

ГБОУ Московский технический колледж управления,  
гостиничного бизнеса и информационных технологий

## Презентация

Тема: цифровые методы измерения частоты и интервалов  
времени

Выполнил: студент 2 курса, группы Э-224

Брежной Игорь

Дата: 12.12.1015

# Классификация приборов для измерения частоты и интервалов времени

**Период  $T$**  - основной параметр периодического сигнала  $U(t)$ .

$T$  - наименьший интервал времени, через которые повторяются мгновенные значения  $U(t)$ .  $U(t) = U(t+T)$

$f = 1 / T$  - частота периодического сигнала.

Частота  $f$  - число идентичных событий в единицу времени.

**Угловая частота  $\omega$**   $\omega = 2 \pi f$

$\omega$  - изменение фазы гармонического сигнала в единицу времени.

Частотно-временные измерения могут быть:

- абсолютными ;
- относительными.

При относительных измерениях оценивается изменение частоты во времени – *нестабильность частоты*.

*Долговременная нестабильность* – систематическое смещение частоты за длительное время

*Кратковременная нестабильность* – определяется флуктуационными изменениями частоты.

Граница между долговременной и кратковременной нестабильностью условна; определяется путем указания интервала времени измерения.

## Приборы для измерения частоты образуют подгруппу Ч :

- Ч1** – стандарты частоты и времени;
- Ч2** – резонансные частотомеры;
- Ч3** – электронно-счетные частотомеры;
- Ч4** – гетеродинные, мостовые и емкостные частотомеры;
- Ч5** – синхронизаторы и преобразователи частоты;
- Ч6** – синтезаторы, делители и умножители частоты;
- Ч7** – приемники сигналов эталонных частот, компараторы и синхрометры;
- Ч8** – преобразователи частоты в другую электрическую величину.

## **Измерение частоты может осуществляться:**

- 1. прямым счетом числа идентичных событий за интервал времени измерения и делением полученного числа на этот интервал (по определению частоты) ;**
- 2. путем сравнения с частотой источника образцовых колебаний (сравнение с мерой) .**

## В зависимости от диапазона и требуемой точности:

- метод перезаряда конденсатора (низкая точность, ограниченный частотный диапазон) – не используются сейчас;
- резонансный метод;
- метод сравнения (гетеродинные частотомеры);
- метод дискретного счета (цифровой);
- осциллографический метод

В настоящее время *серийно* выпускаются только электронно – счетные (цифровые) частотомеры.

# Цифровые частотомеры

ЦЧ - измерение частоты  $f_x$ , периода  $T_x$ , интервалов времени  $\Delta t_x$ , отношения частот  $f_1 / f_2$  и нестабильности частоты.

При комплектовании ЦЧ соответствующими преобразователями ЦЧ превращаются в ЦВ и мультиметры.

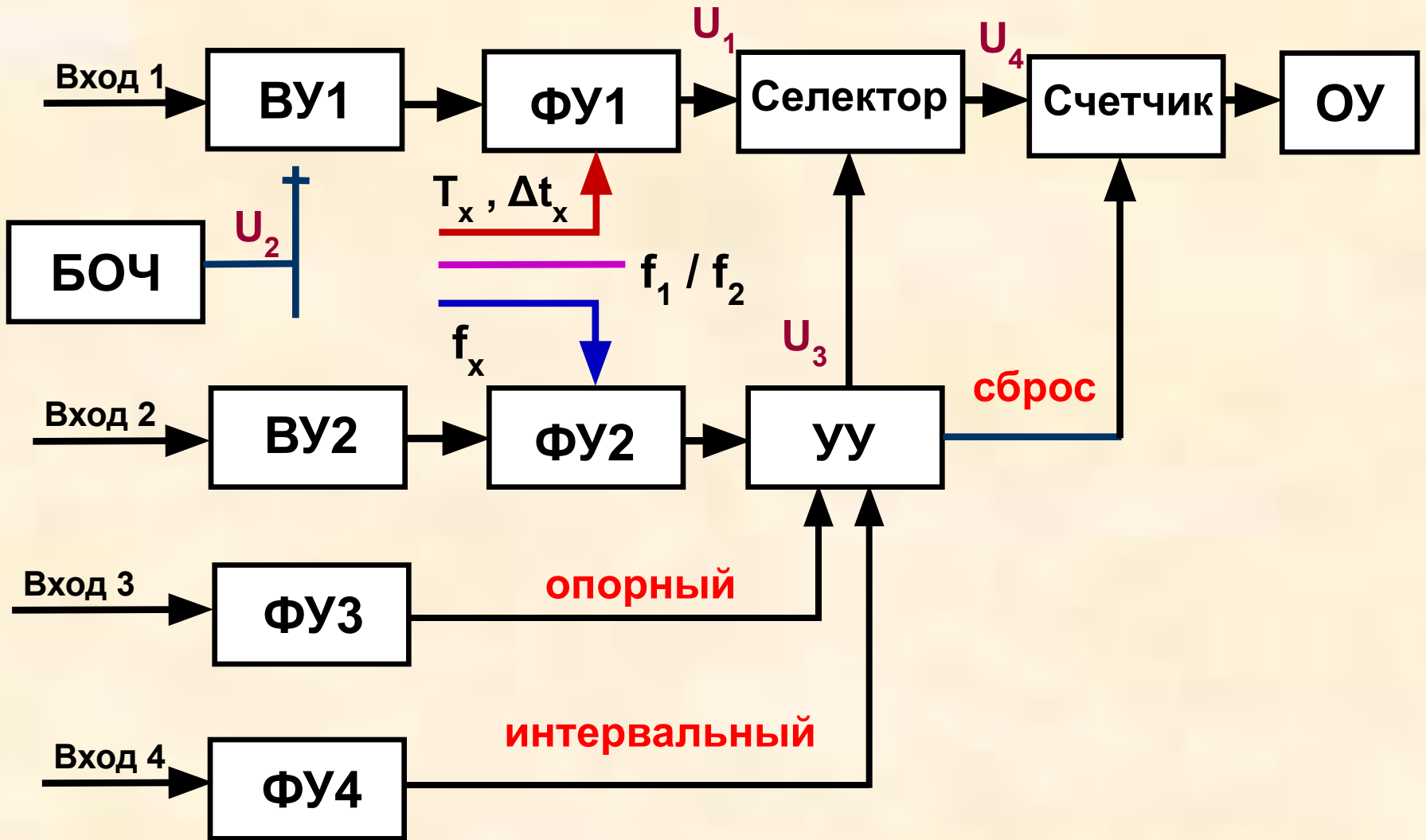
**Цифровые частотомеры** - в основном, приборы **прямого преобразования** (осуществляется счет числа идентичных событий за определенный интервал времени).

**В зависимости от величины интервала времени измерения (временной базы) различают:**

- **ЦЧ мгновенных значений** (измеряют  $f_x$  за один период колебаний  $T_x$ );
- **ЦЧ средних значений** (измеряют  $f_x$  путем подсчета числа периодов  $T_x$  за интервал времени измерения  $T_{и} > T_x$  и деления полученного числа на  $T_{и}$ ).



# Типовая структурная схема ЦЧ

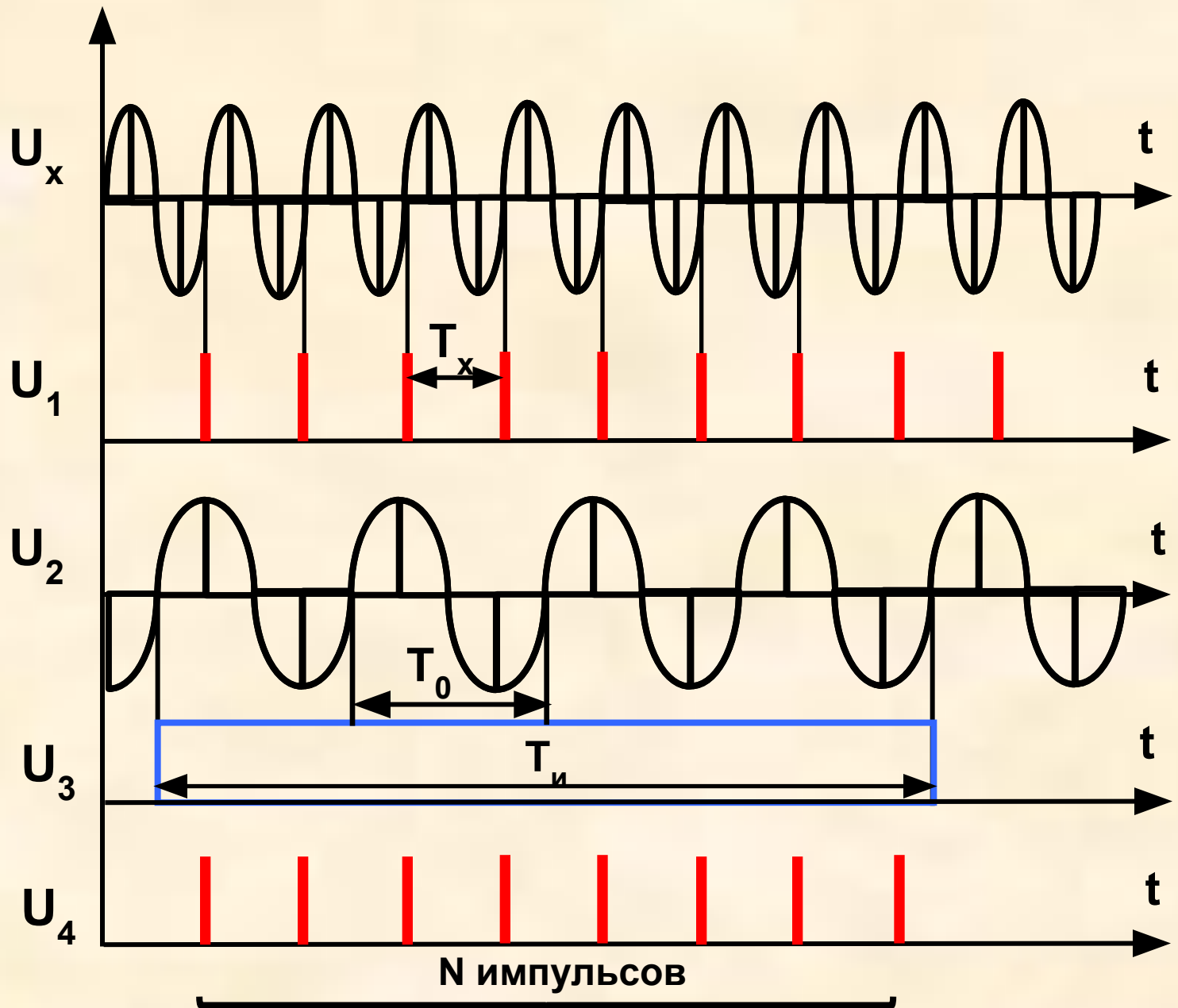


**ВУ – входное устройство;**

**УУ - управляющее устройство;**

**ФУ1, ФУ2 – формирующие устройства.** Преобразуют гармонические сигналы в короткие импульсы, соответствующие моментам перехода сигналов через нуль (при увеличении сигнала или при уменьшении сигнала).

**БОЧ – блок образцовых частот.** В качестве БОЧ применяется кварцевый генератор с системой делителей и умножителей частоты.



## При измерении частоты:

Сигнал  $U_x$  (измеряемая частота  $f_x$ ) подается на вход ВУ1,

Блок образцовой частоты БОЧ подключается к ФУ2.

Число импульсов  $N$ , зафиксированное счетчиком, связано с

$T_x$  и  $T_{и}$  соотношением:

$$T_{и} = N \cdot T_x \quad f_x = N / T_{и}$$

При  $T_{и} = 10^n$  секунд ( $n = 0; \pm 1; \pm 2 \dots$ ) показание счетчика соответствует  $f_x$ .

→ Прямоотсчетный интегрирующий ЦЧ.

## При измерении периода $T_x$ :

Сигнал подается на ВУ2.

БОЧ подключается к ФУ1.

Интервал времени измерения задается величиной  $T_x$ , а счетными являются импульсы, сформированные БОЧ.

$$T_x = N ( T_0 / 10^n )$$

где  $10^n$  ( $n = 0; \pm 1; \pm 2 \dots$ ) - коэффициент умножения  $f_0$ .

При достаточно больших значениях  $T_x$  и  $n$  частоту можно измерить за один период сигнала - **неинтегрирующий ЦЧ**.

В практических схемах ЦЧ в общем случае интервал времени измерения выбирается равным  $10^m T_x$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ ), поэтому:

$$T_x = N ( T_0 / 10^{n+m} )$$

## При измерении отношения частот:

БОЧ исключается из схемы,

сигнал большей частоты  $f_1$  подается на вход ВУ1,

сигнал меньшей частоты  $f_2$  – на вход ВУ2.

Интервал  $T_{и}$  формируется из сигнала частоты  $f_2$ , а счету подвергаются импульсы, сформированные из сигнала частоты  $f_1$ .

$$N = f_1 / f_2$$

## При измерении интервалов времени $\Delta t_x$ :

Формируются опорный (старт) и интервальный (стоп) импульсы, которые фиксируют интервал времени измерения. Эти импульсы формируются с помощью ФУ3 и ФУ4. Счету подвергаются импульсы образцовой частоты, прошедшие селектор.

При всех режимах ЦЧ счетчик считает импульсы, прошедшие через селектор, открытый в течение времени измерения  $T_{и}$ .

Время измерения  $T_{и}$  называется **временем счета**.

$T_{и}$  устанавливается в нс, мкс, мс, с.

Относительная погрешность измерения частоты  $f_x$  нормируется величиной:

$$\delta_f = \pm \left( \delta_0 + \frac{1}{f_x \cdot T_u} \right) \quad \delta_0 = k \cdot 10^n$$

$k = 1.0 ; 1.5 ; 2.0 ; 2.5 ; 5.0$

$n = -4 ; -5 ; \dots$

Значение  $\delta_0$  должно нормироваться для интервалов времени из следующего ряда:

10 ; 15 ; 30 мин ;      1 ; 2 ; 8 ; 24 час      10 ; 15 ; 30 сут. ;      6 ; 12 мес.



## Относительная погрешность измерения $T_x$

$$\delta_T = \pm \left( \delta_0 + \frac{T_0}{10^{(n+m)} \cdot T_x} \right)$$

$n$  – коэффициент умножения частоты  $f_0$  ( $n = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ )

$m$  – число периодов  $T_x$  ( $m = 0, 1, 2 \dots$ )

Относительная погрешность измерения  
отношения частот  $f_1 / f_2$

$$\delta_{f_1 / f_2} = \pm \left( \frac{f_2}{10^m \cdot f_1} \right)$$

# Особенности измерения частоты на низких частотах

Основной фактор погрешности на низких частотах  
– погрешность дискретности

## Способы повышения точности:

1. Переход от измерения частоты к измерению периода (чем ниже частота, тем эффективнее становится режим измерения  $T_x$ , появляется возможность измерения частоты за один период сигнала).
2. Умножение частоты в  $k$  раз и последующее измерения частоты  $kf_x$ .
3. Способ растяжки дробной части периода  $T_x$  (верньерный способ). Дробная часть периода  $\Delta T_x$  растягивается в  $k$  раз и вновь заполняется импульсами входного сигнала.

# Измерение высоких и сверхвысоких частот

Основным фактором, ограничивающим максимальное значение частоты  $f_x$ , является быстроедействие счетчика импульсов.

Для расширения диапазона измеряемых частот:

1. Предварительное деление частоты входного сигнала
2. Дополнение ЦЧ гетеродинными преобразователями частоты и перенос частоты в область промежуточных (разностных) частот.

Разностная частота  $f_p$  измеряется ЦЧ:  $f_p = f_x - n f_0 < \Delta_f$  УПЧ ,

значение измеряемой частоты находится:  $f_x = n f_0 + f_p$

# Измерители интервалов времени

Кроме приборов подгруппы Ч используются специализированные измерители интервалов времени (ИИВ).

вид И2 - хронометры

При измерении  $\Delta t_x$  используются:

1. методы прямого преобразования;
2. метод сравнения.

**Метод прямого преобразования** реализуется в виде:

1. метода осциллографических разверток;
2. метода преобразования  $\Delta t_x$  в цифровой код

Основное ограничение, препятствующее применению ЦЧ в качестве ИИВ – погрешность дискретности.

Для минимизации погрешности дискретности требуется, чтобы

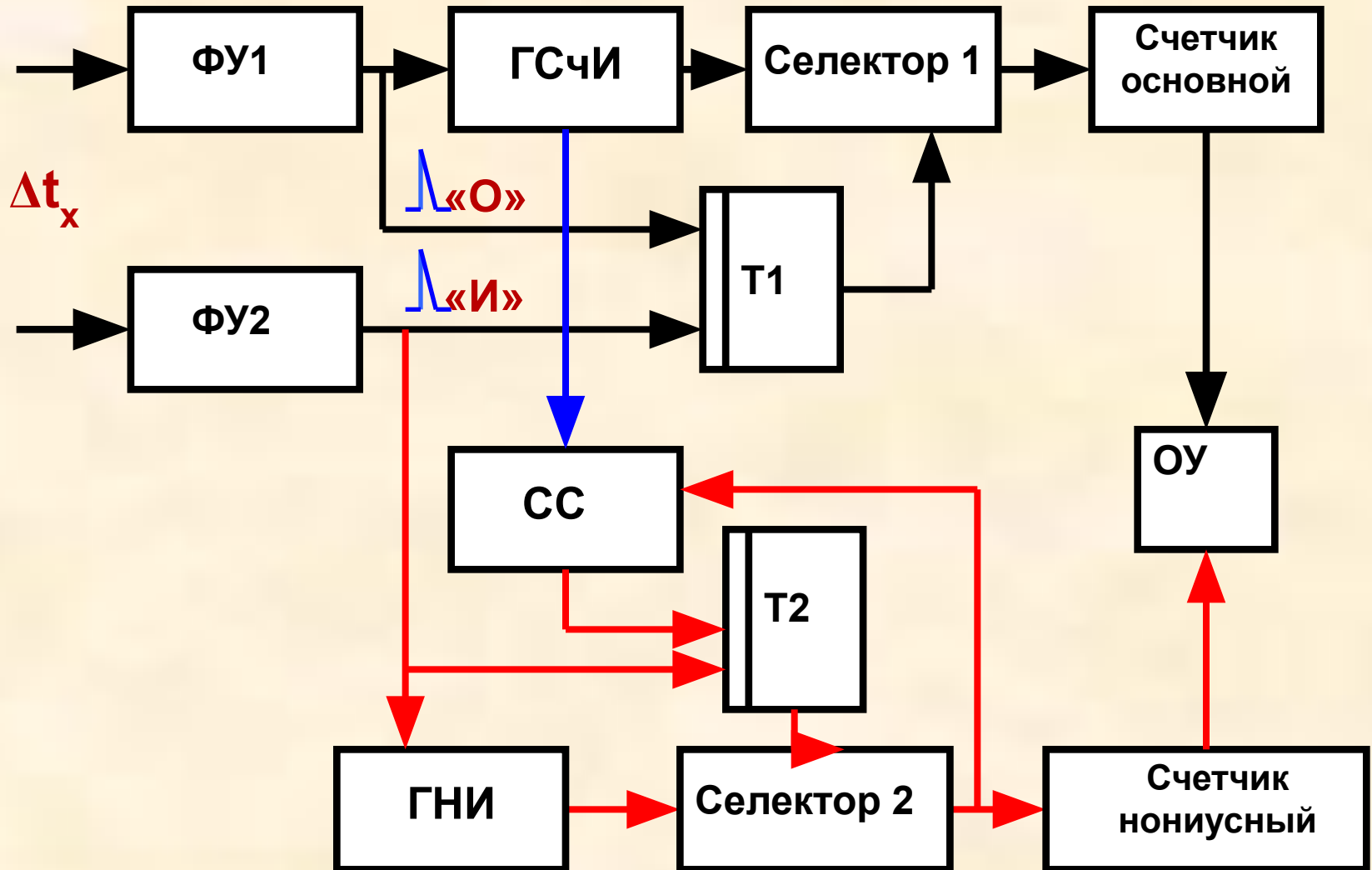
$$\Delta t_x \gg T_0.$$

При повторяющихся интервалах можно увеличить время счета в  $10^m$  раз и усреднить результаты измерений.

**Дополнительные методы** расширения диапазона измерений  $\Delta t_x$  **в сторону меньших значений.**

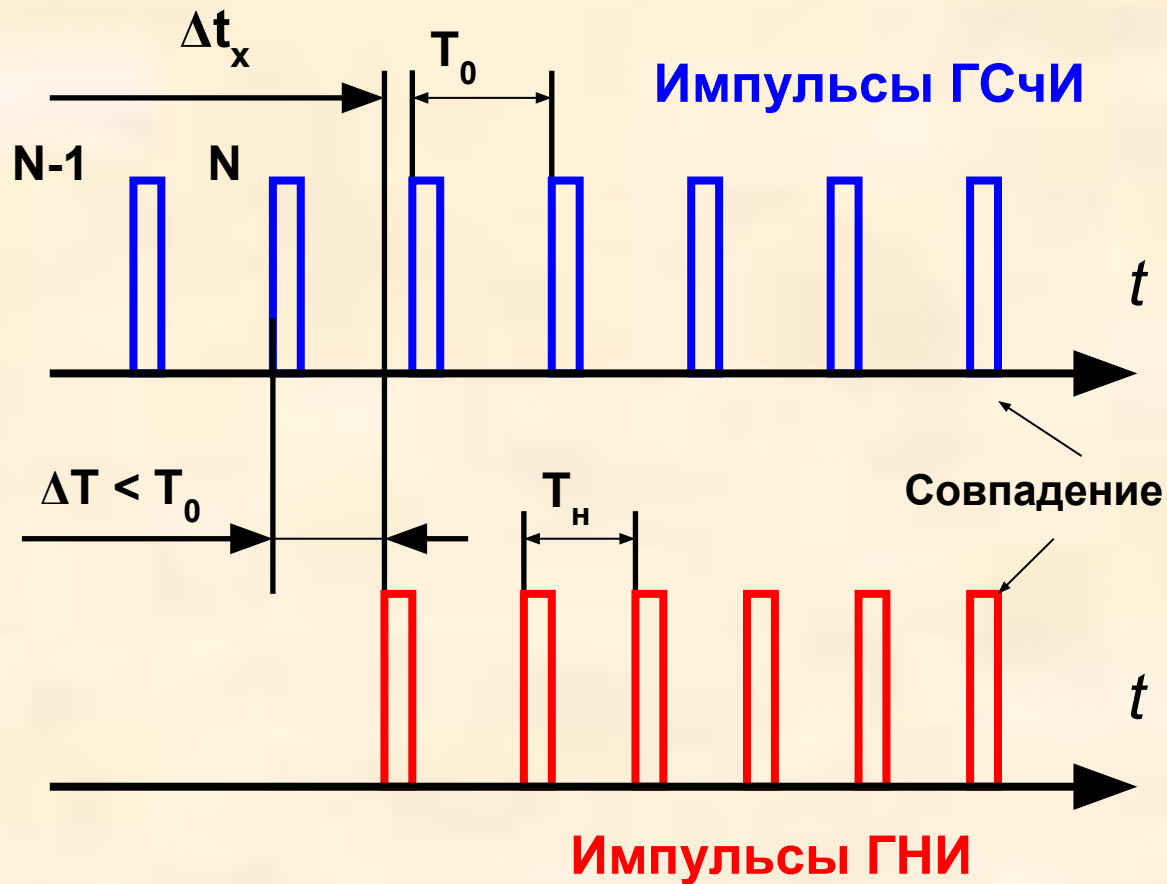
- 1. стробоскопический метод;**
- 2. нониусный метод.**

# Структурная схема ИИВ с нониусным счетчиком:





# Временные диаграммы работы ИИВ с нониусным счетчиком:



$$T_n = \alpha \cdot T_0$$

$$\alpha < 1$$

$$\Delta t_x = N \cdot T_0 + (n - 1) \cdot C_n$$

$$C_n = \frac{T_0}{10^k} = (1 - \alpha)T_0$$

**Погрешности измерений ИИВ с нониусным счетчиком связаны с нестабильностью ГНИ и ГСЧИ.**

**При большом числе  $n$  нестабильность может приводить к появлению ложных совпадений.**

## Измерение интервалов времени $\Delta t_x$ методом сравнения

Измеряемое значение  $\Delta t_x$  сравнивается с мерой – образцовым интервалом времени  $\Delta t_0$ , который задается источником временных сдвигов (ИВС).

Нулевой метод - использование в качестве ИУ осциллографа.