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.

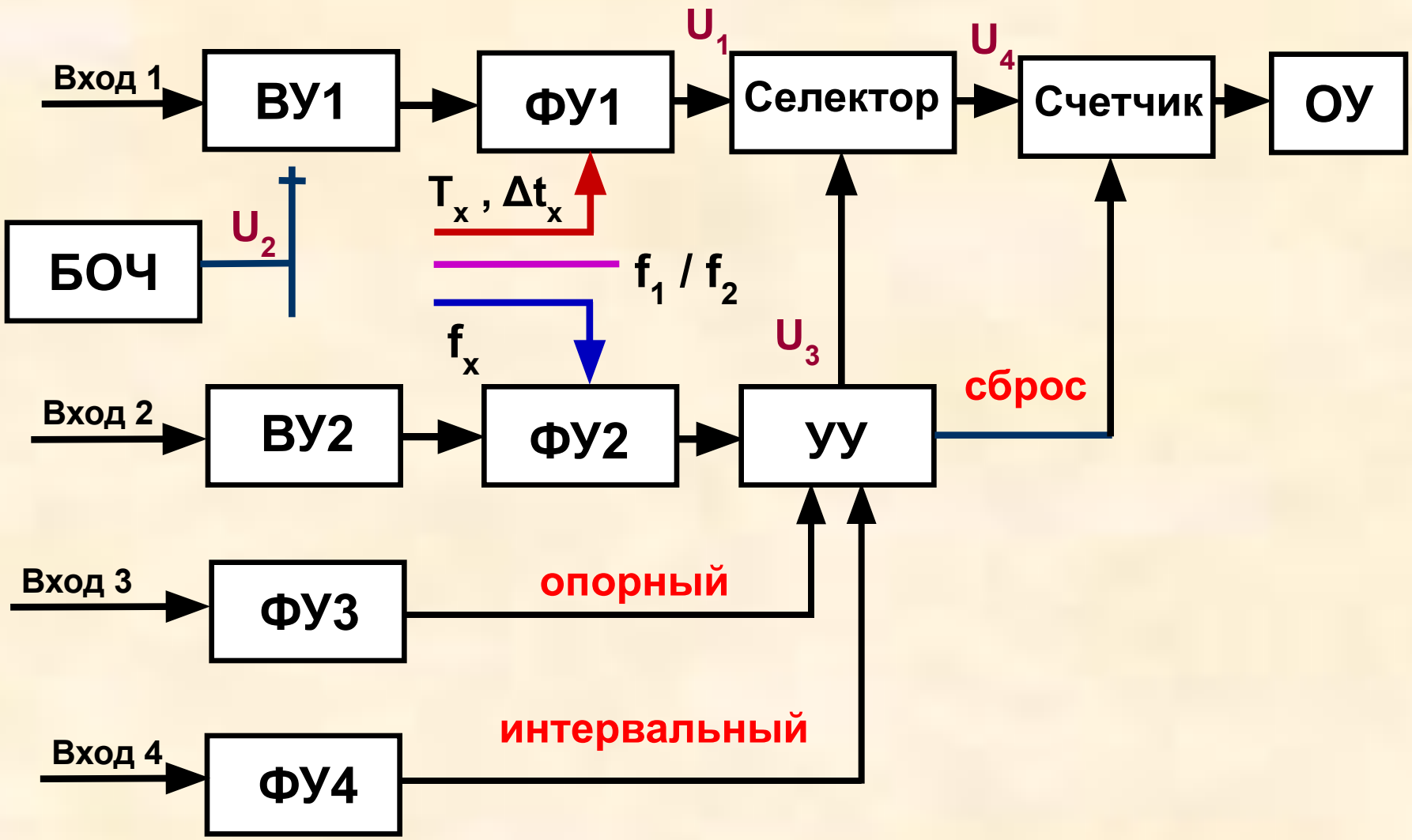
Цифровые частотомеры - в основном, приборы прямого преобразования (осуществляется счет числа идентичных событий за определенный интервал времени).

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

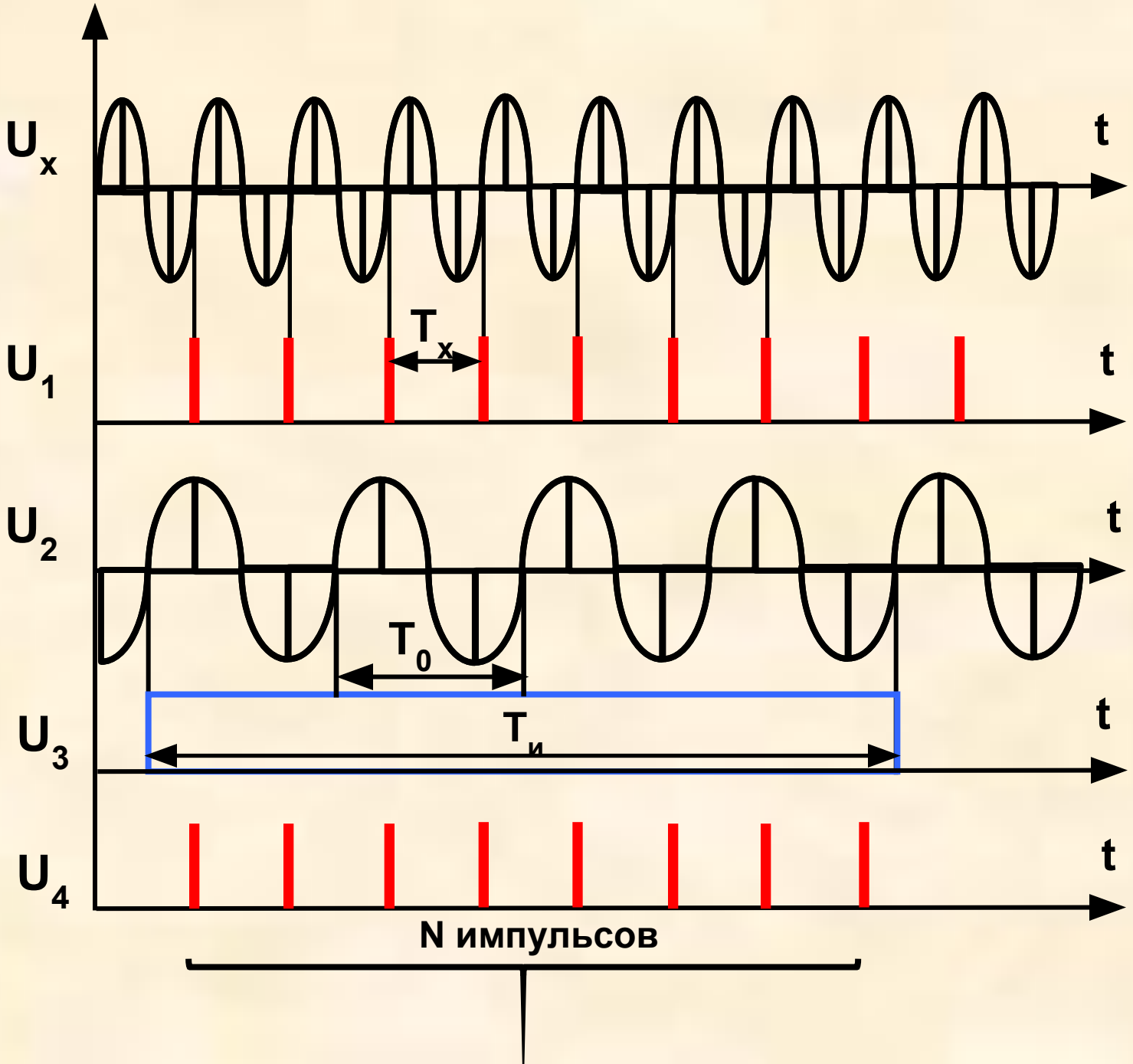


ВУ – входное устройство;

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.


U_x
t
T_x
U_1
t
U_2
t
T_0
$T_и$
U_3
t
U_4
t
N импульсов

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:

$$T_и = N \cdot T_x \qquad f_x = N / T_и$$

При $T_и = 10^n$ секунд (n = 0; ±1; ±2…) 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; ± 1; ± 2…) - 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,…), 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 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:

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

k = 1.0 ; 1.5 ; 2.0 ; 2.5 ; 5.0

n = - 4 ; -5 ; …..

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, ± 1, ± 2 …)

m – число периодов T_x (m = 0, 1, 2 ….)

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 быстродействие 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.

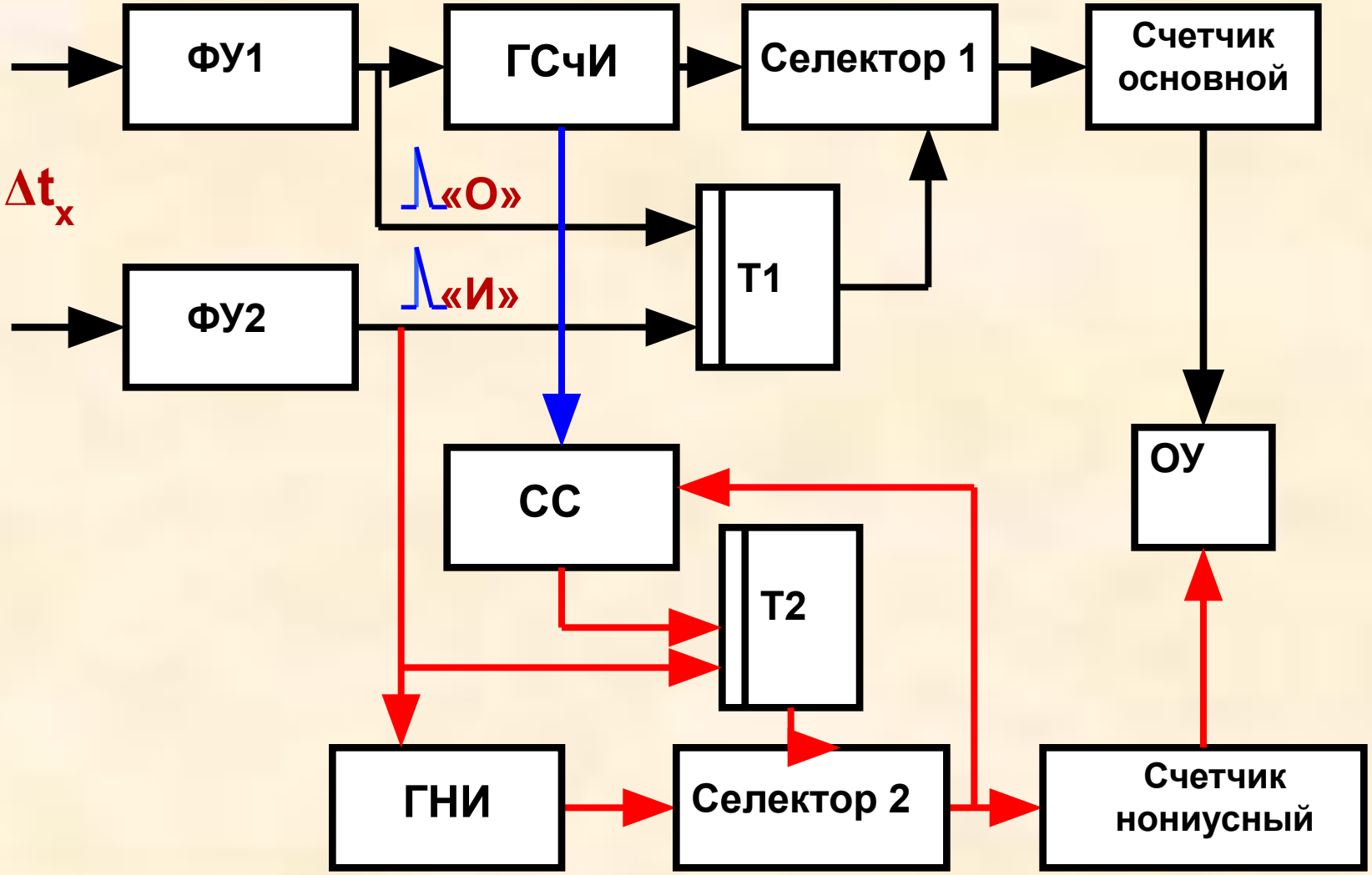
Для минимизации погрешности дискретности требуется, чтобы $\Delta t_x >> T_0$.

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

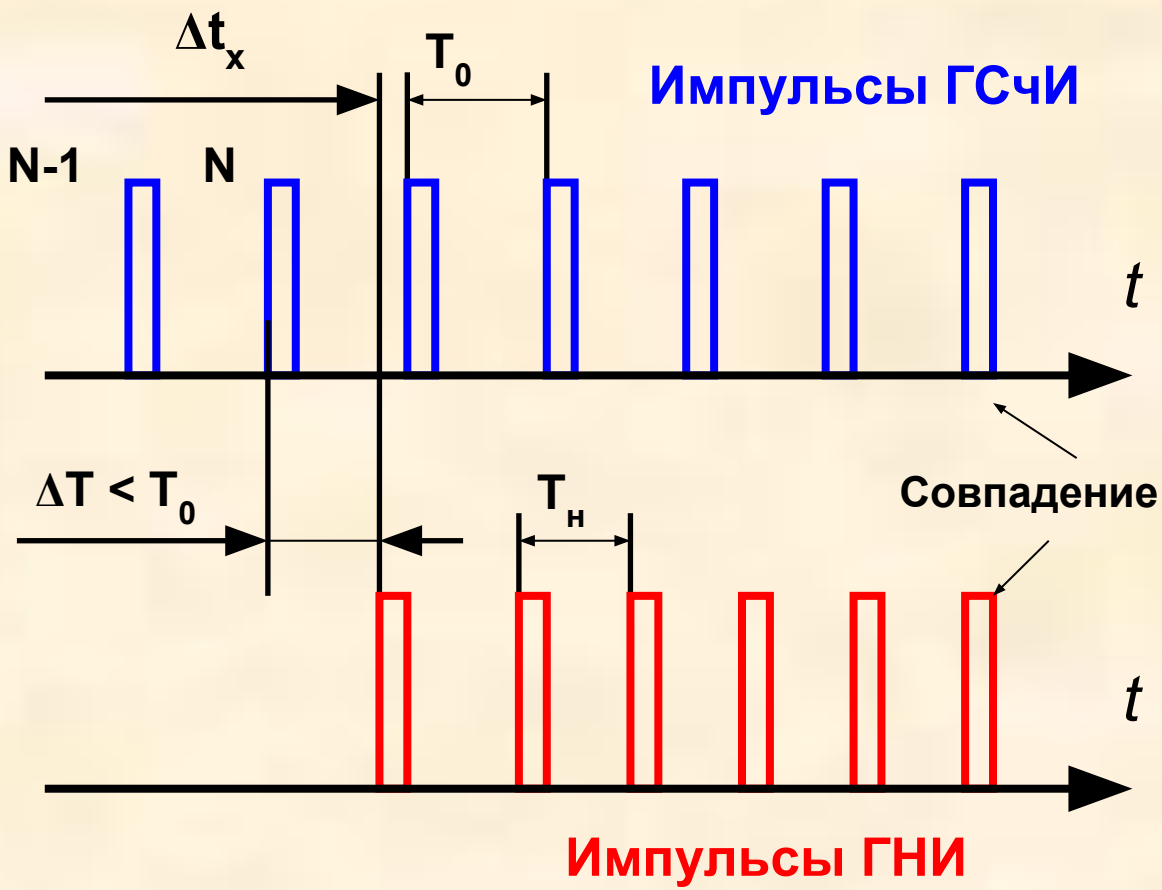
Дополнительные методы расширения диапазона измерений Δt_x **в сторону меньших значений.**

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

Структурная схема ИИВ с нониусным счетчиком:



Временные диаграммы работы ИИВ с нониусным счетчиком:



$$T_н = \alpha \cdot T_0$$

$$\alpha < 1$$

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

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

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.