



**ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ**

**Факултет АВТОМАТИКА**

**Катедра “ЕЛЕКТРИЗМЕРВАТЕЛНА ТЕХНИКА”**

## **Модул № 9: ЦИФРОВИ ВОЛТМЕТРИ**

**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. Обща характеристика

## 2. Цифрови волтметри с разгъващо уравнивяване

### 2.1. Цифров волтметър с линейно разгъващо уравнивяване

### 2.2. Цифрови волтметри с разгъващо поразрядно уравнивяване

## 3. Следящи цифрови волтметри

## 4. 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. Обща характеристика на цифровите волтметри

Видове цифрови волтметри:

- ◆ *Постоянно напрежение*
- ◆ *Променливо напрежение*

**Основна предпоставка** за изключително динамичното развитие на методите и средствата за измерване на напрежение - *използването на постоянно напрежение като унифициран електрически сигнал в измервателната техника.*

*Схемна реализация на цифровите волтметри* - почти всички методи за аналогово – цифрово преобразуване.

Основни метрологични характеристики на цифровите волтметри:

► **Обхват на измерване** – долната граница на измервателния обхват достига до  $1 \mu V$ .



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!*



- ▶ **Клас на точност** - съществуват волметри с клас на точност 0,0001.
- ▶ **Време за провеждане на едно измерване** – Честотата на измерванията може да достигне до 10<sup>6</sup> измервания за 1 сек.
- ▶ **Входно съпротивление** – достига до стойност 10 GΩ.

Цифрови волтметри за променливо напрежение – определят една от следните стойности на напрежението:

- *Средна стойност*
- *Ефективна стойност*
- *Максимална стойност*

Тя се преобразува в *постоянно напрежение*, което впоследствие се преобразува в **дискретен вид**.



Европейски съюз

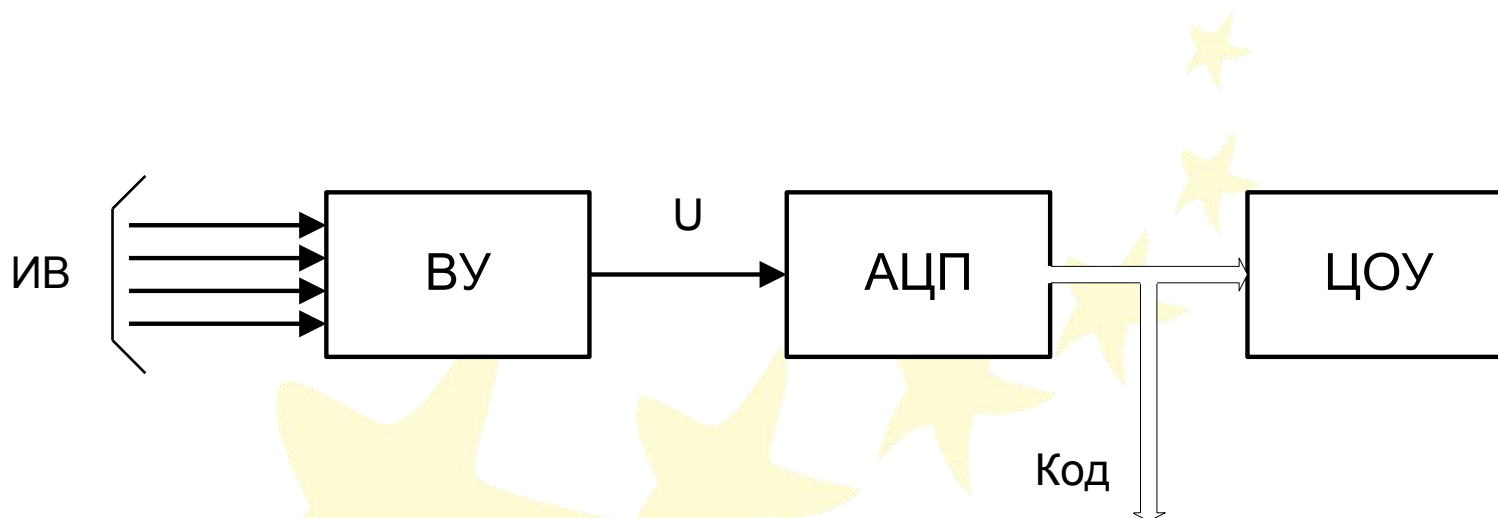
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„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 волтметър.



Схемата се състои от:

- Входно устройство - ВУ
- Аналогово – цифров преобразувател - АЦП
- Цифрово отчитащо устройство - ЦОУ.



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!*



**Входното устройство** – изпълнява се от делител на напрежение, измервателен усилвател, преобразувател на променливо напрежение в постоянно и др.

**Аналогово – цифровия преобразувател** - цифров код, еквивалентен на постоянното напрежение (*Това е основния блок в цифровите волтметри, определящ и основните метрологични характеристики на уреда*).

**Цифровото отчитащо устройство** - използва се за визуализация на напрежението в цифров вид.

Цифрови волтметри с най-голямо разпространение:

- С разгъващо уравновесяване
- Със следящо уравновесяване



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 волтметри с разгъващо уравнивяване

Принцип на действие:

**Волтметрите с разгъващо уравнивяване работят на цикличен принцип, като момента на уравнивяване се установява с помощта на компаратор.**

В зависимост от принципа на изграждане на компенсиращото напрежение се различават:

- *Уреди с линейно разгъващо уравнивяване*
- *Уреди с равномерно стъпално уравнивяване*
- *Уреди с поразрядно уравнивяване*

### 2.1 Цифров волтметър с линейно разгъващо уравнивяване

Характеристики - *лесно изпълнение*; сравнително *добри метрологични характеристики* (нар. се още **времеимпулсни волтметри**).



Европейски съюз

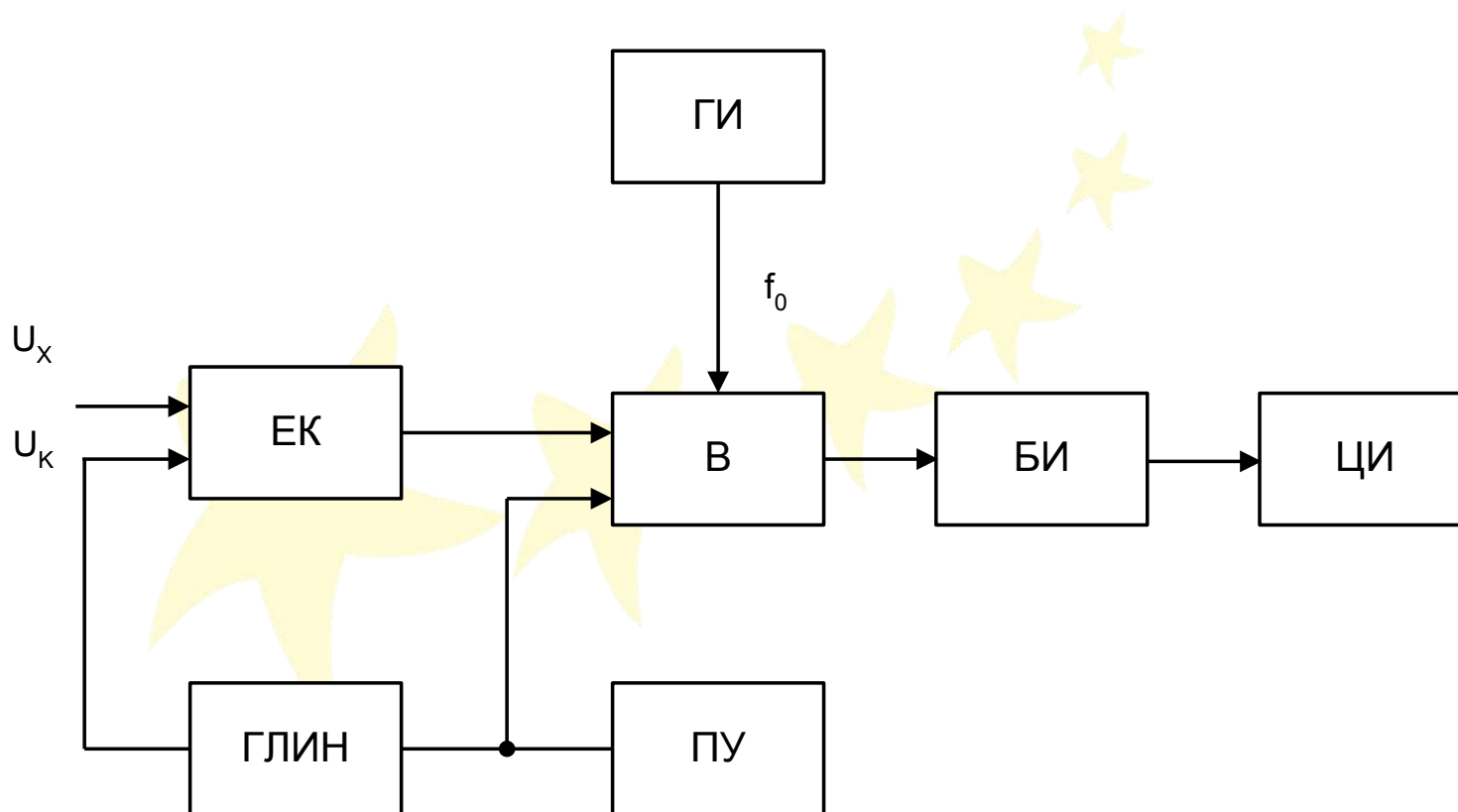
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„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!*



## Структурна схема на цифров волтметър с линейно-разгъване.



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



Схемата включва следните блокове:

- ◆ *Еднополярен компаратор ЕК*
- ◆ *Врата В*
- ◆ *Брояч на импулси БИ*
- ◆ *Цифров индикатор ЦИ*
- ◆ *Генератор на линейно – изменящо се напрежение ГЛИН*
- ◆ *Програмно устройство ПУ*
- ◆ *Генератор на импулси ГИ.*

### **Принцип на измерване:**

*Основава на сравнение на неизвестното напрежение  $U_x$  с компенсиращо напрежение  $U_k$ , чийто закон на изменение е линеен. За определен интервал от време, стойността на компенсиращото напрежение достига нивото на неизвестното напрежение. Този интервал, фиксиран от началото на процеса на разгъване до настъпване на равенство между двете напрежения е пропорционален на стойността  $U_x$ . Ако интервала се запълни с поредица от импулси с известна честота, то може еднозначно да се определи и стойността на неизвестното напрежение.*



Европейски съюз

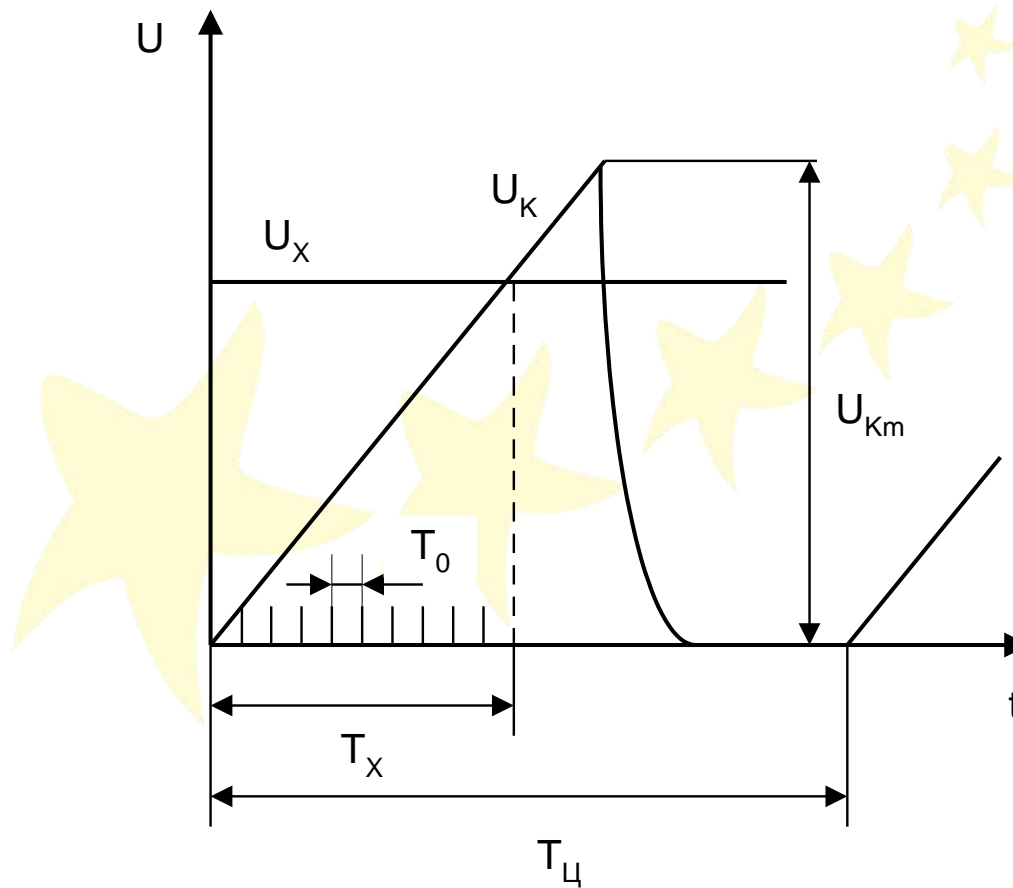
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„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 на процесите



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

*Програмно устройство ПУ – в началния момент подава сигнал към генератора на линейно – изменящо се напрежение ГЛИН и отваря вратата В, осигуряваща преминаване на импулси.*

Изменение на компенсиращото напрежение - *линеен закон*:

$$U_K = U'_K \cdot t$$

$U'_K$  - наклона на характеристиката и има постоянна стойност

В определен момент  $t=T_X$  двете напрежения се изравняват:

$$U_K = U_X$$

При се достигане *равенство* между компенсиращото и неизвестното напрежение, компаратора затваря вратата В.



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!*



Интервала от време е:

$$T_X = \frac{U_X}{U'_K}$$

Интервалът е *квантуван с импулси* с образцова честота  $f_0$ , като броят им се определя съгласно следната формула:

$$N = \frac{U_X}{U'_K} f_0$$

Тези импулси постъпват в брояча на импулси БИ за изброяване, а на изхода се получава **цифров код**. В крайна сметка на цифровия индикатор се извежда стойността на неизвестното постоянно напрежение.

Стойността на *компенсиращото напрежение* се увеличава и достига стойност над обхвата на волтметъра, след което започва да намалява в обратна посока и стига до нула.



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!*



Големина на един квант:

$$\Delta U_D = \frac{U_K'}{f_0}$$

**Инструментални грешки** на цифровите волтметри с линейно разгъващо уравнивяване:

- дължащи се на нестабилността на честота от генератора на импулси  $f_0$ ,
- на наклона на характеристиката  $U_K(t)$
- невъзможност за бърза реакция на вратата и копиратора и др.

Характерна особеност на метода: известна нестабилност на характеристиката  $U_K(t)$  в началния участък. Поради това обикноено се реализират схеми, при които се изчаква компенсиращото напрежение  $U_K$  да достигне достатъчно стабилен наклон, т.е. след достигане на определена стойност на  $U_K$  вратата В се отваря.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

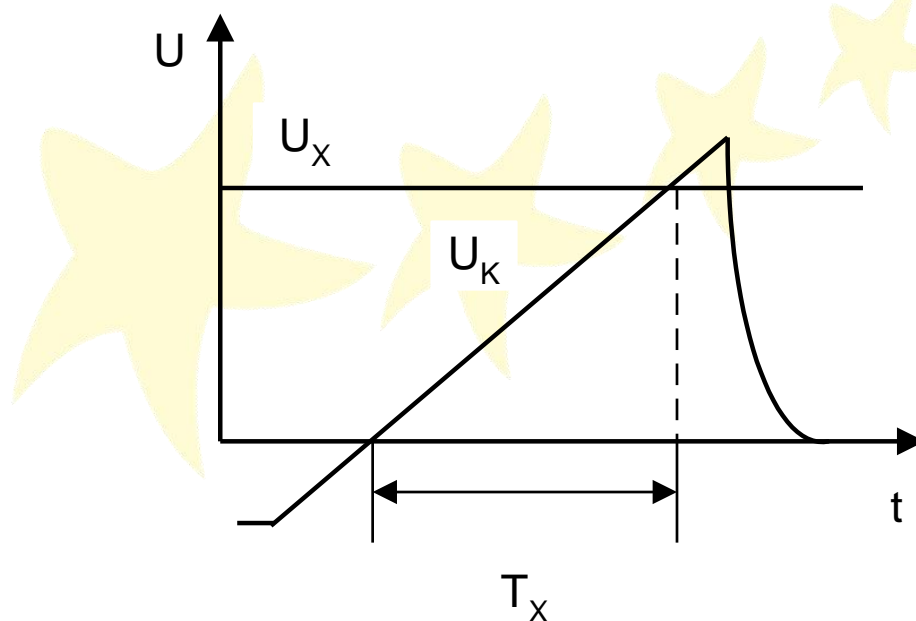
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

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!*



Волтметри с два компаратора - намаляващо компенсиратно напрежение.

Времедиаграма на процес на сравнение с растящо компенсиратно напрежение.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

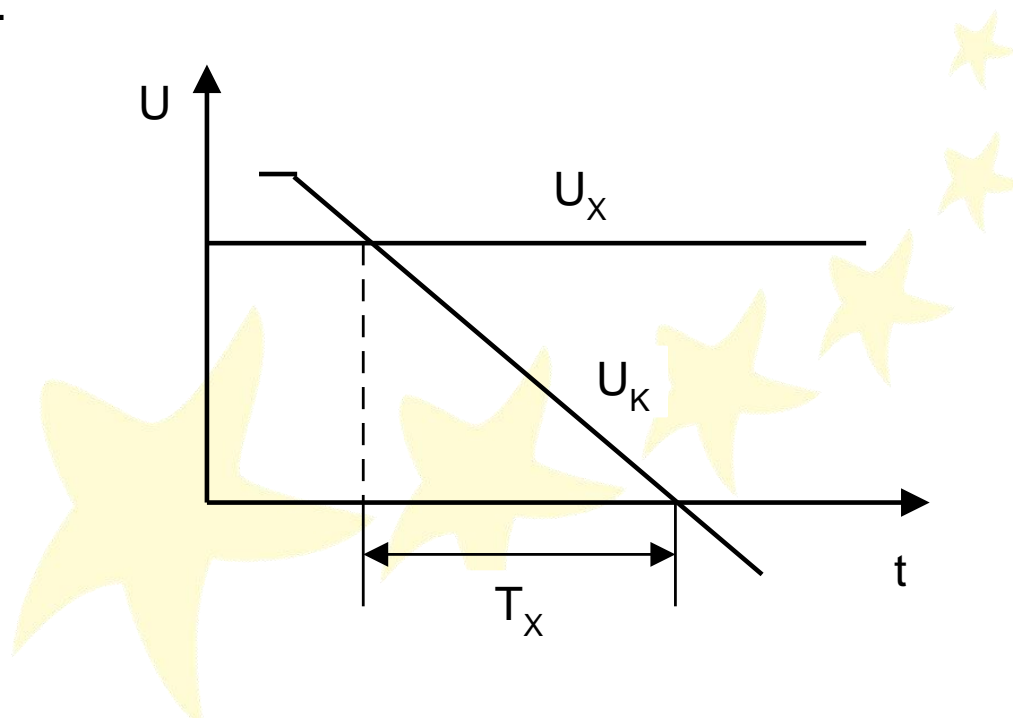
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

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 процес на сравнение с намаляващо компенсиратно напрежение.



**Намаляващо компенсиратно напрежение** - интервала  $T_x$  се определя от момента на изравняване на напреженията и момента на достигане на компенсиратното напрежение до нула.



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!*



## 2.2 Цифрови волтметри с разгъващо поразрядно уравнивяване

### **Принцип на действие:**

***Процеса на уравнивяване е базиран на сравнение на измерваното напрежение с дискретно образцово компенсиращо напрежение.***

*( нар. се още кодово – импулсни волтметри)*

*Компенсиращо напрежение* – получава се с помощта на цифрово – аналогов преобразувател.

В структурата се използват преобразуватели с:

- *Последователно обработване на постъпващия код на входа им*
- *Паралелно обработване на постъпващия код на входа им.*



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

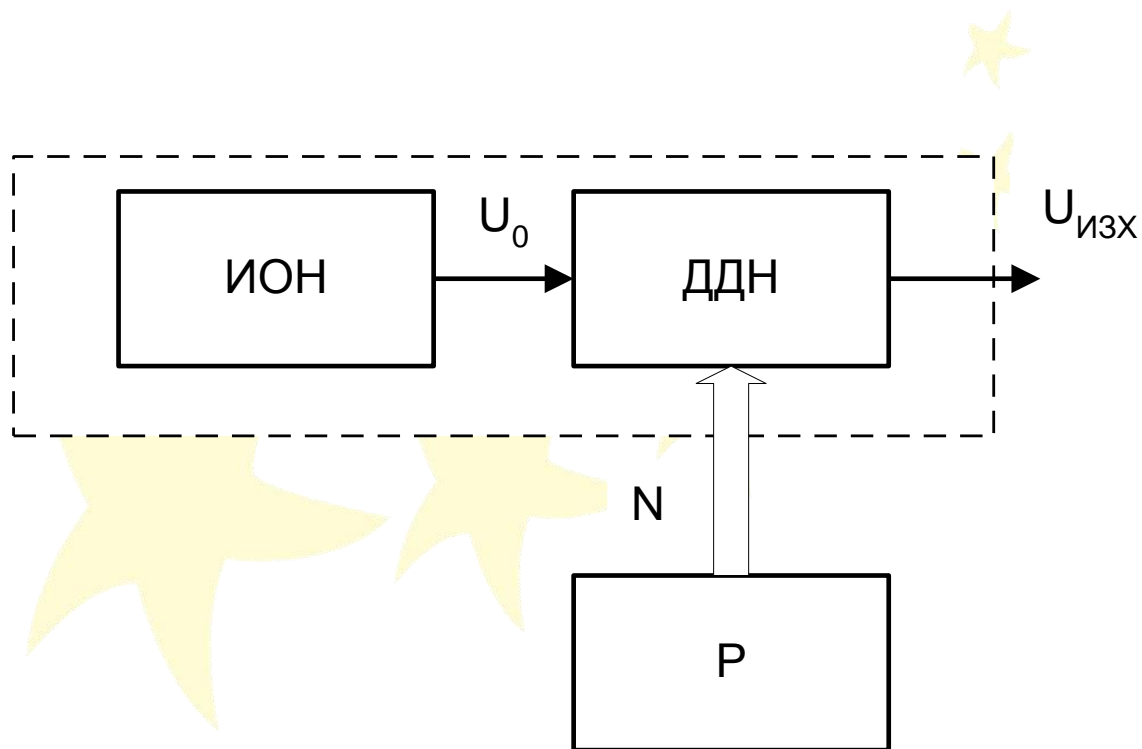
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

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!*





# Блокова схема на цифрово-аналогов преобразувател с паралелна обработка



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 включва следните блокове:

- *Източник на образцово напрежение ИОН*
- *Дискретен делител на напрежение ДДН*
- *Регистър R.*

### **Принцип на действие:**

*Основава се на промяната на предавателния коефициент на дискретния делител на напрежение ДДН, благодарение на входния код N, при което се изменя изходното напрежение.*

*Изходно напрежение от дискретния делител на напрежение ДДН - изменя се на степени.*



Европейски съюз

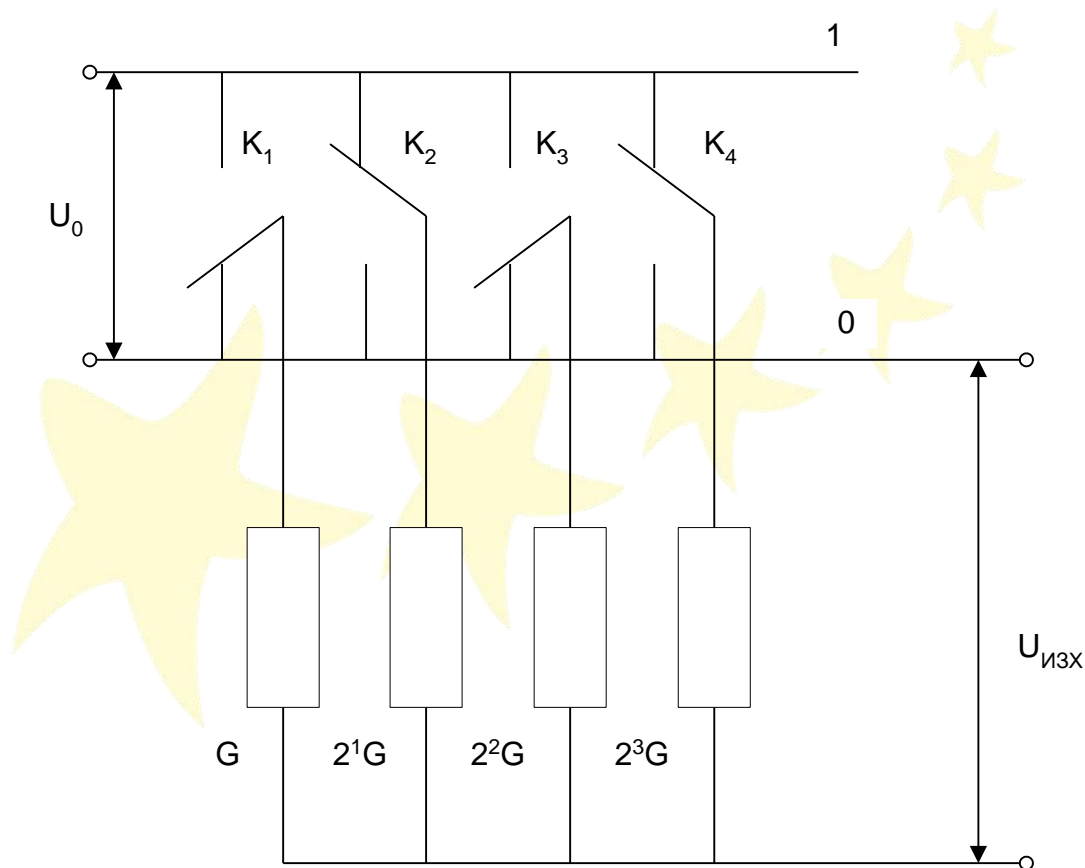
**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„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!**



Дискретен делител на напрежение ДДН, преобразуващ двоичен код в изходно напрежение.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

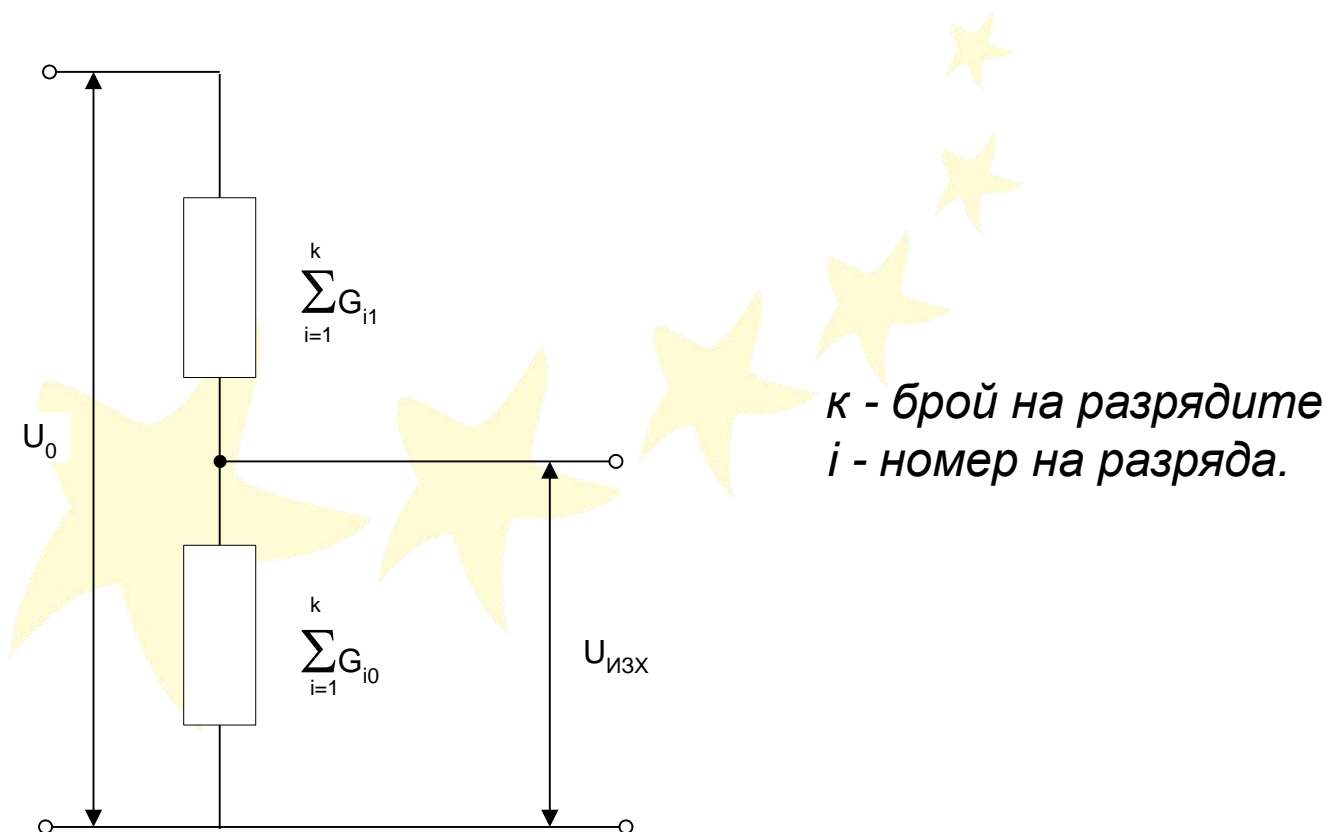
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

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

## Еквивалентна схема на дискретен делител на напрежение



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!**



ДДН - схема със сумиране на проводимости. В зависимост кодовата комбинация  $N$ , двупозиционните ключове  $K_i$  превключват съответните проводимости  $G_i$ .

Двата индекса 0 и 1 - обозначават сумиране на проводимостите на разредите съответно с разреден коефициент единица или нула.

Напрежение на изхода на делителя:

$$U_{\text{изх}} = U_0 \frac{\sum_{i=1}^k G_{i0}}{\sum_{i=1}^k G_{i0} + \sum_{i=1}^k G_{i1}} = U_0 \frac{N}{N_m}$$

$N$  - входната комбинация;  $N_m$  - максималната стойност на превключвателите.



Европейски съюз

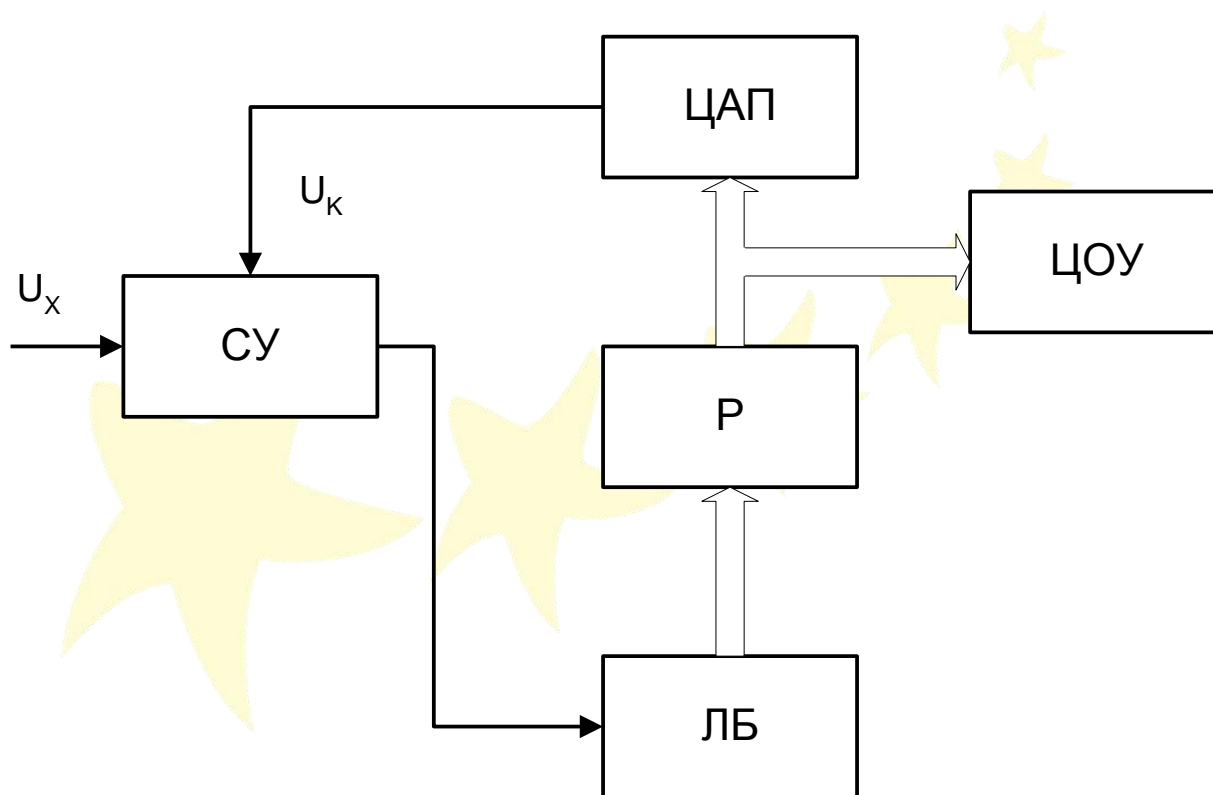
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„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!*



# Блокова схема на волтметър с разгъващо поразрядно уравнивяване



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 включва следните блокове:

- ◆ Сравняващо устройство СУ
- ◆ Логически блок ЛБ
- ◆ Регистър Р
- ◆ Цифрово-аналогов преобразувател ЦАП
- ◆ Цифрово – отчитащо устройство ЦОУ.

### Принцип на действие:

При подадено неизвестно напрежение  $U_x$ , логическия блок подава сигнал към регистъра Р, превключвайки последователно отделните разряди. Двоичния код от регистъра Р управлява цифрово – аналоговия преобразувател ЦАП, генерирайки компенсиращо напрежение  $U_k$ . Уравнотяването започва от най-старшите разряди. В сравняващото устройство се извършва сравнение на двете напрежения. Когато  $U_x > U_k$  дискретното ниво се приема, ако  $U_x < U_k$  разряда не се приема и се преминава към по-младшия разряд. Когато настъпи равенство на двете напрежения  $U_x = U_k$ , с точност до един квант, процеса приключва, като стойността на напрежението  $U_k$  постъпва към цифровото отчитащо устройство ЦОУ.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

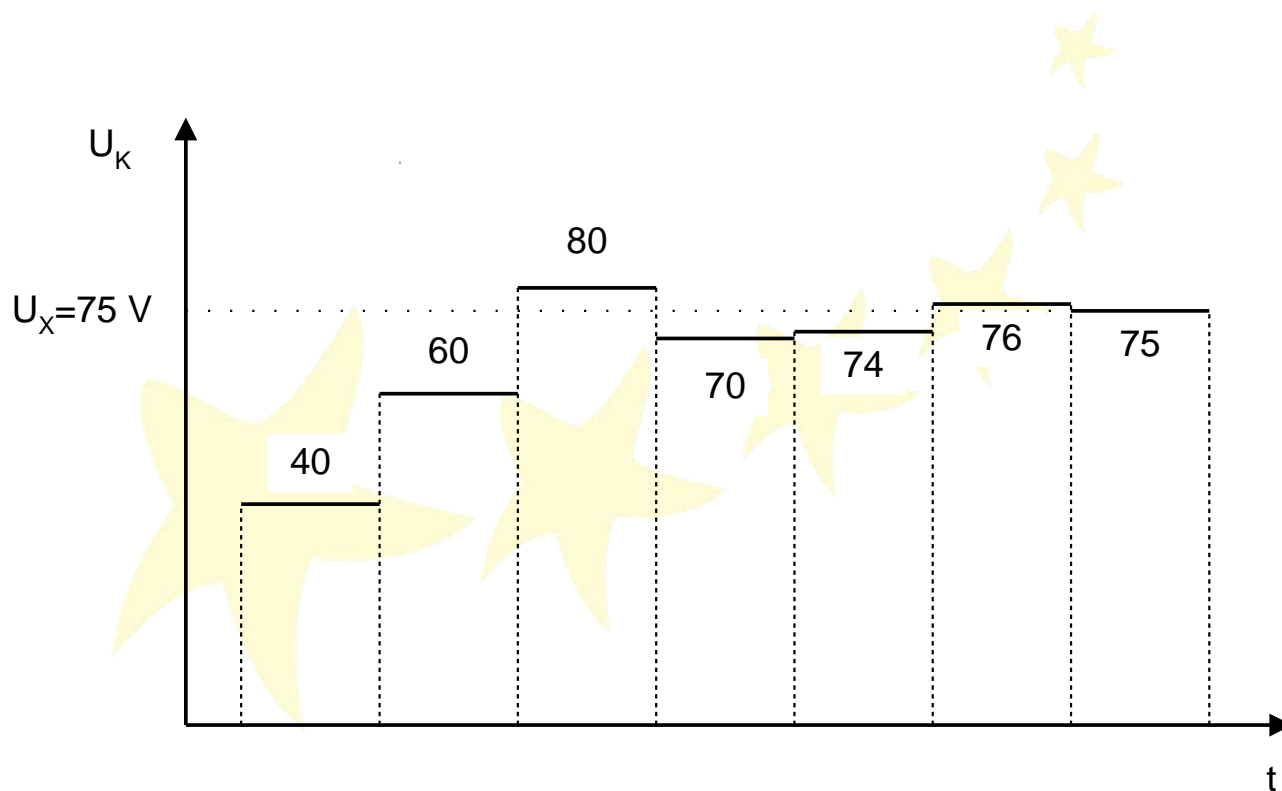
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

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 процеса на поразрядно уравнивяване



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



Показания в схемата случай е за:

*Неизвестно напрежение  $U_x = 75 V$*

*Квант с големина  $1V$*

*Цифрово – аналогов преобразувател с двоично десетичен код 4-2-2-1 и два десетични разряда.*

### **Принцип на уравнивяване:**

*В началния момент се анализира най-старшия разряд, който е със стойност  $40 V$ . Той се приема защото  $75 > 40$ . Аналогично се приема и запомня и следващия разряд със стойност  $20 V$ . Третия разряд се отхвърля, защото  $80 > 75$ . При пълна компенсация се получава:*

$$U_K = 4.10 + 2.10 + 2.0 + 1.10 + 4.1 + 2.0 + 2.0 + 1.1 = 75 V$$



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

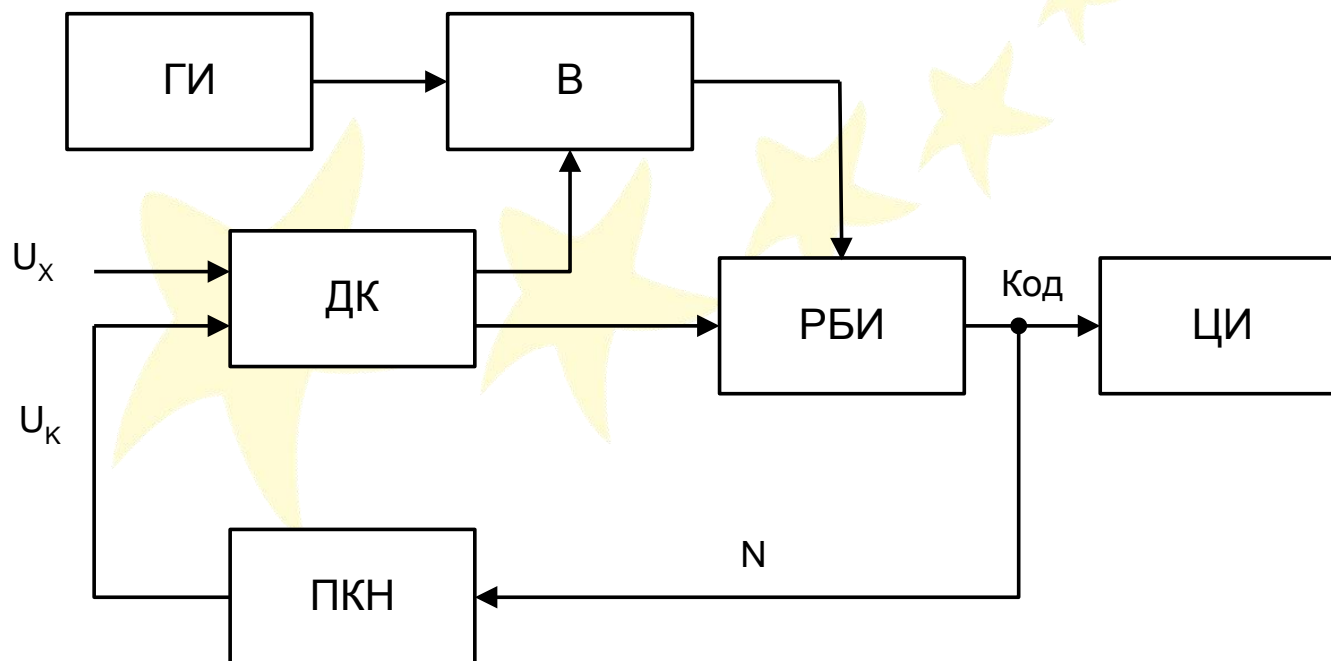
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

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!**



### 3. Следящи цифрови волтметри

Структурна схема на следящ цифров волтметър с равномерно стъпално компенсирателно напрежение



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 включва:

- *Двуполярен компаратор ДК*
- *Реверсивен брояч на импулси РБИ*
- *Генератор на импулси ГИ*
- *Врата В*
- *Преобразувател код-напрежение ПКН.*

Принцип на действие:

*Следящите цифрови волтметри използват принципа на уравнивяване, като сравняват неизвестното  $U_X$  и компенсиращото напрежение  $U_K$ , с помощта на двуполярен компаратор.*

***Посоката на уравнивяване се извършва на база знака  $\Delta U$  получен на изхода на компаратора.***



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!*



При подаване на неизвестно напрежение и формиране на некомпенсация, **вратата В се отваря**, ако разликата

$$|U_X - U_K| > u_{ПЧ}$$

$u_{ПЧ}$  е прага на чувствителност на двуполярния компаратор

Ако е изпълнено условието:

$$U_X > U_K$$

сигнала получен от двуполярния компаратор ДК осигурява, отброяване на импулси от брояча в **посока нарастване**.



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!*



В същото време се увеличва  $N$ , както и компенсиращото напрежение, до достигане на достатъчно малка стойност на некомпенсацията.

Ако е изпълнено условието:

$$U_X < U_K$$

двуполярния компратор ДК подава сигнали, за **обратно отбояване** на постъпващите импулси от реверсивния брояч на импулси РБИ.

*Вследствие на това компенсиращото напрежение намалява до момента на уравнивяване.*



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!*



Стойността на *компенсиращото напрежение* се получава от блока преобразувател код-напрежение ПКН, и е пропорционално на стойността на N.

Когато компенсиращото напрежение достигне стойност, при която

$$|U_K - U_X| < u_{ПЧ}$$

*двуполярния компаратора ДК затваря вратата В и процеса приключва до ново разбалансиране на схемата.*

Индикатора непрекъснато визуализира показанието на реверсивния брояч на импулси РБИ.

*В елементите на индикатора се извършва промяна само на разредите, които са зависими от промяната на  $U_X$ .*



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!**

