

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 ω $\omega = 2 \pi f$

ω - 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 Δt_x , отношения частот f_1 / f_2 и нестабильности частоты.

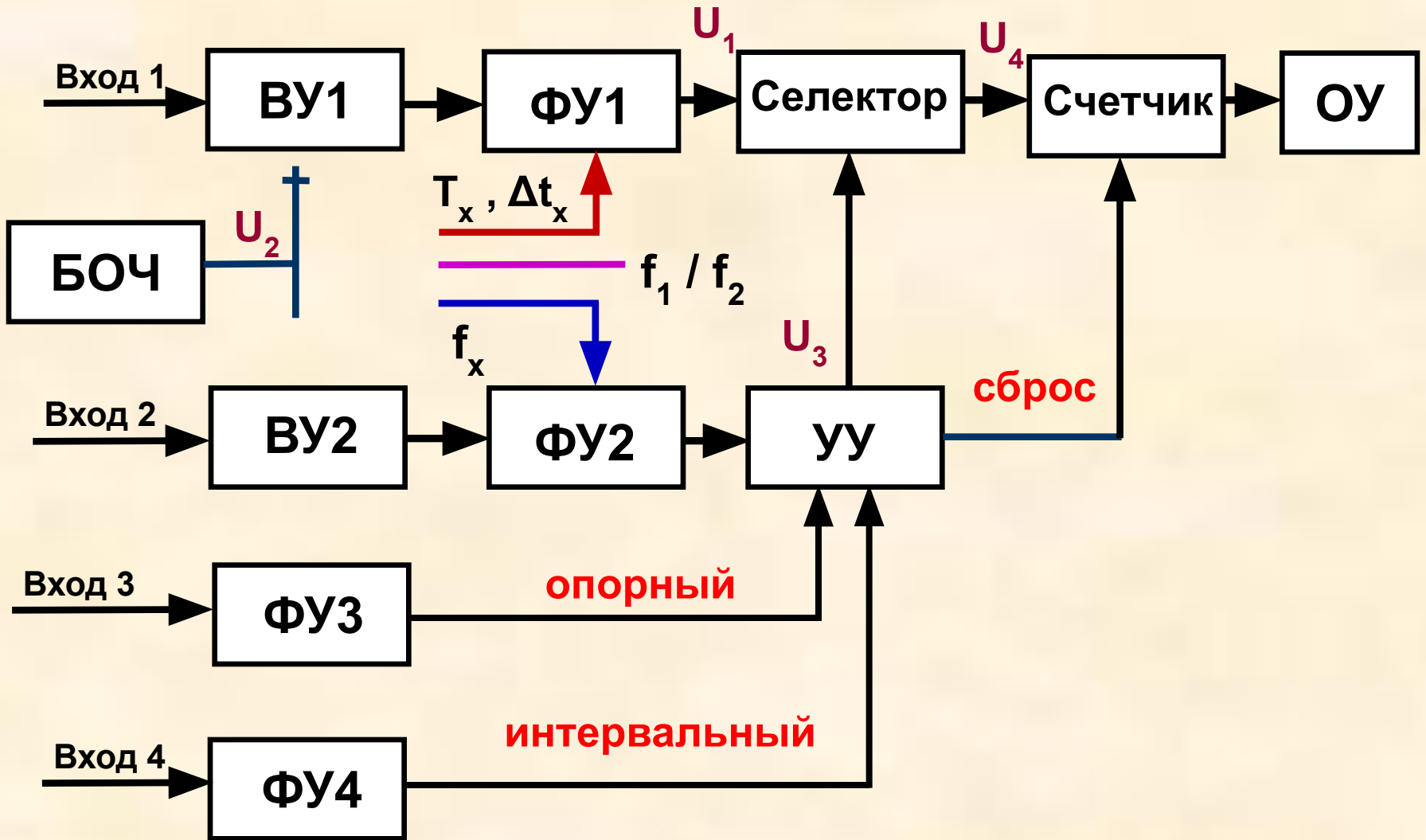
При комплектовании ЦЧ соответствующими преобразователями ЦЧ превращаются в ЦВ и мультиметры.

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

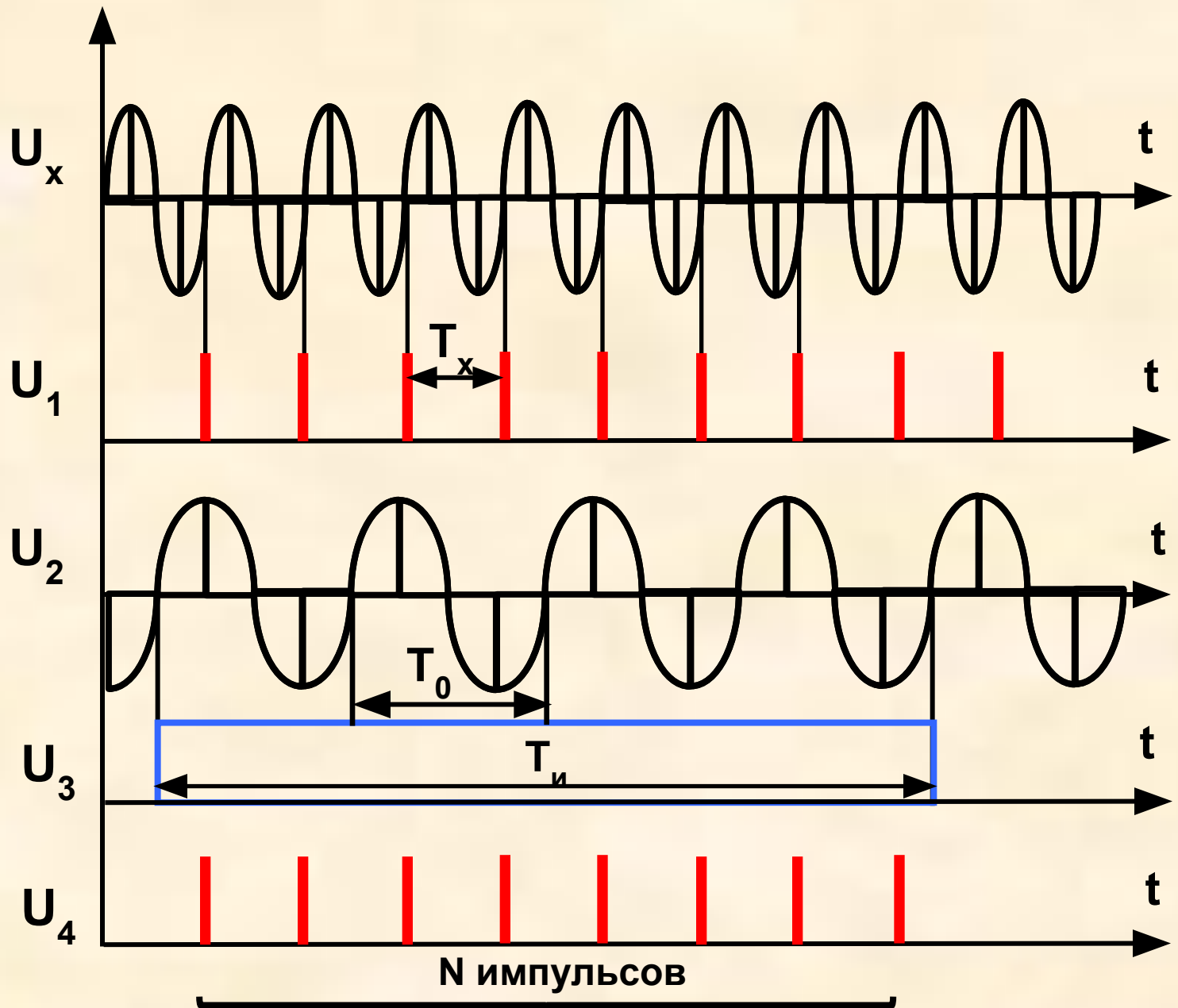


ВУ – входное устройство;

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 Δt_x :

Формируются опорный (старт) и интервальный (стоп) импульсы, которые фиксируют интервал времени измерения.

Эти импульсы формируются с помощью ФУЗ 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 δ_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 ΔT_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 Δt_x используются:

1. методы прямого преобразования;
2. метод сравнения.

Метод прямого преобразования реализуется в виде:

1. метода осциллографических разверток;
2. метода преобразования Δt_x в цифровой код

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

Для минимизации погрешности дискретности требуется, чтобы

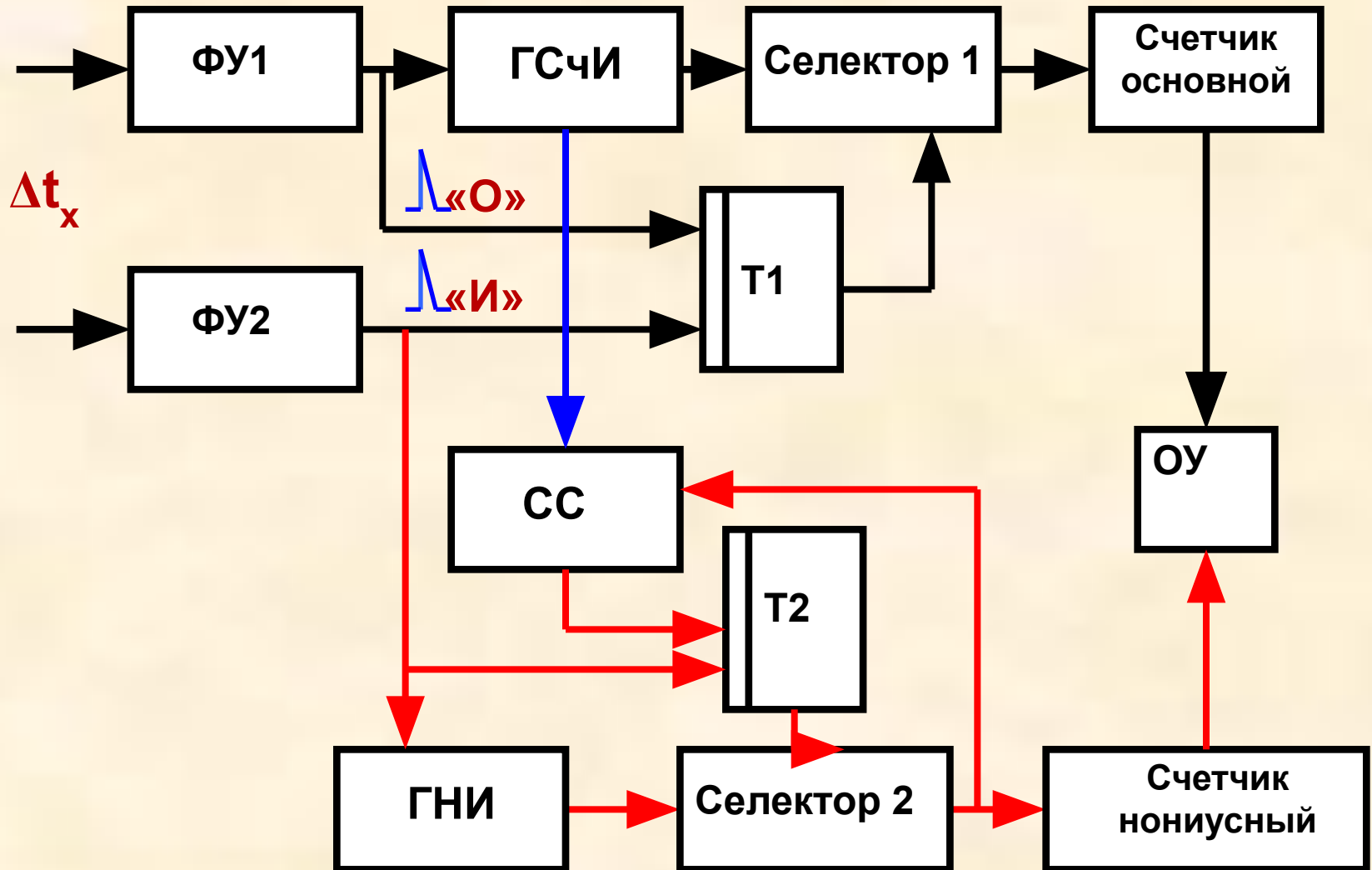
$$\Delta t_x \gg T_0.$$

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

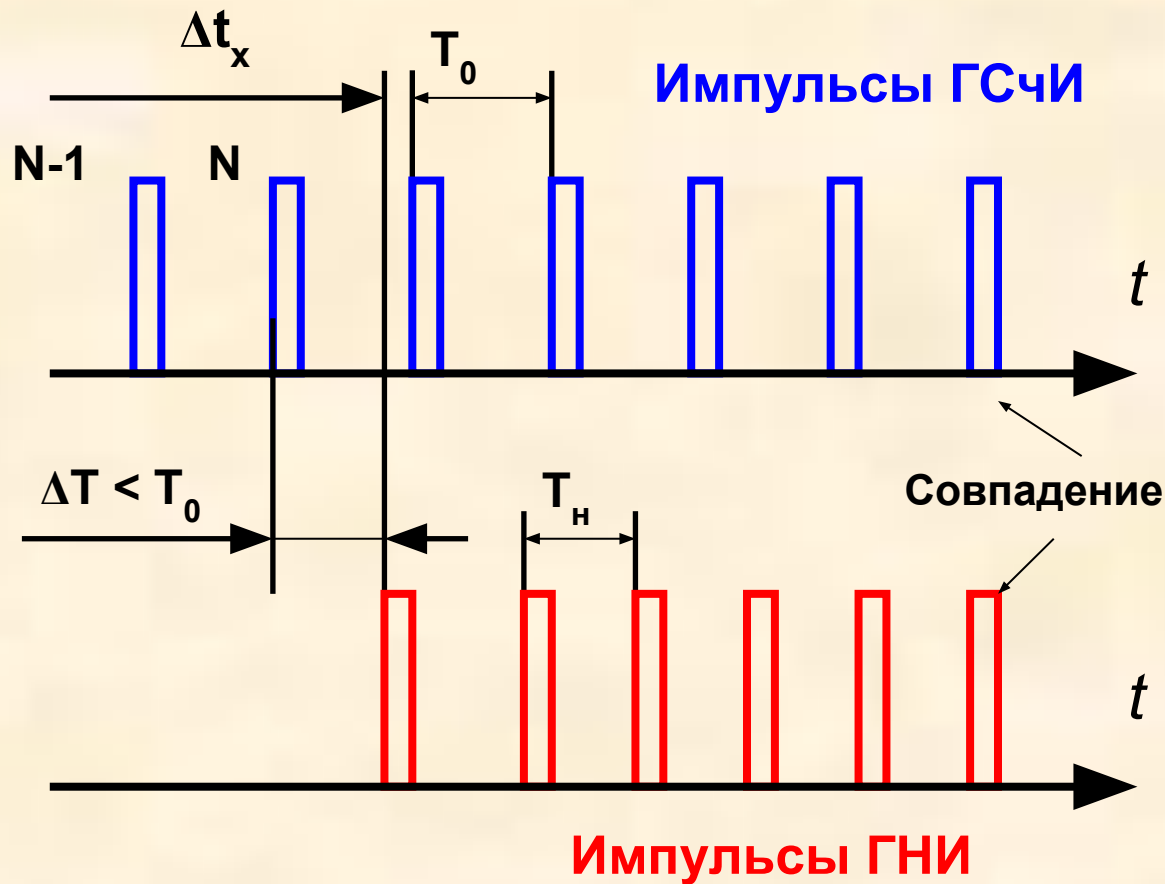
Дополнительные методы расширения диапазона измерений Δt_x **в сторону меньших значений.**

- 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 Δt_x методом сравнения

Измеряемое значение Δt_x сравнивается с мерой – образцовым интервалом времени Δt_0 , который задается источником временных сдвигов (ИВС).

Нулевой метод - использование в качестве ИУ осциллографа.