Лабораторная работа № 5

Порты ВВОда/вывода микроконтроллеров семейства AVR фирмы AtMEL

# **Введение**

Как и любые другие микроконтроллеры, микроконтроллеры семейства AVR имеют порты ввода/вывода. Каждый порт состоит из определенного числа выводов, через которые микроконтроллер может принимать или передавать цифровые сигналы. Задание направления передачи данных через любой контакт ввода/вывода может быть произведено программно в любой момент времени. При этом некоторые модели имеют выводы, способные работать либо только как входы, либо только как выходы.

Входные буферы портов построены по схеме триггера Шмидта. Для большинства линий, сконфигурированных как входные, также имеется возможность подключения внутреннего подтягивающего резистора сопротивлением 30−120 кОм между входом и шиной питания VСС. Кроме того, если между входом с задействованным внутренним подтягивающим резистором и общей шиной подключить нагрузку, этот вход может служить источником тока.

В портах ввода/вывода микроконтроллеров семейства AVR реализована функциональность вида «чтение/модификация/запись». Благодаря этому используя команды SBI и CBI, можно выполнять операции над любым выводом, не воздействуя на другие выводы порта. Это относится к изменению режима работы контакта ввода/вывода, к изменению выходного значения и к изменению состояния внутреннего подтягивающего резистора (для входов). Отличительной особенностью моделей семейства, выпускающихся в 8-выводном корпусе, является совмещение функций ввода/вывода с функциями управления (выводы для подключения внешнего резонатора и вывод сброса). Соответственно в распоряжении пользователя оказываются до 6 линий ввода/вывода, так как эти модели могут быть сконфигурированы для работы без внешнего резонатора и без вывода аппаратного сброса.

Во всех микроконтроллерах семейства подавляющее большинство контактов ввода/вывода имеют дополнительные функции и используются периферийными устройствами микроконтроллеров.

Обращение к портам производится через регистры ввода/вывода. Под каждый порт в адресном пространстве ввода/вывода зарезервировано по 3 адреса, по которым размещены следующие регистры: регистр данных порта PORT*x*, регистр направления данных DDR*x* и регистр выводов порта PIN*x*. Действительные названия регистров получаются подстановкой названия порта вместо символа «*x*», соответственно регистры порта A называются PORTA, DDRA, PINA, порта B PORTB, DDRB, PINB и так далее. Поскольку с помощью регистров PIN*x* осуществляется доступ к физическим значениям сигналов на выводах порта, они доступны только для чтения, тогда как остальные два регистра доступны и для чтения, и для записи.

Каждому выводу порта соответствуют три разряда регистров ввода/вывода: PORT*xn* (регистр PORT*x*), DD*xn* (регистр DDR*x*) и PIN*xn* (регистр PIN*x*). Действительные названия разрядов регистров получаются подстановкой названия порта вместо символа «*x*» и номера разряда вместо символа «*n*». Порядковый номер вывода порта соответствует порядковому номеру разряда регистров этого порта. Поэтому, если разрядность порта меньше восьми, в регистрах порта используется соответствующее число младших разрядов. Незадействованные старшие разряды регистров доступны только для чтения и всегда содержат «0».

Вообще говоря, «регистры» PIN*x* регистрами не являются, по этим адресам осуществляется доступ к физическим значениям сигналов на выводах порта. Соответственно они доступны только для чтения, тогда как остальные регистры доступны и для чтения, и для записи.



Рис. 1.1. Структурная схема контакта ввода/вывода

Разряд DD*xn* регистра DD*x* определяет направление передачи данных через контакт ввода/вывода. Если этот разряд установлен в «1», то *n*-й вывод

порта является выходом, если же сброшен в «0» входом. Разряд PORT*xn* регистра PORT*x* выполняет двойную функцию. Если вывод функционирует как выход (DD*xn* = «1»), этот разряд определяет состояние вывода порта. Если разряд установлен в «1», на выводе устанавливается напряжение высокого уровня. Если разряд сброшен в «0», на выводе устанавливается напряжение низкого уровня.

Если же вывод функционирует как вход (DD*xn* = «0»), разряд PORT*xn* определяет состояние внутреннего подтягивающего резистора для данного вывода. При установке разряда PORT*xn* в «1» подтягивающий резистор подключается между выводом микроконтроллера и проводом питания.

**Цель работы**

Научится управлять и конфигурировать порты ввода/вывода микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel. Понимать принцип организации на аппаратном и программном уровнях портов ввода/вывода микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel.

**Задачи**

Научится записывать и считывать данные с разрядов портов ввода/вывода. Подключать через подтягивающие резисторы разрядов вводов/выводом маломощную нагрузку, например светодиод.

**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».

Порты ввода/вывода (и даже отдельные разряды одноименных портов) разных моделей семейства имеют различные возможности по конфигурированию:

* ATmega8x имеют три порта ввода/вывода: порт B (8-разрядный), порт C (7-разрядный) и порт D (8-разрядный). Всего контактов ввода/вывода 23;
* ATmega8515x имеют четыре 8-разрядных порта ввода/вывода (порты A, B, C, D) и один 3-разрядный порт ввода/вывода E. Всего контактов ввода/вывода 35. В режиме совместимости с микроконтроллерами AT90S4414/8515 семейства Classic выводы порта E используются только соответствующими периферийными устройствами;
* ATmega16x имеют четыре 8-разрядных порта ввода/вывода (порты A, B, C, D). Всего контактов ввода/вывода 32;
* ATmega161x имеют четыре 8-разрядных порта ввода/вывода (порты A, B, C, D) и один 3-разрядный порт ввода/вывода E. Всего контактов ввода/вывода 35;
* ATmega162x также имеют четыре 8-разрядных порта ввода/вывода (порты A, B, C, D) и один 3-разрядный порт ввода/вывода E. Всего контактов ввода/вывода 35;
* ATmega163x, ATmega32x и ATmega323x имеют четыре 8-разрядных порта ввода/вывода (порты A, B, C, D). Всего контактов ввода/вывода 32;
* ATmega64x и ATmega128x имеют шесть 8-разрядных порта ввода/вывода (порты A, B, C, D, E, F) и один 5-разрядный порт ввода/вывода G. Всего контактов ввода/вывода 53;
* ATtiny11x имеют один 6-разрядный порт ввода/вывода (порт B). Контактов ввода/вывода 5, входных контактов — 1;
* ATtiny12x имеют один 6-разрядный порт ввода/вывода (порт B). Контактов ввода/вывода 6;
* ATtiny15L также имеет один 6-разрядный порт ввода/вывода B. Контактов ввода/вывода 6;
* ATtiny28x имеют три порта ввода/вывода: порт A (4-разрядный), порт B (8-разрядный) и порт D (8-разрядный). Общее количество контактов ввода/вывода равно 11, выходных контактов 1 (линия порта A), входных контактов 8 (порт B).

Все возможные сочетания состояний управляющих разрядов и соответственно конфигурации выводов портов сведены в табл. 2.1.

Таблица 2-1. Конфигурация портов ввода/вывода

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| DD*xn* | PORT*xn* | PUD\* (в SFIOR) | Функция вывода | Резистор | Примечания |
| 0 | 0 | Х | Вход | Отключен | Третье состояние (Hi\_Z)\*\* |
| 0 | 1 | 0 | Вход | Подключен | При подключении нагрузки междувыводом и общим проводом выводявляется источником тока |
| 0 | 1 | 1 | Вход | Отключен | Третье состояние (Hi\_Z) |
| 1 | 0 | Х | Выход | Отключен | Выход установлен в «0» |
| 1 | 1 | Х | Выход | Отключен | Выход установлен в «1» |

\* Отсутствует в моделях ATtiny и ATmega161x.

\*\* Состояние выводов порта при сбросе

Далее приведен пример (на ассемблере) конфигурирования одного из портов микроконтроллера. В примере выводы 0 и 1 порта B устанавливаются в «1», выводы 2 и 3 в «1». Выводы 4…7 порта конфигурируются как входы, при этом к выводам 6 и 7 подключаются подтягивающие резисторы.

*ldi r16,(1<<PB7)|(1<<PB6)|(1<<PB1)|(1<<PB0)*

*ldi r17,(1<<DDB3)|(1<<DDB2)|(1<<DDB1)|(1<<DDB0)*

*out PORTB,r16 ; Задать состояние выходов и*

 *; подтягивающих резисторов*

*out DDRB,r17 ; Задать режимы работы выводов*

*nop ; для синхронизации*

*in r16,PINB ; Считать состояние выводов порта*

Подавляющее большинство контактов ввода/вывода всех микроконтроллеров семейства имеют дополнительные функции и могут использоваться различными периферийными устройствами микроконтроллеров. При этом возможны две ситуации. В одних случаях пользователь должен самостоятельно задавать конфигурацию вывода, а в других вывод конфигурируется автоматически при включении соответствующего периферийного устройства. Об этом будет сказано при рассмотрении соответствующих периферийных устройств.

УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТЫ

Описание работы портов ввода/вывода 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 портами ввода/вывода представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Варианты заданий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Описание программы | Вариант |
| 1 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать разряды 8-разрядного порта как входы и при приеме сигнала отличного от нуля записать значение PINx в РОН R16 | 1, 11, 21 |
| 2 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать разряды 8-разрядного порта как выходы, и при выполнении неравенства значение РОН (R16)$≠00$ записать значения данного регистра в 8-разрядный PORTx | 2, 12, 22 |
| 3 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать старшие четыре разряда 8-разрядного порта − как входы, а младшие четыре разряда как выходы. При появлении сигнала на старших четырех разрядах отличного от нуля записать значение младших четырех бит РОН R16 в младшие разряды данного PORTx | 3, 13, 23 |
| 4 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать 3-разрядный порт таким образом, чтобы к ниму можно было подключить маломощную нагрузку в виде светодиодов. Ассемблер-программа должна управлять свечением светодиода последовательно, включая и отключая его в такт clkI/O = 100·clkCPU | 4, 14, 24 |
| 5 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать разряды 8-разрядного порта как входы. Если значение регистра (PINх)$≠0f$, то программа должна записать значение PINx в РОН R16, если (PINх)$=0f$, то записать значение PINx в РОН R18 | 5, 15, 25 |
| 6 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать разряды 8-разрядного порта как выходы. Если значение регистра (R16)$≠00$, то программа должна записать значение РОН R16 в PORTx, если (R16)$=00$ то сконфигурировать разряды 8-разрядного порта как входы | 6, 16 |
| 7 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать 8-разрядный порт таким образом, чтобы к ниму можно было подключить маломощную нагрузку в виде светодиодов. Ассемблер-программа должна управлять свечением светодиода последовательно, включая и отключая его в такт clkI/O = 1000·clkCPU | 7, 17  |
| 8 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать разряды 8-разрядного порта как входы и при приеме сигнала отличного от нуля, записать значение в РОН (R16)$ = (PINx)$+(R16)$ | 8, 18 |
| 9 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать разряды 8-разрядного порта как выходы и при выполнении неравенства значение РОН (R20)$≠00$ записать в (PORTx)$ = (R16)$+(R20)$ | 9, 19 |
| 10 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать старшие четыре разряда 8-разрядного порта как выходы, а младшие четыре разряда как входы. При появлении сигнала в младшем разряде (a0) отличного от нуля, записать значение старших четырех бит РОН R16 в старшие разряды данного PORTx | 10, 20 |

1. вариант задания определяется номером студента в журнале группы.
2. определив вариант задания, студент должен найти описание портов ввода/вывода микроконтроллеров семейства AVR и представить его в отчете.
3. открыв файл «МК AVR.pdf», студент должен изучить таблицы и графики, соответствующие описанию портов ввода/вывода.
4. изучив структуру и особенности портов ввода/вывода, предварительно составить ассемблер-программу, согласно варианту задания, указанному в табл. 2.2.
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, 5Ivanov\_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 файл с расширением .asm).

**СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

В отчете должны быть отражены результаты рассмотрения и изучения портов вода/вывода микроконтроллеров семейства AVR в виде таблиц и графиков согласно пунктам задания. В таблицах отражаются:

1) регистры портов ввода/вывода;

2) конфигурация портов ввода/вывода;

3) формат регистров портов ввода/вывода;

4) типовая конфигурация модулятора для микроконтроллеров ATtiny.

На графиках отражаются: структурная схема контактов ввода/вывода, временные диаграммы синхронизации при чтении с портов, структурная схема аппаратного модулятора для микроконтроллеров ATtiny.

Также в отчете должна быть представлена отлаженная в среде AVRStudio 4 ассемблер-программа, выполняющая операции согласно варианту задания, указанному в табл. 2.2.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Обращение к портам ввода/вывода. Способы адресации.
2. Регистр выводов порта PINx.
3. Регистр данных порта PORTx.
4. Регистр направления порта DDRx.
5. Способ подключения внутреннего подтягивающего резистора. Питание маломощной нагрузки.
6. Конфигурирование портов ввода/вывода.
7. Аппаратный модулятор. Регистр MODCR.
8. Проект и файлы в среде AVRStudio 4, осуществляющие операции с портами ввода/вывода согласно варианту задания, представленному в табл. 2.2.