

## **Лабораторная работа №16**

### **Исследование работы аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей сигналов и звука**

#### **Цель работы**

Цель работы — изучить принципы функционирования аналого-цифровых (АЦП) и цифро-аналоговых (ЦАП) преобразователей, исследовать методы дискретизации, квантования и реконструкции сигналов, определить параметры точности и разрешения, а также ознакомиться с особенностями цифровой обработки и воспроизведения звуковых сигналов.

#### **Оборудование**

- Макетная плата или лабораторный стенд
- Микросхемы АЦП и ЦАП (например, ADC0804, MCP3008, DAC0808, PCM5102)
- Осциллограф
- Функциональный генератор
- Персональный компьютер с ПО (LTspice, MATLAB/Audacity)
- Источник питания 5 В или 12 В

#### **Краткие теоретические сведения**

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) — устройство, преобразующее непрерывный аналоговый сигнал в цифровой код. АЦП применяется во всех системах цифровой обработки сигналов, включая микроконтроллеры, аудиосистемы, датчики и системы связи.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) — устройство, выполняющее обратное преобразование, то есть восстановление аналогового сигнала из цифрового представления. Используется в аудиоаппаратуре, генераторах сигналов, ЦПУ, цифровых регуляторах и системах управления.

Процесс аналого-цифрового преобразования включает три основные стадии:

- 1) дискретизацию;
- 2) квантование;
- 3) кодирование.

Частота дискретизации должна удовлетворять критерию Найквиста:

$$f_d \geq 2 f_{\max}$$

Разрешение АЦП определяется числом бит:

$$\Delta = V_{\text{ref}} / (2^N)$$

Погрешность квантования является неизбежной и приводит к квантовательному шуму.

АЦП бывают следующих типов:

- параллельные (Flash) — очень быстрые, но дорогие;
- последовательного приближения (SAR) — наиболее распространённые;
- сигма-дельта — применяются в аудиотехнике;
- двойного интегрирования — высокоточные измерительные.

ЦАП могут быть построены по схемам R–2R, взвешенных резисторов, токовых зеркал или сигма-дельта.

Выходной аналоговый сигнал ЦАП формируется по формуле:

$$U_{\text{out}} = U_{\text{ref}} \cdot (D / 2^N)$$

Где D — цифровой код, N — разрядность.

Для аудиосигналов важны параметры: динамический диапазон, отношение сигнал/шум, частота дискретизации и битность.

Моделирование АЦП и ЦАП позволяет наблюдать влияние частоты дискретизации, шага квантования, шумов и искажений на форму сигнала.

### Функциональная схема работы АЦП и ЦАП



### Ход работы

1. Подключить АЦП и подать на вход синусоидальный сигнал различной частоты.
2. Снять осциллограммы дискретизированного сигнала.
3. Определить частоту дискретизации и величину шага квантования.
4. Исследовать процесс восстановления аналогового сигнала через ЦАП.
5. Исследовать влияние частоты дискретизации на качество восстановленного сигнала.
6. Провести моделирование в LTspice или MATLAB, сравнить результаты.

### Контрольные вопросы

1. Что такое дискретизация и квантование?
2. Как определяется шаг квантования?

3. Какие типы АЦП наиболее распространены и почему?
4. Какова роль ЦАП в цифровой обработке сигналов?
5. Как частота дискретизации влияет на качество звуковых сигналов?

### **Литература**

Смирнов А.В. — Цифровая обработка сигналов. — М.: Академия, 2021. — 320 с.

Поляков А.П. — Аналоговые и цифровые электронные устройства. — СПб.: Лань, 2020. — 300 с.

Громов И.С. — Основы схемотехники. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 350 с.