*Лабораторная работа* 6

**АЦП последовательного приближения**

**Цель работы.**

Ознакомиться с аналоговыми-цифровыми преобразователями, использующими метод последовательного приближения.

Научиться проектировать АЦП последовательного приближения на основе микроконтроллера ATmega16, настраивать и измерять его основные параметры.

Любая система управления использует датчики, формирующие информацию об объекте управления. Датчики, как правило, создают непрерывный, аналоговый сигнал. При этом собственно система управления носит, в большей части, цифровой характер, и выполнена на базе дискретных вычислительных систем. Поэтому при проектировании системы управления на передний план выдвигается задача преобразования аналогового сигнала датчиков в цифровой сигнал, используемый управляющей системой.

Именно эту задачу решают аналогово-цифровые преобразователи. АЦП ставят в соответствие аналоговому сигналу (чаще всего, напряжению) цифровой код, представляющий собой отношение этого сигнала к некоторому опорному, фиксированному уровню, выраженное в двоичном коде.

Основными параметрами АЦП являются:

– разрядность – количество двоичных разрядов в цифровом представлении сигнала;

– максимальное входное напряжение (или ток) – максимальное значение аналогового входного сигнала, допустимое на входе АЦП, и приводящего к максимальному значению выходного цифрового кода;

– частота преобразования – частота обновления выходного цифрового входа.

На практике используются разнообразные конструкции аналогово-цифровых преобразователей. Наиболее часто применяются следующие методы преобразования:

– прямого счёта;

– последовательного приближения;

– сигма-дельта;

– параллельное преобразование.

АЦП любого типа можно реализовать на основе микроконтроллера. В этом случае на микроконтроллер возлагается задача формирования напряжения некоторого уровня, которое сравнивается (либо с помощью внешнего устройства, либо с помощью компаратора, входящего в состав микроконтроллера) с измеряемым напряжением, и задача считывания результатов сравнения, по которым формируется новый уровень напряжения сравнения. Структурная схема описанного устройства приведена на рис.1.

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. Универсальная структурная схема АЦП с использованием микроконтроллера |

Алгоритм формирования уровня напряжения сравнения может быть различным и определяет тип АЦП. На рис.2 и рис.3 представлены два наиболее распространённых алгоритма работы АЦП – АЦП прямого счёта и АЦП последовательного напряжения.

|  |  |
| --- | --- |
| В АЦП прямого счёта (рис.2) на вход ЦАП подаётся содержимое регистра Res, который изначально принимает нулевое значение, и затем соответствующее Res постоянное напряжение сравнивается с измеряемым напряжением. До той поры, пока предлагаемое регистром Res напряжение меньше измеряемого напряжения , происходит инкрементирование Res. Как только выполнится условие , содержимое регистра Res поступает на выход АЦП, Res снова принимает нулевое значение, и процедура повторяется. |  |
| Рис.2. Алгоритм работы АЦП прямого счёта |

Главным недостатком АЦП прямого счёта является большое время преобразования – если АЦП имеет *N* двоичных разрядов, для преобразования требуется операций цифро-аналогового преобразования и сравнения.

Гораздо быстрее работает АЦП последовательного приближения (рис.3), имеющий другое часто употребляемое название – АЦП поразрядного уравновешивания. Алгоритм его работы основан на сравнении сначала с половиной максимально возможного напряжения , затем к результату сравнения (0, если и в противном случае) добавляется четверть максимально возможного напряжения , затем в зависимости от результата сравнения восьмая часть , и так далее до минимально возможного разряда.

|  |
| --- |
|  |
| Рис.3. Алгоритм работы 5-разрядного АЦП последовательного приближения |

При достижении самого младшего разряда результат преобразования выводится и процедура преобразования начинается сначала.

Нетрудно показать, что для полного преобразования требуется только операций цифро-аналогового преобразования и сравнения, что существенно меньше, чем в АЦП прямого счёта

В настоящей лабораторной работе рассматривается АЦП последовательного приближения.

**Порядок выполнения работы.**

1. Получить у преподавателя исходные данные:

– максимальное значение входного напряжения АЦП ;

– разрядность АЦП ;

– частоту тактовых импульсов таймера .

2. Собрать схему АЦП по рис. 1. При использовании программы PROTEUS использовать в схеме в качестве компаратора любой операционный усилитель и стабилитрон любой марки с напряжением стабилизации 5 В. В качестве ЦАП в схеме АЦП использовать ЦАП любого типа. Предусмотреть вывод выходного кода АЦП (регистр RES на рис. 4) на два (или один, в зависимости от количества разрядов) семисегментных индикатора.

3. Составить программу для микроконтроллера АЦП в соответствии со схемой алгоритма рис. 3.

4. Подавая на вход АЦП различные напряжения из диапазона 0…, удостовериться в адекватности его работы.

5. Подавая на вход АЦП различные напряжения и контролируя его выход, составить таблицу передаточной характеристики АЦП для постоянного входного сигнала. При этом использовать входные напряжения ряда:







…



6. Подать на вход АЦП меандр амплитуды  с достаточно низкой частотой (по крайней мере, в 200 раз меньше, чем тактовая частота микроконтроллера). Подключить к выходу АЦП ЦАП любого типа. Проконтролировать с помощью осциллографа совпадение форм входного сигнала АЦП и выходного сигнала ЦАП. Постепенно увеличивая частоту входного сигнала АЦП, определить её предельное значение , ниже которого амплитуда выходного сигнала ЦАП остаётся постоянной, а выше – начинает падать.

7. Повторить п.6 для нескольких (не менее 10) значений  (равномерно в диапазоне 0…. Результаты измерений занести в таблицу.

8. По результатам п.п.6-7 построить график зависимости 

**Содержание отчёта.**

Отчёт должен содержать:

1. Исходные данные для лабораторной работы.

2. Полную схему АЦП с номиналами элементов.

3. Текст программы работы микроконтроллера.

4. Таблицу зависимости выходного кода АЦП от уровня постоянного входного напряжения.

5. Таблицу и график зависимости 

