

**Модул № 8: ЦИФРОВИ ЧЕСТОТОМЕРИ И ПЕРИОДОМЕРИ.  
ЦИФРОВИ ФАЗОМЕРИ**

**Презентация**

**Лектор: доц. д-р Николай Стоянов**

*Дисциплина: Електрически измервания – FBE 21, ФЕТТ,  
ОКС “Бакалавър”, специалност “Електроника”,  
Професионално направление 5.2 Електротехника,  
електроника и автоматика*



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Съдържание

## 1. Цифрови честотомери

### 1.1. Цифрови честотомери за средна стойност

### 1.2. Цифрови честотомери с намалено време за измерване

#### 1.2.1 Измерване на честота чрез периода

#### 1.2.2 Диапазонен нискочестотен честотомер

#### 1.2.3 Цифров честотомер с квантуване на остатъчното ниво

## 2. Цифрови фазомери

## 3. Цифрови периодомери

## ◆ Литература



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# 1. Цифрови честотомери

**Честота на сигнал** - броят на повторенията за единица време. Означава се с  $f$  и представлява скоростта на изменение на фазата на т.н. носеща функция:

$$f = \frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi}{dt}$$

Под носеща функция се разбира закона за изменение на дадена величина.

## 1.1. Цифрови честотомери за средна стойност

Формата на носещите сигнали - обикновено неизвестна и неустойчива във времето.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Предпочита се измерване на **средна стойност на честотата** за даден период от време.

Стойност на средната честотата за даден период от време :

$$N = \int_0^{T_K} f_X \cdot dt$$

при  $f_X = \text{const}$ :

$$N = f_X \cdot T_K$$

$f_X$  - неизвестната честота, която квантува интервала от време  $T_K$ .

Устройствата, функциониращи на този принцип се наричат **честотомери с броене**.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Основни блокове в схемите на *честотомери за средна стойност*:

► **Брояч**

*Предназначение: Отброяване и запомняне на импулсите постъпили на неговия вход.*

На изхода се получава кодиран сигнал, еквивалентен на броя на входните импулси.

В зависимост от използваните кодове се различават:

- ◆ **Двоични броячи**
- ◆ **Десетични броячи**

В зависимост от принципа на действие се различават:

- ◆ **Сумиращи броячи**
- ◆ **Изваждащи броячи**
- ◆ **Обратими (реверсивни) броячи.**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



### ► Делител на честота

**Предназначение:** *Намаляване на честотата на сигнала постъпила на входа му.*

Представява брояч, изработващ един изходен импулс, за различен брой импулси, подадени на входа му.

### ► Импулсен генератор

**Предназначение:** *Формира импулси с високо стабилна честота.*

Обикновено се изгражда от кварцов генератор и формироваател на правоъгълни импулси.

### ► Цифрово отчитащо устройство

**Предназначение :** *Представяне на измервателната информация в определен код.*



Европейски съюз

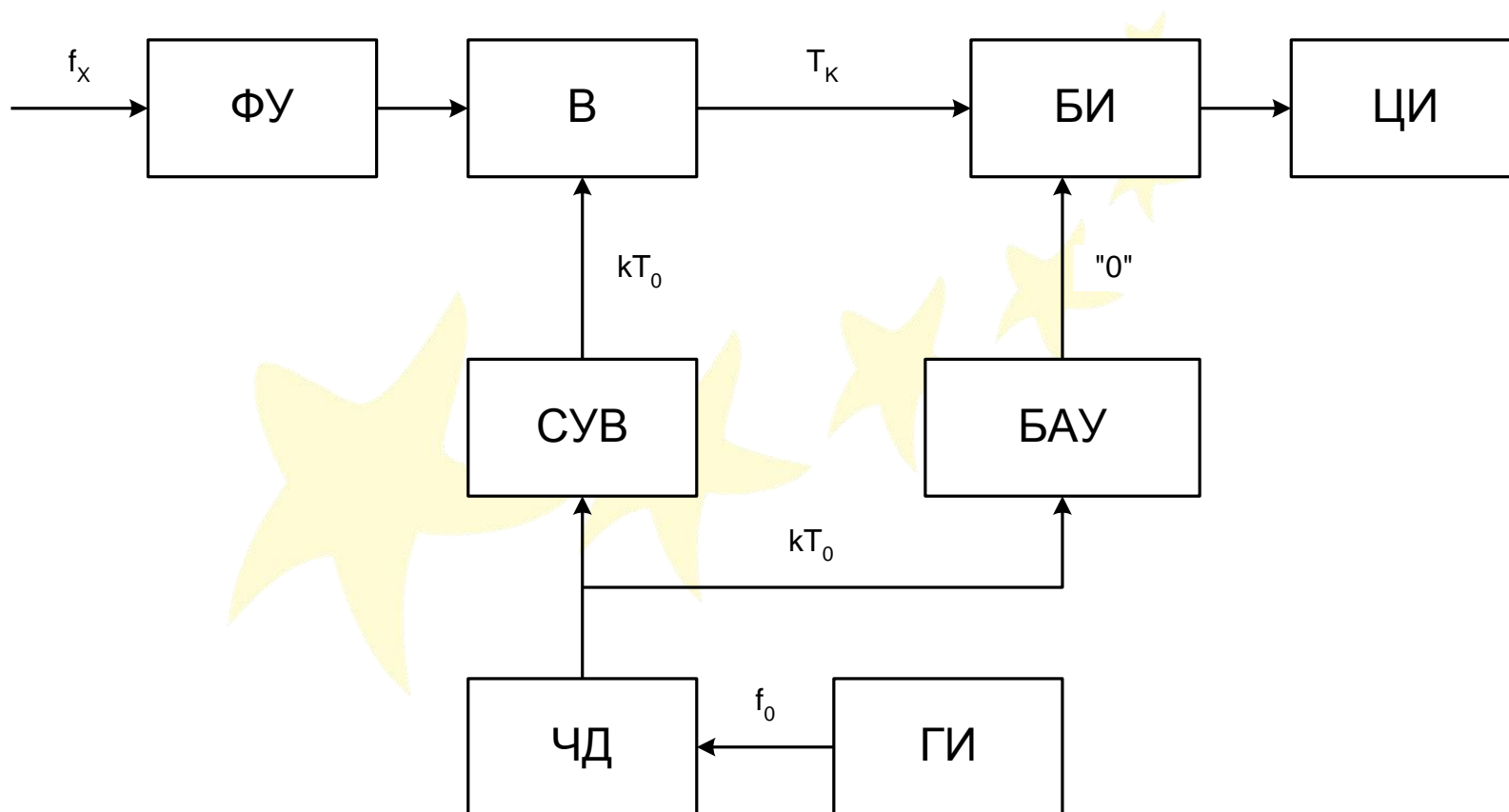
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## Обобщена блокова схема на цифров честотомер за средна стойност.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

Блокове изграждащи схемата:

- *Формиращо устройство ФУ*
- *Врата – В*
- *Брояч на импулси - БИ*
- *Схема за управление на вратата - СУВ*
- *Честотен делител - ЧД*
- *Генератор на импулси - ГИ*
- *Блок за автоматично управление - БАУ*
- *Цифров индикатор - ЦИ*

**Принцип на действие:**

*Неизвестният сигнал постъпва към ФУ. На неговия изход формата на сигнала се преобразува в краткотрайни правоъгълни импулси със същата честота. Получените напрежителни импулси се подават на брояча на импулси.*



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*





**Генератор на импулси (кварцов генератор на напрежение с честота  $f_0$ ) и честотен делител - формират поредица от импулси, повтарящи се през интервали:**

$$T_K = k.T_0$$

к - коефициент на деление на делителя

**Схема за управление на вратата - генерира строб-импулс с продължителност  $k.T_0$ .**

За времето на този импулс вратата се отваря, при което преминават напрежителните импулси получени от неизвестния сигнал.

**Напрежителни импулси - към брояча за отброяване.**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



След затваряне на вратата стойността на брояча е:

$$N = \frac{T_K}{T_X} = k \frac{f_X}{f_0}$$

Най-често интервала  $T_K$  е  $10^n$ s, като  $n$  се избира да бъде -1, -2, 0 или 1.

**Блокът за автоматично управление** се използва за:

- Нулиране на брояча
- Съгласуване на честотния делител със схемата за управление на вратата
- Повтаряемост на измерването.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Компоненти на общата грешка:

- грешка от дискретност
- грешка от получаване на квантуваното време  $T_K$
- стабилност на честотата  $f_0$  на кварцовия генератор.

Стойност на грешката от дискретност:

$$\varepsilon_D = \frac{1}{N} = \frac{1}{f_X \cdot T_K}$$

- **Малки честоти** - стойността на грешката се увеличава. При измерване на малки честоти, за да се получи *минимална грешка* е необходимо да се увеличи достатъчно **времето  $T_K$** .

- **Увеличение на честотата** - грешката от дискретност намалява.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



- Грешката от квантуваното време  $T_K$  - на практика е нищожна.

**Максималната стойност на измерваната честота - зависи от бързодействието и възможностите на брояча.**

**Измерване на отношение на две честоти на два сигнала – с помощта на същата схемата на цифров честотомер за определяне на средна стойност.**

Ако втория сигнал с честота  $f_Y$  се подаде към **честотния делител** вместо честотата на генератора на импулси за отношението на двете честоти ще се получи следния израз:

$$N = K \frac{f_X}{f_Y}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## 1.2. Цифрови честотомери с намалено време за измерване

### 1.2.1 Измерване на честота чрез периода

**Принцип на измерване** - За определяне на честотата се използва един период на сигнала.

Поради влиянието на различни смущения, по-често се реализира измерване на по-голям брой периоди.

За честотата е в сила зависимостта:

$$N = K \cdot T_X \cdot f_0 \quad T_X \text{ е периода}$$

Грешка от дискретност при ниски честоти:

$$\varepsilon_D = \frac{f_X}{K \cdot f_0}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

Израза за честотата в крайна сметка е:

$$f_x = \frac{K \cdot f_0}{N}$$

За реализиране на горната операция в цифровите измервателни уреди се включват *изчислителни устройства*. Те обикновено включват *микропроцесори*, които извършват и определена обработка на данните по зададен алгоритъм.

### 1.2.2 Диапазонен нискочестотен честотомер

**Диапазонни честотомери - честотата се изменя в малки граници около една номинална стойност.**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

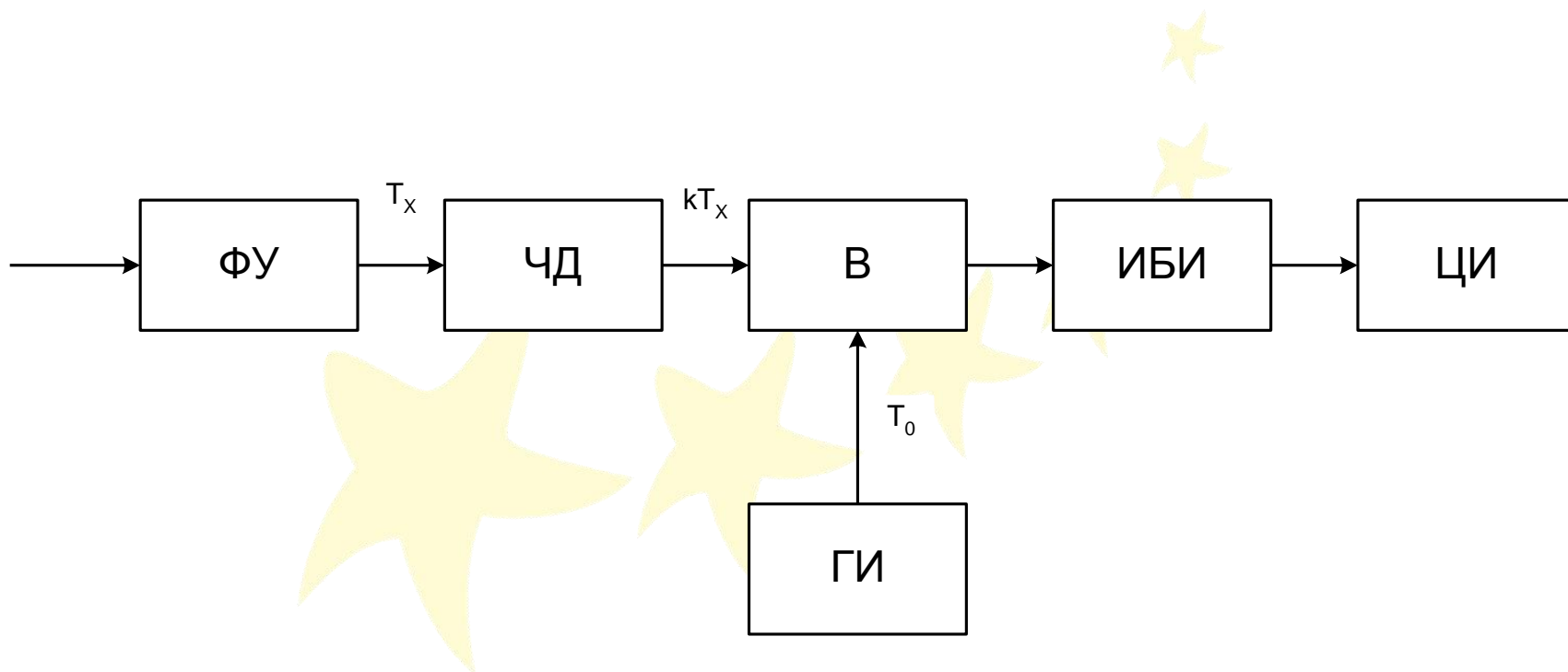
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Блокова схема на диапазонен нискочестотен честотомер



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

Структурата се състои от:

- *Формиращо устройство - ФУ*
- *Честотен делител - ЧД*
- *Врата - В*
- *Генератор на импулси - ГИ*
- *Инверсен брояч на импулси - ИБИ*
- *Цифров индикатор - ЦИ.*

След *квантуване на периода*  $T_x$ , броят на импулсите преминали през електронната врата и постъпили към инверсия брояч е:

$$N_1 = K \frac{f_0}{f_x}$$

При първоначална стойност на брояча  $N_2$  след изброяване на постъпилите импулси  $N_1$  в обратна посока, показанието ще бъде:

$$N = N_1 - N_2$$



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**





Ако се означаи с  $f_H$  номиналната стойност на честотата, а с  $\Delta f_X$  - нейното отклонение, то:

$$f_{XH} = f_H + \Delta f_X$$

В такъв случай числото  $N$  се определя от изрази:

$$N = N_2 - K \frac{f_0}{f_H + \Delta f_X} \approx N_2 - K \frac{f_0}{f_H^2} (f_H - \Delta f_X)$$

Ако първоначалната стойност на брояча е

$$N_2 = 2K \frac{f_0}{f_H}$$



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Числото в брояча след отброяване ще бъде:

$$N \approx K \cdot \frac{f_0}{f_H} \cdot \frac{f_X}{f_H}$$

Абсолютната стойност на честотата се получава след подбиране на коефициент на преобразуване :

$$\tau = K \frac{f_0}{f_H^2} = 10^n s$$

В такъв случай за числото N се получава:

$$N = \tau \cdot f_X$$

$\tau$  - се нарича фиктивно време за квантуване.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

Ако се избере стойността на  $N_2$  да бъде:

$$N_2 = K \frac{f_0}{f_H} \cdot 100$$

честотомера ще измерва процентна промяна от номиналната честота съгласно израза:

$$N = 100 \cdot \frac{\Delta f_X}{f_H}$$

### 1.2.3 Цифров честотомер с квантуване на остатъчното ниво

За честотомерите с непосредствено преобразуване е характерно, че за част от времето за измерване  $T_K$ , не се следи измервателната информация.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

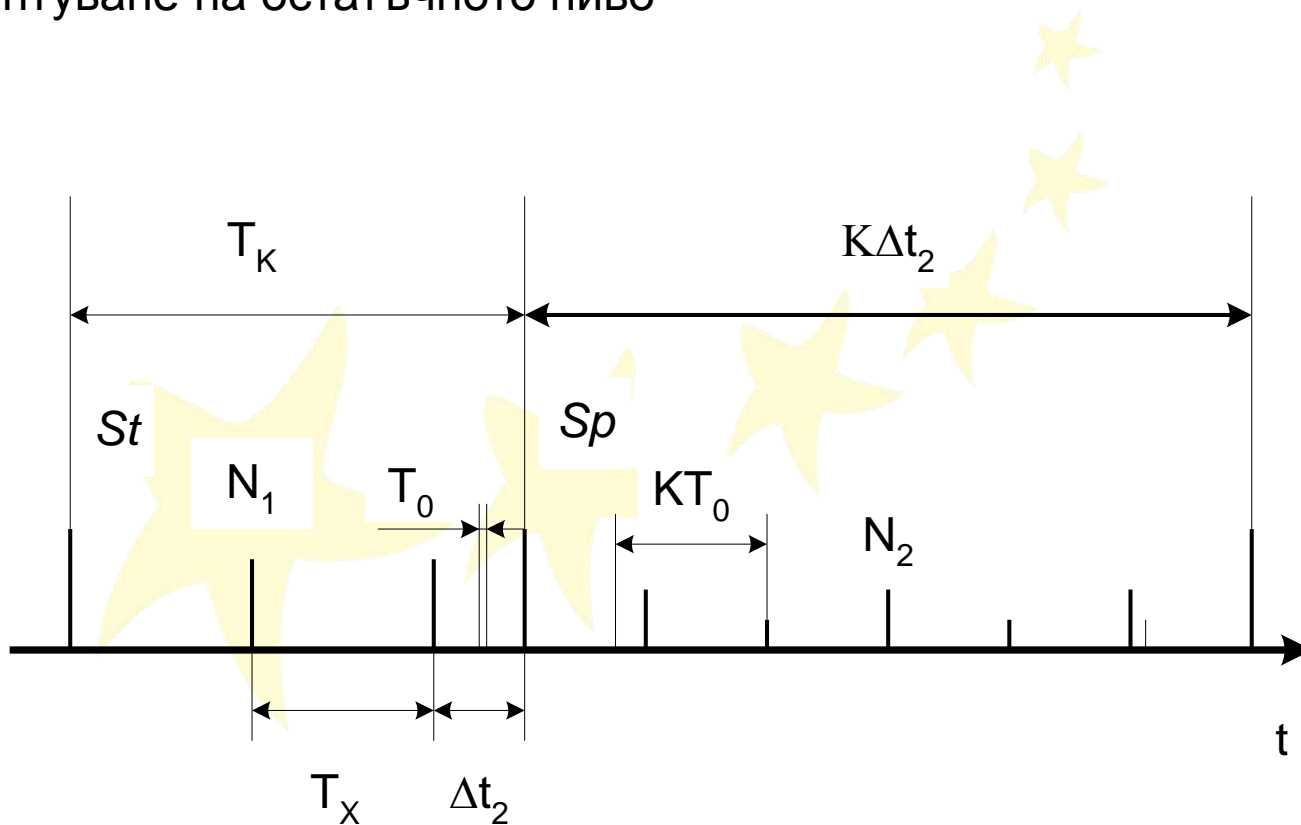
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

За намаляване на тази грешка се използва честотомер с квантуване на остатъчното ниво



Европейски съюз

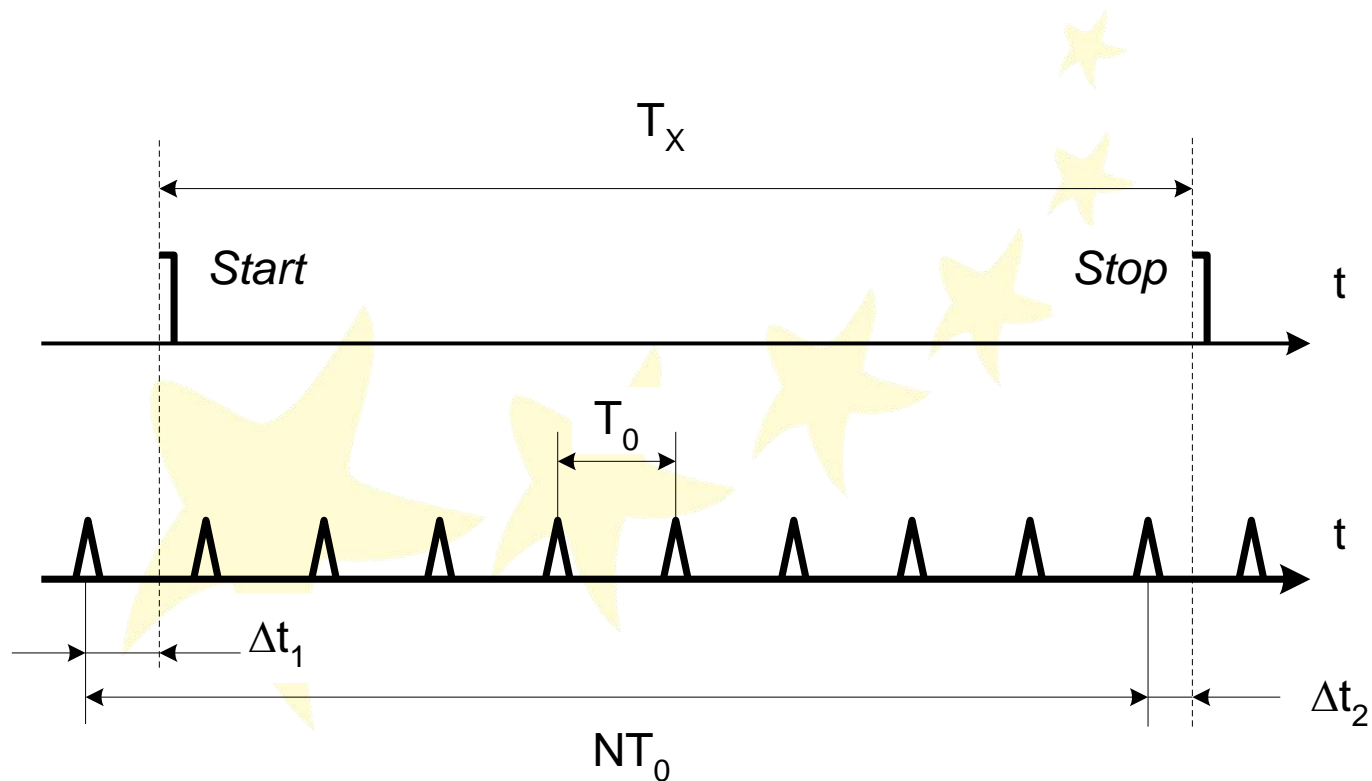
**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



## Времедиаграма при квантуване на интервал от време



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

Ако за интервала време  $T_K$  се осигури нулевия импулс от поредицата  $f_X$  да стартира заедно със стартовия импулс, следва че:

$$\Delta t_1 = 0$$

В такъв случай за преобразуването се получава:

$$N_1 T_X + \Delta t_2 = T_K$$

В честотомерите с квантуване на остатъчното ниво, **времето  $\Delta t_2$  се квантува с висока честота**, като с помощта на реверсивен брояч интервала се преобразува в определен брой импулси съгласно израза:

$$m = \Delta t_2 f_0$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

След което за време  $\Delta T_2$  реверсивния брояч се връща в нулево положение, като му се подават импулси с честота  $f_0/K$ . Интервала  $\Delta T_2$  е следния:

$$\Delta T_2 = K \frac{m}{f_0} = K \Delta t_2$$

Времето се удължава  $K$  пъти, при което след неговото квантуване в допълнителен брояч се получава израза:

$$N_2 T_X = K \Delta t_2$$

За неизвестната честота в крайна сметка се получава:

$$f_X = \frac{1}{T_X} \left( N_1 + \frac{N_2}{K} \right)$$



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



## 2. Цифрови фазомери

*Фазова разлика* - изследване на непрекъснати синусоидални сигнали.

*Несинусоидални сигнали* - фазова разлика може да се определи само между съответните хармоници

**Импулсна техника** - разликата във фазите на два сигнала с една и съща честота, преминаващи спрямо определено ниво представлява тяхната фазова разлика.

### 2.1 Цифрови фазомери за моментна стойност

**Ако два сигнала имат достатъчно еднакви периоди, моментната стойност на фазовата разлика се определя от средната и стойност за един период.**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

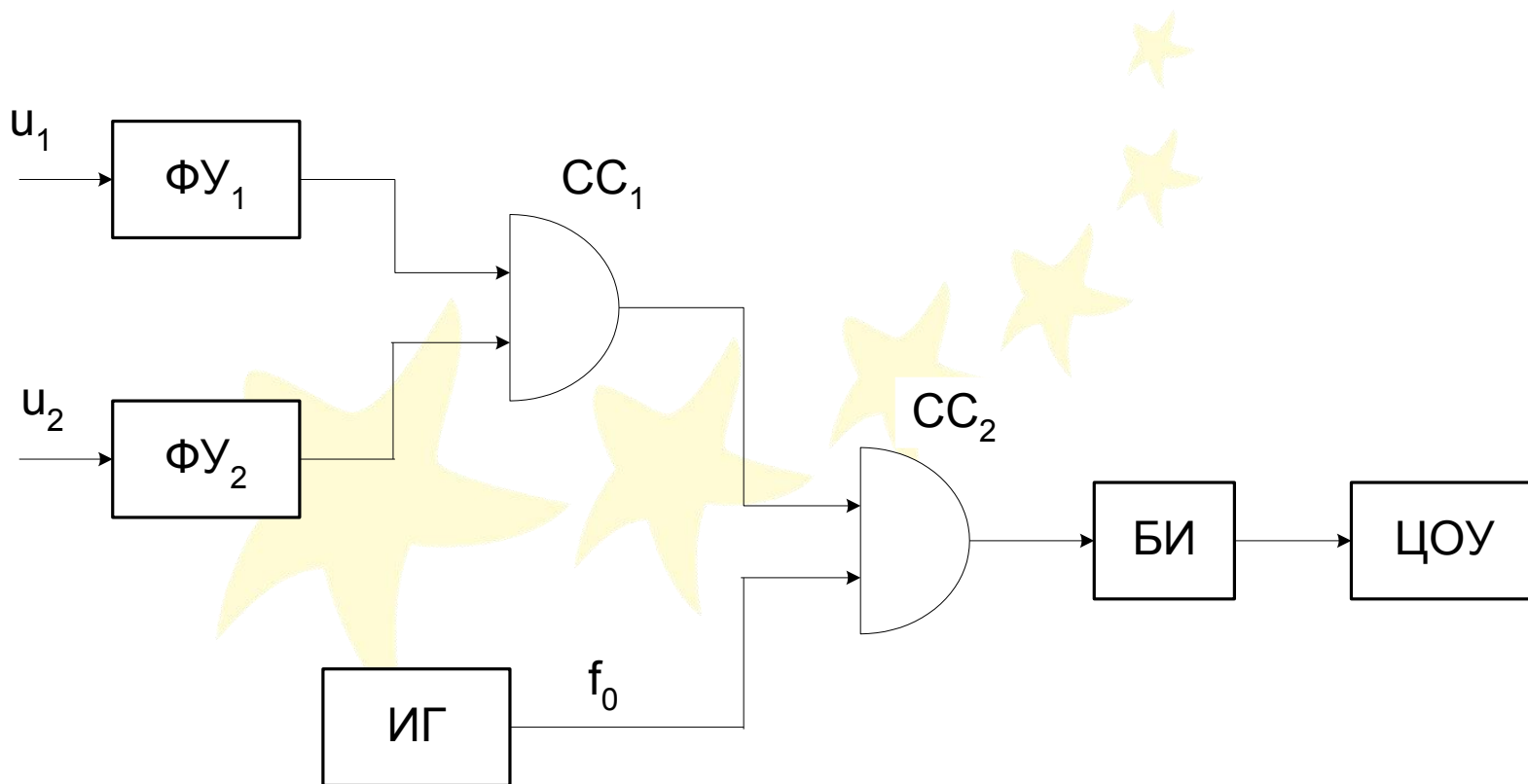
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*





# Обобщена блокова схема на цифров фазомер с пряко преобразуване



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

Блоковете в структурата са следните:

- *Формиращи устройства  $\PhiУ_1$  и  $\PhiУ_2$*
- *схеми на съвпадение  $СС_1$  и  $СС_2$*
- *Импулсен генератор ИГ*
- *Брояч на импулси БИ*
- *Цифрово отчитащо устройство ЦОУ.*

### ***Принцип на действие:***

- Към двете формиращи устройства постъпват входните синусоидални сигнали  $u_1$  и  $u_2$ .
- Фазовата разлика между синусоидалните сигнали се преобразува в интервал от време  $\Delta t$ .
- В началото на вълната на двата изследвани сигнала се генерират къси импулси.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



- Двете напрежения се преобразуват в правоъгълни.

Първата схема на съвпадение формира правоъгълни импулси с продължителност

$$t_X = \frac{\varphi_X}{\omega_X} = \frac{\varphi_X}{2\pi f_X}$$

- $\varphi_X$  е неизвестната фазова разлика
- $f$  е честотата на входните напрежения
- $\omega_X$  е кръговата честота.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

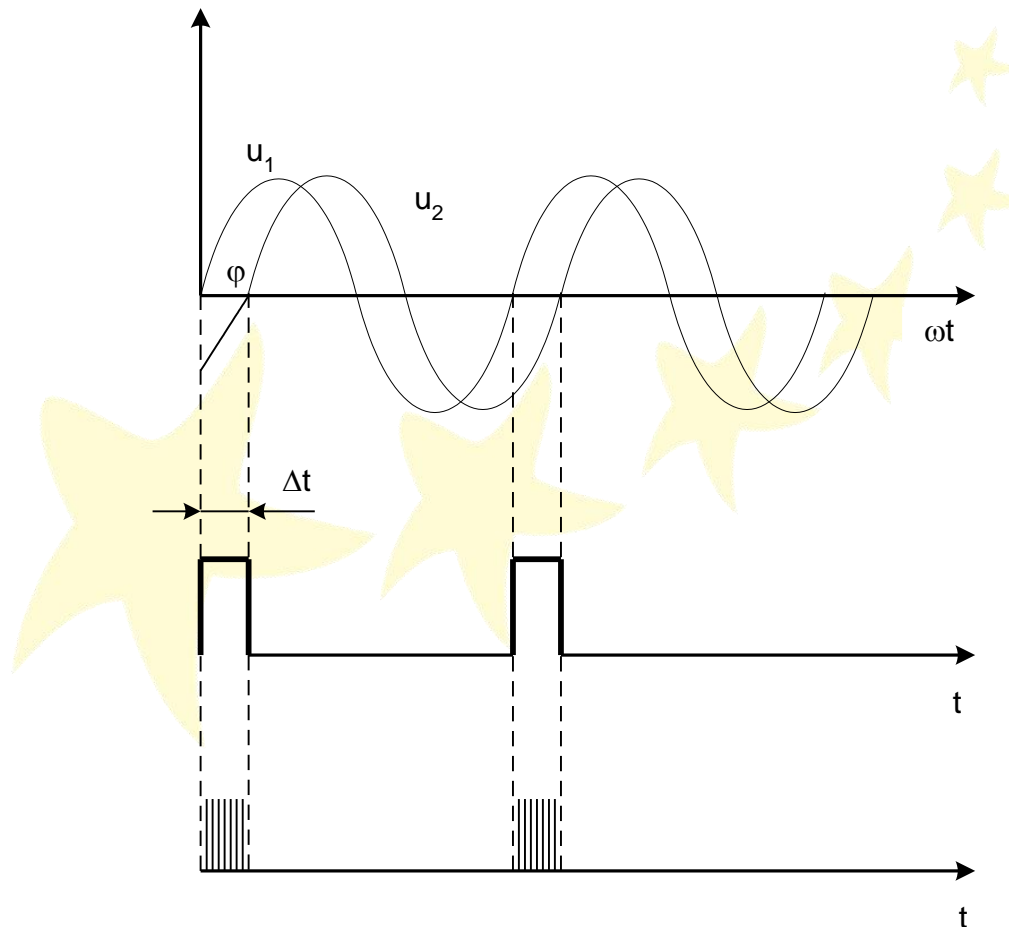
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

# Времедиаграма на цифров фазомер с пряко преобразуване



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

От генератора на импулси се формират *импулси с опорна честота*  $f_0$ .

**Времето**  $\Delta t$  - импулсите преминават през схемата на съвпадение  $CS_2$ , при което квантуват интервала.

**Броят на импулсите** постъпили към брояча, ако не се отчита грешката от дискретност ще бъде:

$$N = \frac{\Delta t}{T_0} = \Delta t f_0 = \frac{f_0}{2\pi f_X} \varphi_X$$

Фазовата разлика е:

$$\varphi_X = 2\pi \frac{f_X}{f_0} N$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



За да се определи *фазовата разлика* е необходимо предварително да се измери и честотата  $f_x$ , поради което този фазомер работи и в режим на ***измерване на честота***.

### 3. Цифрови периодомери

**Измерване на период T** – използват се схеми на цифрови честотомери.

В схемата на фазомера с пряко преобразуване периода T може да се определи, след неговото квантуване с импулси с опорна честота  $f_0$ , получени от импулсния генератор:

$$N_T = Tf_0$$

Ако честота се замести в крайното уравнение за фазовата разлика резултата е:

$$\varphi = 2\pi \frac{N}{N_T}$$

$N_T$  е отчетената стойност за периода



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



## **Литература**

1. Колев Н., Лазаров А., Манов Е., Матраков Б., Туренков В., *Електрически измервания*, под общата редакция на Б.Матраков, Държавно издателство Техника, София, 1999
2. Ж. Костов, *Цифрови измервателни уреди*, Държавно издателство Техника, София, 1981
3. Вострокнутов Н., *Цифровие измервателни устройства – теория погрешностей, испытания, проверка*, Энергоатомиздат, Москва, 1990
4. Костов Ж., Цветков Пл., *Ръководство за лабораторни упражнения по цифрови измервателни уреди*, София, 2000



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**

