

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.

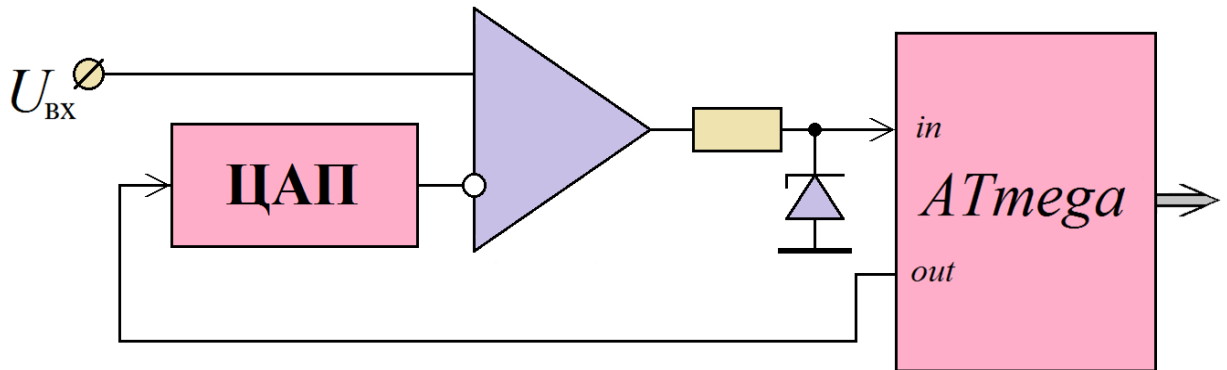


Рис.1. Универсальная структурная схема АЦП с использованием микроконтроллера

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.

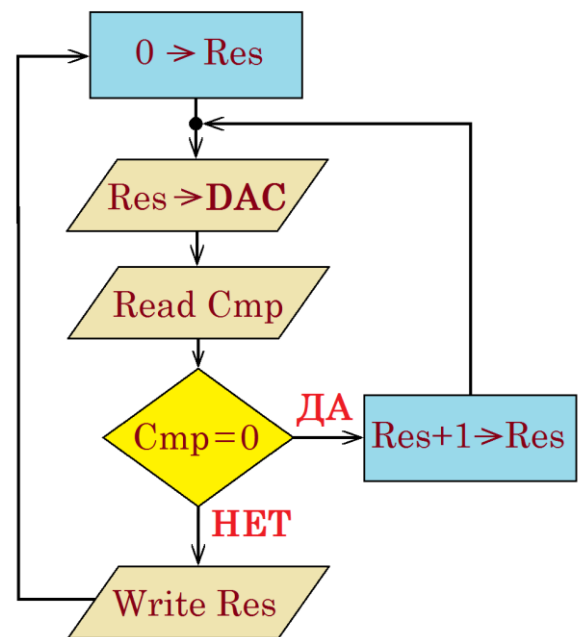


Рис.2. Алгоритм работы АЦП прямого счёта

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 $U_{Out} < U_{Изм}$ и $1/2 U_{max}$ в противном случае) добавляется четверть максимально возможного напряжения U_{max} , затем в зависимости от ре-

зультата сравнения восьмая часть U_{\max} , и так далее до минимально возможного разряда.

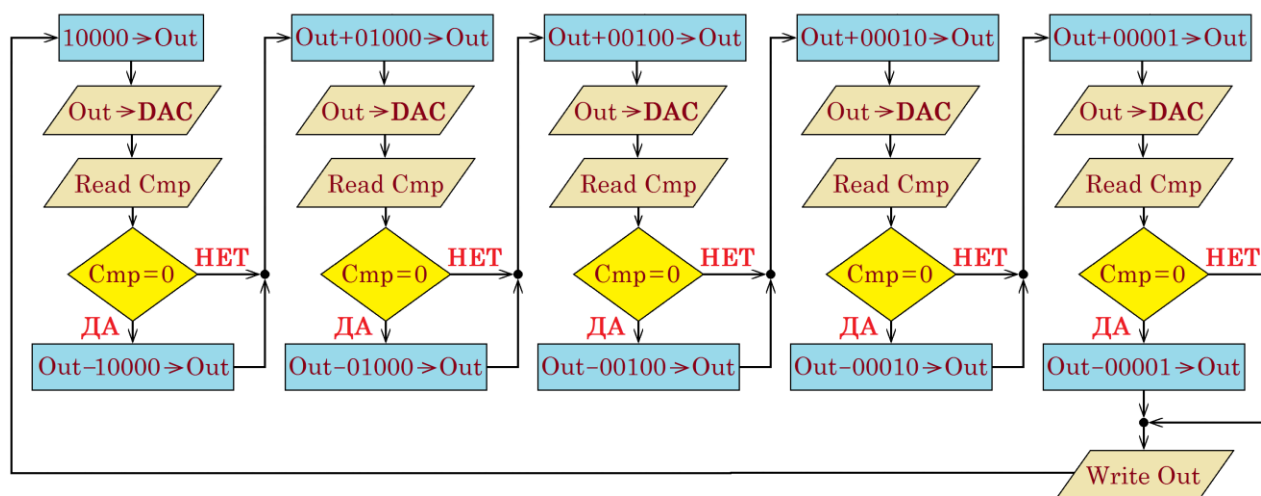


Рис.3. Алгоритм работы 5-разрядного АЦП последовательного приближения

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.

1. Получить у преподавателя исходные данные:

- максимальное значение входного напряжения АЦП U_{\max} ;
- разрядность АЦП T ;
- частоту тактовых импульсов таймера f_0 .

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 $0 \dots U_{\max}$, 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:

$$\begin{aligned} &U_{\max} \\ &U_{\max}/2 \\ &U_{\max}/4 \\ &\dots \\ &U_{\max}/2^N \end{aligned}$$

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 $f_{\text{пред}}(U_{\text{ВХ}})$