Лабораторная работа № 7

аналого-цифровой преобразователь микроконтроллеров семейства AVR фирмы AtMEL

# **Введение**

В состав микроконтроллеров семейства AVR (ATtiny и ATmega) может входить 10 -разрядный АЦП последовательного приближения. Этот АЦП имеет следующие основные параметры:

* абсолютная погрешность: ±2 МЗР;
* интегральная нелинейность: ±0,5 МЗР;
* быстродействие: до 15 тыс. выборок/с.

На входе собственно АЦП располагается 4- или 8- канальный аналоговый мультиплексор, предоставляющий в распоряжение пользователя 4 или 8 каналов с несимметричными входами.

Отдельно следует сказать о микроконтроллерах ATmega8x. Микроконтроллеры этой группы, выпускаемые в корпусе DIP 32, имеют только 6 каналов преобразования. Кроме того, во всех моделях ATmega8x два канала (ADC4 и ADC5) являются 8- разрядными. В моделях ATmega16x, ATmega32x, ATmega64x, Atmega128x входы АЦП могут также объединяться попарно для формирования, в общей сложности, до 13 каналов с дифференциальным входом. Два канала при этом имеют возможность 20- и 200- кратного предварительного усиления входного сигнала. При коэффициентах усиления 1x и 20x действительная разрешающая способность составляет 8 разрядов, а при коэффициенте усиления 200x 7 разрядов. В качестве источника опорного напряжения для АЦП может использоваться как напряжение питания микроконтроллера, так и внутренний либо внешний источник опорного напряжения.

Для несимметричных входов диапазон входных напряжений составляет 0…*V*CC, а для дифференциального входа – 0…2,6 В.

В процессе работы АЦП может функционировать в двух режимах:

* режим одиночного преобразования запуск каждого преобразования инициируется пользователем;
* режим непрерывного преобразования запуск преобразований выполняется непрерывно через определенные интервалы времени.

**Цель работы**

Научиться управлять и работать с аналого-цифровым преобразователем микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel.

**Задачи**

Научиться управлять, контролировать состояние, а также получать результаты преобразования (оцифровки), реализовывать прерывания от аналого-цифрового преобразователя. Научиться составлять простейшие ассемблер-программы, предназначенные для работы с аналого-цифровым преобразователем микроконтроллеров 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 предустановленными приложениями «МК AVR.pdf» и «AVRStudio 4.exe».

Структурная схема аналого-цифрового преобразователя (АЦП) микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel на примере серии ATtiny представлена на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Структурная схема АЦП

Управление модулем АЦП и контроль его состояния осуществляется с помощью регистра ADCSR (Analog Digital Converter Status Register регистр состояния АЦП), расположенного по адресу $06. Формат этого регистра приведен на рис. 2.2, а краткое описание функций разрядов регистра приведено в табл. 2.1.



Рис. 2.2. Формат регистра управления АЦП ADCSR

Таблица 2.1. Разряды регистра управления АЦП ADCSR

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Разряд | Название | Описание |
| 7 | ADEN | Разрешение АЦП («1» включено, «0» выключено) |
| 6 | ADSC | Запуск преобразования («1» — начать преобразование) |
| 5 | ADFR | Выбор режима работы АЦП («0» одиночное преобразование) |
| 4 | ADIF | Флаг прерывания от компаратора |
| 3 | ADIE | Разрешение прерывания от компаратора |
| 2..0 | ADPS2:ADPS0 | Выбор частоты преобразования |

Для разрешения работы АЦП необходимо записать логическую «1» в разряд ADEN регистра ADCSR, а для выключения соответственно логический «0». Причем, если АЦП будет выключено во время цикла преобразования, то преобразование завершено не будет (в регистре данных АЦП останется результат предыдущего преобразования).

Режим работы АЦП определяется состоянием разряда ADFR. Если он установлен в «1», АЦП работает в режиме непрерывного преобразования. В этом режиме запуск каждого следующего преобразования осуществляется автоматически после окончания текущего. Если же разряд ADFR сброшен в «0», АЦП работает в режиме одиночного преобразования и запуск каждого преобразования осуществляется по команде пользователя. Запуск каждого преобразования в режиме одиночного преобразования, а также запуск первого преобразования в режиме непрерывного преобразования осуществляется установкой в «1» разряда ADSC регистра ADCSR. Собственно цикл преобразования начинается по первому нарастающему фронту тактового сигнала после установки этого разряда. Как правило, длительность цикла составляет 13 тактов; выборка и запоминание входного сигнала осуществляется в течение первых 1,5 тактов. Через 13 тактов преобразование завершается, разряд ADSC аппаратно сбрасывается в «0» (в режиме одиночного преобразования) и результат преобразования сохраняется в регистре данных АЦП. Одновременно устанавливается флаг прерывания ADIF регистра ADCSR и генерируется запрос на прерывание.

Как и флаги остальных прерываний, флаг ADIF сбрасывается аппаратно при запуске подпрограммы обработки прерывания от АЦП или программно, записью в него логической «1».

Разрешение прерывания осуществляется установкой в «1» разряда ADIE регистра ADCSR при установленном флаге I регистра SREG. Если АЦП работает в режиме непрерывного преобразования, новый цикл начнется сразу же после записи результата. В режиме одиночного преобразования новое преобразование может быть запущено сразу же после сброса разряда ADSC (до сохранения результата текущего преобразования). Однако реально цикл преобразования начнется не ранее чем через один такт после окончания текущего преобразования.

При использовании АЦП следует учитывать, что в ряде случаев для выполнения преобразования может потребоваться 25 тактов, то есть на 12 тактов больше, чем обычно. Это происходит при запуске первого преобразования после наступления следующих событий:

* включение АЦП;
* смена источника опорного напряжения;
* включение канала с дифференциальным входом.

В течение этих 12 тактов выполняется «холостое» преобразование, инициализирующее АЦП.

Тактовым сигналом модуля АЦП является сигнал с предделителя, на вход которого, в свою очередь, поступает тактовый сигнал микроконтроллера. Коэффициент деления предделителя и соответственно длительность преобразования определяется состоянием разрядов ADPS2…ADPS0 регистра ADCSR.

Наибольшая точность преобразования достигается, если тактовая частота модуля АЦП находится в диапазоне 50−200 кГц. Соответственно, коэффициент деления предделителя рекомендуется выбирать таким, чтобы тактовая частота модуля АЦП находилась в указанном диапазоне.

УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТЫ

Описание работы аналого-цифрового преобразователя 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 АЦП, представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Варианты заданий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №/№ | Описание программы | Вариант |
| 1 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, разрешить прерывание от АЦП, режим работы – одиночное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – двукратная по отношению к тактовому сигналу МК, результат преобразования выравнивается по правой границе ADCH:ADCL), запустить АЦП, сгенерировать прерывание от АЦП, записать результат преобразования в ячейку памяти, адрес которой указан в указателе стека SPH:SPL | 1, 13 |
| 2 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, разрешить прерывание от АЦП, режим работы – одиночное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – четырехкратная по отношению к тактовому сигналу МК, результат преобразования выравнивается по левой границе ADCH:ADCL), запустить АЦП, сгенерировать прерывание от АЦП, записать результат преобразования в ячейку памяти, адрес которой указан в указателе стека SPH:SPL | 2, 14 |
| 3 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, разрешить прерывание от АЦП, режим работы – непрерывное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – двукратная по отношению к тактовому сигналу МК, результат преобразования выравнивается по правой границе ADCH:ADCL), запустить АЦП, сгенерировать прерывание от АЦП, записать результат преобразования в ячейку памяти, адрес которой указан в указателе стека SPH:SPL | 3, 15 |
| 4 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, разрешить прерывание от АЦП, режим работы – непрерывное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – четырехкратная по отношению к тактовому сигналу МК, результат преобразования выравнивается по левой границе ADCH:ADCL), запустить АЦП, сгенерировать прерывание от АЦП, записать результат преобразования в ячейку памяти, адрес которой указан в указателе стека SPH:SPL | 4, 16 |
| 5 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, режим работы – одиночное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – двукратная по отношению к тактовому сигналу МК, результат преобразования выравнивается по правой границе ADCH:ADCL, источник ИОН − внешний), запустить АЦП, записать результат преобразования в РОН R12:R13 | 5, 17 |
| 6 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, режим работы – одиночное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – четырехкратная по отношению к тактовому сигналу МК, результат преобразования выравнивается по правой границе ADCH:ADCL, источник ИОН – внутренний, отключенный от вывода РВ0), запустить АЦП, записать результат преобразования в РОН R12:R13 | 6, 18 |
| 7 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, режим работы – одиночное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – четырехкратная по отношению к тактовому сигналу МК, результат преобразования выравнивается по правой границе ADCH:ADCL, источник ИОН – внутренний, подключенный к выводу РВ0), запустить АЦП, записать результат преобразования в РОН R20:R21 | 7, 19  |
| 8 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, разрешить прерывание от АЦП, режим работы – одиночное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – двукратная по отношению к тактовому сигналу МК), запустить АЦП в режиме ADC Noise Reduction, сгенерировать прерывание от АЦП, записать результат преобразования в ячейку памяти, адрес которой указан в указателе стека SPH:SPL | 8, 20 |
| 9 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, разрешить прерывание от АЦП, режим работы – одиночное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – четырехкратная по отношению к тактовому сигналу МК), запустить АЦП в режиме ADC Noise Reduction, сгенерировать прерывание от АЦП, записать результат преобразования в РОН R12:R13 | 9, 21 |
| 10 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, разрешить прерывание от АЦП, режим работы – одиночное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – двукратная по отношению к тактовому сигналу МК), запустить АЦП, сгенерировать прерывание от АЦП, если результат ≠ 0 – записать результат преобразования в ячейку памяти, адрес которой указан в указателе стека SPH:SPL, если результат = 0 запретить прерывания от АЦП | 10, 22 |
| 11 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, режим работы – непрерывное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – двукратная по отношению к тактовому сигналу МК), запустить АЦП, если результат ≠ 0 – записать в РОН R10=FF$, если результат = 0 записать в РОН R10=00$ | 11, 23 |
| 12 | Ассемблер-программа должна сконфигурировать АЦП (включить АЦП, режим работы – одиночное преобразование, частота тактового сигнала АЦП – четырехкратная по отношению к тактовому сигналу МК), запустить АЦП, если результат ≠ 0 – результат преобразования в ячейку памяти, адрес которой указан в указателе стека SPH:SPL, если результат = 0 записать в РОН R16=00$ | 12, 24, 25 |

1. вариант задания определяется номером студента в журнале группы.
2. определив вариант задания, студент должен согласно табл. 2.2. найти описание АЦП микроконтроллера семейства AVR и представить его в отчете.
3. открыв файл «МК AVR.pdf», студент должен изучить таблицы и графики, соответствующие описанию АЦП.
4. изучив структуру и особенности АЦП, предварительно составить ассемблер-программу, согласно варианту задания.
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, 7Ivanov\_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 АЦП микроконтроллеров семейства AVR в виде таблиц и графиков согласно пунктам задания. В таблицах отражаются:

1. формат регистра управления АЦП ADCSR;
2. формат регистра мультиплексора ADMUX;
3. описание разрядов регистра управления АЦП ADCSR;
4. описание режимов одиночного и непрерывного преобразования АЦП;
5. параметры АЦП.

На графиках отражается структурная схема АЦП и временные диаграммы работы АЦП.

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. Функции АЦП микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel.
2. Описание регистра управления АЦП ADCSR.
3. Описание регистра мультиплексора АЦП ADVUX.
4. Особенности реализации преобразований АЦП в режиме ADC Noise Reduction.
5. Способы подключения ИОН АЦП.
6. Параметры АЦП.
7. Проект и файлы в среде AVRStudio 4, осуществляющие операции с АЦП согласно варианту задания, представленному в табл. 2.2.