

# ЛЕКЦИЯ № 10

## *Тема:* Цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи

*Текст лекции по дисциплине «Цифровые устройства и микропроцессоры»*

# УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Цифроаналоговые преобразователи
2. Аналого-цифровые преобразователи

## ЛИТЕРАТУРА:

### **Основная**

Л.2. Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров «Аналоговая и цифровая электроника», М.:Горячая линия- Телеком, 2000г. с. 736-762

### **Дополнительная литература**

Л.5. Е.П. Угрюмов «Цифровая схемотехника», Санкт-Петербург, 2000г. с. 77-90

Л.6. Ю.А. Браммер. И.Н.Пашук «Импульсные и цифровые устройства», М.-Высшая школа, 1999г. с. 284-295

# Контрольные вопросы

Записать таблицу состояний (1, 3 вариант) и нарисовать схему (2, 4 вариант) согласно заданного варианта

## **1 вариант**

Одноразрядный комбинационный полусумматор

## **2 вариант**

Одноразрядный комбинационный полусумматор

## **3 вариант**

Одноразрядный комбинационный сумматор

## **4 вариант**

Одноразрядный комбинационный сумматор

# 1. Цифроаналоговые преобразователи

# Основные понятия и определения

**Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП)**- устройство, предназначенное для преобразования цифрового сигнала в аналоговый.

## Классификация ЦАП

1. По числу разрядов преобразуемого кода:

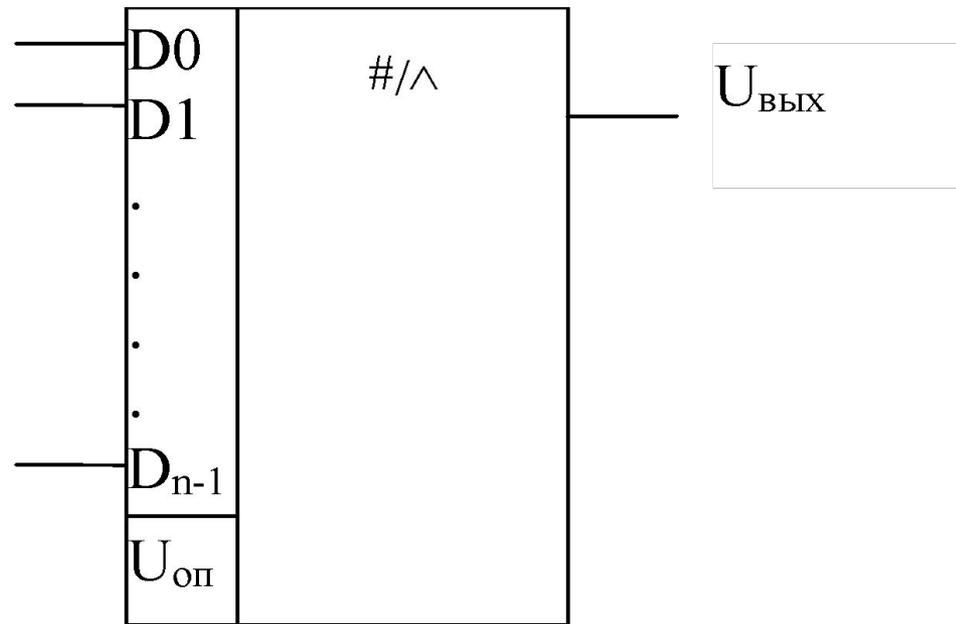
4-х разрядная;

8-и разрядная и т.д.

2. По принципу действия:

- ЦАП с суммированием напряжения (с двоично-взвешенными резисторами; на резистивной матрице);
- ЦАП с суммированием токов в резисторной матрице.
- ЦАП с делением напряжения.

# Условное графическое обозначение



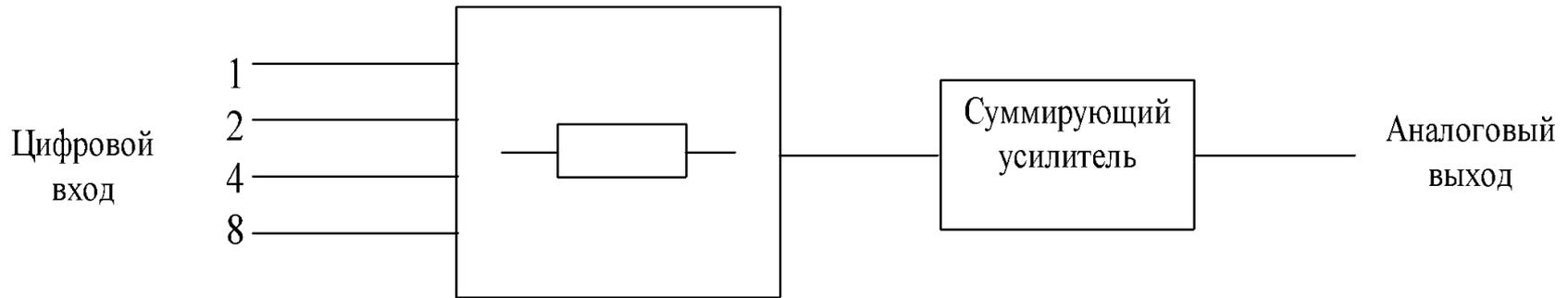
Маркировка

К 594 ПА1:

А - код аналог,

П - преобразователь

# Устройство ЦАП

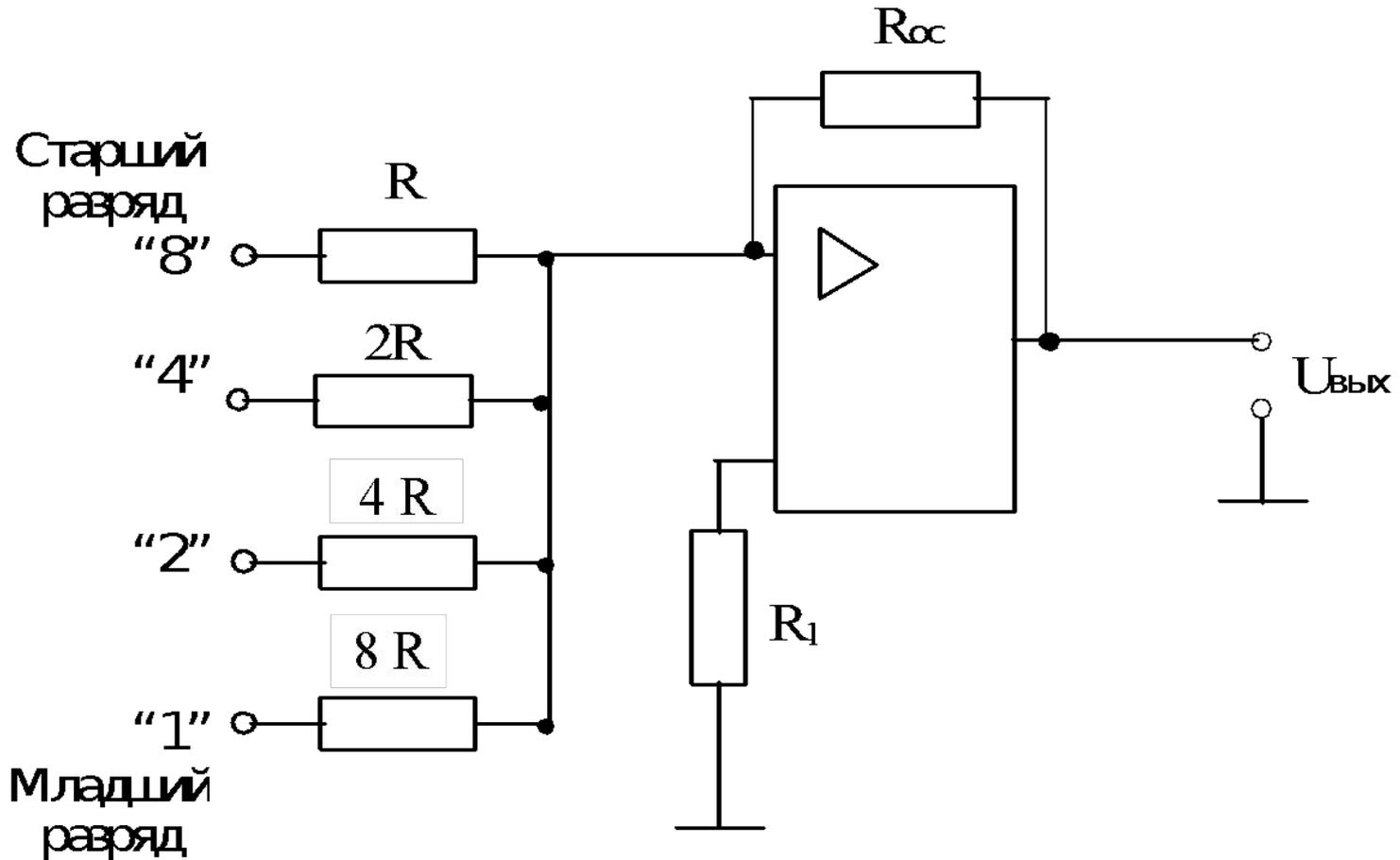


- резистивная схема;
- суммирующий усилитель.

## Принцип действия ЦАП

Значение выходного напряжения  $U_{\text{ВЫХ}}$  ЦАП пропорционально весу присутствующего на входе кода

# Схема ЦАП с двоично-- взвешенными резисторами



# Работа схемы

$U^1$  в разрядах кода суммируются на  $R_{oc}$  и создают:

$$U_{\text{ВЫХ}} = R_{oc} \left( (U^1/R) * a_4 + (U^1/2R) * a_3 + (U^1/4R) * a_2 + (U^1/8R) * a_1 \right) = (U^1 R_{oc} / R) (1a_4 + 1/2 * a_3 + 1/4 * a_2 + 1/8 * a_1) = (U^1 R_{oc}) / 8R (8a_4 + 4a_3 + 2a_2 + 1a_1)$$

$U^1 R_{oc} / 8R$  - коэффициентом преобразования.

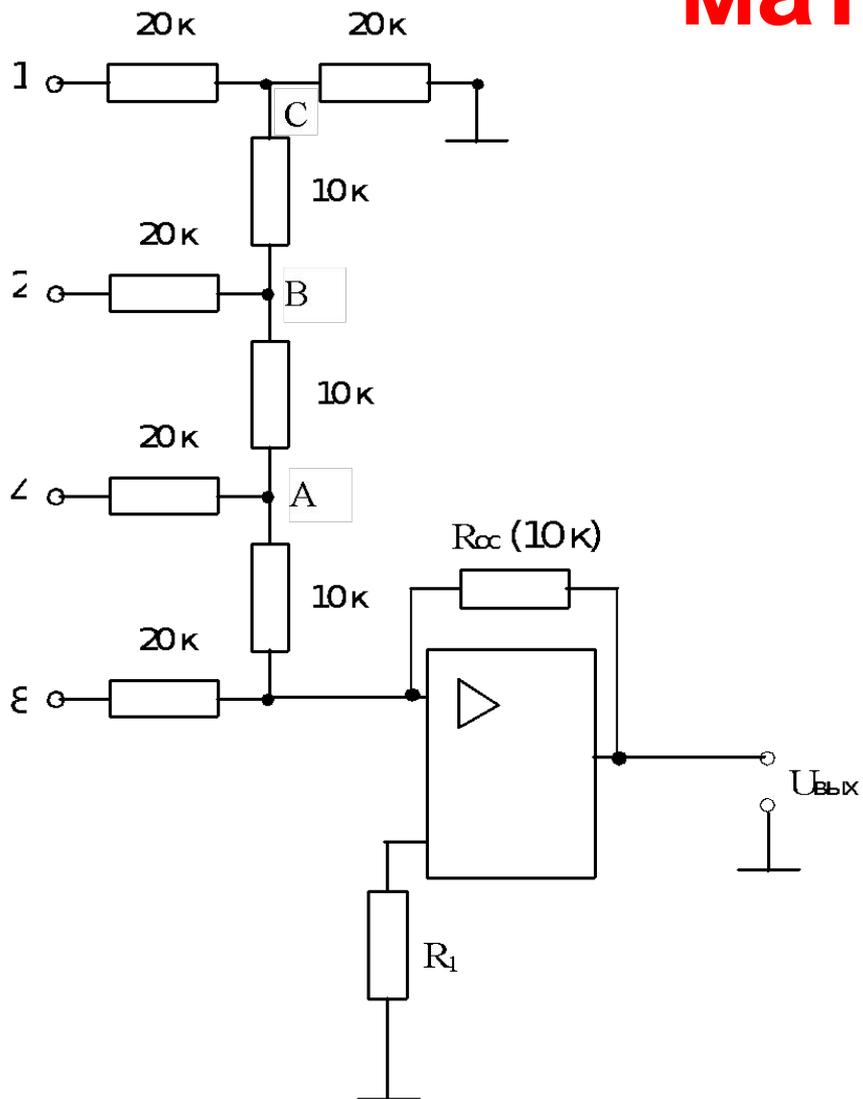
$a_i$  - цифры 1 или 0 в разрядах кода.

Выходное напряжение  $U_{\text{ВЫХ}}$  пропорционально весу действующего на входе кода.

## Недостатки:

- используются резисторы с широким дискретным номиналом;
- трудно выдержать соответствие весов 1 2 4 8 и т.д. при изменении температуры (не высокая точность преобразования).

# Схема ЦАП с суммированием напряжением на резисторной матрице.



При подаче на входы резистивной матрицы напряжения логической единицы  $U^1$ , в узлах ABC устанавливаются соответствующие напряжения:  
 $U = U^1$ ;  $U_a = 1/2 * U^1$ ;  $U_B = 1/4 * U^1$ ;  
 $U_c = 1/8 * U^1$ .  
Т.е. коэффициенты передачи между соседними узлами матрицы равны 0,5.

# Параметры ЦАП

- **погрешность преобразования** (характеризует степень отклонения выходного сигнала от идеального);
- **время установления** (время, требуемое для установления выходного сигнала ЦАП в пределах, соответствующих половине единицы младшего разряда для заданного изменения цифрового кода на входе, например, при изменении от нуля до полного значения шкалы. Время установления характеризует быстродействие ЦАП);
- **число двоичных разрядов** входного сигнала;
- **диапазон и уровни входных (выходных) сигналов**

## 2. Аналого-цифровые преобразователи

# Аналого-цифровые преобразователи

**Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) -** функциональное устройство преобразующее аналоговые сигналы в цифровые (преобразователь аналог - код)

## Классификация АЦП

1. По числу разрядов кода на выходе:

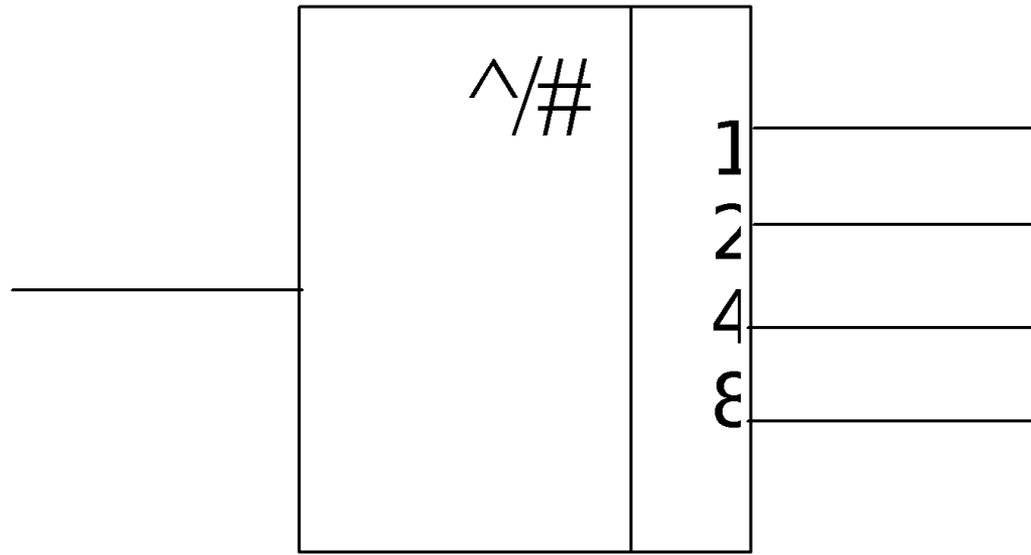
- 4-х разрядные;
- 8-и разрядные;

и т.д.

2. По принципу действия:

- АЦП временного преобразования (интегрирующий АЦП)
- АЦП уравнивающего преобразования (последовательного счёта);
- АЦП последовательных приближений (кодоимпульсный АЦП).

# Условное графическое обозначение



Маркировка

К 572 ПВ 1

П - преобразователь,

В - аналог-код.

# Устройство АЦП

Состав :

- цифровое устройство (счетчик, регистр);
- устройство сравнения (компаратор) аналогового сигнала с кодом сигнала на выходе цифрового устройства;
- ЦАП, для преобразования кода сигнала с цифрового устройства в аналоговый сигнал.

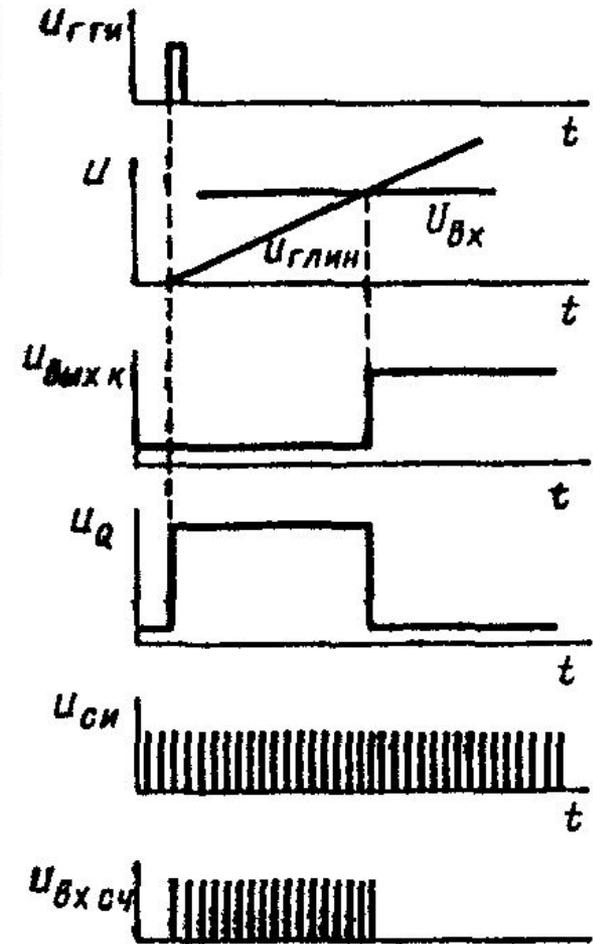
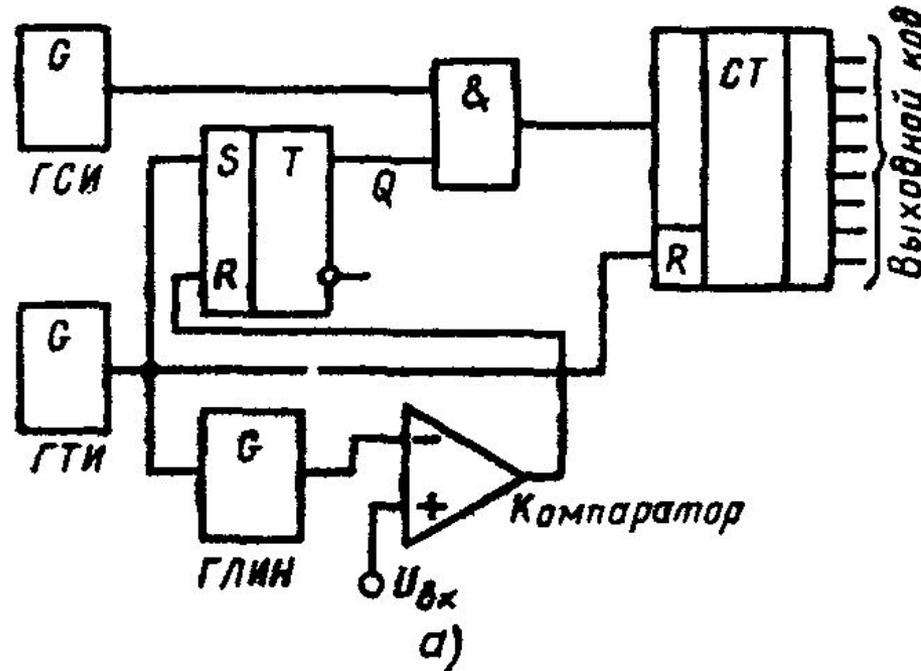
## Принцип действия АЦП

Каждому значению напряжения на входе будет соответствовать  $n$ -разрядное двоичное число.

Включает в себя:

- дискретизация
- квантование
- цифровое кодирование

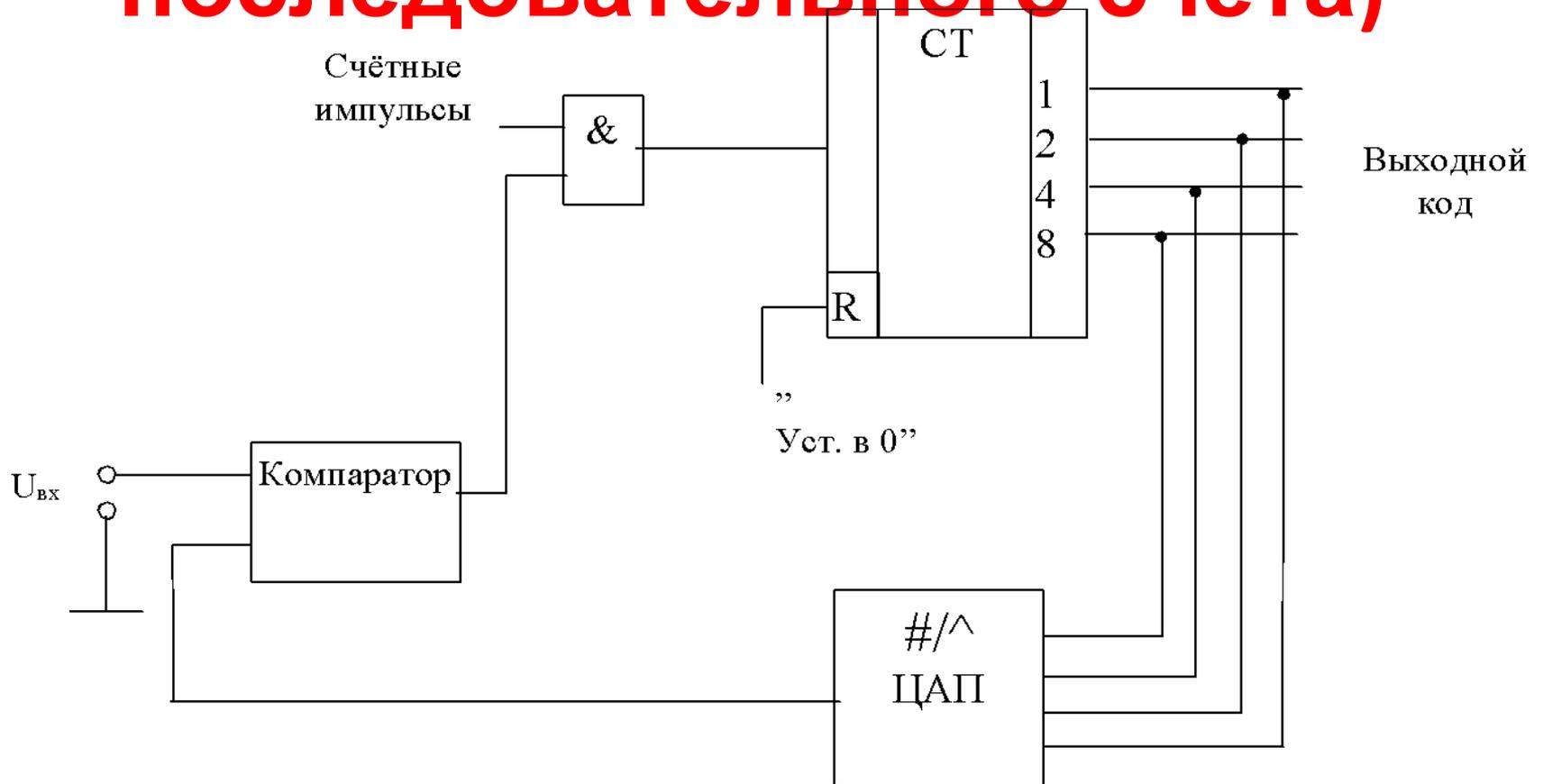
# АЦП временного преобразования



$U_{ВХ}$  ставится в соответствие временной интервал, длительность которого пропорциональна  $U_{ВХ}$ . Этот интервал заполняется импульсами стабильной частоты.

Число импульсов и представляет цифровой эквивалент преобразуемого напряжения.

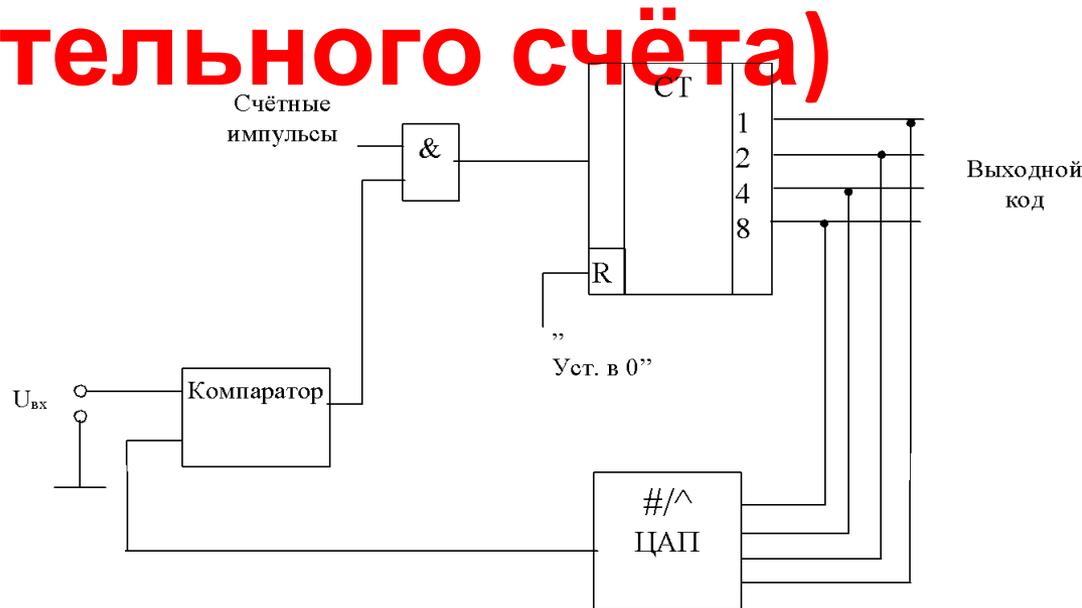
# АЦП уравновешенных преобразований (АЦП последовательного счёта)



# АЦП уравновешенных преобразований (АЦП последовательного счёта)

1. Счётные импульсы поступают на счётчик СТ, на выходе которого формируется код с нарастающим весом.

2. На ЦАП этот код изменяет  $U_{\text{ЦАП}}$ .



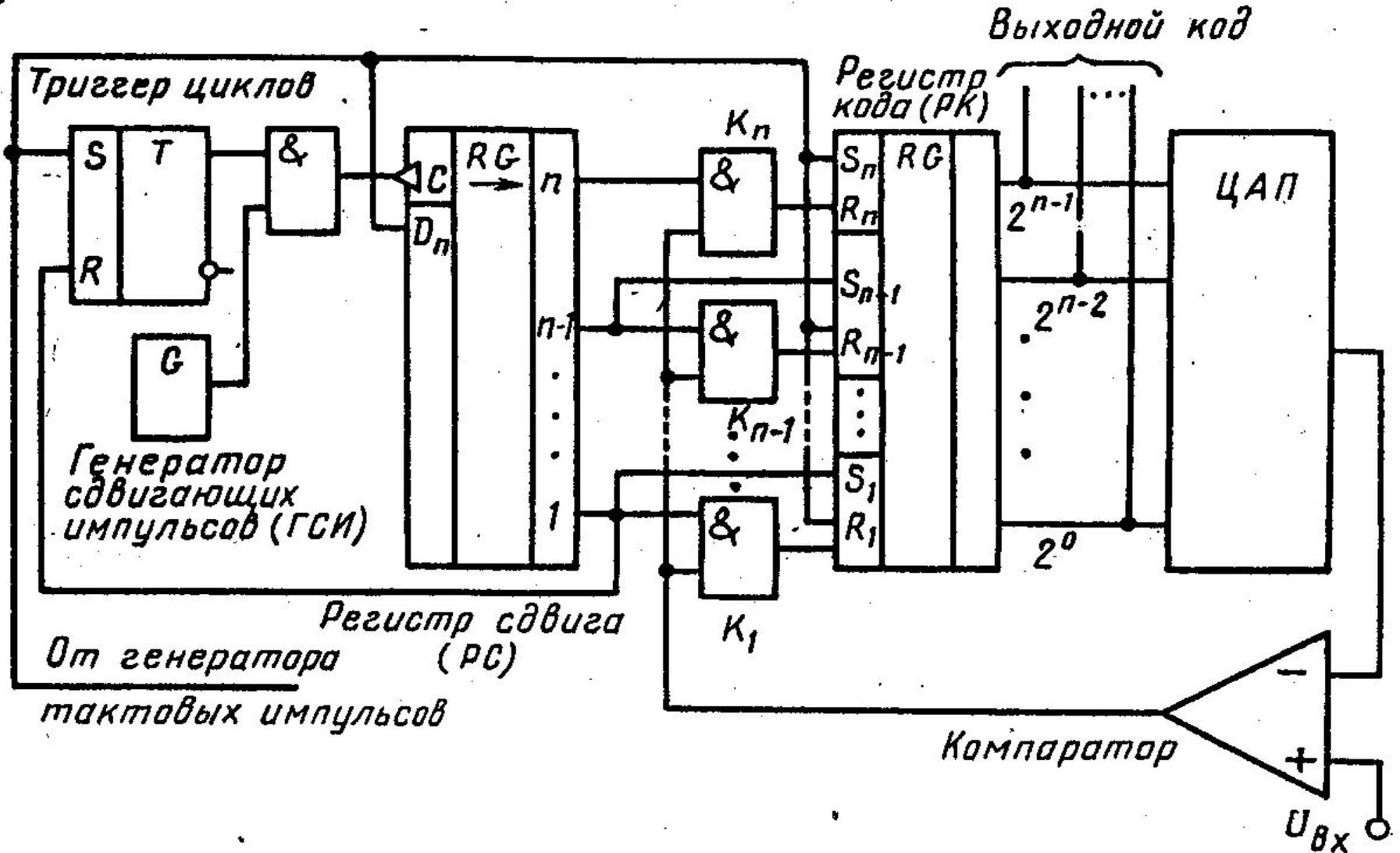
3. Если  $U_{\text{ЦАП}} < U_{\text{ВХ}} \quad U_{\text{ВЫХ КОМП}} = 1$ . Счетные импульсы через "И" поступают на вход СТ.

4. Если  $U_{\text{ЦАП}} > U_{\text{ВХ}} \quad U_{\text{ВЫХ КОМП}} = 0$ .

Элемент "И" отсоединяет счетчик СТ от счетных импульсов.

**Недостаток** - невысокое быстродействие.

# АЦП последовательных приближений (Кодоимпульсный АЦП)



# АЦП последовательных приближений (Кодоимпульсный АЦП)

Вместо счетчика СТ используется регистр RG последовательных приближений

## Работа схемы

1. Регистр в старший разряд с весом 8 записывает «1».
2. Результат операции 1000 через ЦАП поступает на вход компаратора.
3. Если  $U_{\text{вх}} > U_{\text{ЦАП}}$  «1» остаётся в разряде с весом 8, и RG записывает «1» в разряд с весом 4.
4. Если  $U_{\text{вх}} < U_{\text{ЦАП}}$ , то старший разряд обнуляется, а RG записывает «1» в разряд с весом 4. и т.д.

# АЦП последовательных приближений (Кодоимпульсный АЦП)

*Достоинства* схемы :

- высокое быстродействие;
- можно увеличить разрядность кода при удовлетворительном быстродействии,
- высокая точность преобразования.

# Параметры АЦП

- диапазон изменения преобразуемой амплитуды входного напряжения;
- разрядность выходного двоичного кода;
- погрешность квантования преобразуемой величины;
- быстродействие, характеризуемое временем преобразования  $T_{пр}$  входной величины

# Применение АЦП

Сопряжение аналоговых и цифровых устройств друг с другом в системах сбора, передачи и обработки информации

# Заключение

1. Для преобразования аналогового сигнала в цифровую форму и наоборот служат АЦП и ЦАП.
2. Наибольшее применение получили
  - ЦАП с резистивной матрицей;
  - АЦП последовательных приближений;
  - АЦП временного преобразования.