Министерство образования и науки Российской Федерации

ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра «Автоматизированные системы обработки информации и управления»

**Пояснительная записка**

**к курсовому проекту**

**по дисциплине «Электротехника и электроника»**

***«Кодоимпульсный аналого-цифровой преобразователь»***

Принял: Преподаватель

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись, дата

Выполнил: студент

гр.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись, дата

Омск –**Реферат**

Пояснительная записка 18 с., 8 рис., 6 табл., 12 источников

СЧЕТЧИК, ЦАП, КОМПАРАТОР, РЕГИСТР, ЛОГИЧЕСКАЯ МИКРОСХЕМА, операционный усилитель*.*

Цель работы – разработка кодоимпульсного аналого-цифрового преобразователя с возможностью считывания результатов в ЭВМ, работающего в автоматическом режиме и имеющей большое входное сопротивление.**Содержание**

[Введение 6](#_Toc102931481)

[1 Расчет на структурном уровне 7](#_Toc102931482)

[1.1 Распределение погрешностей 8](#_Toc102931483)

[1.2 Счетчик 8](#_Toc102931484)

[1.3 Опорный генератор 8](#_Toc102931485)

[1.4 Компараторы 8](#_Toc102931486)

[1.5 ЦАП 9](#_Toc102931487)

[2 Расчет электрической схемы 10](#_Toc102931488)

[2.1 Выбор схемы 10](#_Toc102931489)

[2.2 Выбор элементов схемы 10](#_Toc102931490)

[3 Анализ метрологических характеристик 15](#_Toc102931491)

[4 Электрическое моделирование 17](#_Toc102931492)

[Список литературы 19](#_Toc102931493)

# Введение

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) – устройство, осуществляющее преобразование непрерывно изменяющегося аналогового сигнала в цифровой код.

В кодоимпульсном АЦП дискретизация происходит по величине напряжения. Метод преобразования характеризуется наличием нескольких мер, равных числу разрядов кода; комбинации мер по логической программе сравниваются с измеряемой величиной [6].1 Расчет на структурном уровне

В основе проектирования АЦП было положено кодоимпульсное преобразование, реализующее следящее уравновешивание.

В качестве базовой была взята схема из [6], реализующая выбранный метод преобразования. Эта схема, несколько преобразованная, изображена на рисунке 1.

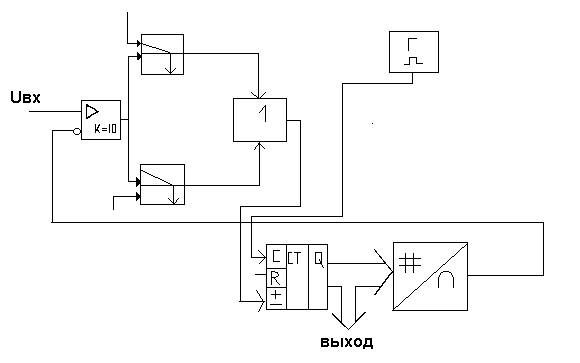


Рисунок 1 – Преобразованная схема АЦП

Порядок следования сигнала следующий: на входы операционного усилителя подается входное напряжение и, компенсирующее его, напряжение с ЦАП (при этом усилитель в зависимости от разности напряжений может работать и в своем основном режиме и в режиме насыщения, алгоритм работы такой, что разностный сигнал удерживается в пределах разрешающей способности АЦП). Далее с помощью двух компараторов и схемы 2ИЛИ происходит определение режима изменения кода в зависимости от полярности сигнала. После этого сигнал подается на счетчик, который выполняет тактирование (по входу С**)**, при этом счетчик работает только тогда, когда с блока управления есть разрешающий сигнал (по входу R). Далее используя ЦАП, сигнал преобразуется в напряжение и выводится для сравнения с заданным входным. Процесс повторяется снова.

Таким образом, по истечению времени преобразования, в счетчике мы получим требуемое значение.

## 1.1 Распределение погрешностей

Исходя из требований ТЗ погрешность АЦП не должна превышать 1%. За максимальную методологическую погрешность (прежде всего погрешность дискретности) взята

δ*м =0.25%*

Отсюда на приборную погрешность приходится:

δ*п=1% -* δ*м=0.75%*

По основной цепи преобразования распределение погрешности представлено в Таблице 1

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| *Элемент* | *Допустимая погрешность* |
| *Усилители* | *≤0.01%* |
| *Компараторы* | *≤0.01%* |
| *Схема И-НЕ* | *~0%* |
| *Схема ИЛИ* | *~0%* |
| *Счетчик* | *~0%* |
| *АЦП* | *0.1%* |

## 1.2 Счетчик

В качестве счетчика берется двоичный реверсивный счетчик. Его разрядность определяется исходя из величины методологической погрешности (δ*м)*

Вначале определяется ступень квантования:

Δ=*0.0025\*10=0.025*

Соответственно емкость счетчика высчитывается следующим образом:

* (1)*

Отсюда разрядность счетчика N=9 (наименьшая целая степень двойки при которой получается число покрывающая емкость счетчика).

## 1.3 Опорный генератор

Частота опорного генератора высчитывается по формуле из [6]:

*МГц (2)*

## 1.4 Компараторы

В связи с заданием ступени квантования важно определить для компаратора опорное напряжение и максимальную ширину зоны неопределенности, это можно сделать по формуле 3 из [6].

 (3)

(4)

## 1.5 ЦАП

ЦАП в схеме должен быть девяти разрядным. Согласно [3] такой ЦАП в униполярном режиме не поддерживается стандартом. Поэтому в данной схеме берется десятиразрядный ЦАП, после которого строится усилительная схема для соответствия входных активных разрядов и выходных напряжений, а также умножения напряжения.

Так, если при 10 разрядах напряжение было Umax=1В, то

 (5)

В тоже время максимальное выходное напряжение должно соотносится к коду на входе системы, так чтобы при максимуме мы получили 10 В (для минимального это соотношение выполняется Umin=0). Для этого необходимо подобрать коэффициент усиления:

0.9К=107

К=10/0.9=11,11

Корректирующее устройство представляет собой инвертирующий усилитель с коэффициентом усиления 11,11 и максимальным выходным напряжением не менее 10 В.

# 2 Расчет электрической схемы

## 2.1 Выбор схемы

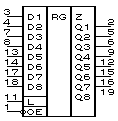
### В качестве элементарной базы было выбрано КМДП так как:

* Она способна обеспечить заданное быстродействие
* Эта серия является полной и способной синтезировать АЦП, заданного вида
* По энергопотреблению серия является рекомендуемой, т.к. считается, что при частоте меньшей 3МГц потребление мощности на схемах КМОП меньше чем у ТТL (в данной схеме f = 0.4 МГц).

## 2.2 Выбор элементов схемы

### 2.2.1 Регистр

### Для соединения АЦП с ЭВМ, чтобы исключить взаимное влияние необходимо поставить регистр, который изображен на рисунке 2.



### Рисунок 2- Регистр 530ИР22

### Регистр КР531ИР22 предназначен для хранения восьмиразрядного слова, записываемого и считываемого в виде параллельного кода. Запись кода производится асинхронно при действии напряжения логической 1 на входе L. При записи на выходах Q формируется записываемый код. Для перевода регистра в режим хранения необходимо на вход L подать напряжение логического 0. При записи кода и его хранении на входе OE должно действовать напряжение логического 0.

### Перевод регистра в третье состояние выходов Z (состояние высокого импеданса) осуществляется подачей напряжения логической1 на инверсный вход OE.

### 2.2.2 ЦАП

В качестве ЦАП выбрана микросхема КР752ПА1[5]. Это 10-разрядный ЦАП (рисунок 3), выполненный по КМОП технологии с коэффициентом нелинейности δ=0,1%

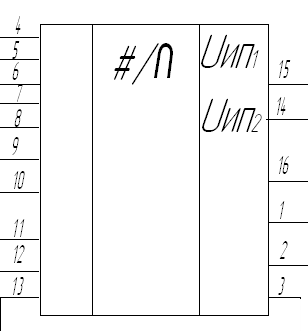


Рисунок 3 ЦАП КР752ПА1

В Таблице 2 приведены основные параметры ЦАП [11]:

Таблица 2 - Основные параметры ЦАП

|  |  |
| --- | --- |
| Число разрядов | 10 |
| Время установления | 5 мкс |
| Δ | 0,1% |
| Максимальное выходное напряжение | 1 В |
| Uоп | 10.24 |
| Uип | 5.4 |

### 2.2.3 Усилитель

В качестве элементной базы для всех усилителей схемы (если это специально не оговорено) выбрана микросхема К140УД7. Она имеет параметры [11],которые отображены в таблице 3:

Таблица 3

|  |  |
| --- | --- |
| Коэффициент усиления напряжения | 50000 |
| Дрейф напряжения смещения | 6МкВ/˚C |
| Входное напряжение | 12 В |
| Выходное напряжение | 11,5 В |
| Напряжение источника питания | ±15 В |

### 2.2.4 Сравнивающий усилитель

В соответствии с ТЗ должно обеспечиваться подключение к АЦП нагрузки не менее 1МОм.

На рисунке 4 представлена схема подключения через повторитель напряжения, называемый также буфером, так как он обладает изолирующими свойствами (большим входным импедансом и малым выходным).

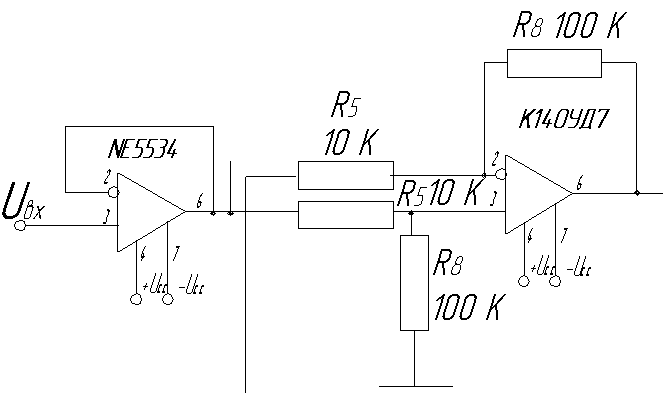


Рисунок 4 – Повторитель напряжения

Входное сопротивление для повторителя напряжения может быть равным многим сотням мегом на низких частотах, а выходное сопротивление меньше 1Ом, поэтому используется не взятая за базисную микросхема К140УД7, а импортный усилитель NE5534, который предназначен для работы на нагрузку до 600 0м.

Далее в каскаде с повторителем напряжения используется дифференциальный усилитель, для которого справедливо следующее соотношение[10]:

 (8)

### 2.2.6 Компараторы

Элементная база компаратора представляет собой микросхему КМ594СА3[11], совместимой с КМОП цифровыми микросхемами.

Основные характеристики компаратора приведены в Таблице 4:

Таблица 4 – Основные характеристики компаратора

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение источника питания Uп | ±15 В |
| Время задержки tЗ | 200нс |
| Коэффициент усиления Kу | 150000 |
| Напряжение смещения нуля Uсм | 0,003 В |

### 2.2.7 Счетчик

Девятиразрядный двоичный реверсивный счетчик построен на трех четырехразрядных серии К564ИЕ11[5]. Условное графическое обозначение микросхемы К564ИЕ11 изображено на рисунке 5.

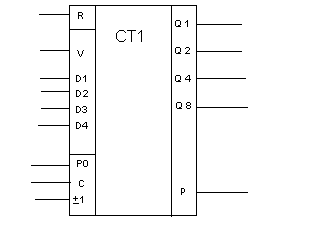


Рисунок 5 – Счетчик

D1, D2, D3, D4–вход установки 1‑го, 2‑го, 3‑го и 4‑го разрядов соответственно; V–вход разрешения установки; P0–вход переноса; ±1–вход определяющий режим сложение/вычитание; Q1, Q2, Q3, Q4–выходы соответствующих разрядов; p-выход переноса.

Для синтеза девятиразрядного счетчика необходимо знать таблицу истинности данного устройства. Таблица истинности данного счетчика соответствует таблице 5

Таблица 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вход переноса | Сложение / вычитание | Разрешение установки | Установка нуля | Действие |
| P0 | ±1 | V | R |
| 1 | X | 0 | 0 | Нет счета |
| 0 | 1 | 0 | 0 | Работа на сложение |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Работа на вычитание |
| X | X | 1 | 0 | Установка |
| X | X | X | 1 | Установка нуля |

Связь счетчиков осуществляется через соединение выхода переноса младшего к входу старшего.

Режимы Сложение/Вычитание осуществляются в младшем счетчике. Когда компаратор зафиксирует выход за пределы разрешающей способности (что соответствует тому, что нужно увеличить модуль напряжения) на сумматор в соответствующий вход поступает высокий уровень и он работает на сложение.

# 3 Анализ метрологических характеристик

Разработанное устройство полностью соответствует техническим требованиям, изложенным в техническом задании. В устройстве использованы быстродействующие микросхемы (операционный усилитель К140УД7, компаратор КМ597СА3, ЦАП КР572ПА1, регистр 530ИР22).

Устройство обеспечивает работу в необходимом динамическом диапазоне. Диапазон входного напряжения, исходя из способа построения (это подразумевалось при подборе ступени квантования, разрядности счетчика, ЦАП и, в целом, конструируемого АЦП) рассчитан на напряжение до минус 10 В. Входное сопротивление более 1 Мом, благодаря использованию повторителя.

Время преобразования выбрано равное 1 с. обеспечено благодаря выбору тактовой частоты генератора, что соответствует требованиям ТЗ.

В связи с использованием обратной связи устройство работает в автоматическом режиме.

Аддитивная погрешность складывается из суммы аддитивных погрешностей четырех усилителей (вне зависимости от схемы их включения), и аддитивной погрешности ЦАП. Используемые при расчете аддитивной погрешности характеристики приведены в таблице 6. Характеристики прочих звеньев главного круга преобразования не включены, т.к. подразумевается, что цифровые элементы данным видом погрешностью не обладают, а точность компаратора, с которой он может входной и опорный сигнал достаточна велика.

Таблица 6 – Характеристики

|  |  |
| --- | --- |
| **Параметр** | **Значение** |
| Дрейф напряжения смещения (в усилителях) | 6мкВ/С° |
| Коэффициентом нелинейности для ЦАП (δ) | 0,1% |

Будем искать погрешности, в том числе аддитивную, для входной величины, равной ступени квантования (в данном случае она максимальна) по формуле 9 из[7]:

 (9)

где С — суммарная аддитивная погрешность устройства; δ1, δ2—аддитивные погрешности усилителей и ЦАП соответственно

Мультипликативная погрешность (возникает при изменении коэффициентов преобразования), будет складываться за счет некоторых факторов, таких как точный подбор резисторов в схемах включения усилителей (они обладают своей точностью). Если погрешность, возникающая при этом порядка d=0,05%, то по формуле из [7] получим предел относительной основной погрешности:

 (10)

Полученная погрешность носит лишь оценочный характер. Введу сложности устройства, более точно погрешность может быть оценена путем моделирования.

# 4 Электрическое моделирование

Моделирование схемы проводилось в пакете программ схемотехнического моделирования Micro-Cap 7.0.

В качестве устройства для моделирования было предложено смоделировать работу генератора. В программе MicroCap была создана схема, показанная на рисунке 6.

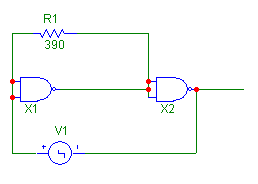


Рисунок 6 – Схема для электрического моделирования

Данная схема представляет собой простейший кварцевый генератор на микросхемах КМОП Х1 и Х2. На данной схеме вместо кварца был использован импульсный генератор V1.

На рисунке 7 изображен выходной сигнал модели и выходной сигнал

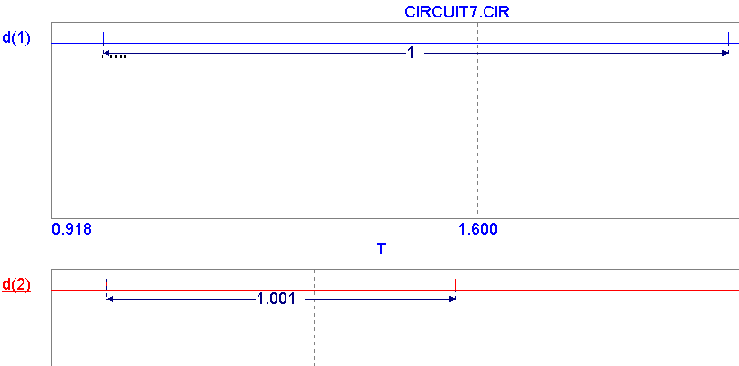


Рисунок 7 – Выходной сигнал модели

На рисунке 8 изображен выходной сигнал в промежутке времени между преобразованиями.

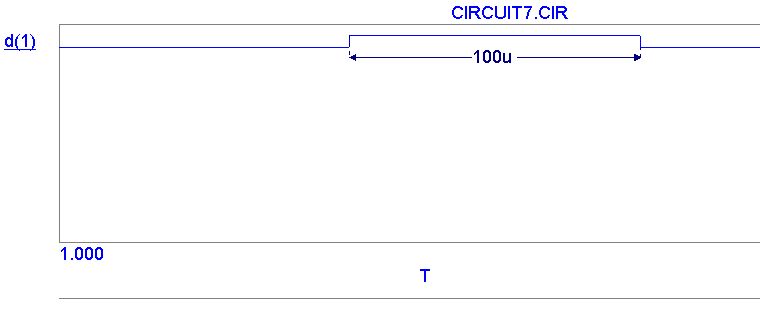


Рисунок 8 – Выходной сигнал в промежутке времени между преобразованиями

# Список литературы

1. Джонс М.Х. Электроника – практический курс. Москва: Постмаркет, 1999 –528 с.
2. Забродин Ю.С Промышленная электроника: Учебник для вузов. — М.: Высш. школа, 1982. –496 с.
3. Кончаловский В.Ю. Цифровые измерительные устройства: Учеб. пособие для вузов .—М.:Энергоатомиздат, 1985.—304 с.
4. Ладик А.И. Сташкевич А.И. Изделия электронной техники. Знакосинтезирующие индикаторы: Справочник.–М.: Радио и Связь, 1994–176 с.
5. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги. Справочник. Т.5.–M.:ИП Радиософт, 1999–608 с.
6. Никонов А.В. Методические аспекты построения цифровых измерительных устройств: Учебное пособие.- Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001 – 52
7. Основы метрологии и электрические измерения: Учебник для вузов / Б.Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин и др.; Под ред. Е.М.Душина.—6‑е изд., перераб. И доп.—Л.: Энергоатомиздат,1987.—480 с.
8. Разевиг В.Д. Система схематехнического моделирования Micro-Cap 6 – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. –344 с.
9. Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. –М.: Энергоатомиздат, 1990.—320 с.
10. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х т. Е.1. Пер. с анг.–Изд. 3-е, стереотип.–М.: Мир, 1986.–598 c.
11. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник/ С.В.Якубовский, Л.Н.Ниссельсон, В.И. Кулешова и др./ под ред. С.В.Якубовского. –Радио и связь, 1989.—496с.: ил.
12. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник.—М.: Радио и связь, 1987.—352с.