Лабораторная работа № 2

системы КОМАНД микроконтроллеров семейства AVR фирмы AtMEL

# **Введение**

Система команд микроконтроллеров AVR семейств Tiny и Mega весьма развита и насчитывает в различных моделях от 90 до 133 различных инструкций. Несмотря на то, что микроконтроллеры AVR являются микроконтроллерами с RISC-архитектурой (процессор с сокращенным набором команд), по количеству реализованных инструкций и их разнообразию они больше похожи на микроконтроллеры с CISC-архитектурой (процессор с полным набором команд).

Практически каждая из команд (за исключением команд, у которых одним из операндов является 16-разрядный адрес) занимает только одну ячейку памяти программ. Причем это достигнуто не за счет сокращения количества команд процессора, а за счет увеличения разрядности памяти программ.

Программа для любого микроконтроллера представляет собой последовательность команд, записанных в памяти программ. Большинство команд при выполнении изменяют содержимое одного или нескольких регистров общего назначения, регистров ввода/вывода или ячеек ОЗУ. Для обращения к различным областям адресного пространства памяти данных используются различные команды, реализующие, в свою очередь, различные способы адресации. Доступ к регистрам ввода/вывода осуществляется по их адресам, являющимися операндами команды. Вместе с тем при написании ассемблерных программ гораздо удобнее обращаться к регистрам, используя вместо числовых значений адресов их стандартные, принятые в фирменной документации, символические имена. Чтобы задать соответствие этих имен реальным адресам, необходимо подключить в начале программы (при помощи директивы ассемблера .INCLUDE) файл определения адресов регистров ввода/вывода. Помимо всего прочего, такое решение облегчит перенос программного обеспечения с одного типа кристалла на другой.

Эти файлы (для каждой модели микроконтроллеров семейства) свободно распространяются фирмой Atmel вместе с документацией на микроконтроллеры.

**Цель работы**

Рассмотрение и изучение команд микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel.

**Задачи**

Научится пользоваться всеми группами команд (логическими, арифметическими, операции с битами, пересылки данных, передачи управления и управления системой), доступными при программировании микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel. Научиться составлять простейшие ассемблер-программы, предназначенные для записи в микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel.

**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 предустановленным приложением «МК AVR.pdf»

Все множество команд микроконтроллеров семейств Tiny и Mega можно разбить на несколько групп:

1. команды логических операций;
2. команды арифметических операций и команды сдвига;
3. команды операций с битами;
4. команды пересылки данных;
5. команды передачи управления;
6. команды управления системой.

Подробное описание всех групп команд, доступных при программировании микроконтроллеров AVR фирмы Atmel можно найти в файле «МК AVR.pdf».

Таблица 2.1.Содержание главы 19 файла «МК AVR.pdf»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование | Страница |
| 1 | Введение в систему команд | 390 |
| 2 | Операнды | 390 |
| 3 | Типы команд | 392 |
| 4 | Команды логических операций | 392 |
| 5 | Команды арифметических операций и команды сдвига | 393 |
| 6 | Команды операций с битами | 393 |
| 7 | Команды пересылки данных | 394 |
| 8 | Команды передачи управления | 394 |
| 9 | Команды управления системой | 397 |
| 10 | Сводные таблицы команд | 397 |

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КОМАНД МИКРОКОНТРОЛЛЕРА AVR

*Команды логических операций*

Команды логических операций позволяют выполнять стандартные логические операции над байтами, такие как логическое умножение (И), логическое сложение (ИЛИ), операцию «исключающее ИЛИ», а также вычисление обратного (дополнение до единицы) и дополнительного (дополнение до двух) кодов числа.

К этой группе можно отнести также команды очистки/установки регистров и команду перестановки тетрад. Операции производятся между регистрами общего назначения либо между регистром и константой; результат сохраняется в РОН. Все команды из этой группы выполняются за один машинный цикл.

*Команды арифметических операций и команды сдвига*

К данной группе относятся команды, позволяющие выполнять такие базовые операции, как сложение, вычитание, сдвиг (вправо и влево), инкремент и декремент. В микроконтроллерах семейства Mega также имеются команды, позволяющие осуществлять умножение 8-разрядных значений. Все операции производятся только над регистрами общего назначения. При этом микроконтроллеры AVR позволяют легко оперировать как знаковыми, так и беззнаковыми числами, а также работать с числами, представленными в дополнительном коде. Почти все команды рассматриваемой группы выполняются за один машинный цикл. Команды умножения и команды, оперирующие двухбайтовыми значениями, выполняются за два цикла

*Команды операций с битами*

К данной группе относятся команды, выполняющие установку или сброс заданного разряда РОН или РВВ. Причем для изменения разрядов регистра состояния SREG имеются также дополнительные команды (точнее говоря, эквивалентные мнемонические обозначения общих команд), так как проверка состояния разрядов именно этого регистра производится чаще всего. Условно к этой группе можно отнести также две команды передачи управления типа «проверка/пропуск», которые пропускают следующую команду в зависимости от состояния разряда РОН или РВВ.

Все задействованные разряды РВВ имеют свои символические имена. Определения этих имен описаны в том же включаемом файле, что и определения символических имен адресов регистров (раздел 19.2). Таким образом, после включения в программу указанного файла в командах вместо числовых значений номеров разрядов можно будет указывать их символические имена.

Всем командам данной группы требуется один машинный цикл для выполнения, за исключением случаев, когда в результате проверки происходит пропуск команды. В этом случае команда выполняется за 2 или 3 машинных цикла в зависимости от пропускаемой команды.

*Команды пересылки данных*

Команды этой группы предназначены для пересылки содержимого ячеек, находящихся в адресном пространстве памяти данных. Разделение адресного пространства на три части (РОН, РВВ, ОЗУ) предопределило разнообразие команд данной группы. Пересылка данных, выполняемая командами группы, может производиться в следующих направлениях:

* РОН ↔ РОН;
* РОН ↔ РВВ;
* РОН ↔ память данных.

Также к данной группе можно отнести стековые команды PUSH и POP (отсутствуют в микроконтроллерах семейства Tiny), позволяющие сохранять в стеке и восстанавливать из стека содержимое РОН. На выполнение команд данной группы требуется в зависимости от команды от одного до трех машинных циклов.

*Команды передачи управления*

В эту группу входят команды перехода, вызова подпрограмм и возврата из них и команды типа «проверка/пропуск», пропускающие следующую за ними команду при выполнении некоторого условия. Также к этой группе относятся команды сравнения, формирующие флаги регистра SREG и предназначенные, как правило, для работы совместно с командами условного перехода. В системе команд микроконтроллеров семейства имеются команды как безусловного, так и условного переходов.

Команды относительного перехода (RJMP), а в микроконтроллерах семейства Mega также косвенного (IJMP) и абсолютного (JMP) безусловного перехода, являются самыми простыми в этой группе. Их функция заключается только в записи нового адреса в счетчик команд. Команды условного перехода также изменяют содержимое счетчика команд, однако это изменение происходит только при выполнении некоторого условия или, точнее, при определенном состоянии различных флагов регистра SREG.

УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТЫ

Описание групп команд 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**

Описание команд микроконтроллеров AVR фирмы Atmel представлено в приложении «МК AVR.pdf». Группы команд, описание которых необходимо представить в отчете согласно варианту здания, представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2.Варианты заданий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Наименование модели микроконтроллера | Вариант |
| 1 | Команды логических операций (КЛО) | 1 |
| 2 | Команды арифметических операций и команды сдвига (КАО) | 2 |
| 3 | Команды операций с битами (КОБ) | 3 |
| 4 | Команды пересылки данных (КПД) | 4 |
| 5 | Команды передачи управления (КПУ) | 5 |
| 6 | Команды управления системой (КУС) | 6 |
| 7 | Команды логических операций (КЛО) | 7 |
| 8 | Команды арифметических операций и команды сдвига (КАО) | 8 |
| 9 | Команды операций с битами (КОБ) | 9 |
| 10 | Команды пересылки данных (КПД) | 10 |
| 11 | Команды передачи управления (КПУ) | 11 |
| 12 | Команды управления системой (КУС) | 12 |
| 13 | Команды логических операций (КЛО) | 13 |
| 14 | Команды арифметических операций и команды сдвига (КАО) | 14 |
| 15 | Команды операций с битами (КОБ) | 15 |
| 16 | Команды пересылки данных (КПД) | 16 |
| 17 | Команды передачи управления (КПУ) | 17 |
| 18 | Команды управления системой (КУС) | 18 |
| 19 | Команды логических операций (КЛО) | 19 |
| 20 | Команды арифметических операций и команды сдвига (КАО) | 20 |
| 21 | Команды операций с битами (КОБ) | 21 |
| 22 | Команды пересылки данных (КПД) | 22 |
| 23 | Команды передачи управления (КПУ) | 23 |
| 24 | Команды управления системой (КУС) | 24 |
| 25 | Команды логических операций (КЛО) | 25 |

1. вариант задания определяется номером студента в журнале группы.
2. определив вариант задания, студент должен согласно таблице 2.2, найти группу команд микроконтроллера семейства AVR, описание которого он должен представить в отчете.
3. открыв файл «МК AVR.pdf», студент должен изучить сводные таблицы команд, таблицы и графики, соответствующие описанию всех команд для своей группы.
4. изучив особенности групп команд, студент должен ориентироваться в условных обозначениях, используемых при описании команд, знать количество машинных циклов для выполнения каждой команды, порядок изменения флагов состояний регистра SREG.
5. изучив особенности групп команд, студент должен составить отчет согласно требованиям в разделе «Содержание отчета».
6. составив отчет, студент должен в полной мере представлять особенности и порядок выполнения команд микроконтроллера.

**СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

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

1) основное описание группы команд микроконтроллера;

2) описание порядка выполнения операций при реализации в микроконтроллере команд;

3) описание машинных кодов операций, указание количества циклов выполнения, а также изменения флагов состояний регистра SREG;

4) примеры выполнения каждой команды из рассматриваемой группы.

На графиках отражается изменения (запись, чтение, сдвиг, перенос, замена) разрядов РОН и РВВ при выполнении команд рассматриваемой группы.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Группы команд микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel.
2. Описание регистра состояния SREG.
3. Особенности выполнения операций при обработке команд. Операнды, регистры-источники и регистры-приемники.
4. Обозначения, используемые при описании команд.
5. Машинные циклы. Особенности RISC-архитектуры.
6. Адресация. Способы адресации.
7. Регистры общего назначения (РОН). Регистры ввода-вывода (РВВ). Особенности обращения к регистрам, адреса в пространстве ввода-вывода.
8. Реализация чтения/записи в стек и буфер обмена.