

## Лабораторная работа 5

### АЦП прямого счёта

#### Цель работы.

Ознакомиться с аналоговыми-цифровыми преобразователями, использующими метод прямого счёта.

Научиться проектировать АЦП прямого счёта 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.

В настоящей лабораторной работе рассматривается АЦП прямого счёта.

#### 1. Принцип действия АЦП прямого счёта.

Структурная схема АЦП прямого счёта приведена на рис.1. Его основой является преобразователь напряжения в частоту, формирующий импульсы с

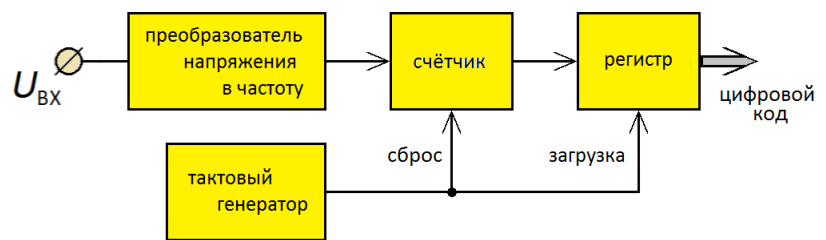


Рис. 1. Общая структурная схема АЦП прямого счёта

частотой, пропорциональной входному напряжению. Эти импульсы поступают на вход счётчика, и количество подсчитанных импульсов запоминается в регистре-защёлке. Счётчик должен обнуляться каждый раз после загрузки его содержимого в регистр, поэтому общий тактовый генератор используется как для загрузки регистра, так и для сброса счётчика.

При реализации АЦП на микроконтроллере на микроконтроллер можно реализовать тактовый генератор, счётчик и регистр, поэтому схема АЦП становится достаточно простой (рис. 2).

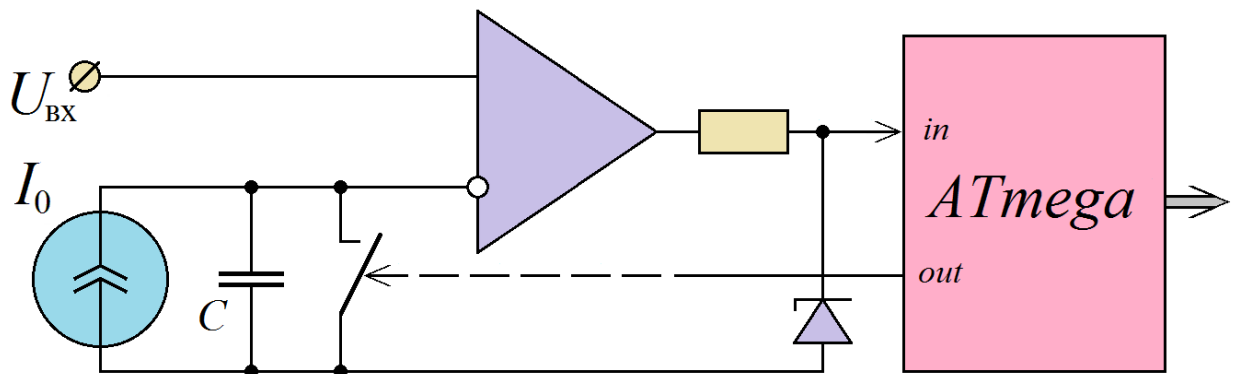


Рис. 2. Структурная схема АЦП прямого счёта на основе микроконтроллера

Основная идея работы АЦП прямого счёта иллюстрируется на рис. 3. Источник постоянного тока заряжает конденсатор, при этом потенциал верхней обкладки конденсатора  $U_c$  увеличивается линейно. Этот потенциал вместе со входным (измеряемым) напряжением поступают на входы компаратора напряжений. Как только  $U_c$  становится больше входного напряжения  $U_x$ , выходное напряжение компаратора изменяет своё значение с 1 на 0. Изменение

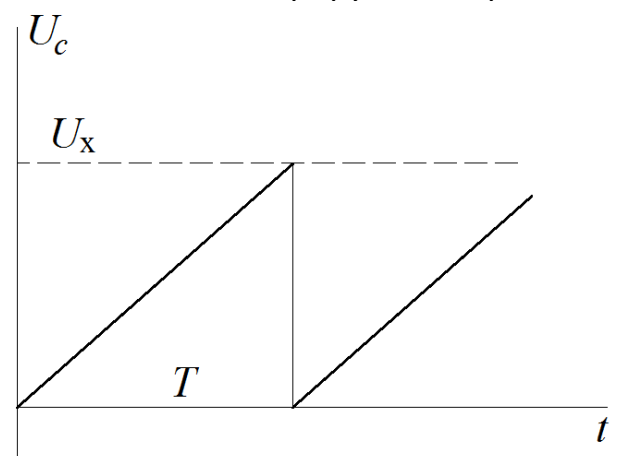


Рис. 3. Диаграммы работы схемы рис. 2

Этого напряжения регистрируется микроконтроллером, который сразу же выдаёт сигнал сброса, по которому конденсатор разряжается, и процесс его за-

ряда начинается вновь. При этом микроконтроллер с помощью таймера осуществляет измерение интервала времени между началом заряда конденсатора и его сбросом.

Стабилитрон в схеме на рис. 2 предназначен для того, чтобы поступающий на вход микроконтроллера сигнал находился в диапазоне 0...5 В. Он должен, конечно, иметь напряжение стабилизации 5 В.

Легко показать, что измеряемый интервал времени  $T$  оказывается пропорционален входному напряжению  $U_x$ , (а также току заряда конденсатора и его ёмкости). Если по каждому сигналу сброса выводить содержимое таймера, осуществляющего подсчёт импульсов фиксированной частоты за интервал времени  $T$ , то этот цифровой сигнал будет пропорционален входному напряжению  $U_x$ .

Схема алгоритма работы микроконтроллера приведена на рис. 4.

Микроконтроллер производит непрерывное считывание выходного сигнала компаратора Cmp. Если Cmp = 0 (это реализуется, когда потенциал верхней обкладки конденсатора рис. 2 превысит измеряемое напряжение), то микроконтроллер выдаёт управляющий сигнал (1→Start), по которому конденсатор замыкается накоротко. Выдача этого сигнала продолжается до той поры, когда содержимое таймера не изменится на 1 (это необходимо для того, чтобы конденсатор гарантированно разрядился),

после чего ключ, закорачивающий конденсатор, размыкается, и содержимое таймера обнуляется. Таким образом, начало заряда конденсатора совпадает с нулевым значением таймера.

В случае же, если Cmp = 1 (потенциал верхней обкладки конденсатора рис. 2 ещё не превысил измеряемое напряжение), содержимое таймера увеличивается согласно его настройкам, и непрерывно сохраняется в регистре Res.

Содержимое регистра Res выводится одновременно с обнулением таймера и началом заряда конденсатора, и, таким образом, представляет собой количество тактовых интервалов таймера, уложившихся за время заряда конденсатора от нулевого напряжения до измеряемого напряжения, то есть время  $T$  в единицах тактовых интервалов таймера.

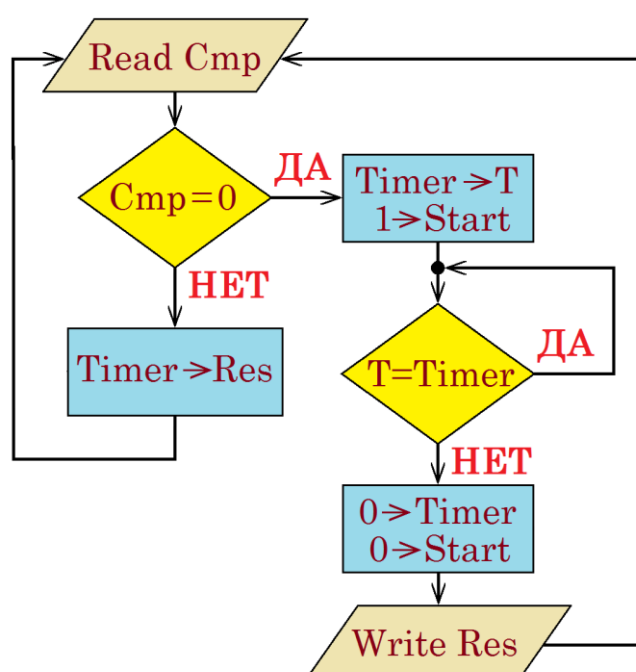


Рис. 4. Алгоритм работы микроконтроллера рис. 2

Микроконтроллер ATmega16 позволяет использовать внутренний компаратор – его входами являются выводы PB2 (Ain0) и PB3 (Ain1). В настоящей лабораторной работе для наглядности предлагается использовать внешний компаратор на базе операционного усилителя.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Получить у преподавателя исходные данные:
  - максимальное значение входного напряжения АЦП  $U_{\max}$ ;
  - разрядность АЦП  $N$ ;
  - частоту тактовых импульсов таймера  $f_0$ .
2. Собрать по одной из схем рис.3а и рис.3б источник тока, управляемый напряжением. Удостовериться, что выходной ток источника прямо пропорционален входному напряжению.
3. Собрать по схеме рис.4 преобразователь напряжения в частоту. Подобрать ёмкость конденсатора преобразователя такой, чтобы при максимальном входном напряжении  $U_{\max}$  на длительности  $1/(2f_0)$  укладывалось  $2^N$  импульсов. При этом контролировать, чтобы при максимальном входном напряжении операционные усилители преобразователя не входили в состояние насыщения, добиваясь этого изменением соответствующих сопротивлений. Следует отметить, что ёмкость конденсатора не должна быть меньше по крайней мере 100 нФ, поскольку при меньших её значениях начинает сильно сказываться ток утечки выхода DIS интегрального таймера 555.
4. На интегральном таймере 555 собрать симметричный мультивибратор, выдающий меандр с частотой  $f_0$ .
5. Собрать полную схему АЦП.
6. Снять зависимость выходного кода АЦП от уровня постоянного входного напряжения. Построить график получившейся зависимости.

### **Содержание отчёта.**

Отчёт должен содержать:

1. Исходные данные для лабораторной работы.
2. Полную схему АЦП с номиналами элементов.
3. Таблицу и график зависимости выходного кода АЦП от уровня постоянного входного напряжения  $f_{\text{пред}}(U_{\text{ВХ}})$