

## *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).

лера) с измеряемым напряжением, и задача считывания результатов сравнения, по которым формируется новый уровень напряжения сравнения. Структурная схема описанного устройства приведена на рис.1.

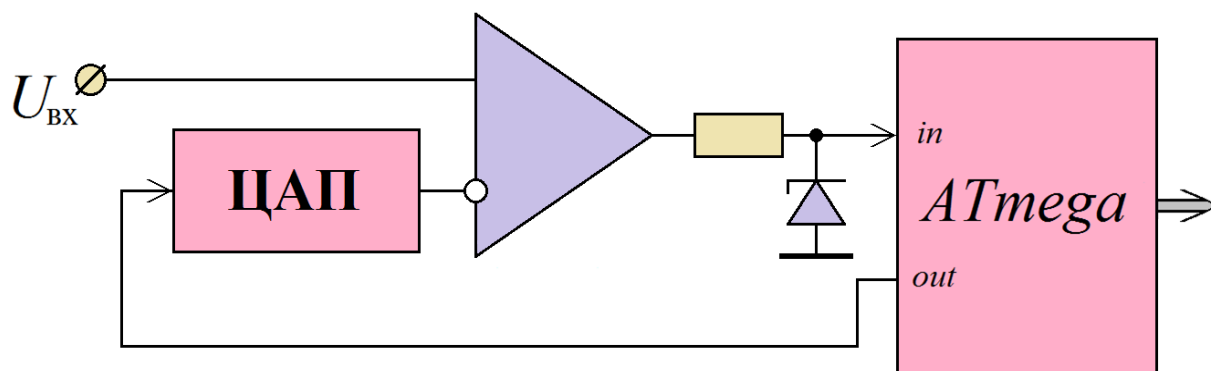


Рис.1. Универсальная структурная схема АЦП с использованием микроконтроллера

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  $U_{Res}$  меньше измеряемого напряжения  $U_{Изм}$ , происходит инкрементирование Res. Как только выполнится условие  $U_{Res} > U_{Изм}$ , содержимое регистра Res поступает на выход АЦП, Res снова принимает нулевое значение, и процедура повторяется.

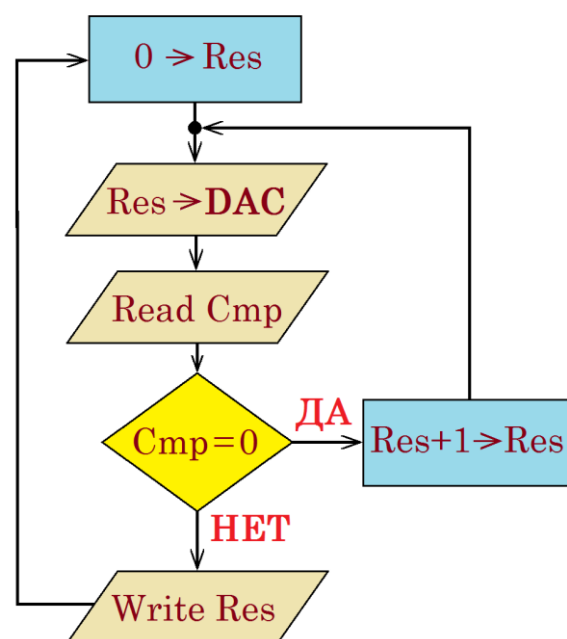


Рис.2. Алгоритм работы АЦП прямого счёта

Главным недостатком АЦП прямого счёта является большое время преобразования – если АЦП имеет  $N$  двоичных разрядов, для преобразования требуется  $2^N - 1$  операций цифро-аналогового преобразования и сравнения.

Гораздо быстрее работает АЦП последовательного приближения (рис.3), имеющий другое часто употребляемое название – АЦП поразрядного уравнивания. Алгоритм его работы основан на сравнении  $U_{Изм}$  сначала с половиной максимально возможного напряжения  $U_{max}$ , затем к результату сравнения

(0, если  $U_{\text{Out}} < U_{\text{Изм}}$  и  $1/2 U_{\text{max}}$  в противном случае) добавляется четверть максимально возможного напряжения  $U_{\text{max}}$ , затем в зависимости от результата сравнения восьмая часть  $U_{\text{max}}$ , и так далее до минимально возможного разряда.

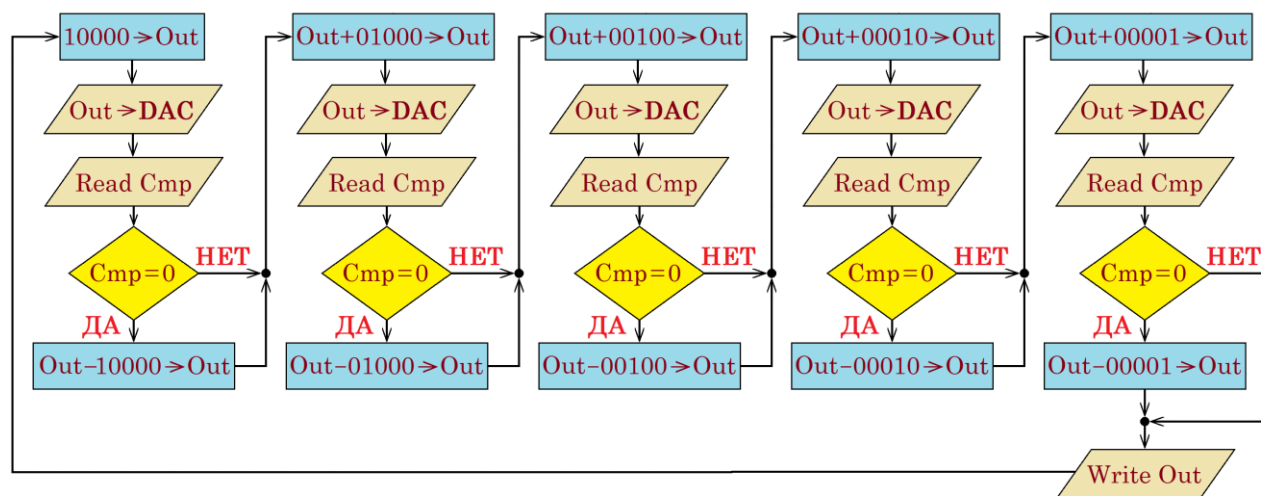


Рис.3. Алгоритм работы 5-разрядного АЦП последовательного приближения

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

Нетрудно показать, что для полного преобразования требуется только  $N$  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.

- Получить у преподавателя исходные данные:
  - максимальное значение входного напряжения АЦП  $U_{\text{max}}$ ;
  - разрядность АЦП  $T$ ;
  - частоту тактовых импульсов таймера  $f_0$ .
- 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.
- Составить программу для микроконтроллера АЦП в соответствии со схемой алгоритма рис. 3.
- Подавая на вход АЦП различные напряжения из диапазона  $0 \dots U_{\text{max}}$ , 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:

$$U_{\max}$$

$$U_{\max}/2$$

$$U_{\max}/4$$

...

$$U_{\max}/2^N$$

6. Подать на вход АЦП меандр амплитуды  $U_{\text{ВХ}} = U_{\max}$  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  $f_{\text{пред}}$ , ниже которого амплитуда выходного сигнала ЦАП остаётся постоянной, а выше – начинает падать.

7. Повторить п.6 для нескольких (не менее 10) значений  $U_{\text{ВХ}}$  (равномерно в диапазоне  $0 \dots U_{\max}$ ). Результаты измерений занести в таблицу.

8. По результатам п.п.6-7 построить график зависимости  $f_{\text{пред}}(U_{\text{ВХ}})$

## 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  $f_{\text{пред}}(U_{\text{ВХ}})$