научиться управлять тактовым генератором микроконтроллеров семейства AVR, а также задавать его работу внешним источником сигналов синхронизации. Организовывать и управлять режимами пониженного потребления микроконтроллеров, а также реиницилизацией и сбросом микроконтроллеров.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ**

## ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Проведение лабораторной работы осуществляется в компьютерном классе кафедры «Электроэнергетические системы и сети» (аудитория Б-302 Б), на персональных компьютерах с предустановленными приложениями «МК AVR.pdf» и «AVRStudio 4.exe».

Упрощенное устройство синхронизации микроконтроллеров семейства AVR представлено на рис. 2.1. Как видно из рисунка, на основе системного тактового сигнала формируются дополнительные сигналы, используемые для тактирования различных модулей и блоков микроконтроллера:

* clkCPU тактовый сигнал центрального процессора, используется для тактирования блоков микроконтроллера, отвечающих за работу с ядром микроконтроллера (регистровый файл, память данных). При выключении этого сигнала ЦПУ останавливается, все вычисления прекращаются;
* clkI/O тактовый сигнал подсистемы ввода/вывода, используется большинством периферийных устройств, таких как таймеры/счетчики и интерфейсные модули. Этот сигнал используется также подсистемой внешних прерываний, однако ряд внешних прерываний могут генерироваться и при его отсутствии;
* clkFLASH тактовый сигнал для управления FLASH −памятью программ. Как правило, этот сигнал формируется одновременно с тактовым сигналом центрального процессора;
* clkASY тактовый сигнал асинхронного таймера/счетчика. Тактирование осуществляется непосредственно от внешнего кварцевого резонатора (32768 Гц). Наличие этого сигнала позволяет использовать соответствующий таймер/счетчик в качестве часов реального времени даже при нахождении микроконтроллера в «спящем» режиме;
* clkADC тактовый сигнал модуля АЦП. Наличие этого тактового сигнала позволяет осуществлять преобразования при остановленном ЦПУ и подсистеме ввода/вывода. При этом значительно уменьшается уровень помех, генерируемых микроконтроллером, точность преобразования увеличивается.



Рис. 2.1. Устройство синхронизации

Тактовый генератор микроконтроллеров семейства AVR может работать с внешним кварцевым резонатором, внешней или внутренней *RC*-цепочкой, а также с внешним сигналом синхронизации. Возможность использования того или иного источника тактового сигнала зависит от модели микроконтроллера. Поскольку архитектура микроконтроллеров полностью статическая, минимально допустимая частота ничем не ограничена (вплоть до пошагового режима работы), а максимальная рабочая частота определяется конкретной моделью микроконтроллера.

Выбор режима работы осуществляется программированием конфигурационных ячеек (FUSE Bits, FUnction SElect Bits) CKSEL3…0 (ClocK SELect) (CKSEL2…0 для ATtiny11x).

Различные модели микроконтроллеров семейства AVR поддерживают от 2 до 6 режимов пониженного энергопотребления (табл. 2.1). Режимы отличаются числом периферийных устройств микроконтроллера, функционирующих в «спящем» режиме и степенью уменьшения энергопотребления. В зависимости от модели для управления «спящим» режимом используется различное число регистров ввода/вывода, которые сведены в табл. 2.2.

Таблица 2.1.Режимы пониженного энергопотребления

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Режимы пониженного энергопотребле-ния | Idle | В режиме Idle прекращается формирование тактовых сигналов clkCPU и clkFLASH. При этом ЦПУ микроконтроллера останавливается, а все остальные периферийные устройства (интерфейсные модули, таймеры/счетчики, аналоговый компаратор, АЦП, сторожевой таймер), а также подсистема прерываний продолжают функционировать. Поэтому выход из режима Idle возможен как по внешнему, так и по внутреннему прерыванию. Если разрешена работа АЦП, то преобразование начнет выполняться сразу же после перехода в этот «спящий» режим |
| ADC Noise Reduction | Данный режим имеется только в моделях, содержащих в своем составе модуль АЦП. В этом режиме прекращает работу ЦПУ микроконтроллера и подсистема ввода/вывода (отключаются тактовые сигналы clkCPU, clkFLASH и clkI/O), а АЦП, подсистема обработки внешних прерываний, сторожевой таймер и блок сравнения адреса модуля TWI продолжают функционировать. За счет этого уменьшаются помехи на входах АЦП, вызываемые работой системы ввода/вывода микроконтроллера, что, в свою очередь, позволяет повысить точность преобразования. Если АЦП включен, преобразование начинается сразу же после перехода в этот «спящий» режим |
| Power Down | В режиме Power Down отключаются все внутренние тактовые сигналы, соответственно прекращается функционирование всех систем микроконтроллера, работающих в синхронном режиме. Единственными узлами, продолжающими работать в этом режиме, являются асинхронные модули микроконтроллера: сторожевой таймер (если он включен), подсистема обработки внешних прерываний и блок сравнения адреса модуля TWI. Соответственно выход из режима Power Down возможен либо в результате сброса (аппаратного, от сторожевого таймера, от схемы BOD) или в результате генерации прерываний |
| Power Save | Этот режим идентичен режиму Power Down, за одним исключением: если таймер/счетчик микроконтроллера, поддерживающий работу в асинхронном режиме, сконфигурирован для работы в этом режиме, то он будет работать во время «сна» микроконтроллера. Поэтому выход из режима Power Save возможен не только в результате событий, перечисленных при рассмотрении режима Power Down, но и по прерываниям от таймера/счетчика. Разумеется, эти прерывания должны быть разрешены |
| Standby | Этот режим доступен только при использовании генератора с внешним резонатором в качестве источника тактового сигнала. Режим Standby полностью идентичен режиму Power Down, за исключением того что тактовый генератор продолжает функционировать. Благодаря этому переход микроконтроллера в рабочий режим происходит гораздо быстрее за 6 машинных циклов |
| Extended Standby | Как и режим Standby, этот режим доступен только при использовании генератора с внешним резонатором. Режим Standby полностью идентичен режиму Power Save, за исключением того, что тактовый генератор продолжает функционировать. Поэтому интервал между «пробуждением» микроконтроллера и выходом его в рабочий режим составляет всего 6 машинных циклов |

Таблица 2.2.Регистры управления «спящими» режимами

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Описание | Адрес |
| MCUCR | Регистр управления микроконтроллером | $35($55) |
| MCUCSR | Регистр управления и состояния микроконтроллера | $34($54) |
| EMCUCR | Дополнительный регистр управления микроконтроллером | $36($56) |

УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТЫ

Описание работы устройства управления микроконтроллеров AVR фирмы Atmel представлено в файле «МК AVR.pdf», для его запуска необходимо на Рабочем столе компьютера найти соответствующую иконку и запустить приложение дважды щелкнув левой кнопкой мыши. Перед запуском файла «МК AVR.pdf» в компьютере пользователя должно быть предустановлен приложение Adobe Reader версии 8 и выше.

После запуска файла «МК AVR.pdf» появится окно просмотра приложения Adobe Reader, причем в левой колонке находится контекстное меню, где указаны основные разделы описания микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel. В основном поле приложения находится описание, а также полоса прокрутки для перехода к интересующим главам и разделам описания.

**ЗАДАНИЕ**

Варианты заданий для составления ассемблер-программ в среде AVRStudio 4, предназначенных для работы с аналоговым компаратором представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3.Варианты заданий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Описание программы | Вариант |
| 1 | Ассемблер-программа должна перевести микроконтроллер в «спящий» режим Idle (предварительно разрешив переход в режим SLEEP), выход из спящего режима инициализировать по прерыванию от внешнего (аппаратного) сигнала | 1, 11, 21 |
| 2 | Ассемблер-программа должна перевести микроконтроллер в «спящий» режим Power Down (предварительно разрешив переход в режим SLEEP), выход из спящего режима инициализировать по прерыванию от аналогового компаратора | 2, 12, 22 |
| 3 | Ассемблер-программа должна перевести микроконтроллер в «спящий» режим Power Save (предварительно разрешив переход в режим SLEEP), выход из спящего режима инициализировать по прерыванию от сторожевого таймера | 3, 13, 23 |
| 4 | Ассемблер-программа должна перевести микроконтроллер в «спящий» режим Standby (предварительно разрешив переход в режим SLEEP), выход из спящего режима инициализировать по прерыванию от внешнего (аппаратного) сигнала | 4, 14, 24 |
| 5 | Ассемблер-программа должна перевести микроконтроллер в «спящий» режим Extended Standby (предварительно разрешив переход в режим SLEEP), выход из спящего режима инициализировать по прерыванию от внешнего (аппаратного) сигнала | 5, 15, 25 |
| 6 | Ассемблер-программа должна инициализировать микроконтроллер, задав внутренний источник тактового сигнала (*RC*-генератор) частотой 2,0 МГц. Для работы периферийных устройств задать коэффициент предделителя тактового сигнала 32 | 6, 16 |
| 7 | Ассемблер-программа должна инициализировать микроконтроллер, задав внутренний источник тактового сигнала (*RC*-генератор) частотой 4,0 МГц. Для работы периферийных устройств задать коэффициент предделителя тактового сигнала 16 | 7, 17  |
| 8 | Ассемблер-программа должна инициализировать микроконтроллер, задав внутренний источник тактового сигнала (*RC*-генератор) частотой 1,0 МГц. Для работы периферийных устройств задать коэффициент предделителя тактового сигнала 8 | 8, 18 |
| 9 | Ассемблер-программа должна перевести микроконтроллер в «спящий» режим ADC Noise Reduction (предварительно разрешив переход в режим SLEEP), выход из спящего режима инициализировать по прерыванию от АЦП | 9, 19 |
| 10 | Ассемблер-программа должна инициализировать микроконтроллер, задав внешний источник тактового сигнала (*RC*-цепочка). Для работы периферийных устройств задать коэффициент предделителя тактового сигнала 64 | 10, 20 |

1. вариант задания определяется номером студента в журнале группы.
2. определив вариант задания, студент должен найти описание устройства управления микроконтроллера семейства AVR и представить его в отчете.
3. открыв файл «МК AVR.pdf», студент должен изучить таблицы и графики, соответствующие описанию устройства управления.
4. изучив структуру и особенности устройства управления, студент должен предварительно составить ассемблер-программу, согласно варианту задания, указанному в табл. 2.3.
5. создать в среде AVRStudio 4 новый файл, название файла составить исходя из фамилии студента на латинице, номера лабораторной работы и его варианта задания (например, 4Ivanov\_12).
6. записать составленную ассемблер-программу в среде AVRStudio 4, отладить (с помощью встроенного отладчика Debug) и построить по результатам отладки одноименный проект (в том числе с расширением .asm).

**СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

В отчете должны быть отражены результаты рассмотрения и изучения устройства управления микроконтроллера семейства AVR в виде таблиц и графиков согласно пунктам задания. В таблицах отражаются:

1) режимы работы тактового генератора;

2) режимы пониженного энергопотребления;

3) способы управления тактовой частотой;

4) формат регистра управления MCUCR.

На графике отражается временные диаграммы сигналов при сбросе по понижению и потере (включению) питания, а также при аппаратном сбросе.

Также в отчете должна быть представлена отлаженная в среде AVRStudio 4 ассемблер-программа, выполняющая операции согласно варианту задания, указанному в табл. 2.3.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Тактовый генератор с внешним резонатором. Способ реализации, особенности.
2. Использование внешней *RC*-цепочки. Способ подключения. Преимущества и недостатки.
3. Внутренний генератор с *RC*-цепочкой. Режимы работы внутреннего генератора. Преимущества и недостатки.
4. Управление тактовой частотой. Выбор коэффициента предделителя тактового сигнала.
5. Режимы пониженного энергопотребления. Режим Idle.
6. Режимы пониженного энергопотребления. Режим Power Down.
7. Режимы пониженного энергопотребления. Режим Power Save.
8. Режимы пониженного энергопотребления. Режим Standby.
9. Режимы пониженного энергопотребления. Режим Extended Standby.
10. Режимы пониженного энергопотребления. Режим ADC Noise Reduction.
11. Проект и файлы в среде AVRStudio 4, осуществляющие операции с устройством управления согласно варианту задания, представленному в табл. 2.3.