

ЛЕКЦИЯ №11

Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи (ЦАП и АЦП)

**Для преобразования
аналоговой величины
(напряжение, ток,
температура, давление и т.д.) в
цифровой код используют
аналого-цифровой
преобразователь (АЦП)**

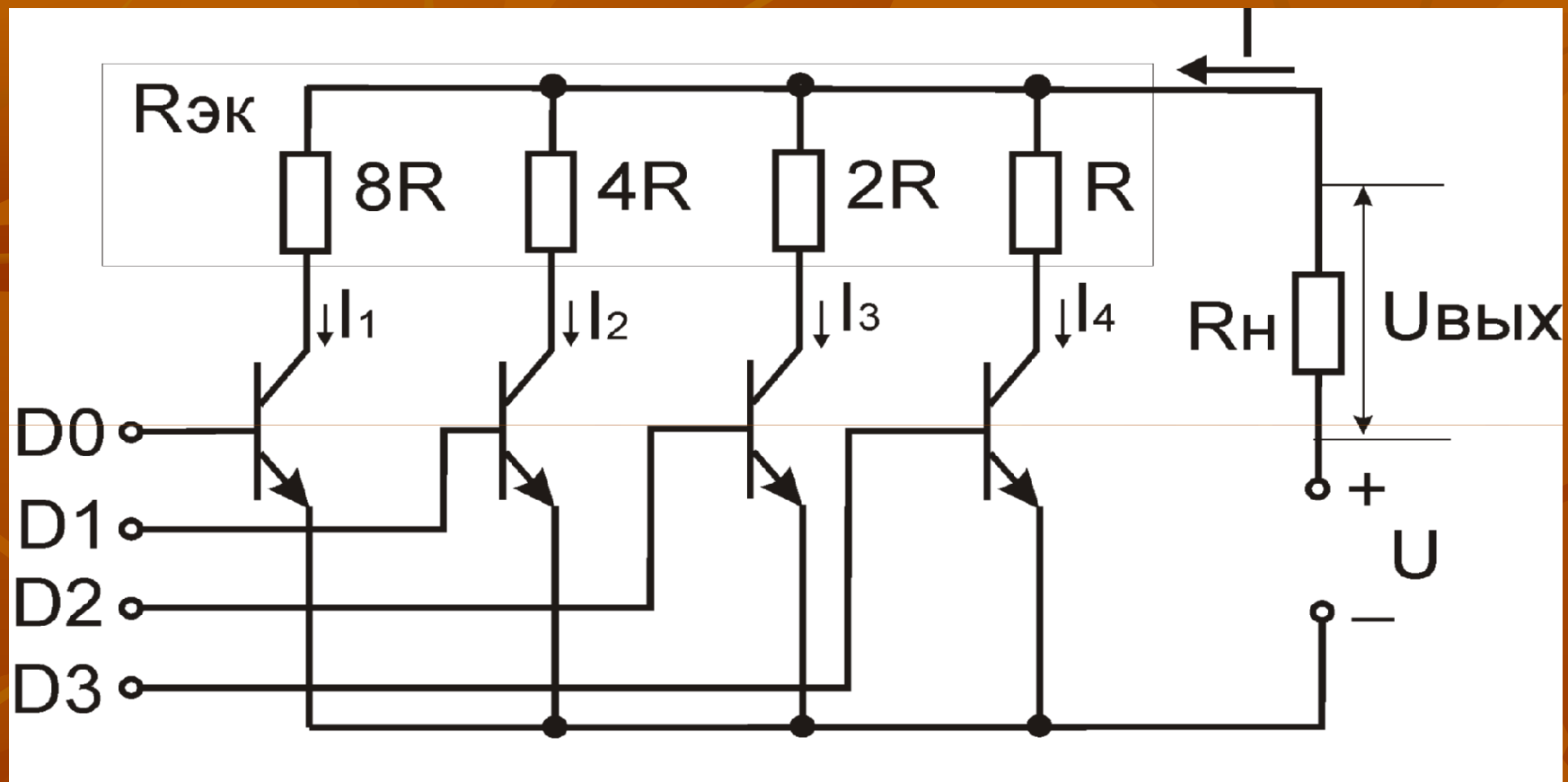
**Для преобразования цифрового
кода в аналоговый сигнал
используют цифро-аналоговый
преобразователь (ЦАП).**

**АЦП и ЦАП входят в состав
микроконтроллеров, а также
выполняются в отдельных
микросхемах**

The background of the slide is a solid dark brown color with a faint, repeating pattern of stylized autumn leaves in a lighter brown shade. The leaves are scattered across the frame, creating a textured, seasonal aesthetic.

§1. Принцип цифро-аналогового преобразования.

Рассмотрим ЦАП, который,
например преобразует
цифровой двоичный код D_0 ,
 D_1 , D_2 , D_3 в напряжение $U_{вых}$.



Каждый разряд двоичного
кода имеет определенный
«вес»: вес i -го разряда в двое
больше, чем вес $(i-1)$ -го.

Работу ЦАП можно описать следующей
формулой:

$$U_{\text{вых}} = e(D_0 \cdot 1 + D_1 \cdot 2 + D_2 \cdot 4 + D_3 \cdot 8 \dots),$$

где e – напряжение
соответствующее весу
младшего разряда;
 D_i – значение i -го разряда
двоичного кода (0 или 1).

**Например, коду 1001
соответствует**

$$U_{\text{вых}} = e(1 \cdot 1 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 8) = 9e,$$

**В схеме i -й транзисторный
ключ замкнут при $D_i = 1$, при
 $D_i = 0$ – разомкнут, $R \gg R_n$.**

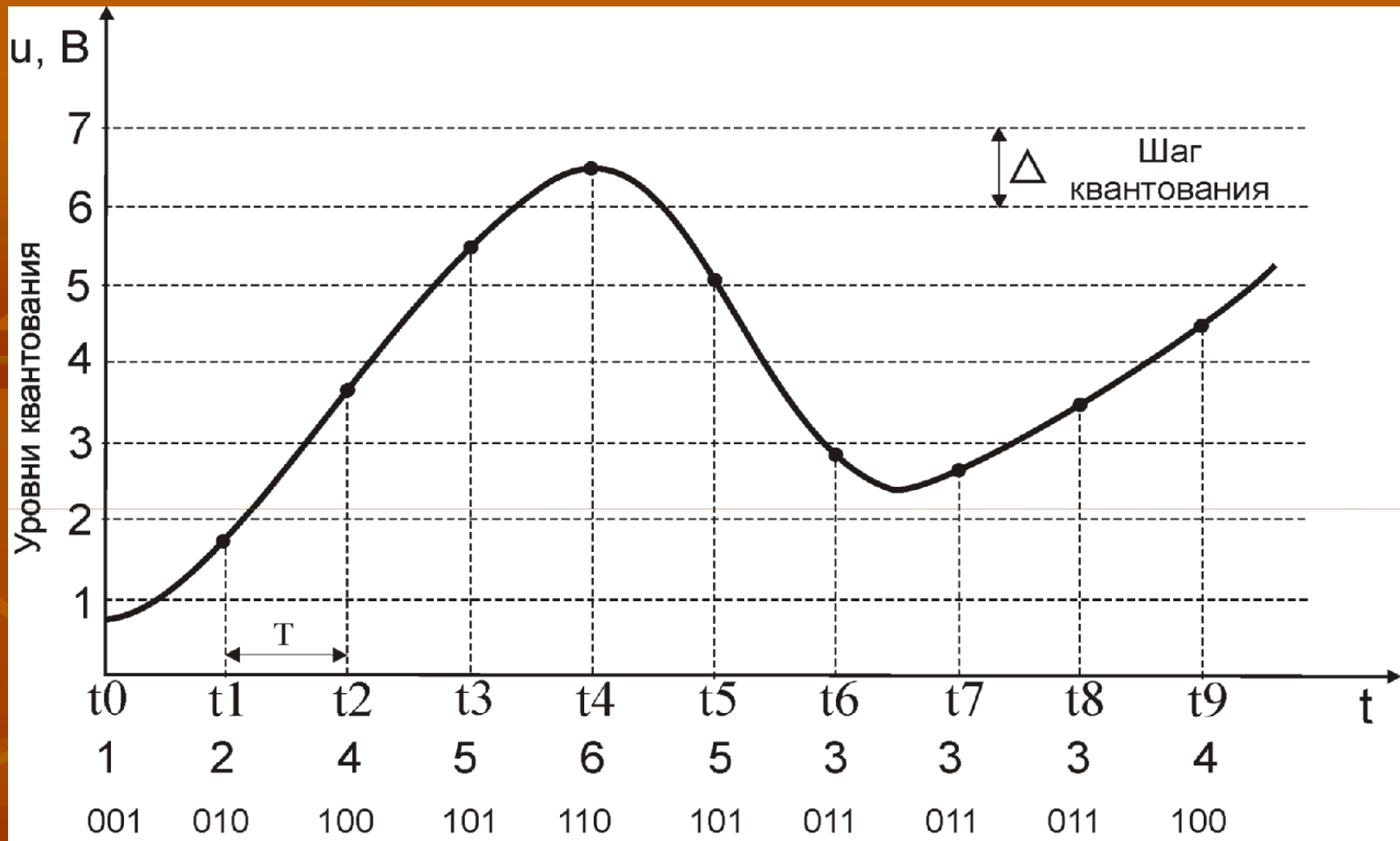
**Эквивалентное сопротивление
 $R_{эк}$ и сопротивление R_n
образуют делитель напряжения**

$$\begin{aligned} U_{\text{ВЫХ}} &= I \cdot R_{\text{H}} = \\ &= U / (R_{\text{ЭК}} + R_{\text{H}}) \cdot R_{\text{H}} \approx UR_{\text{H}} / R_{\text{ЭК}} \quad (2) \end{aligned}$$

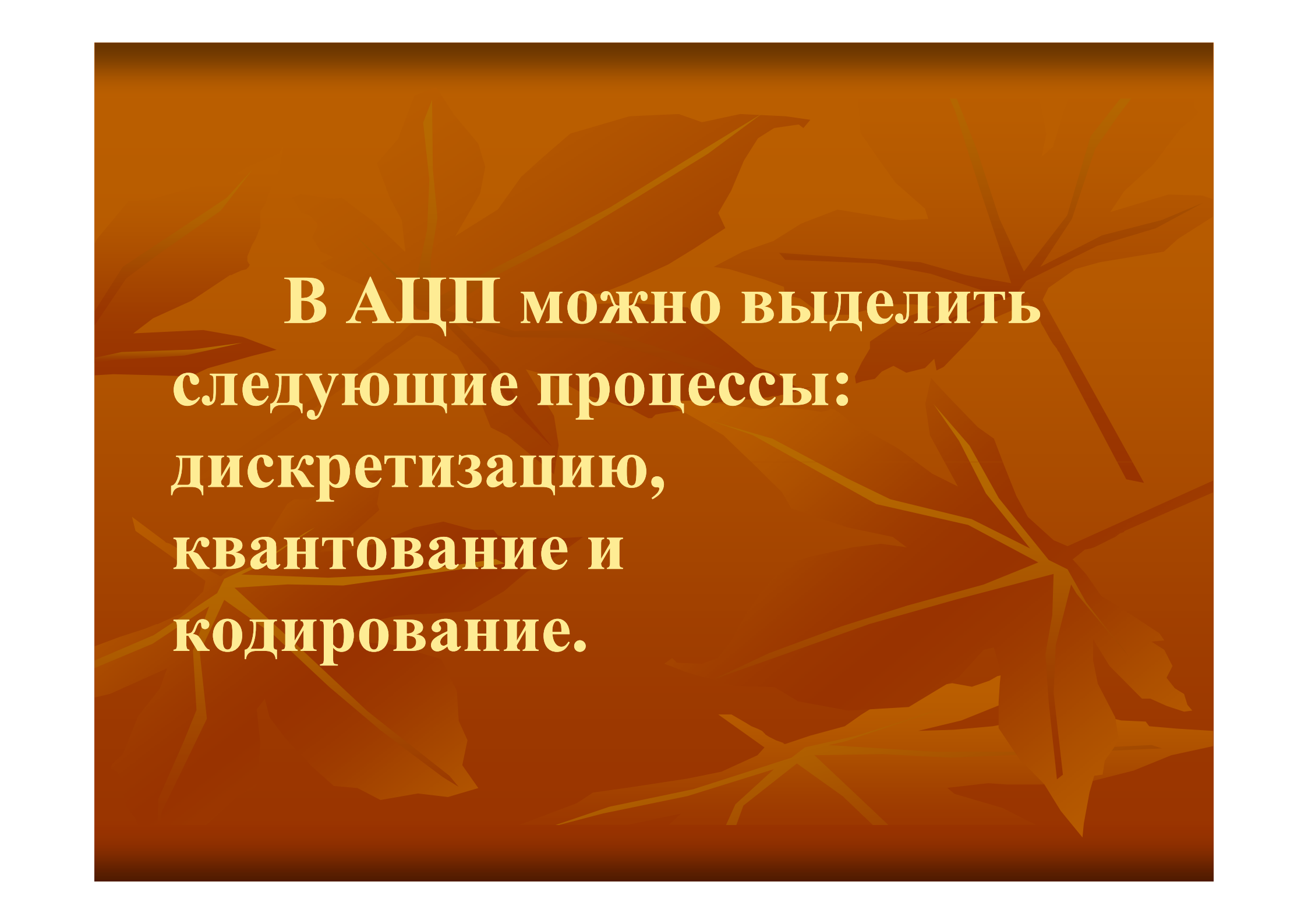
Таким образом, $U_{\text{ВЫХ}} = f(R_{\text{ЭК}})$,
 $R_{\text{ЭК}} = f(D_0, D_1, D_2, D_3)$



§ 2. Принцип аналого-цифрового преобразования



$t_1, t_2 \dots t_9$ - тактовые моменты, T - тактовый интервал


The background of the slide features a pattern of overlapping autumn leaves in various shades of brown and orange, creating a textured, naturalistic backdrop.

**В АЦП можно выделить
следующие процессы:
дискретизацию,
квантование и
кодирование.**

**Дискретизация – выбираются
мгновенные значения (МЗ) в
такты моменты времени**



**Квантование состоит в
округлении выбранных МЗ.**

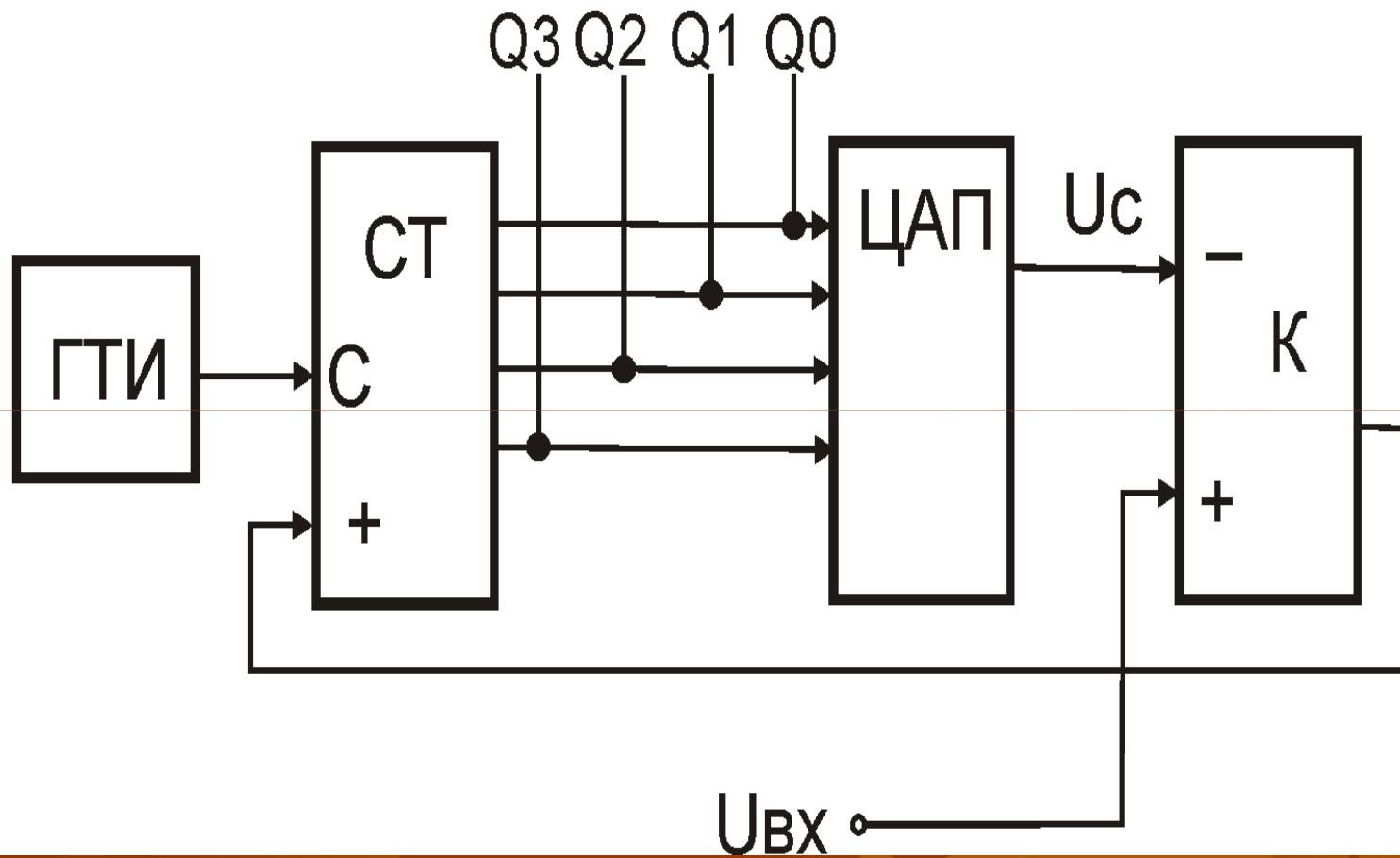


**Кодирование – это
преобразование округленных
МЗ в двоичный код**



§3. АЦП последовательных сравнений

**Состоит из генератора
тактовых импульсов (ГТИ),
реверсивного счетчика СТ,
ЦАП и компаратора
напряжения К**



**Реверсивный счетчик работает
на сложение при лог.1 на входе
«+» и на вычитание при лог.0
на ЭТОМ входе.**

**На неинвертирующий вход
компаратора подан
аналоговый сигнал $U_{вх}$,
который необходимо
преобразовать в цифровой код.**

**Исходное состояние счетчика
 $Q_0=Q_1=Q_2=Q_3=0$. На выходе
ЦАП напряжение $U_c = 0$ –
аналоговый эквивалент кода
счетчика.**

**При $U_{вх} > U_c$ на выходе
компаратора лог.1, в этом
случае счетчик работает на
суммирование.**

**С каждым импульсом ГТИ код
счетчика возрастает, пока U_c не
превысит $U_{вх}$.**

**Компаратор переключается, на
вход «+» подается лог.0 и
счетчик переходит в режим
вычитания.**

**Очередной импульс ГТИ
уменьшает код счетчика,
уменьшается сигнал на выходе
ЦАП, компаратор
переключается и счетчик
работает на суммирование и
Т.д..**

**Напряжение на выходе ЦАП
колеблется около значения
Uвх. Выходной сигнал АЦП
снимается с разрядов
счетчика.**



END