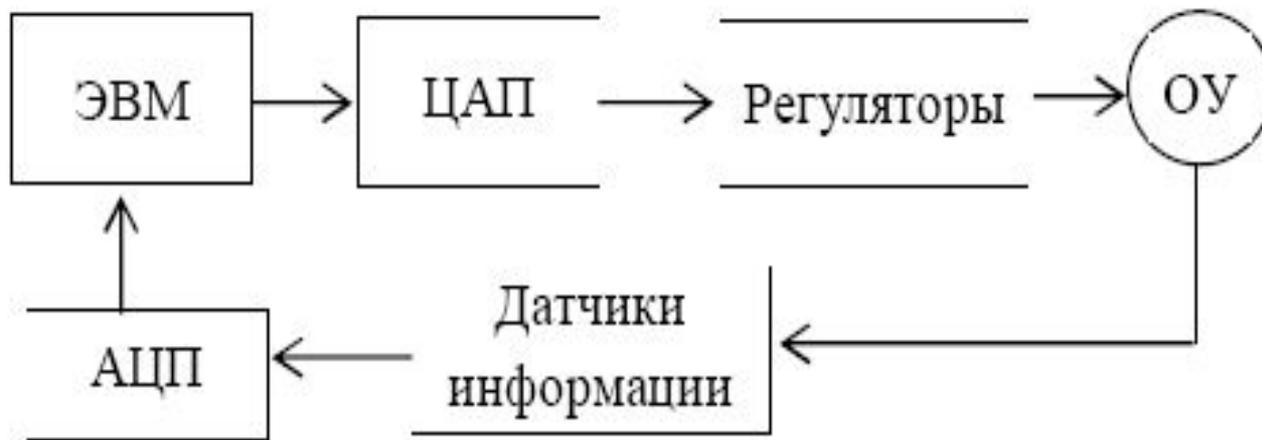
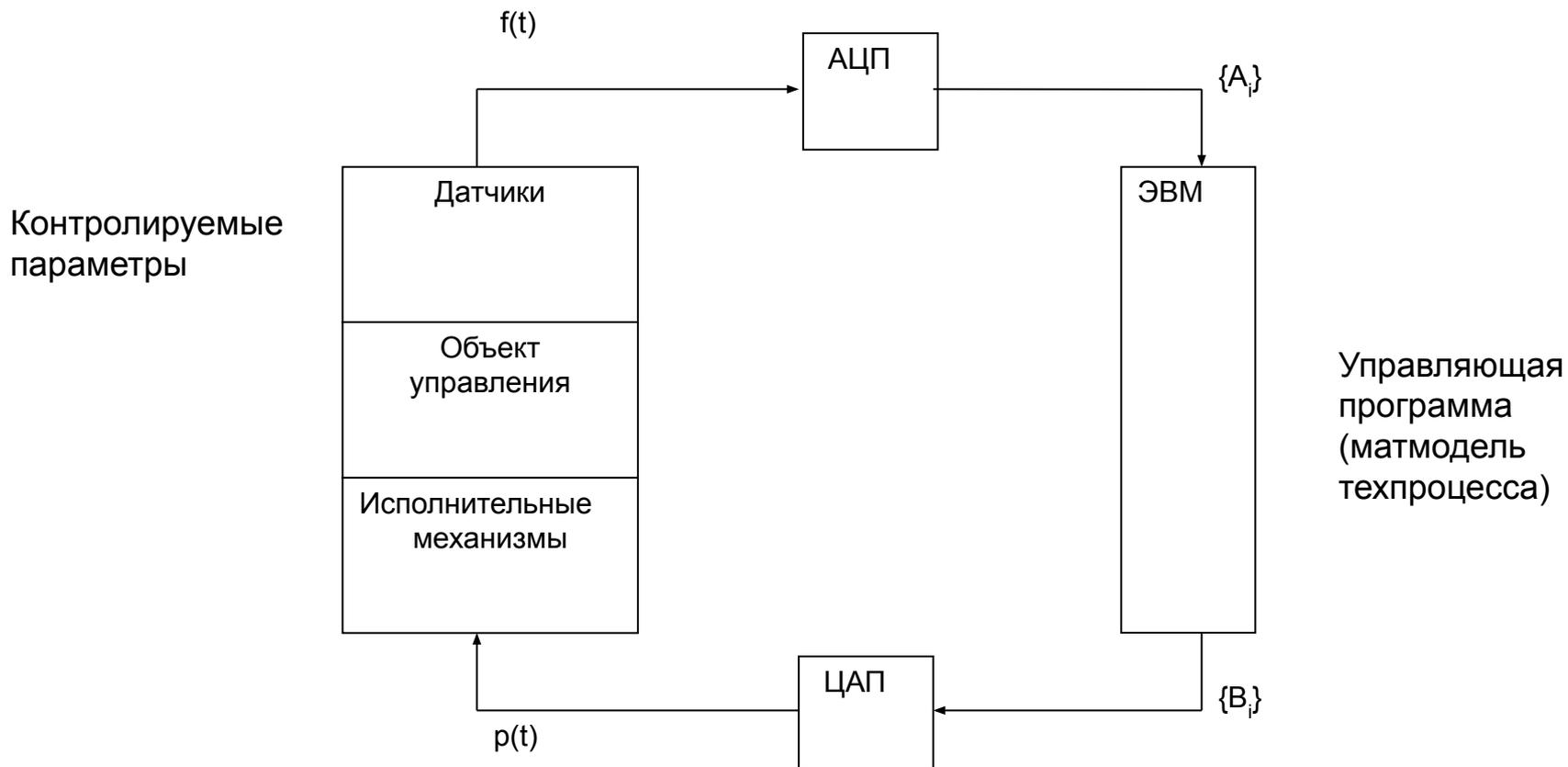


УСТРОЙСТВА
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
АНАЛОГОВОЙ
ИНФОРМАЦИИ
ПРЕЗЕНТАЦИЯ КУРСА

УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОМ

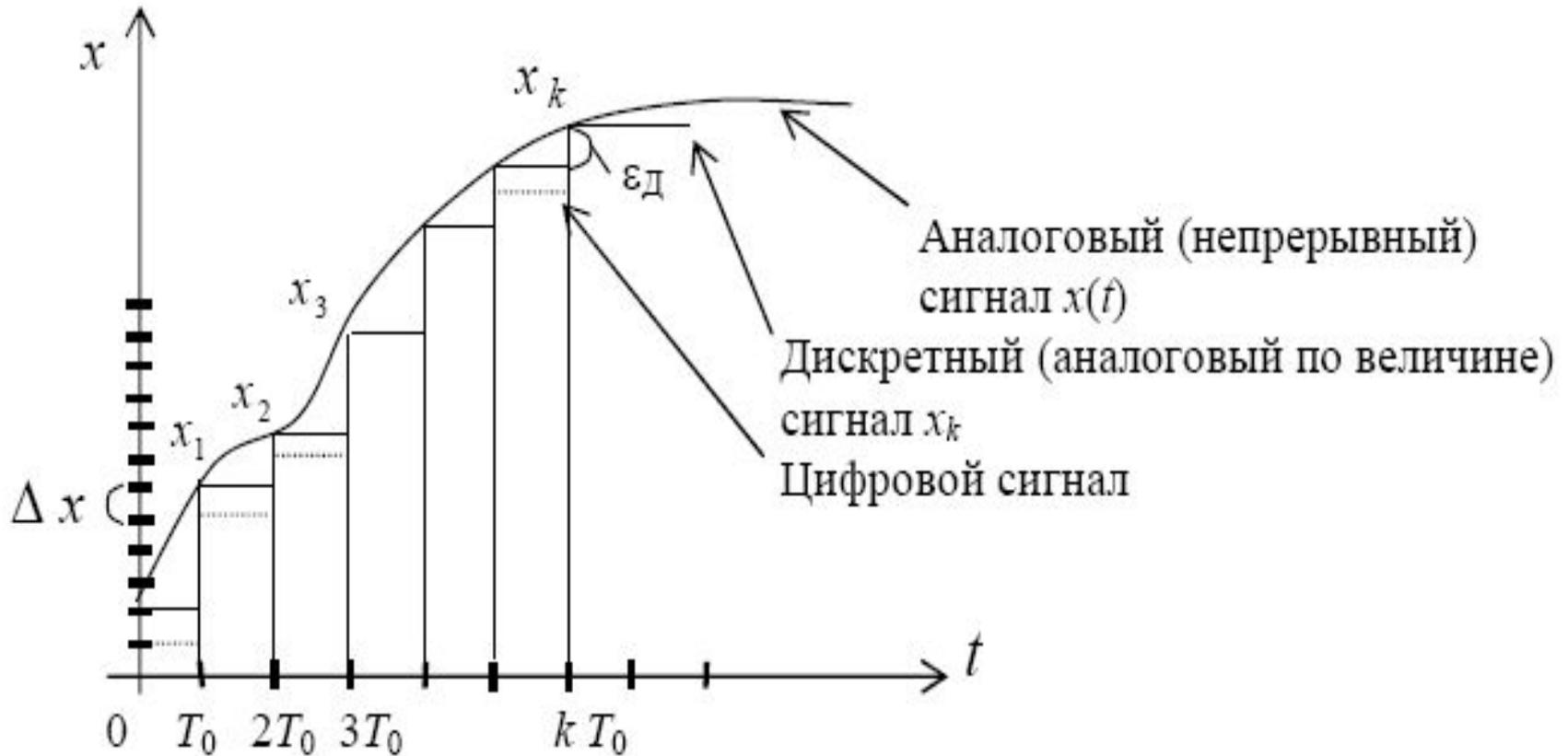




1. Замкнутая система цифрового управления аналоговым объектом
2. Система на основе сигналов прерывания.
 - Контроль наиболее важных параметров контролируемого техпроцесса.
 - На основе сигналов таймера.

А – Ц преобразование

Аналоговое представление информации
Дискретная (цифровая) информация



1. Дискретизации сигнала во времени

2. Квантования.

3. Кодирования

1. *Дискретизацией* наз. замена сигнала $f(t)$ конечным множеством его значений $\{f(t_i)\}$. В результате дискретизации теряется информация о поведении $f(t)$ на интервалах между узлами дискретизации t_i .

Разность между двумя значениями $t_i - t_{i-1} = T$ называют *шагом дискретизации*.

Выбор шага дискретизации.

Выбранный шаг дискретизации должен обеспечивать возможность восстановления преобразуемого сигнала $f(t)$ по его мгновенным значениям $\{f(t_i)\}$ с заданной точностью. Возможность такого восстановления определяется **теоремой Котельникова**, согласно которой **любая функция $f(t)$, характеризуемая конечным спектром $[0, F_B]$, может быть восстановлена с любой точностью по ее мгновенным значениям $f(t_i)$, если эти значения отстоят друг от друга не более, чем на $T < \frac{1}{2F_B}$** , где F_B - частота максимальной гармоники исходного сигнала.

2. **Квантованием** наз. замена каждого мгновенного значения $f(t_i)$ некоторым числом- отсчетом.

В процессе измерения также теряется информация о величине $f(t_i)$, что приводит к появлению ошибки квантования, которая может достигать величины кванта

$\Delta_{\text{кв}}$.

Процессы дискретизации и квантования влияют на меру точности.

Шумом квантования наз. величина, определяемая шагом квантования и численно равная половине величины шага квантования

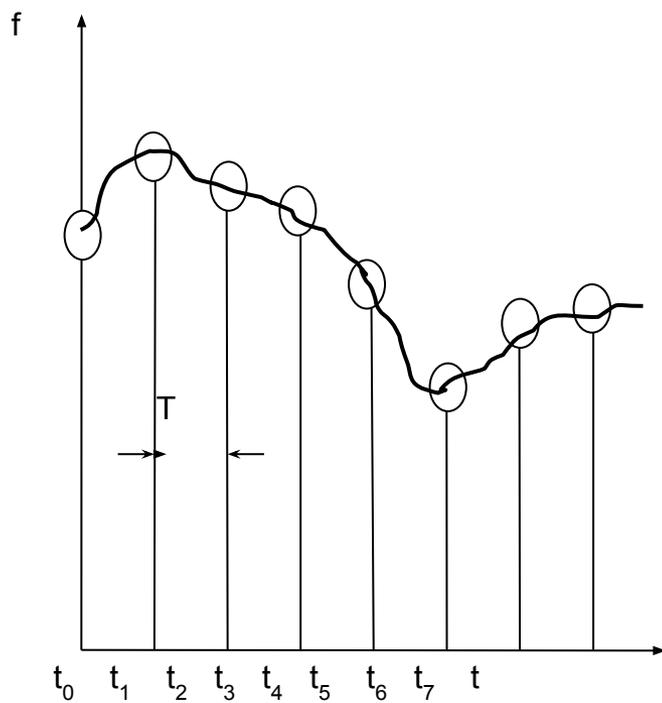
Шагом квантования $\Delta_{\text{кв}}$ наз. минимальное значение входного сигнала АЦП, приводящее к увеличению или уменьшению его выходного кода на единицу.

Выбор величины кванта.

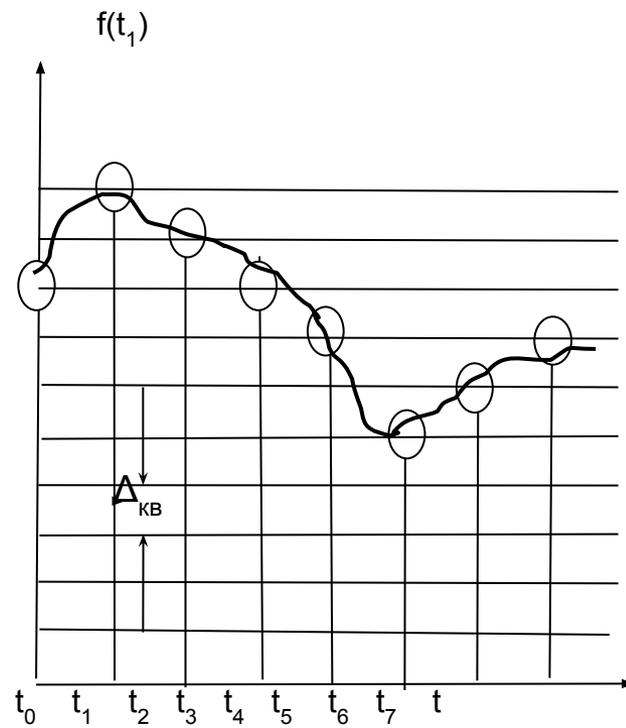
Величина кванта $\Delta_{\text{кв}}$ не должна превышать допустимой погрешности преобразования

3. **Кодирование** – замена найденных квантованных значений некоторыми числовыми кодами.

Дискретизация и квантование



a)



б)

ХАРАКТЕРИСТИКИ АЦП

1. Число разрядов – число разрядов кода, отображающего исходную аналоговую величину, формируемого на выходе АЦП.
2. Разрешающая способность – величина, обратная максимальному числу кодовых комбинаций. Характеризует АЦП с точки зрения достижимой точности. Например, 12-ти разрядный АЦП имеет разрешающую способность $1/4096$ или $0,0245\%$.

Общее число состояний входного сигнала, различимых посредством АЦП, определяется отношением $(U_{\max}-U_{\min})/R$. R - количество отсчетов.

В случае, если для представления цифрового сообщения в таком АЦП или ЦАП используется двоичный код, то разрядность этого кода составит

$$n = \text{ent} \left(1 + \log_2 \left(\frac{U_{\max} - U_{\min}}{R} \right) \right),$$

где символ ent означает выделение целой части числа; $R = \Delta_{\text{кв}}$.

3. Нелинейность характеристики преобразования – отклонение действительной характеристики преобразования от оговоренной линейной, т.е. разность реального напряжения, соответствующего выбранному значению кода и напряжению, полученному в результате проведенного обратного преобразования.

4. Диапазон изменения входной величины определяет допустимые уровни преобразуемого сигнала; для ПНК этот диапазон задается в виде максимального U_{\max} и минимального U_{\min} напряжений на входе преобразователя. Наиболее распространены ПНК с диапазоном 5В или (0-10)В.

5. Входное сопротивление – характеризует степень влияния АЦП при его включении в цепь на измеряемую величину.

6. Помехозащищенность – способность АЦП сохранять метрологические характеристики в условиях помех. Связана с вопросами подавления помех при снятии сигналов низкого уровня. Пути борьбы с помехами – фильтрация вх. сигналов, гальваническое разделение цепей датчика и приемных устройств, интегрирование вх. сигналов во времени.

7. Быстродействие АЦП и ЦАП характеризуют *временем преобразования* $T_{пр}$, т. е. интервалом времени от начала преобразования до момента получения выходного сигнала. Для АЦП значение $T_{пр} < T$, где T – шаг дискретизации; для ЦАП в качестве $T_{пр}$ принимают время установления выходной величины с заданной точностью. Время преобразования определяется не только быстродействием используемых элементов АЦП, но и алгоритмом преобразования и разрядностью преобразователя.

8. Максимальная частота дискретизации – наибольшая частота дискретизации, при которой заданные параметры соответствуют установленным нормам

Погрешности преобразования.

1. **Методическая погрешность** преобразования равна сумме погрешностей квантования и дискретизации.
2. **Инструментальная погрешность** возникает из-за неточного срабатывания элементов и узлов преобразователя.

Инструментальная погрешность **включает в себя погрешности настройки, временной и температурной нестабильности, нестабильности источников питания и т. п.**

Все инструментальные погрешности проявляются в виде

- **смещения нуля передаточной характеристики,**
- **изменения коэффициента передачи**
- **отклонения передаточной характеристики от идеальной.**

Значение инструментальной погрешности определяется возможностями технологии и используемыми компонентами для выбранного алгоритма преобразования.

При правильном выборе АЦП и ЦАП инструментальная погрешность должна соответствовать величине кванта, т. е. $\Delta_{\text{инстр}} \approx \Delta_{\text{кв}}$. Таким образом, **инструментальная погрешность определяет возможную разрядность преобразователя.** Современные преобразователи напряжения в цифровые коды (ПНК) характеризуются разрядностью $n=(8-14)$.

Результирующая погрешность преобразования равна сумме методической погрешности и инструментальной погрешности.

Ошибки преобразования

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{И}} + \varepsilon_{\text{Д}} + \varepsilon_{\text{КВ}},$$

где $\varepsilon_{\text{И}}$ – инструментальная ошибка, зависит от типа преобразователя; $\varepsilon_{\text{Д}}$ – динамическая ошибка (рис. 7.2); $\varepsilon_{\text{КВ}} = x_k^* - x_k$ – ошибка квантования, обладающая равномерным законом распределения плотности вероятностей (рис. 7.3).

Алгоритмы преобразования

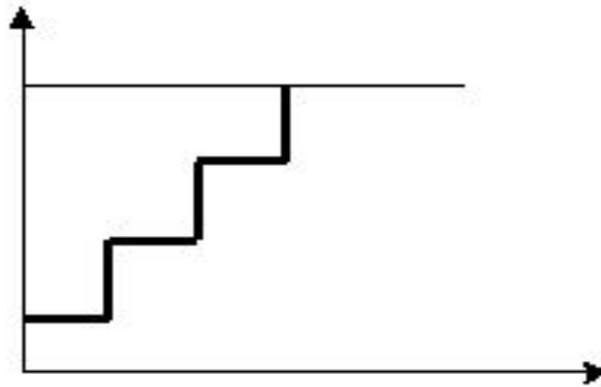


Рис.10.1. Принцип работы АЦП последовательного счета.

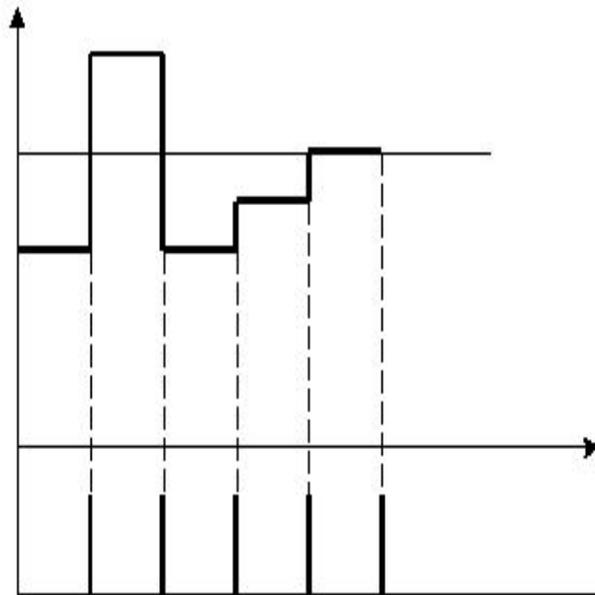


Рис.10.2. Принцип работы АЦП поразрядного уравнивания.

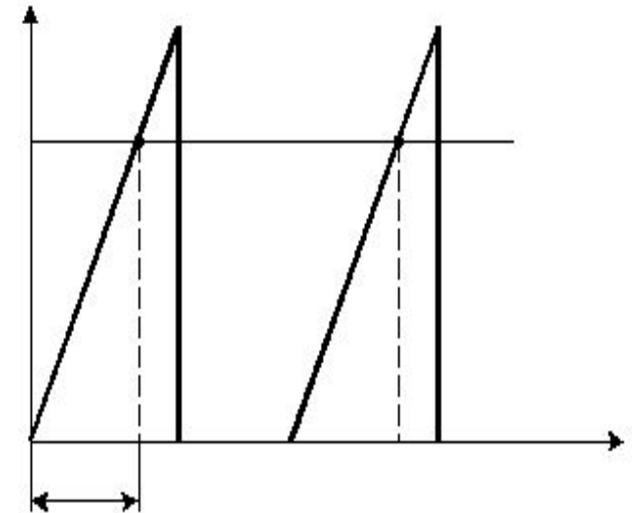
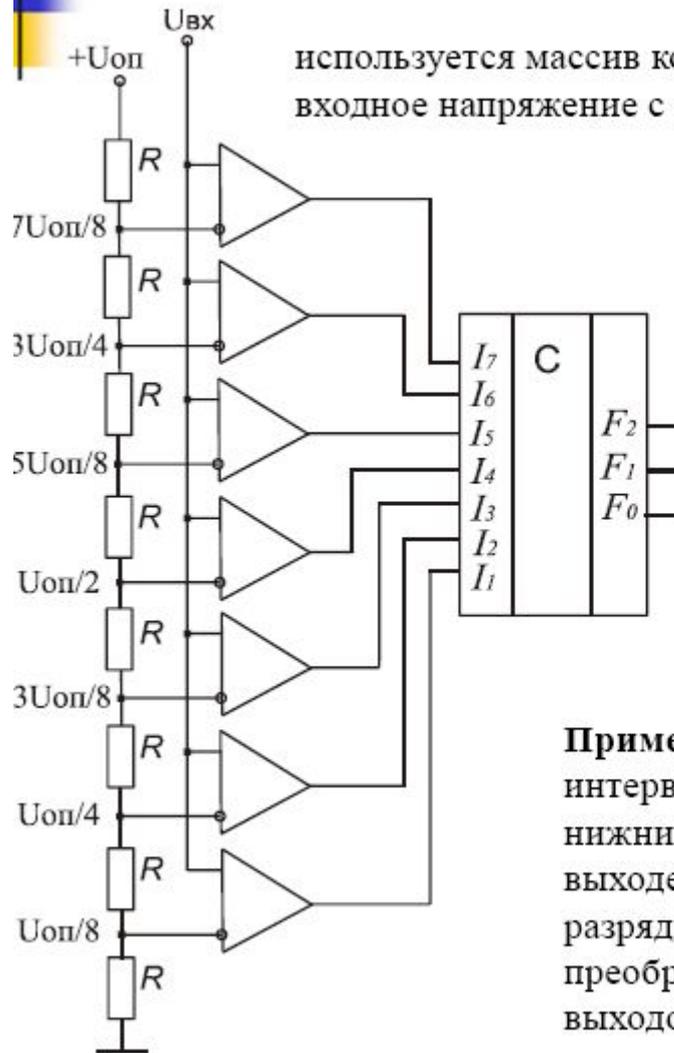


Рис.10.3. Принцип работы АЦП с развертывающим уравниванием.

2.1 Параллельные АЦП



используется массив компараторов, каждый из которых сравнивает входное напряжение с индивидуальным опорным напряжением.

Опорное напряжение для каждого компаратора формируется на встроенном прецизионном резистивном делителе. Значения опорных напряжений начинаются со значения, соответствующего МЗР, и увеличиваются при переходе к каждому следующему компаратору с шагом, равным $U_{оп}/2^n$. 3-х разрядный АЦП имеет 2^3-1 или семь компараторов. Для 8-разрядного параллельного АЦП потребуется уже 255 (или (2^8-1)) компараторов.

Пример. $U_{оп}/2 < U_{вх} < 5U_{оп}/8$, тогда $U_{вх}$ попадает в интервал между $U_{оп}/2$ и $5U_{оп}/8$, таким образом, 4 нижних компаратора (младшие разряды) имеют на выходе "1", а верхние три компаратора (старшие разряды) - "0". Шифратор (приоритетный) преобразует 7 - разрядное цифровое слово с выходов компараторов в двоичный код (100_2).

***АЦП последовательного двоично-
взвешенного приближения
(поразрядного уравнивания)***

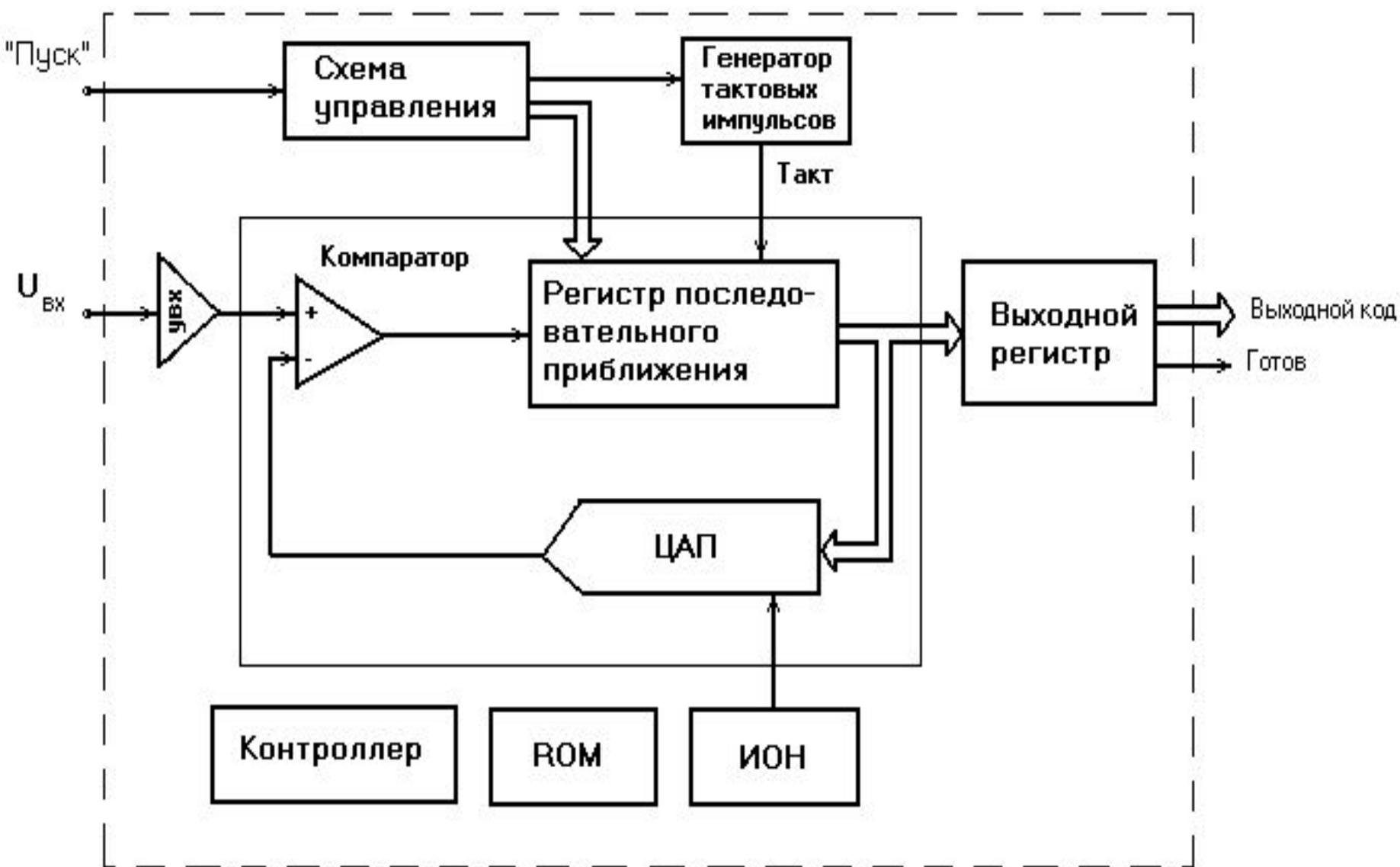


Рис.2. Структурная схема микросхем АЦП последовательного приближения

Данный АЦП работает следующим образом.
При поступлении импульса "Пуск" запускается генератор тактовых импульсов.
Первым импульсом старший разряд регистра последовательного приближения устанавливается в состояние "1", а остальные разряды - в состояние "0".
Для данного кода 100000 ЦАП вырабатывает напряжение, равное $U_{цап} = U_{max} - U_{min}/2$ (см. временные диаграммы на рис.3).

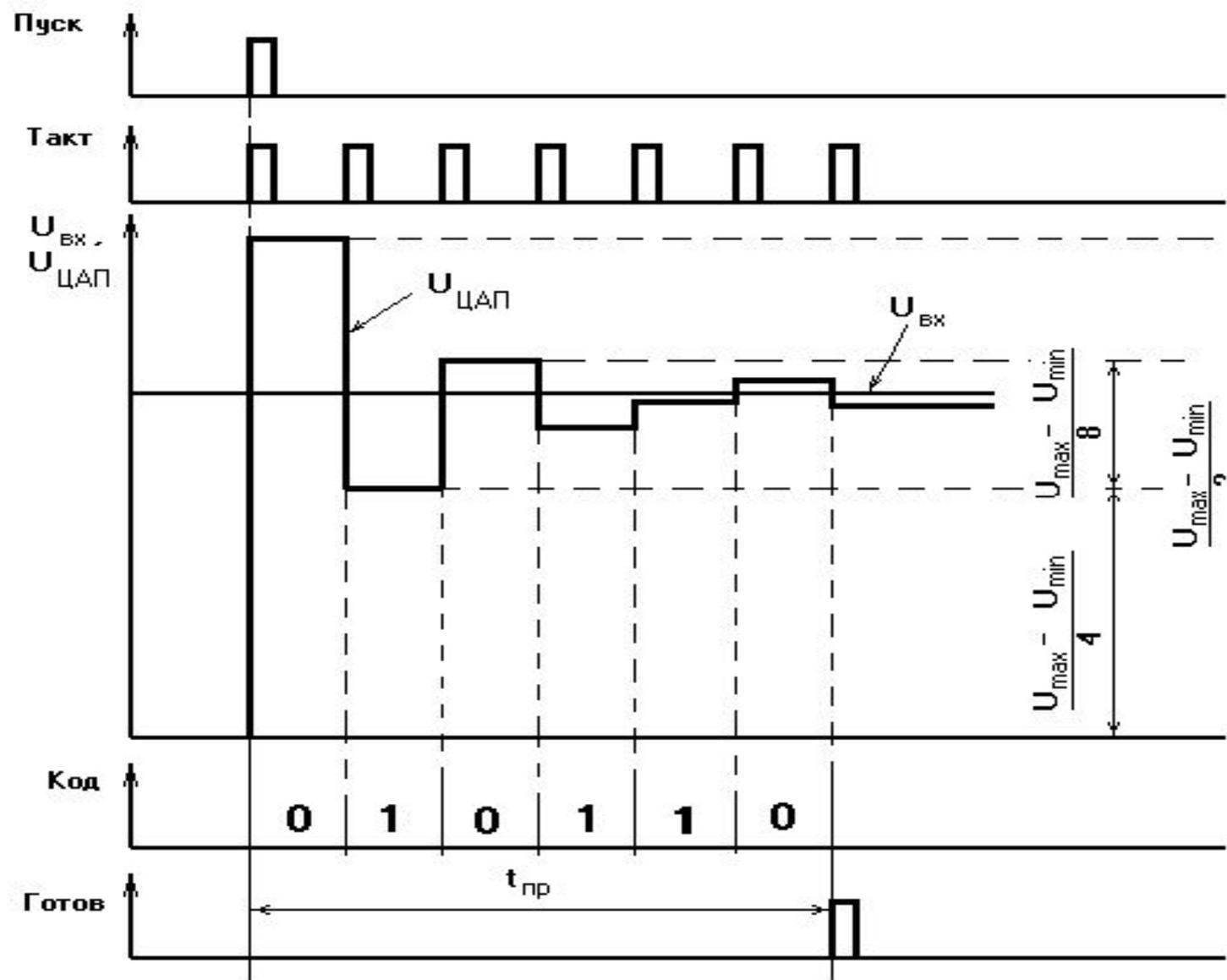
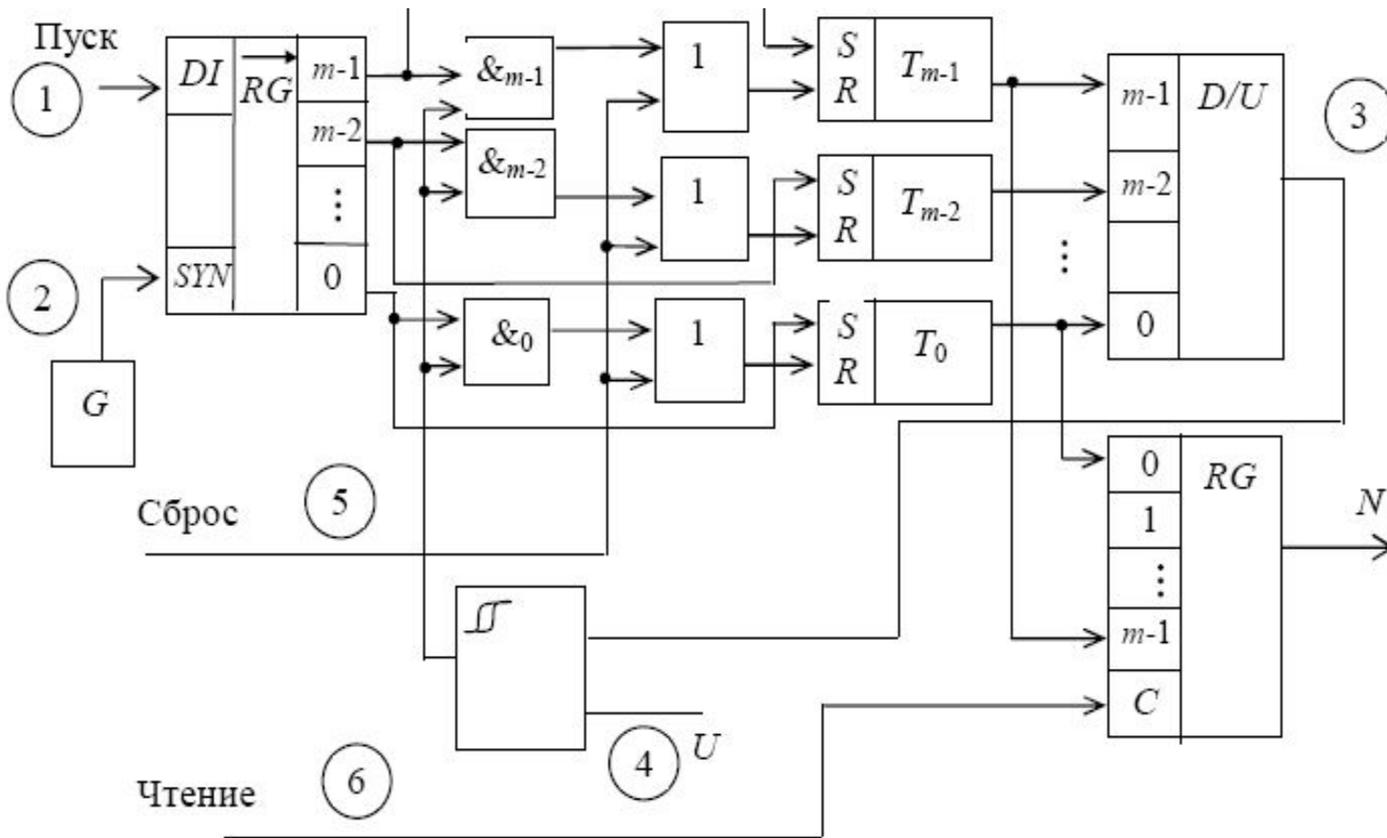
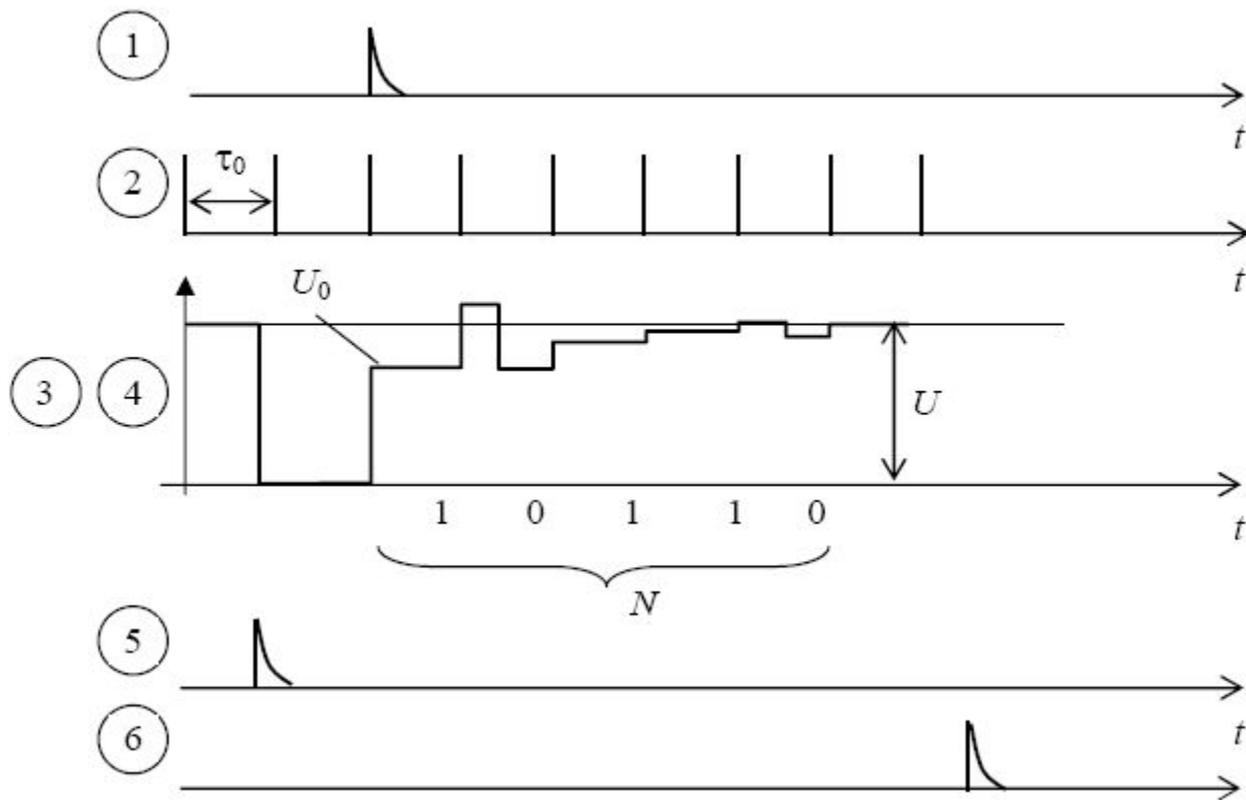


Рис. 3. Временные диаграммы работы 6-ти разрядного АЦП с двоично-взвешанным приближением

АЦП поразрядного уравнивания

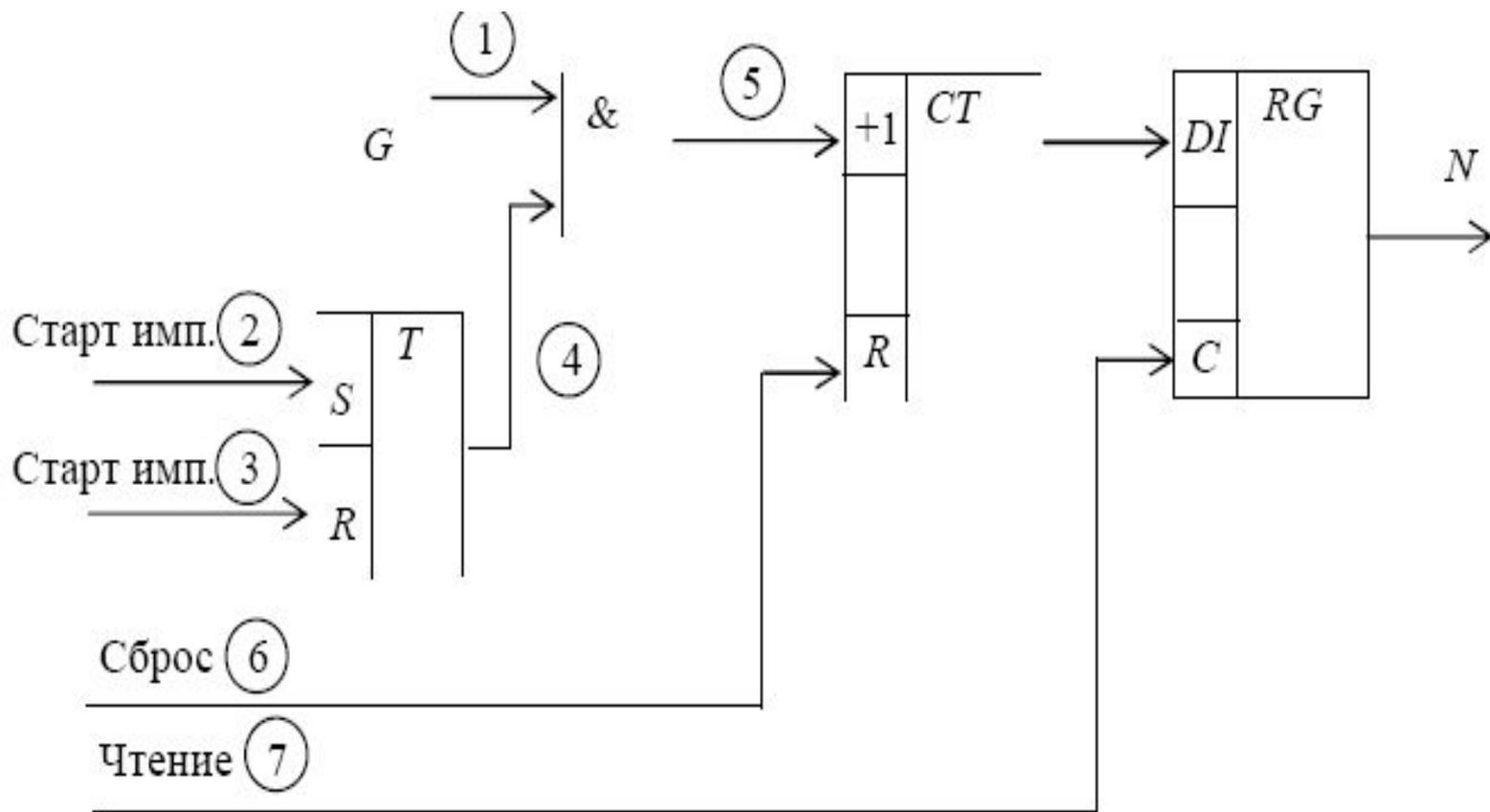


АЦП поразрядного уравнивания

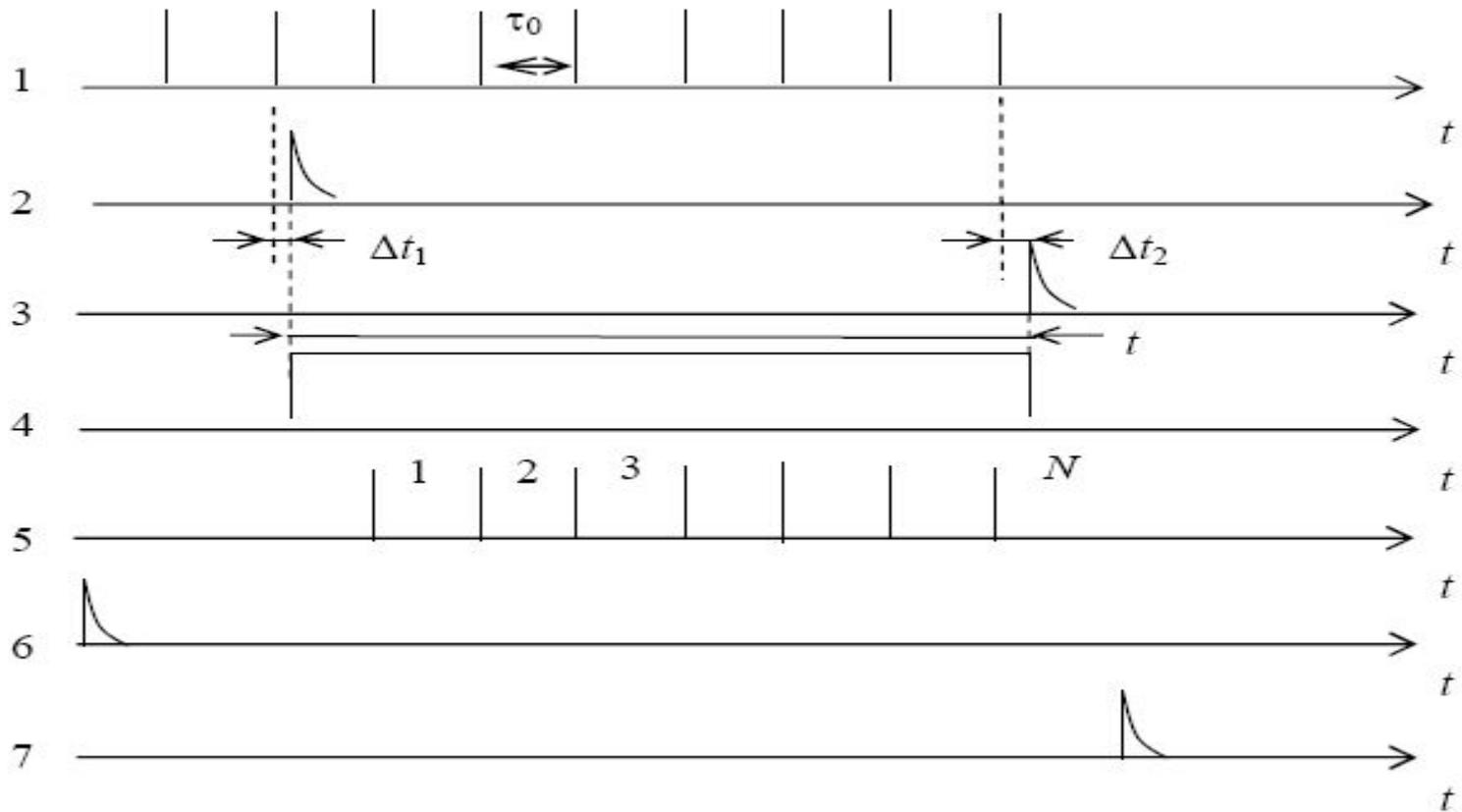


Уравновешивание начинается со старшего разряда кода на выходе АЦП; в нем устанавливается "1" и оценивается знак разности преобразуемого сигнала и уравновешивающего сигнала, формируемого в ЦАП. Если $U_{\text{цап}} < U_{\text{вх}}$, то "1" сохраняется, если $U_{\text{цап}} > U_{\text{вх}}$, то "1" сбрасывается. Затем аналогично проверяются все остальные разряды. Уравновешивание происходит за n шагов при n разрядах

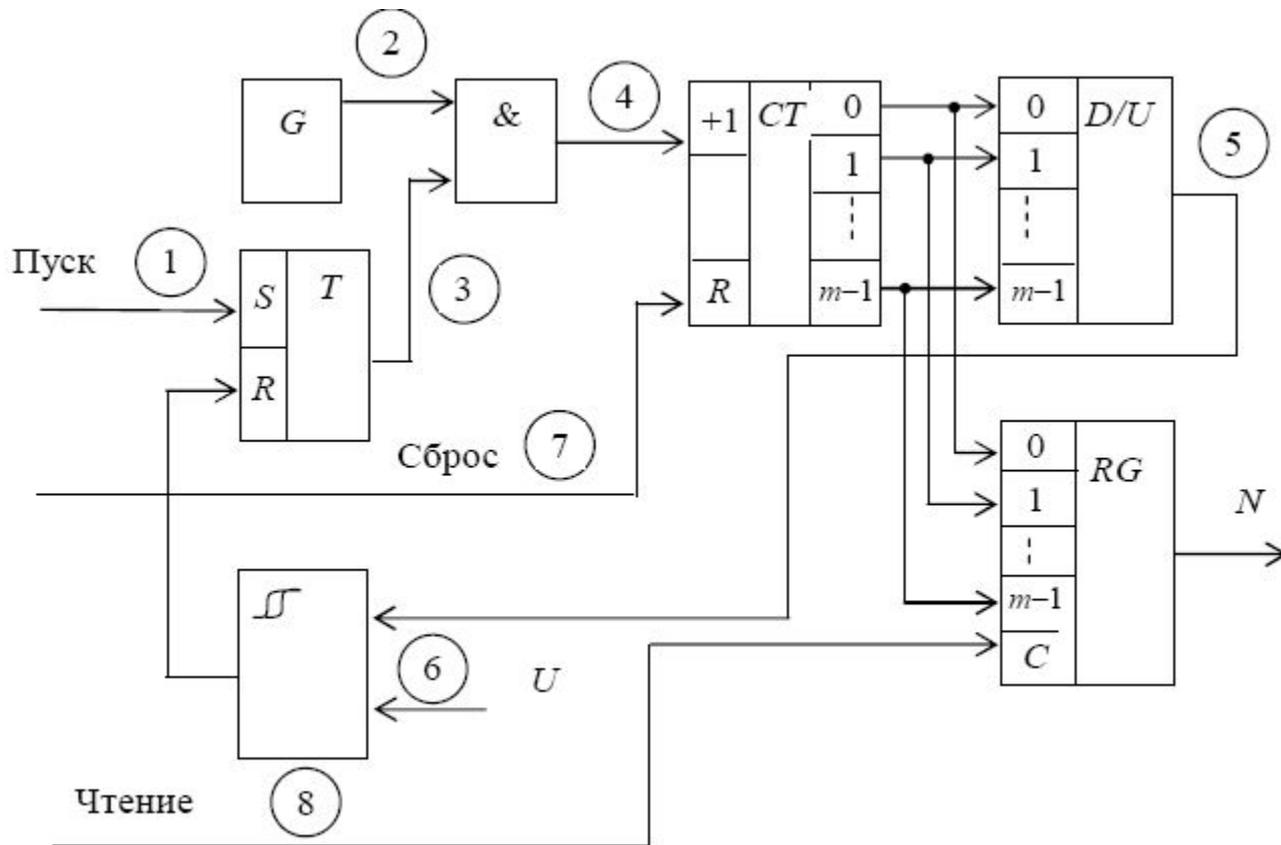
Преобразователь «Время - код»



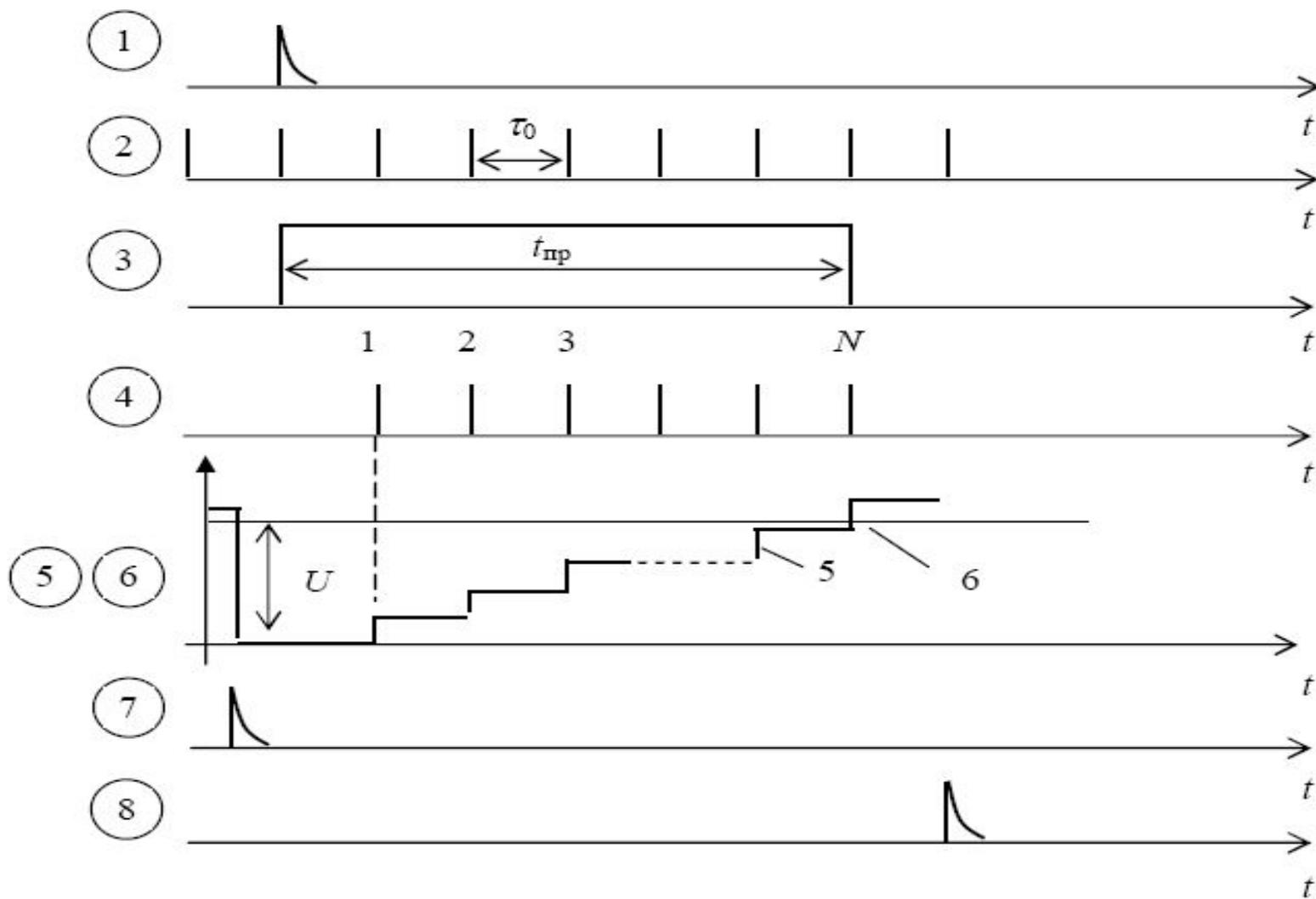
Преобразователь «Время - код»



АЦП «напряжение - код»



АЦП «напряжение - код»



ЦАП

Основные понятия и общие способы реализации

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) - это устройство для преобразования цифрового кода в аналоговый сигнал по величине, пропорциональной значению кода.

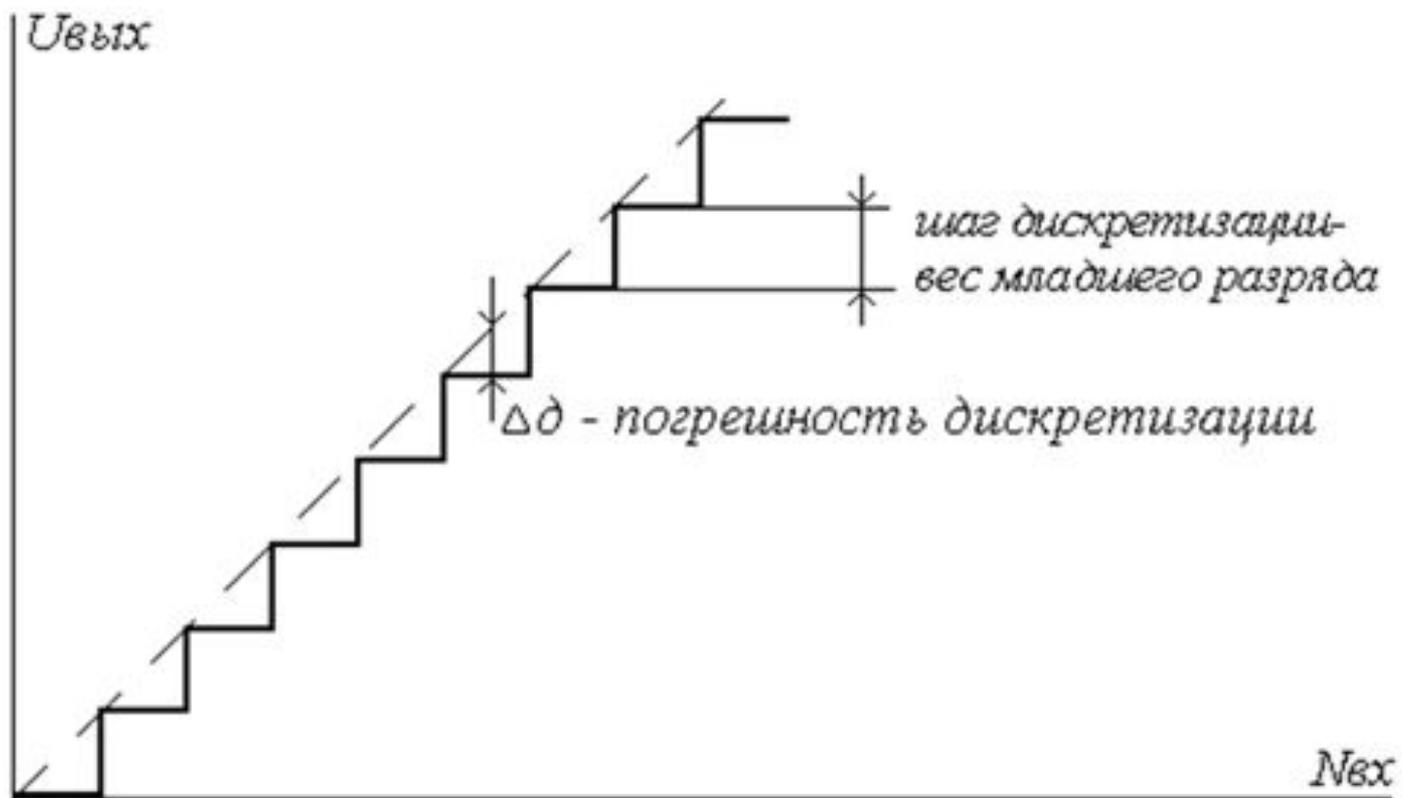
ЦАП характеризуется функцией преобразования. Она связывает изменение цифрового кода с изменением напряжения или тока.

Функция преобразования ЦАП выражается следующим образом

$$U_{ВЫХ} = \frac{U_{МАХ}}{N_{МАХ}} N_{ВХ}$$

$U_{вых}$ - значение выходного напряжения, соответствующее цифровому коду $N_{вх}$, подаваемому на входы ЦАП.

$U_{мах}$ - максимальное выходное напряжение, соответствующее подаче на входы максимального кода $N_{мах}$



КЛАССИФИКАЦИЯ ЦАП

1. Преобразование с суммированием единичных приращений аналоговой величины.
2. Преобразование с суммированием с учетом веса разрядов.

ЦАП

Принцип работы ЦАП состоит в суммировании эталонных значений напряжений (токов), соответствующих разрядам входного кода, причем в суммировании участвуют только те эталоны, для которых в соответствующих разрядах стоит "1". В этом случае входное напряжение определяется следующим образом:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_0}{2} K_n + \frac{U_0}{4} K_{n-1} + \frac{U_0}{8} K_{n-2} + \dots + \frac{U_0}{2^n} K_1,$$

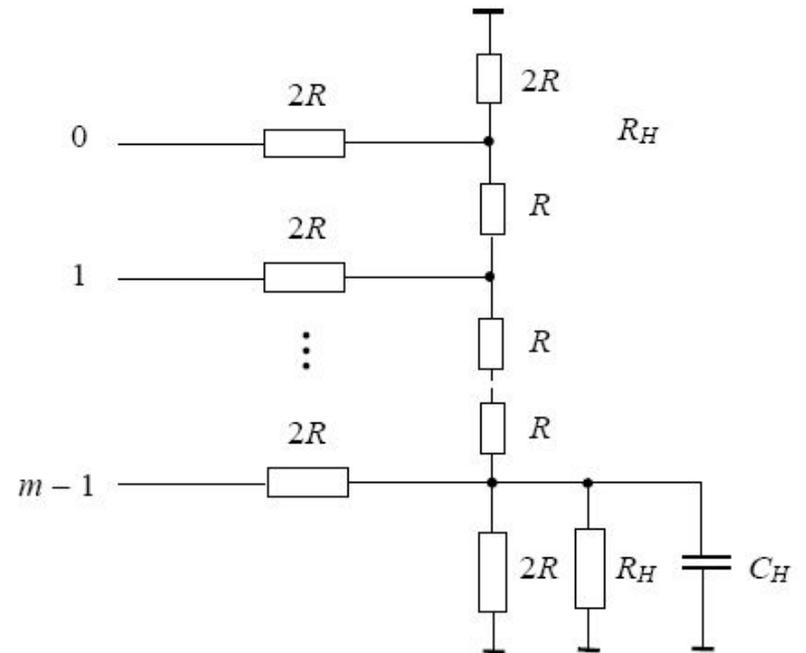
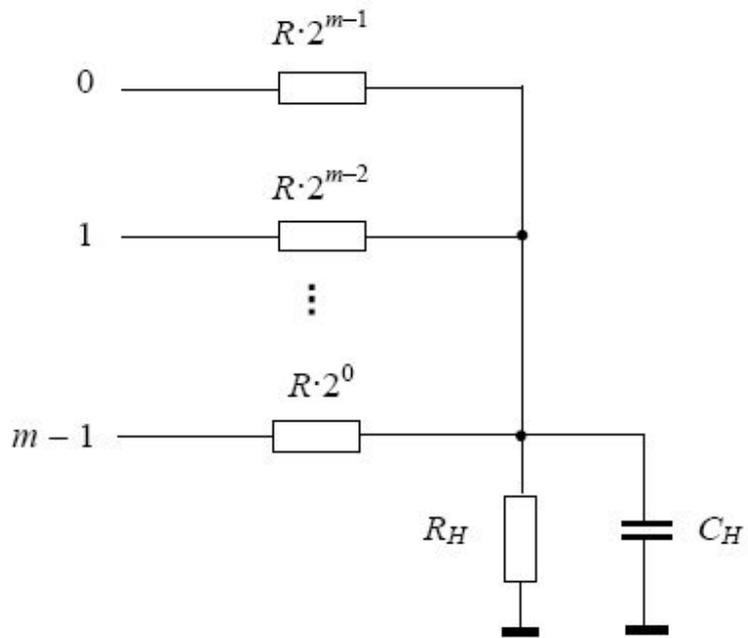
где U_0 — опорное (эталонное) напряжение,
 k — коэффициенты двоичных разрядов, принимающие значение 0 или 1,
 n — разрядность входного кода.

ЦАП

ЦАП взвешивающего типа, в котором каждому биту преобразуемого двоичного кода соответствует [резистор](#) или источник тока, подключённый на общую точку суммирования. Сила тока источника (проводимость резистора) пропорциональна весу бита, которому он соответствует. Таким образом, все ненулевые биты кода суммируются с весом. Взвешивающий метод один из самых быстрых, но ему свойственна низкая точность из-за необходимости наличия набора множества различных прецизионных источников. По этой причине взвешивающие ЦАП имеют разрядность не более восьми бит;

ЦАП лестничного типа ([цепная R-2R-схема](#)). В R-2R-ЦАП значения создаются в специальной схеме, состоящей из резисторов с сопротивлениями R и $2R$, Применение одинаковых резисторов позволяет существенно улучшить точность по сравнению с обычным взвешивающим ЦАП, так как сравнительно просто изготовить набор прецизионных элементов с одинаковыми параметрами.

ЦАП



Основные характеристики ЦАП

- разрядность (n),
- абсолютная разрешающая способность ЦАП - т.е. минимальное значение изменения сигнала на выходе, обусловленное изменением входного кода на единицу (цена младшего разряда), определяется как $U_0/2n$,
- абсолютная погрешность преобразования в конечной точке шкалы $\delta_{шк}$ представляет собой отклонение значения выходного напряжения от номинального расчетного, соответствующего конечной точке характеристики преобразования (измеряется в единицах младшего разряда (ЕМР) или в процентах
- нелинейность преобразования δL -это отклонение реальной характеристики преобразования от расчетной (линейной). Величина δL измеряется в единицах младшего разряда или в процентах:

$$\delta L = \frac{\Delta L}{U_{\max}} 100$$

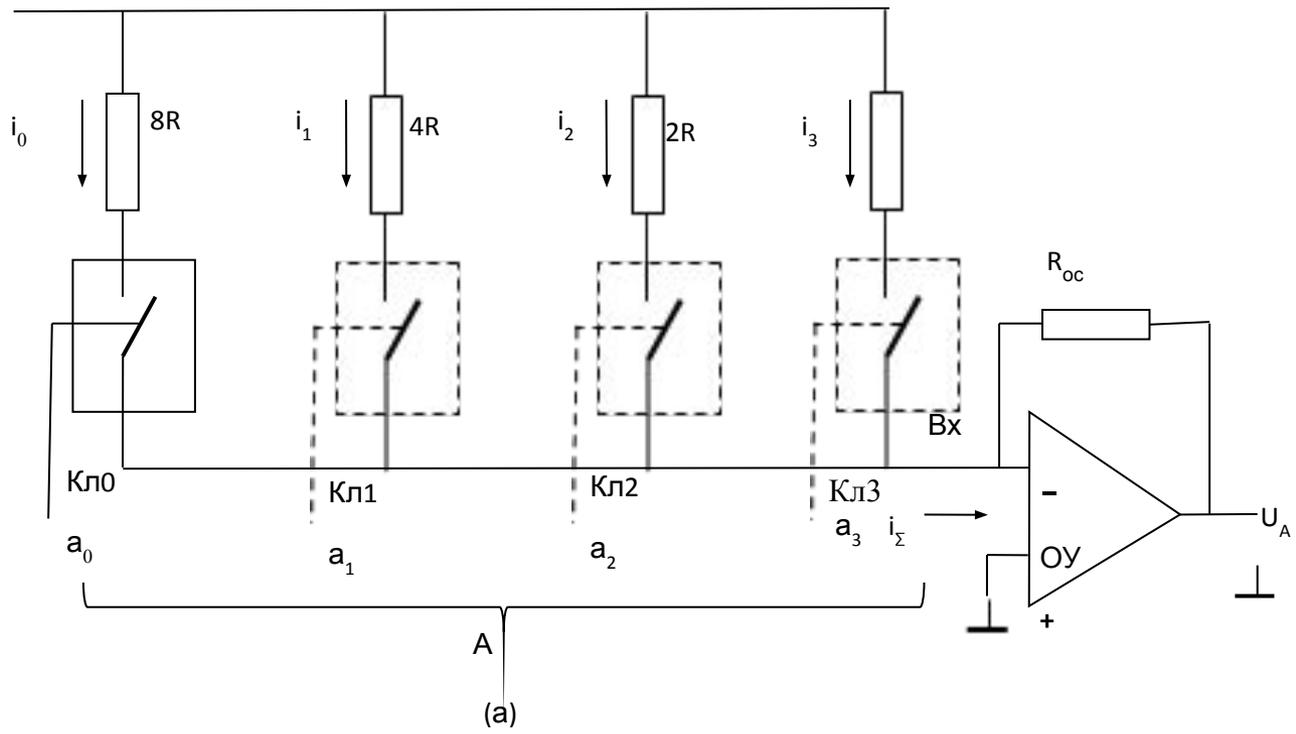
Разрядность — количество различных уровней выходного сигнала, которые ЦАП может воспроизвести. Количество бит есть логарифм по основанию 2 от количества уровней

Максимальная частота дискретизации — максимальная частота, на которой ЦАП может работать, выдавая на выходе корректный результат. В соответствии с теоремой Котельникова, для корректного воспроизведения аналогового сигнала из цифровой формы необходимо, чтобы частота дискретизации была не менее, чем удвоенная максимальная частота в спектре сигнала

Монотонность — свойство ЦАП увеличивать аналоговый выходной сигнал при увеличении входного кода.

Динамический диапазон — соотношение наибольшего и наименьшего сигналов, которые может воспроизвести ЦАП, выражается в децибелах. Данный параметр связан с разрядностью

Отношение сигнал/шум+искажения — характеризует в децибелах отношение мощности выходного сигнала к суммарной мощности шума и гармонических искажений;



Этот ЦАП состоит из набора резисторов и набора ключей. Число ключей и число резисторов равно количеству разрядов n входного кода. Номиналы резисторов выбираются в соответствии с двоичным законом. Если $R=3$ Ом, то $2R=6$ Ом, $4R=12$ Ом, и так и далее, т.е. каждый последующий резистор больше предыдущего в 2 раза. При присоединении источника напряжения и замыкании ключей, через каждый резистор потечет ток. Значения токов по резисторам, благодаря соответствующему выбору их номиналов, тоже будут распределены по двоичному закону. При подаче входного кода $N_{вх}$ включение ключей производится в соответствии со значением соответствующих им разрядов входного кода. Ключ замыкается, если соответствующий ему разряд равен единице. При этом в узле суммируются токи, пропорциональные весам этих разрядов и величина вытекающего из узла тока в целом будет пропорциональна значению входного кода $N_{вх}$.

Недостатком рассмотренной выше схемы ЦАП является широкий диапазон величин сопротивлений в резистивной матрице для формирования разрядных токов. К тому же эти резисторы должны иметь высокую точность изготовления. Поэтому в современных ЦАП используются резистивные матрицы типа R-2R. Эти матрицы включают в себя резисторы двух номиналов R и 2R

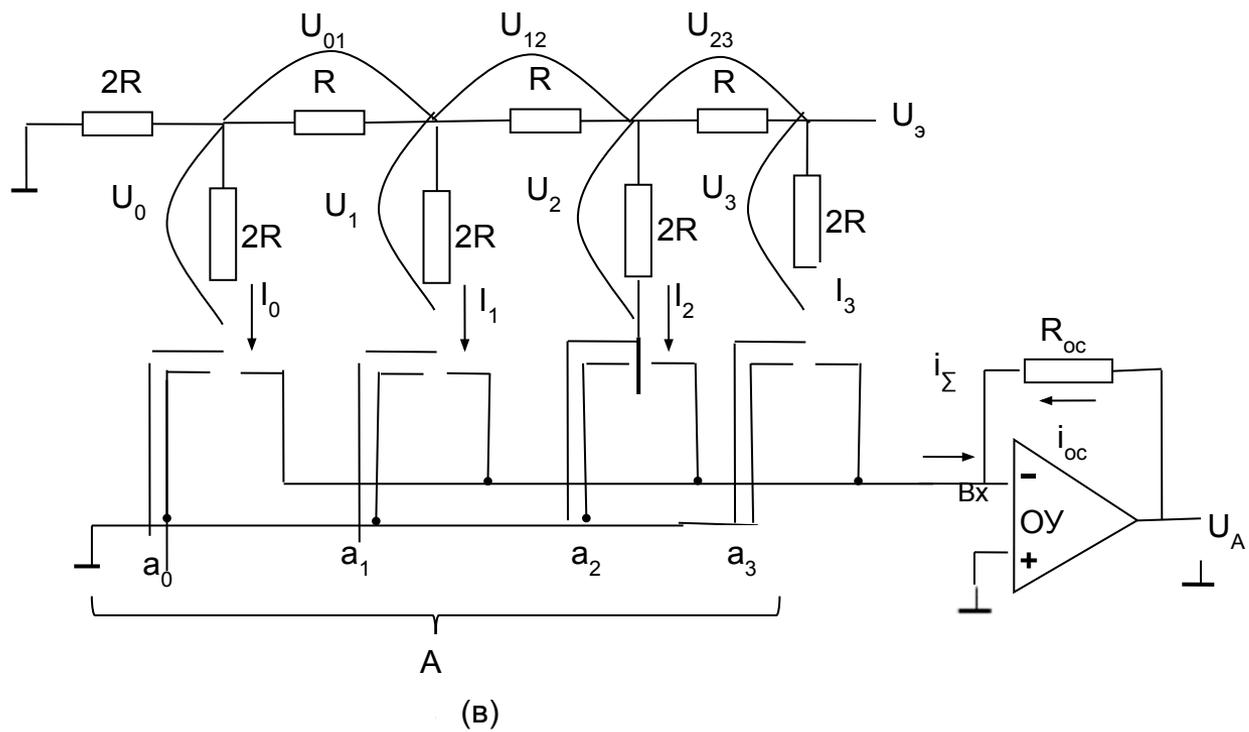


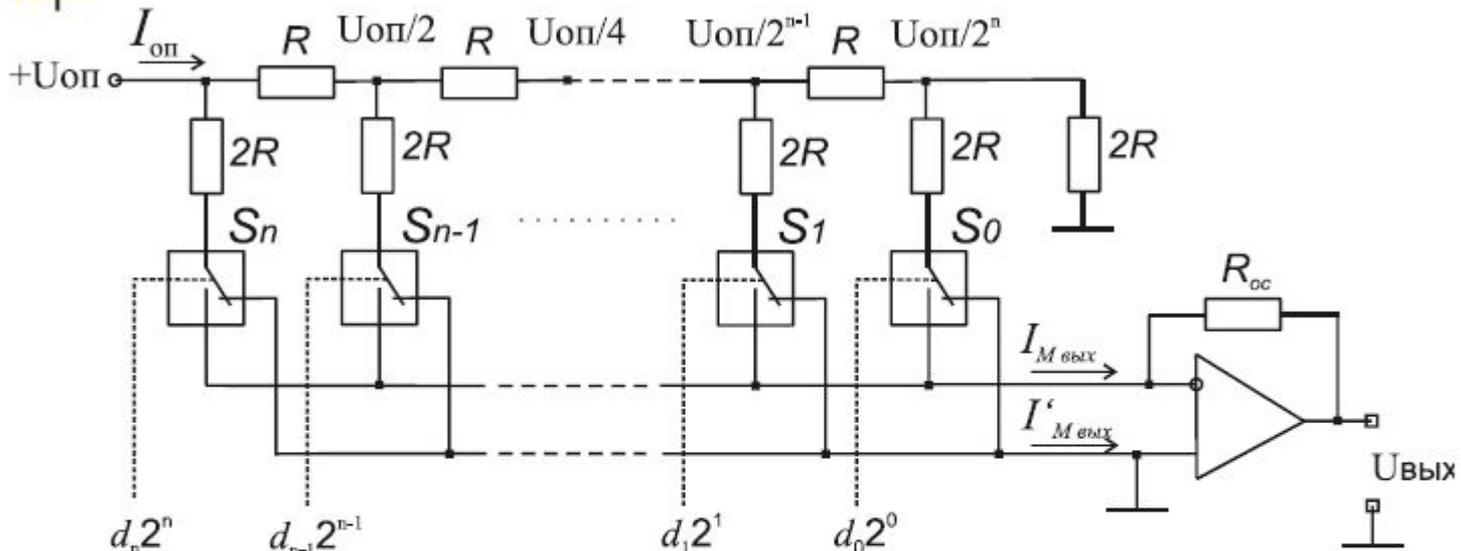
Рис. 7.4. Преобразователи кода в напряжение

Данное устройство содержит n источников тока, которые подключаются с помощью ключей S к общей нагрузке R_H . На общей нагрузке R_H будут протекать только токи тех разрядов, в которых значение цифры-единица. Если нагрузка R_H постоянна, то выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ пропорционально входному коду. На практике для получения выходного напряжения, пропорционального входному коду, в качестве нагрузки используется операционный усилитель (ОУ), играющий роль преобразователя тока в напряжение. Действительно в ОУ напряжение между входами равно нулю.

$$U_{\text{вых}} = J_y \cdot R_{\text{оос}}$$



Последовательная схема суммирования токов



$I_{M\text{ вых}}$ – выходной ток резистивной матрицы, также входной ток ОУ.

Для такой схемы: $U_{\text{вых}} = -I_{M\text{ вых}} \cdot R_{\text{ос}}$

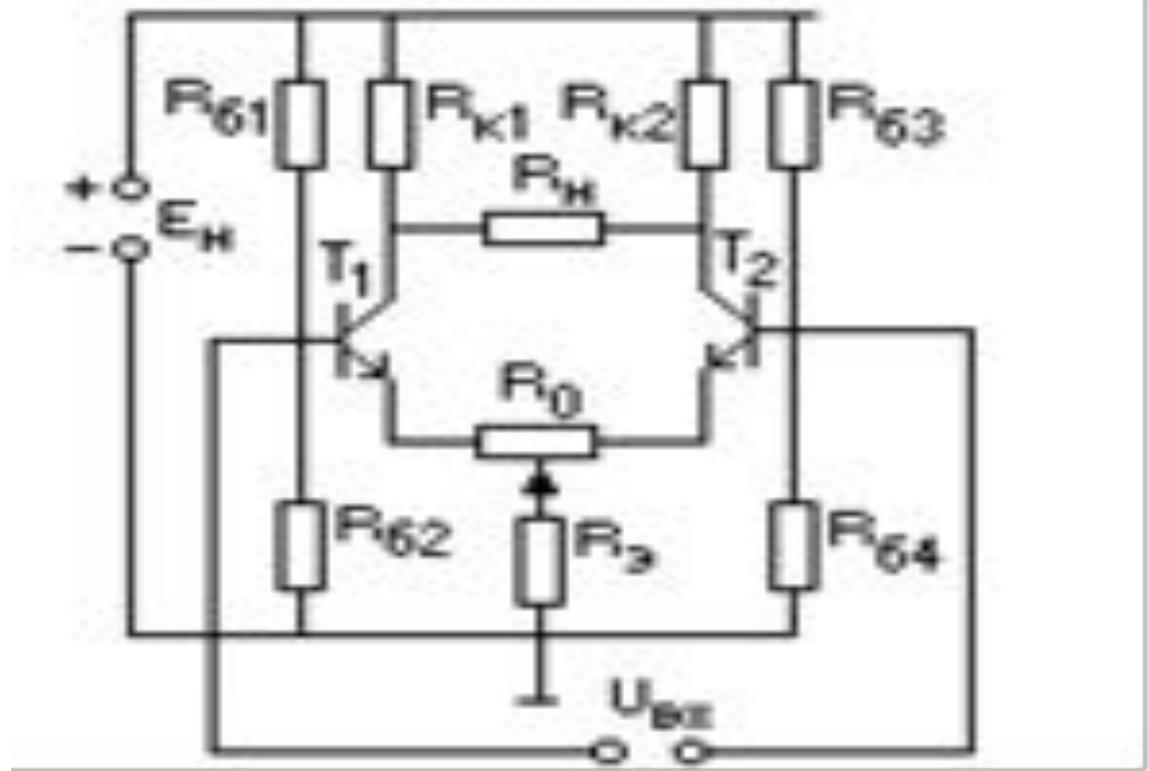
$$I_{M\text{ вых}} = \frac{U_{\text{оп}}}{2R} \left(\frac{d^n}{2^0} + \frac{d^{n-1}}{2^1} + \frac{d^{n-2}}{2^2} + \dots + \frac{d^1}{2^{n-1}} + \frac{d^0}{2^n} \right)$$

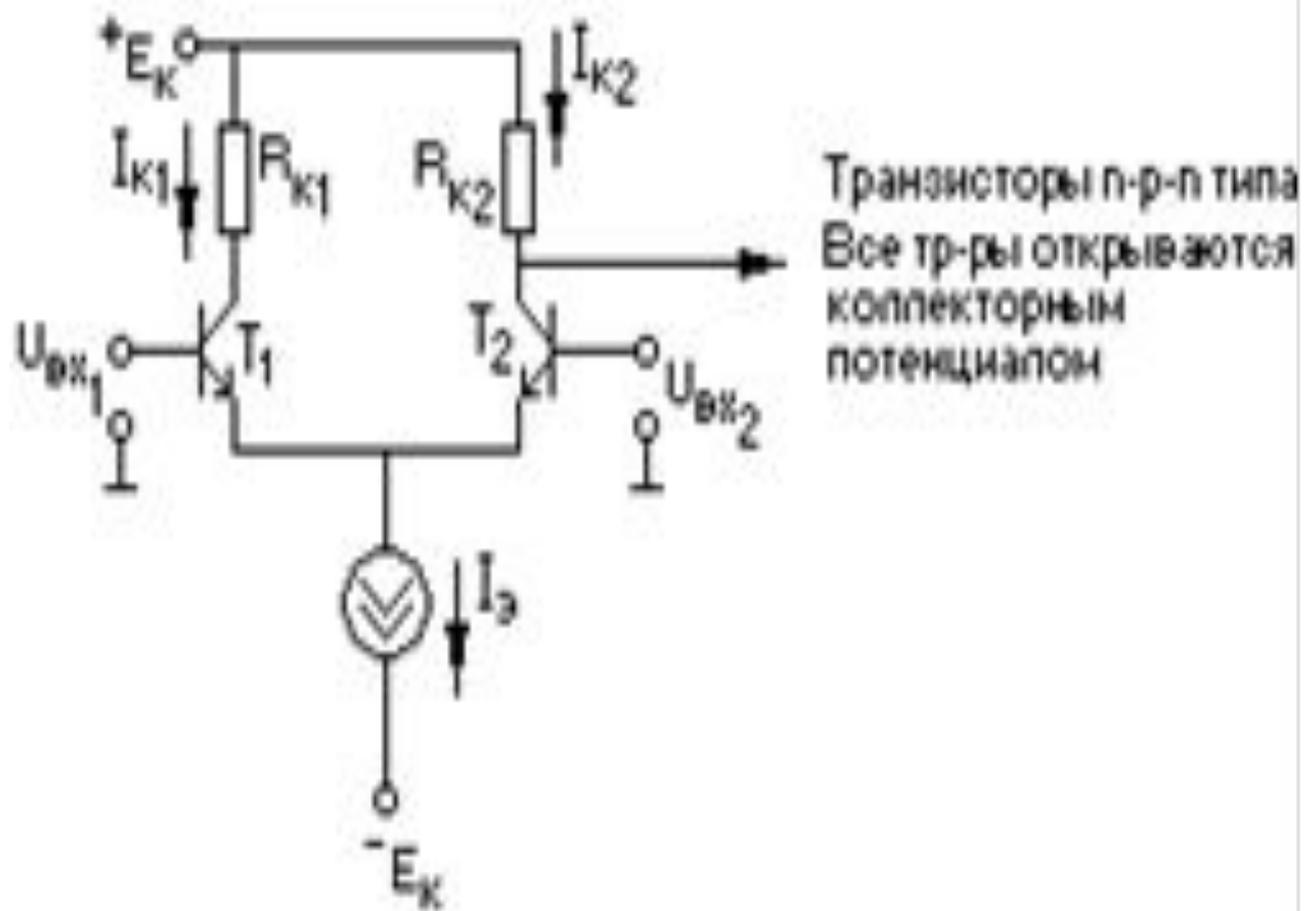
$$U_{\text{вых}} = -\frac{U_{\text{оп}} R_{\text{ос}}}{2R} \left(\frac{d^n}{2^0} + \frac{d^{n-1}}{2^1} + \frac{d^{n-2}}{2^2} + \dots + \frac{d^1}{2^{n-1}} + \frac{d^0}{2^n} \right)$$

7

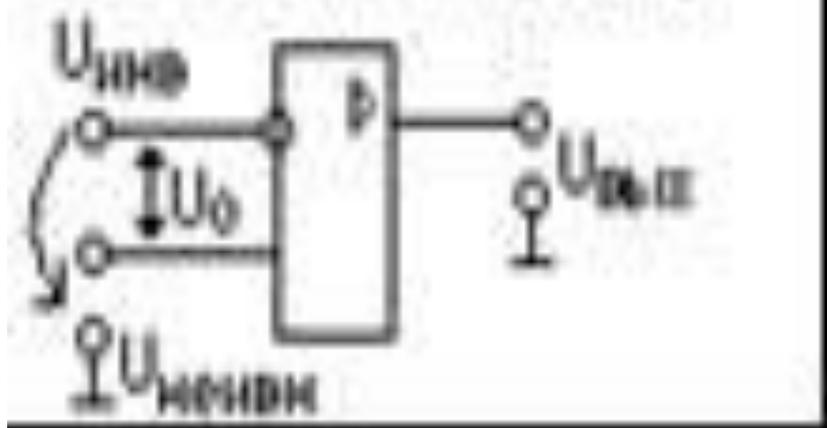
В общем случае, для n-битного ЦАП будем иметь: $U_{\text{вых}} = V \cdot \sum (A_i \cdot 1/2^{n-i})$, где i — номер разряда ($i=0, 1, 2 \dots n-1$), $A_i=1$, если соответствующий ключ замкнут на шину питания и $A_i=0$, если соответствующий ключ замкнут на общий провод. Шаг в этом случае определяется по формуле: $\Delta = V/2^n$, где n — общее число разрядов

СХЕМА БАЛАНСНОГО
(ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО) КАСКАДА

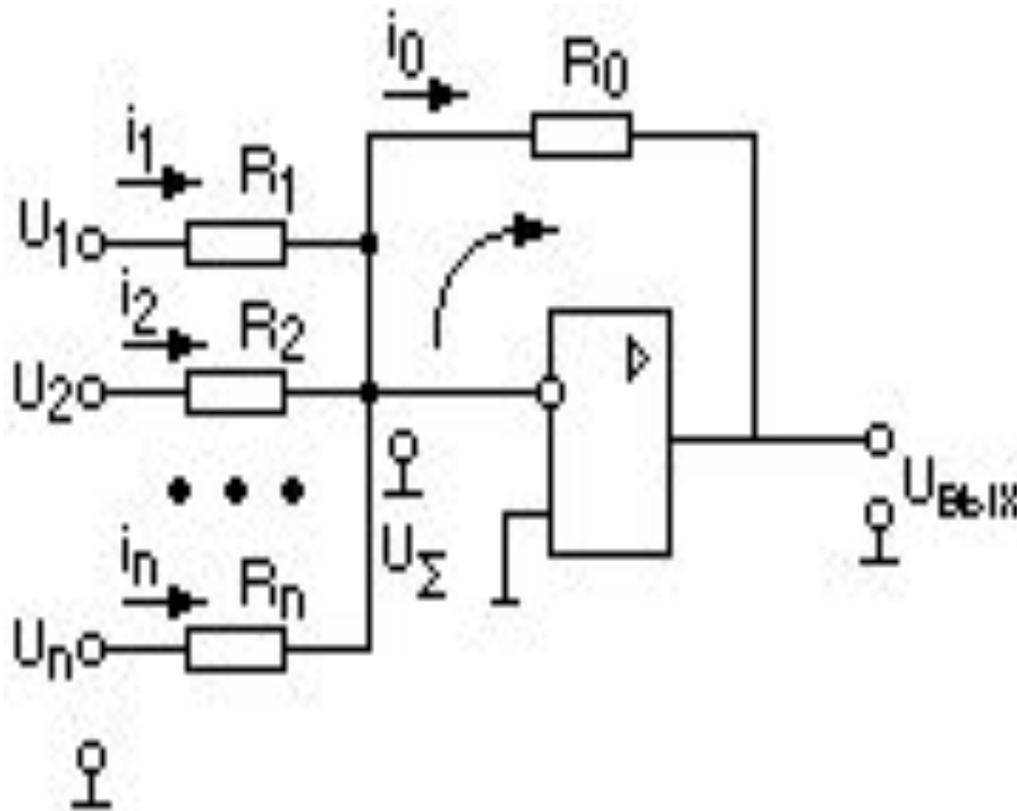




УСЛОВНОЕ ГРАФИЧЕСКОЕ
ОБОЗНАЧЕНИЕ ОУ



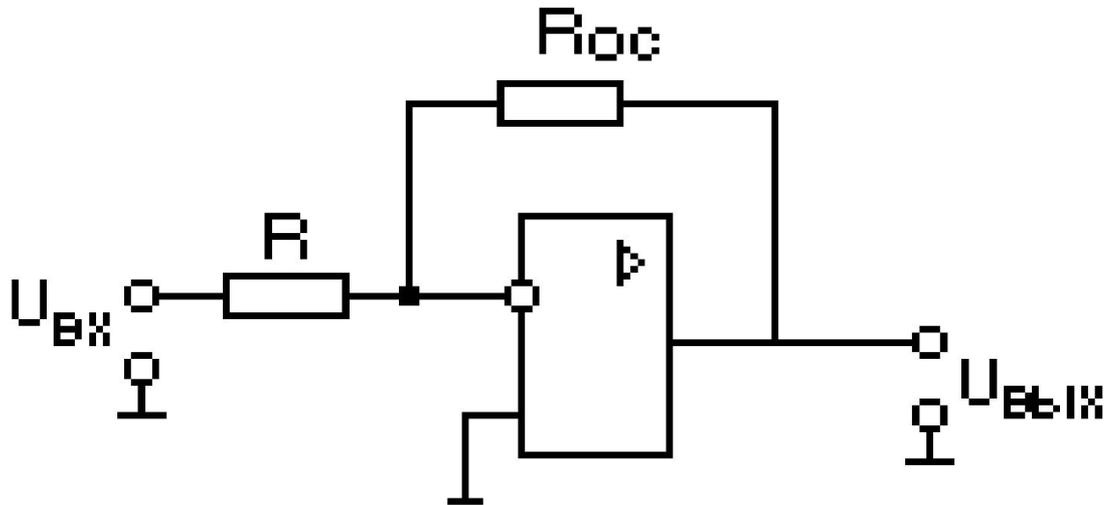
$$i_1 + i_2 + \dots + i_n \approx i_0,$$



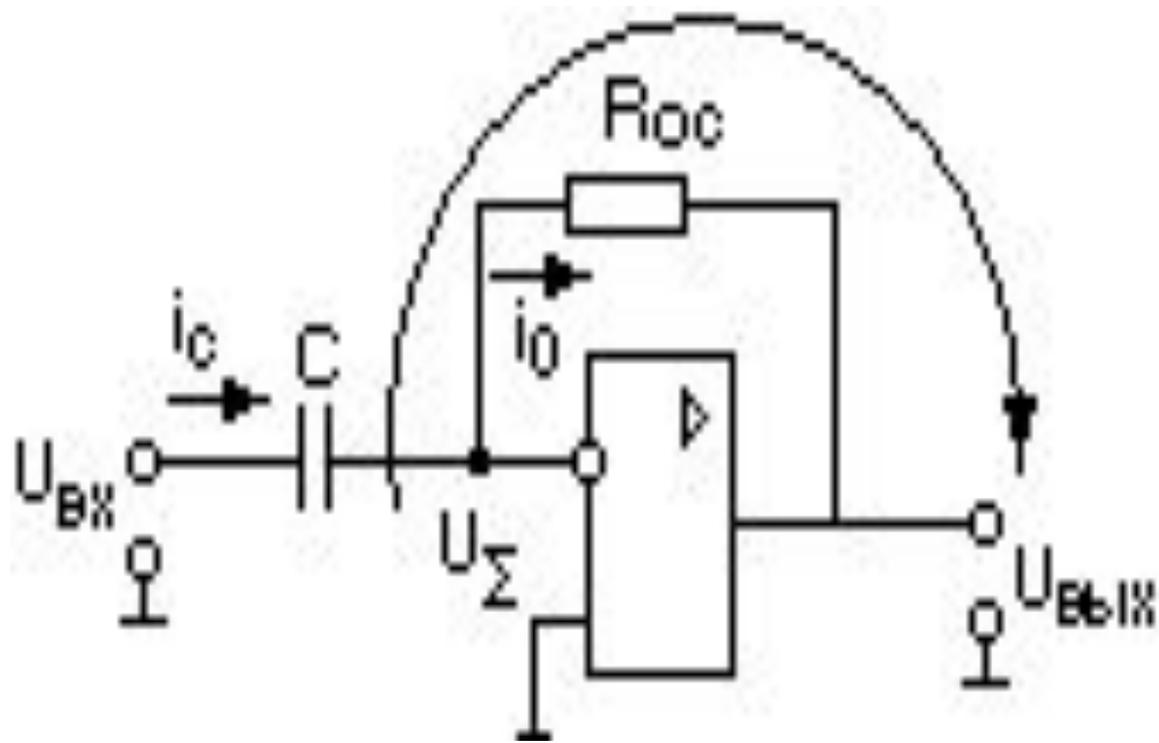
$$\frac{U_1 - U_Z}{R_1} + \frac{U_2 - U_Z}{R_2} + \dots + \frac{U_n - U_Z}{R_n} = \frac{U_Z - U_{\text{out}}}{R_0}$$

$$\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \dots + \frac{U_n}{R_n} = -\frac{U_{\text{out}}}{R_0}; U_{\text{out}} = -\left(\frac{R_0}{R_1}U_1 + \frac{R_0}{R_2}U_2 + \dots + \frac{R_0}{R_n}U_n\right) = -\sum_{i=1}^n \frac{R_0}{R_i}U_i$$

$$(R = R_{oc})$$



$$U_{\text{вблх}} = -\frac{R_{oc}}{R} U_{\text{вх}} = -\alpha U_{\text{вх}}$$



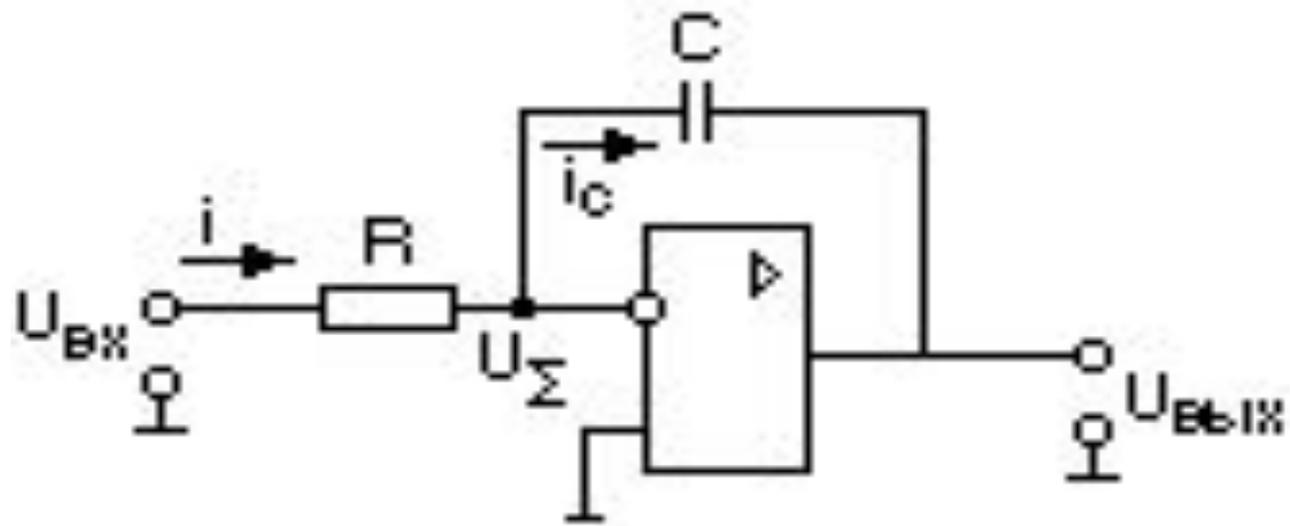
$$i_c = C \frac{dU_c}{dt}; U_c = U_{ex} - U_{\Sigma}$$

$$i_c = C \frac{d(U_{ex} - U_{\Sigma})}{dt}$$

$$i_0 = \frac{U_{\Sigma} - U_{\text{ввх}}}{R_{oc}}$$

$$C \frac{d(U_{\text{вх}} - U_{\Sigma})}{dt} = \frac{U_{\Sigma} - U_{\text{ввх}}}{R_{oc}}$$

$$U_{\text{ввх}} = -R_{oc} C \frac{dU_{\text{вх}}}{dt}$$



$$i_0 = \frac{U_{ex} - U_{\Sigma}}{R}; i_c = C \frac{d(U_{\Sigma} - U_{oblx})}{dt}$$

$$\frac{U_{ex}}{R} = -C \frac{dU_{\Sigma}}{dt}; U_{\Sigma} = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_{ex} dt$$

Все средства вычислительной техники можно классифицировать [л. 1,2]:

- с позиций пользователя;
- по архитектурной организации;
- по режимам работы;

С позиций пользователя все ЭВМ можно разделить на три группы:

- 1.ЭВМ общего назначения;
 - 2.специализированные;
- проблемно ориентированные.

По архитектурной организации все ЭВМ и системы можно разделить на 4 группы(классификация по Флинну). Эта классификация определяет, в какой последовательности обрабатывается потоки команд и данных.

ОКОД (SISD) – одиночный поток команд, одиночный поток данных

ОКМД (SIMD)– одиночный поток команд множественный поток данных

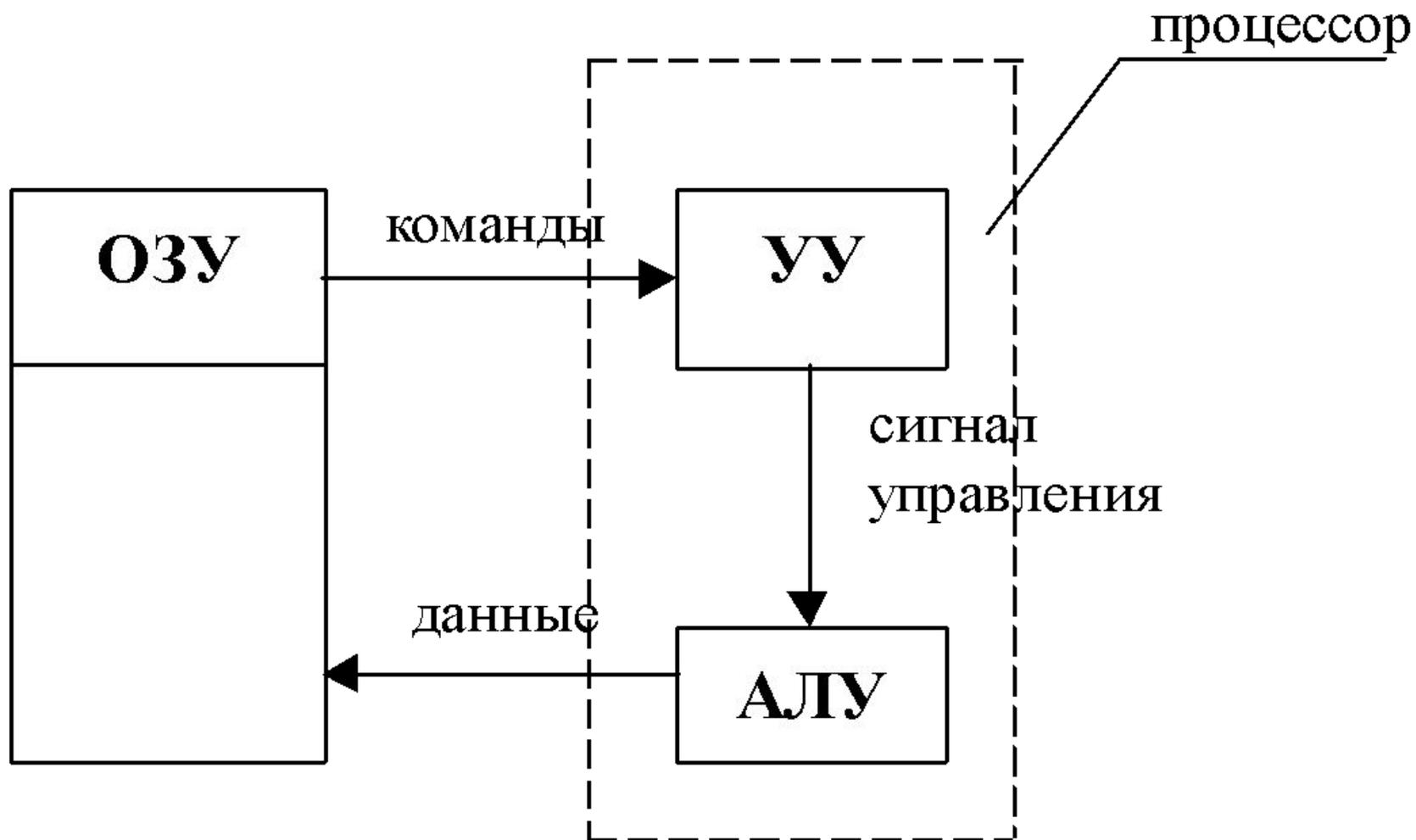
МКОД (MISD)– множественный поток команд одиночный поток данных.

МКМД (MIMD)– множественный поток команд, множественный поток данных.

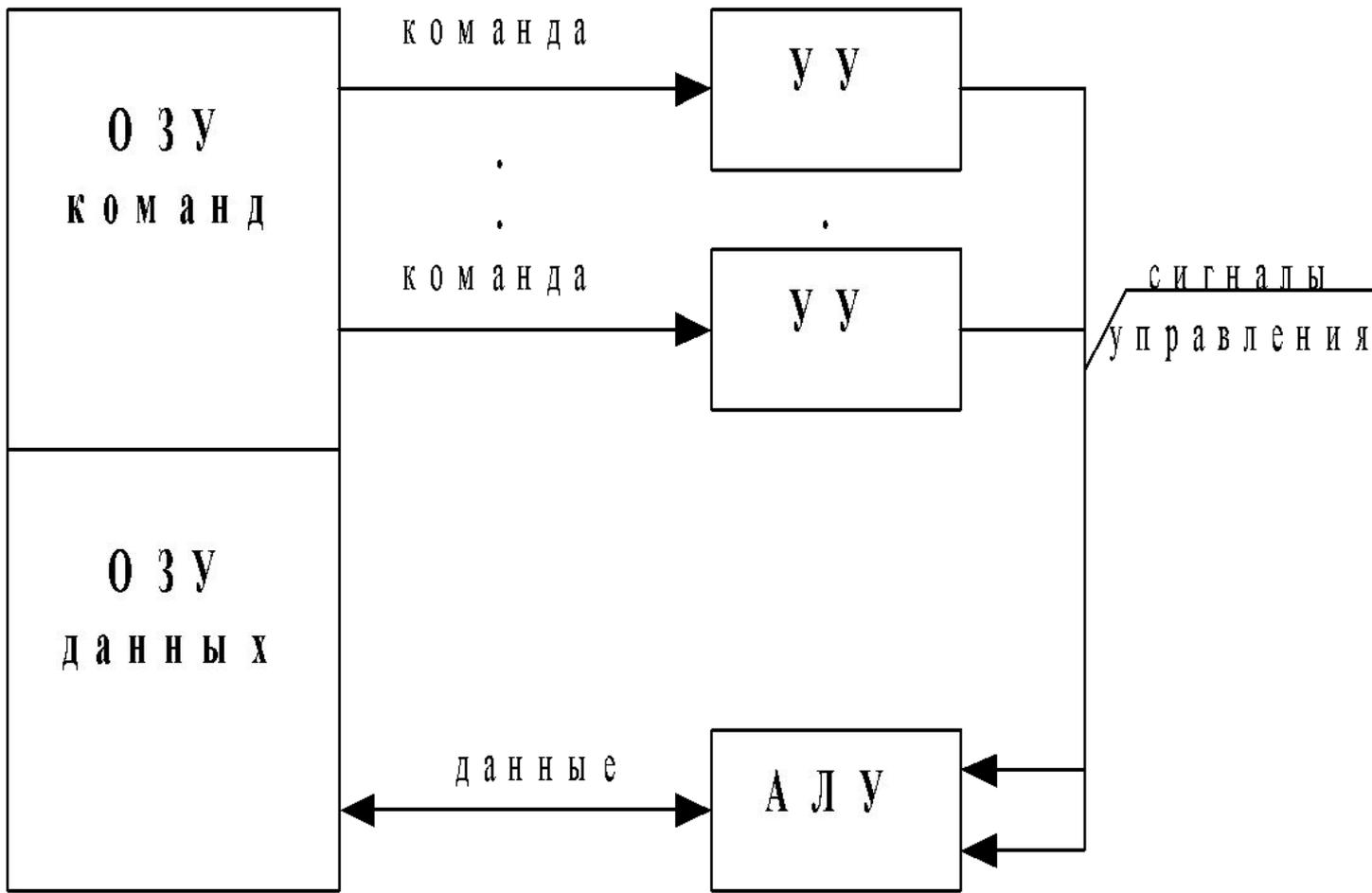
По режимам работы ЭВМ можно классифицировать как:

- однопрограммные,
- мультипрограммные,

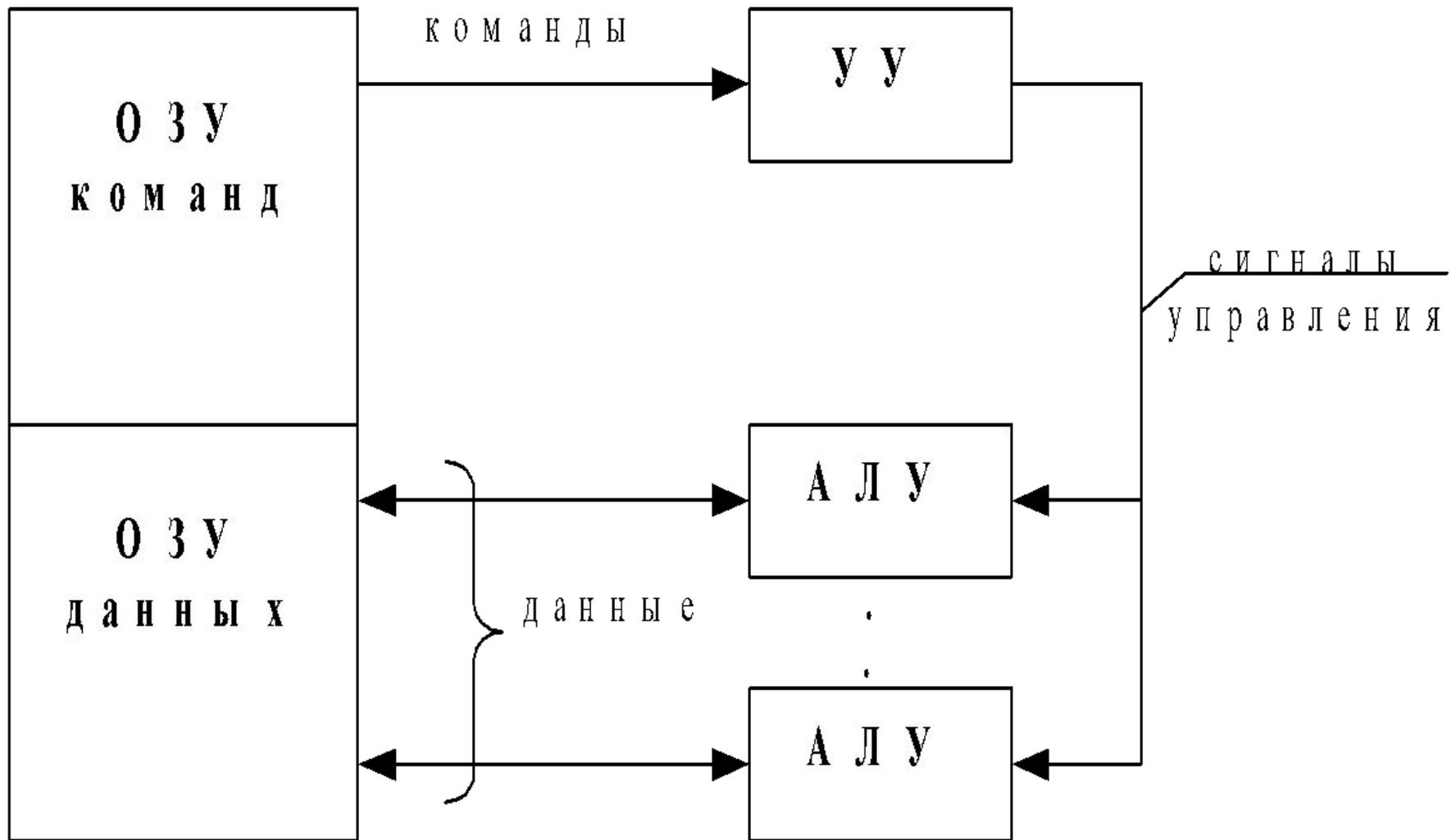
ЭВМ работающие в режиме реального времени



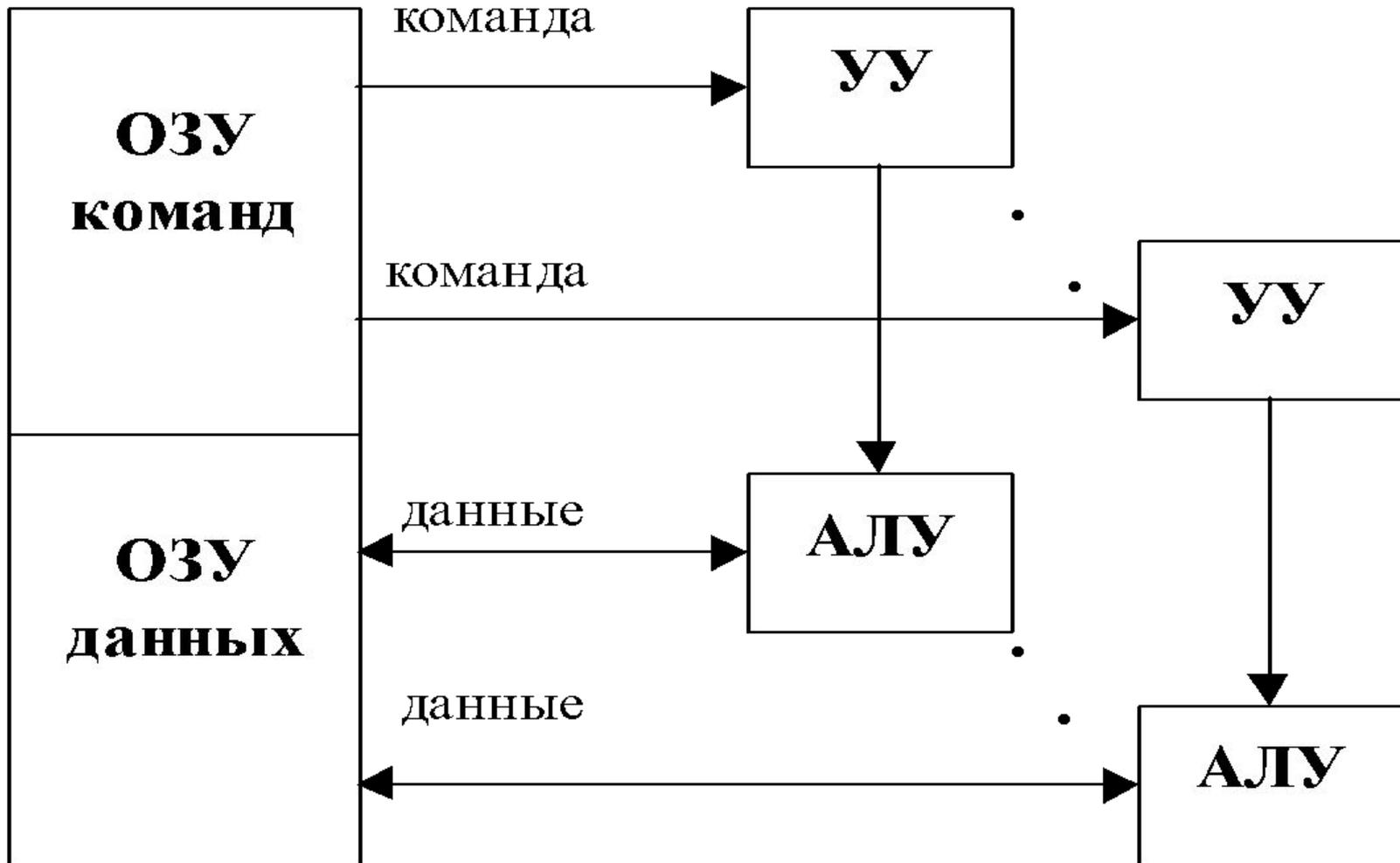
Структурная схема ВС класса
ОКОЛ



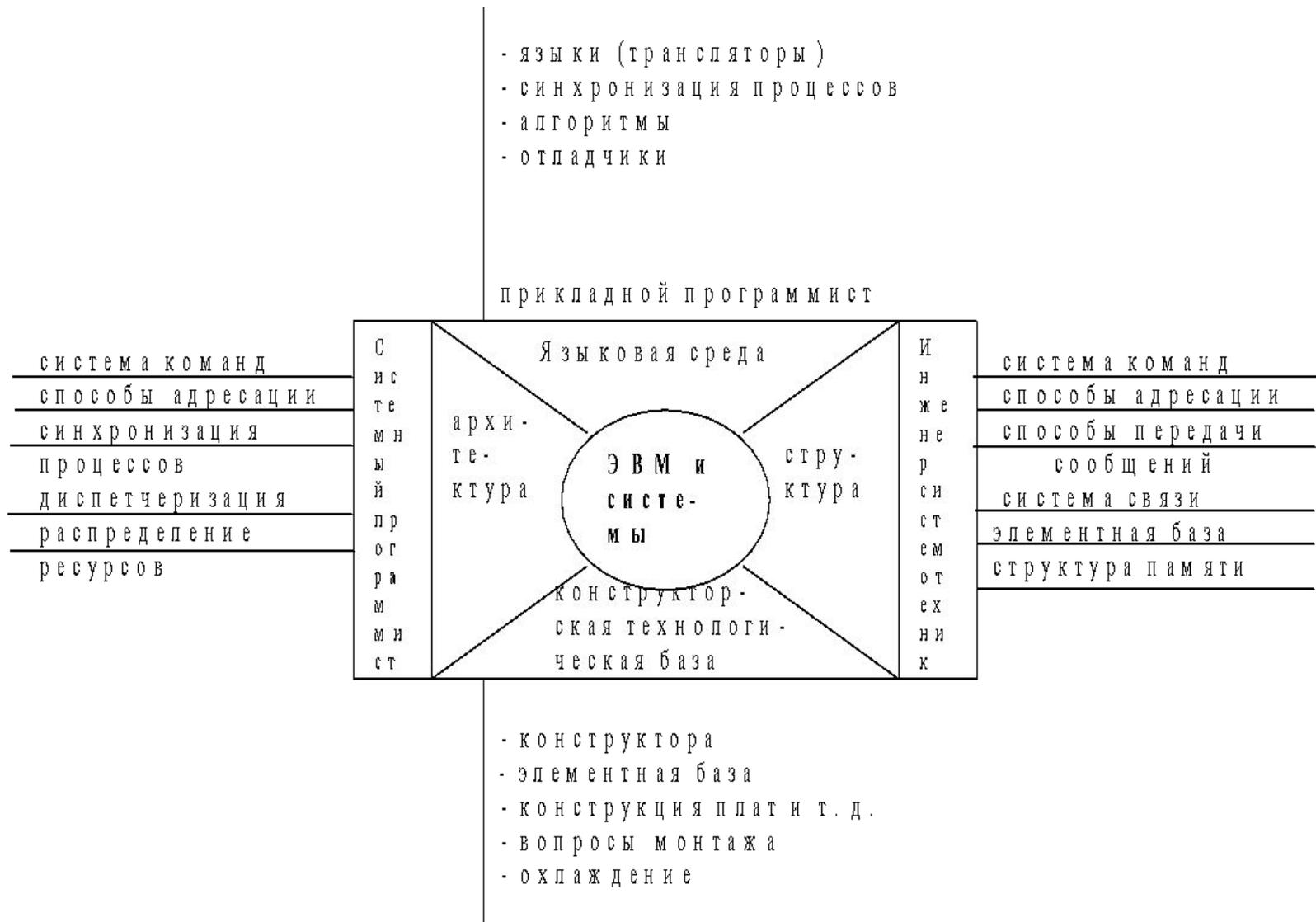
Структурная схема ВС класса
МКОД



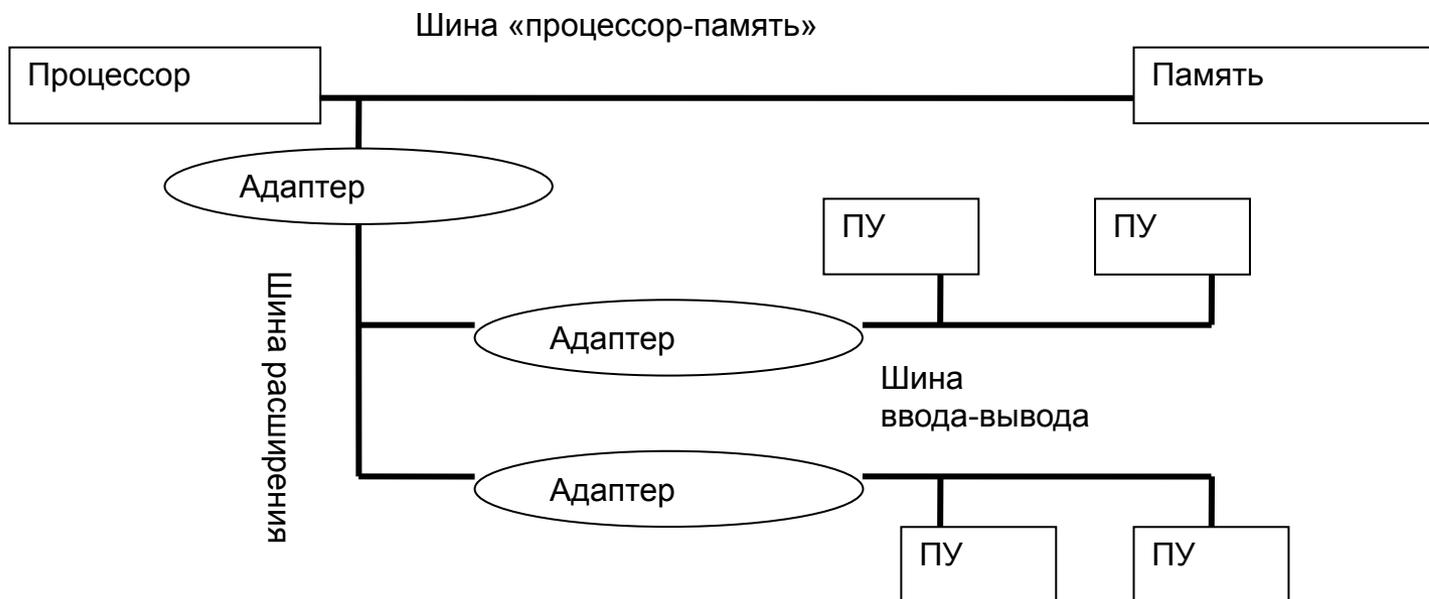
Структурная схема ВС класса
ОКМД



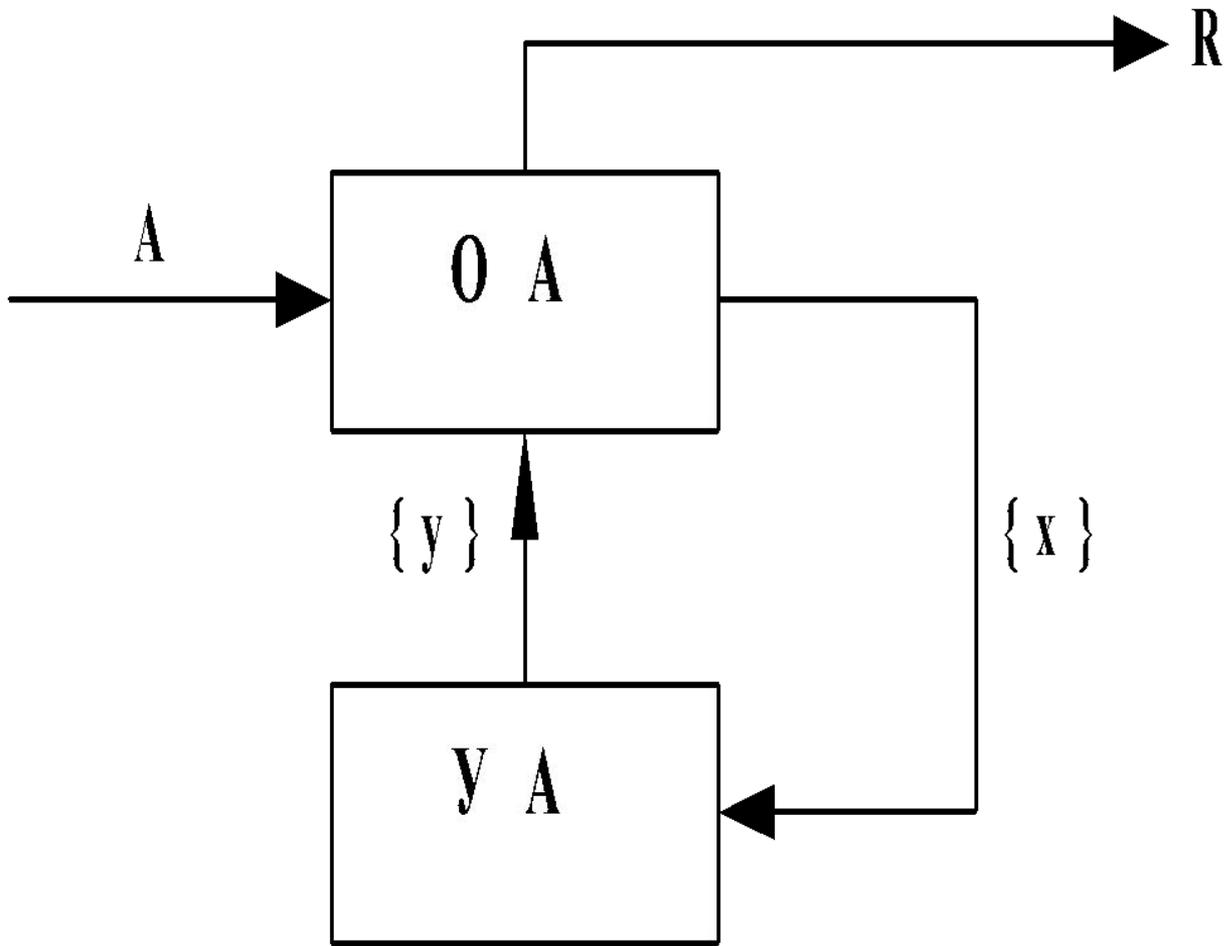
Структура ВС класса МКМД



Распределение функций между специалистами при разработке ЭВМ и ВС



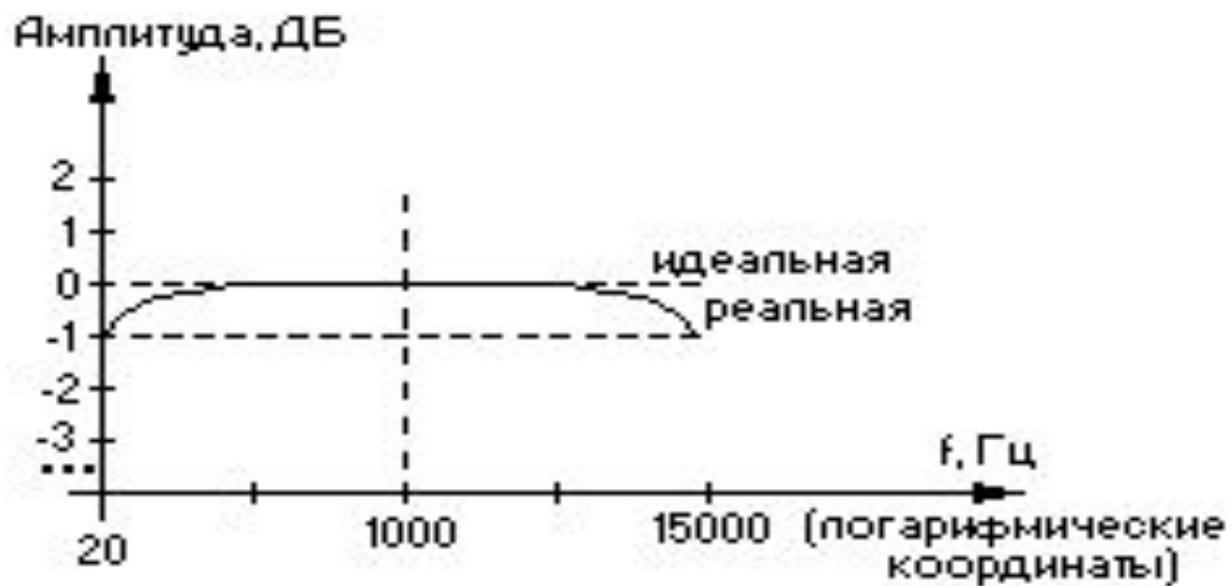
Организация связей между процессором, памятью и периферийными устройствами.

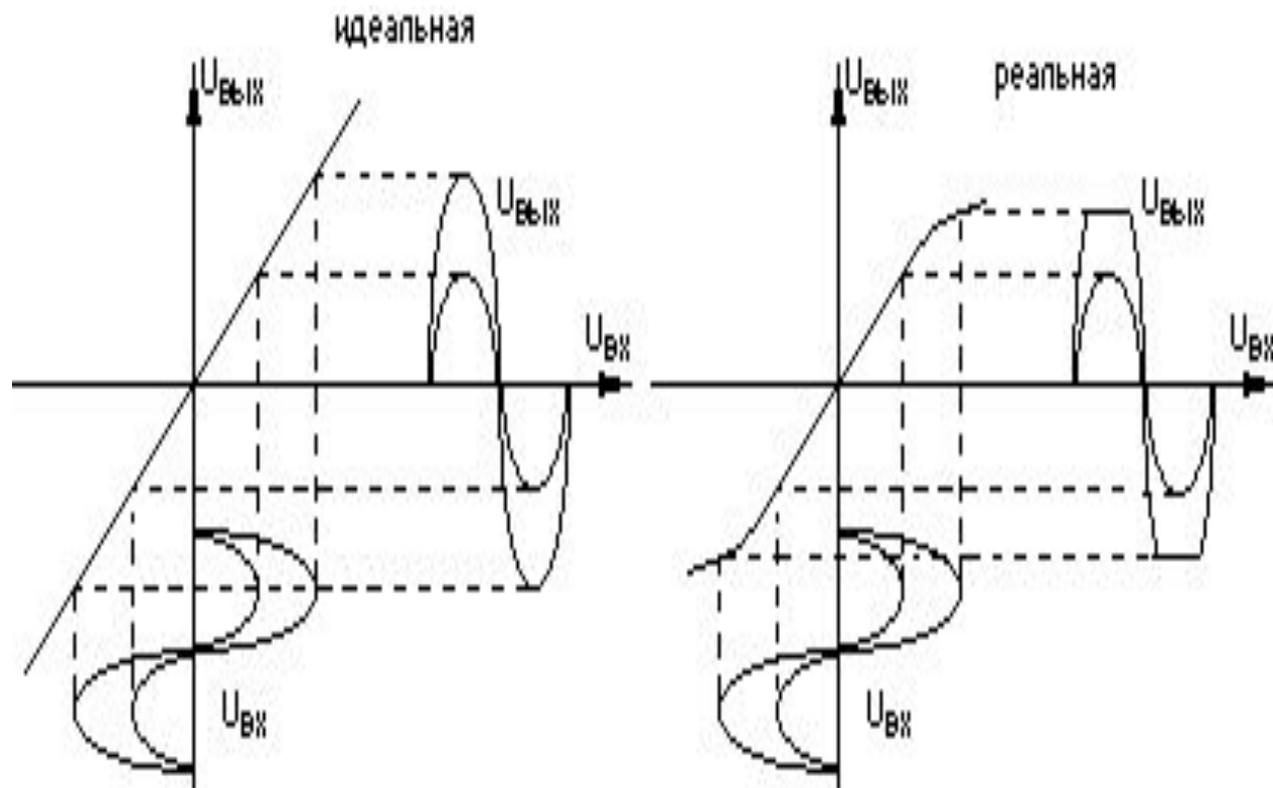


Представление операционного устройства (процессора)
как композиции ОА и УА

$$L = \log_2 \frac{I}{I_0} [\text{Белл}]; L = 10 \log_2 \frac{I}{I_0} [\text{дБ}]; L = 10 \log_2 \frac{I_{\text{блх}}}{I_{\text{бх}}} [\text{дБ}]$$



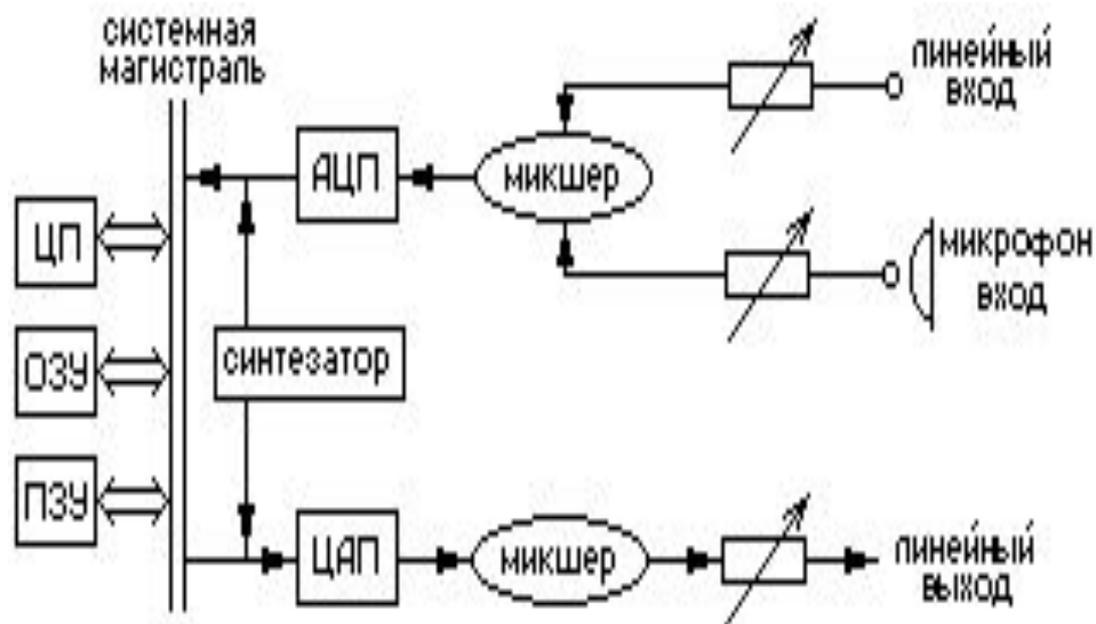


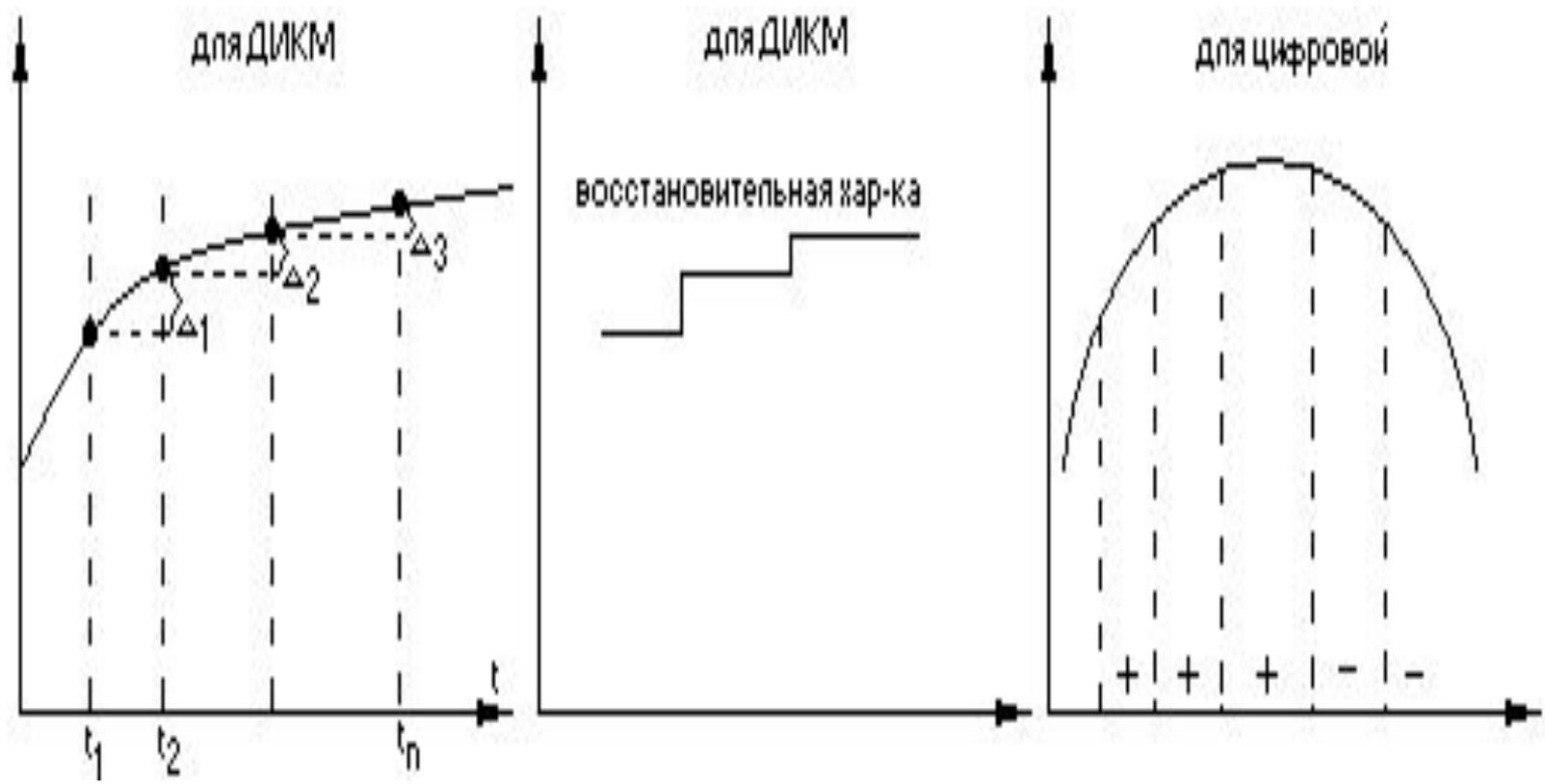


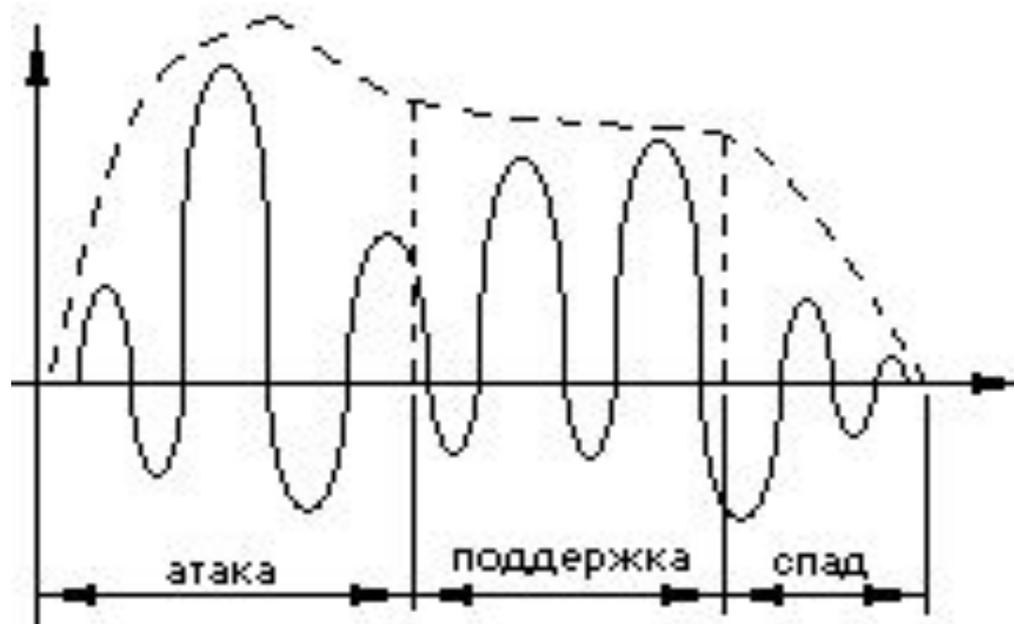
Коэффициент нелинейных искажений

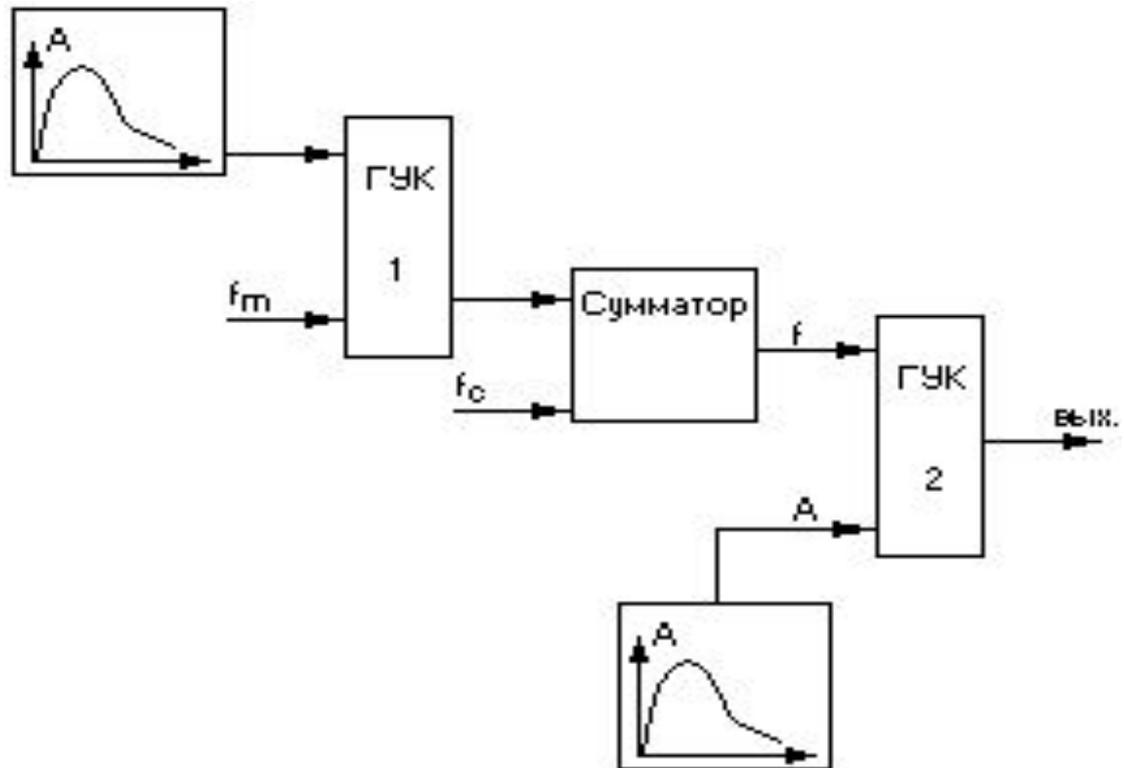
$$K_{н.и.} = \sqrt{\frac{P_2 + P_3 + \dots}{P_1}}$$

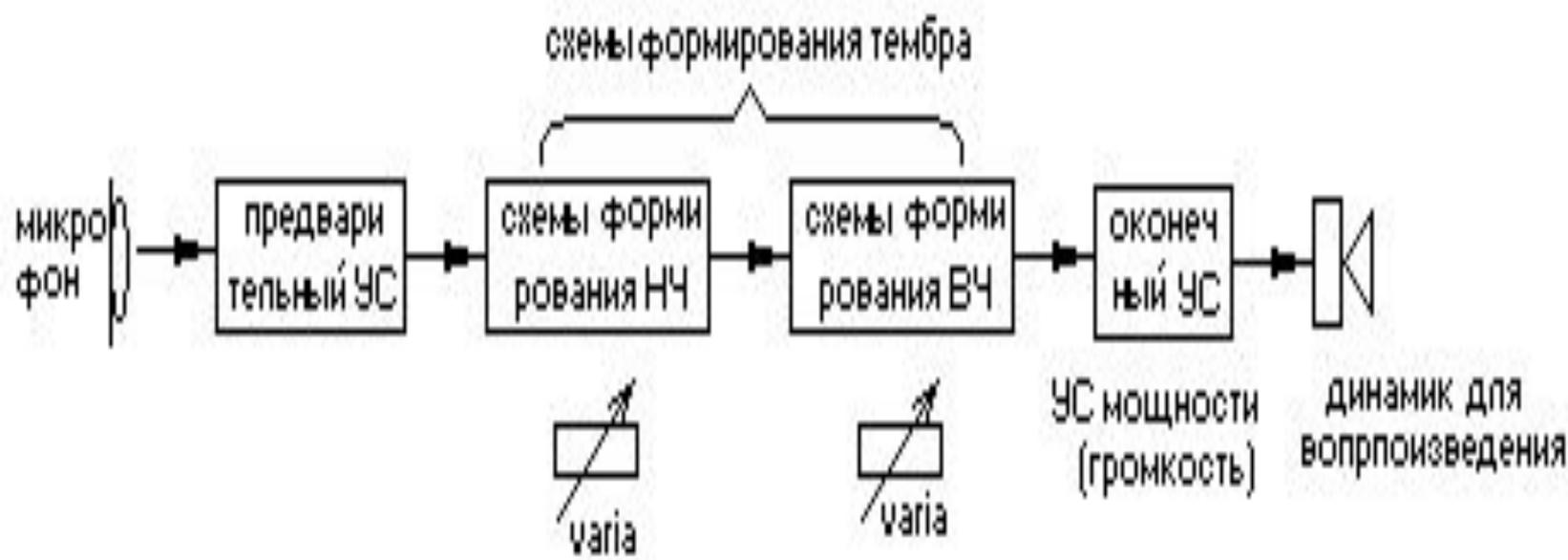
Нелинейные искажения определяются коэффициентом нелинейных искажений, который равен квадратному корню из отношения суммы мощностей гармоник возникающих при искажениях к мощности основной гармоники

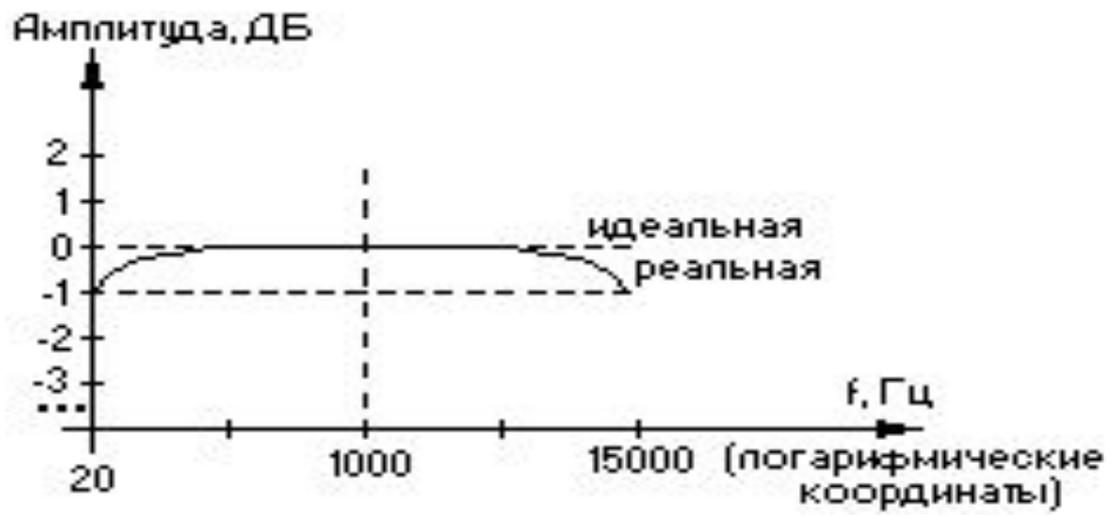




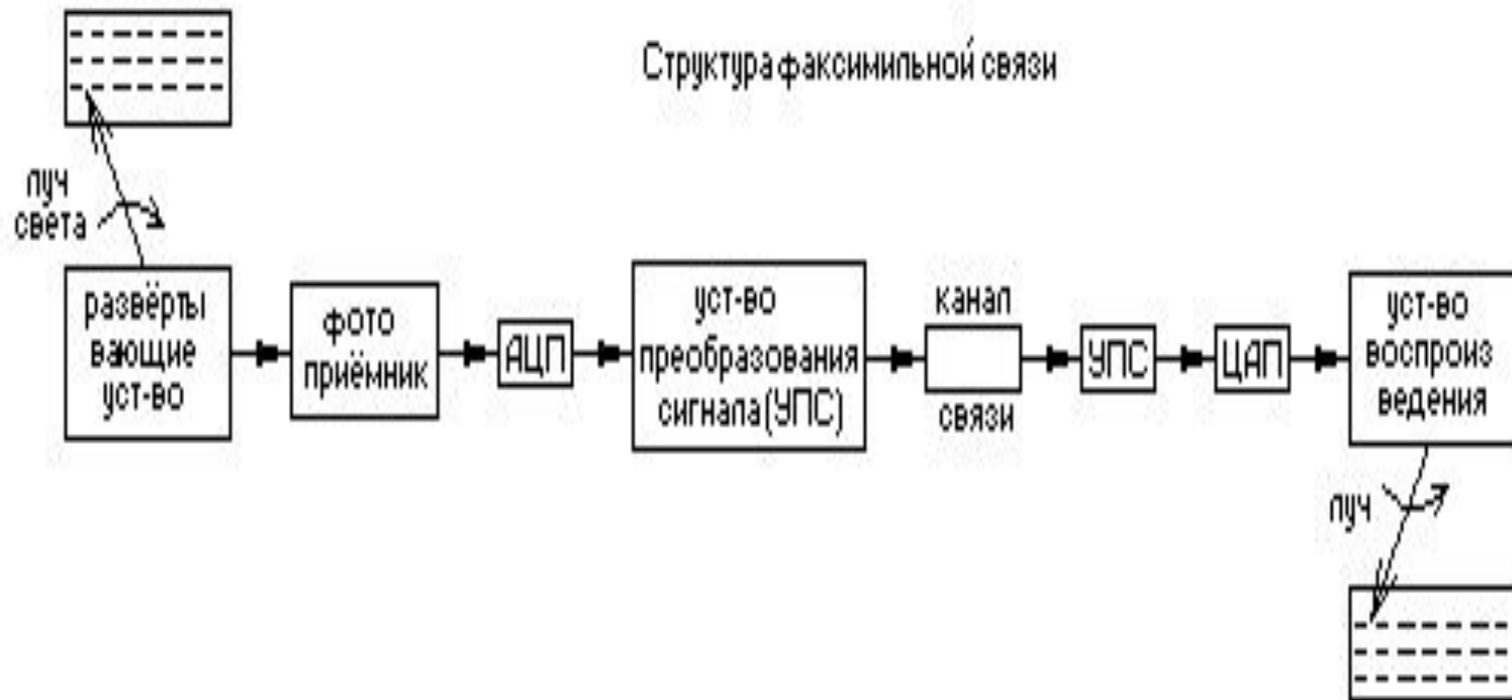








Структура факсимильной связи



Общая структура модема

