

# Измервания в електрониката

---

1

## Съдържание

---

7. Измерване на честотно-времеви параметри
8. Измерване на пасивни елементи
9. Измерване на полупроводникови прибори/елементи
10. Измерване на линейни интегрални схеми
11. Тестване на цифрови интегрални схеми
12. Компютърни измервателни системи
13. Измерване на неелектрически величини

## 7. Измерване на честотно-времеви параметри

---

1. Основни определения и класификация
2. Преобразуватели честота напрежение
3. Цифрови методи за измерване на **честота, период и времеви интервали**
4. Измерване на фазови разлики
5. Универсални броячи

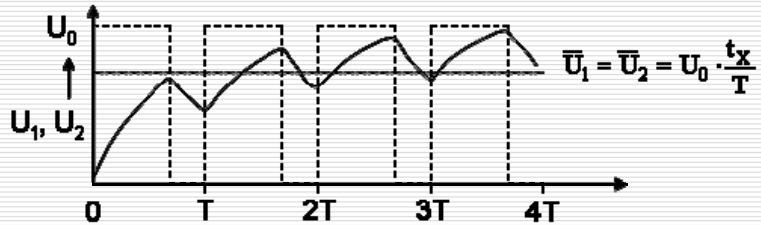
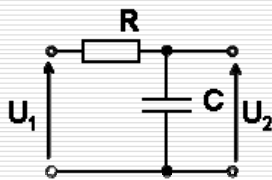
### 7.1. Основни определения и класификация

---

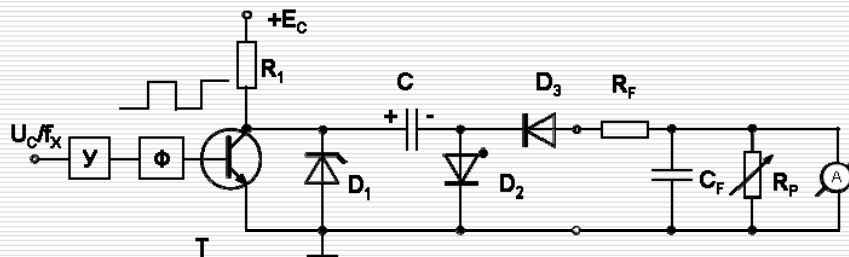
- Основни величини
  - Честота,
  - Период / времеви интервали,
  - Фазови разлики.
  
- Основни методи
  - Абсолютни,
  - Сравнителни,
  - Резонансни.

## 7.2. Преобразуватели честота - напрежение

- t/u преобразуване

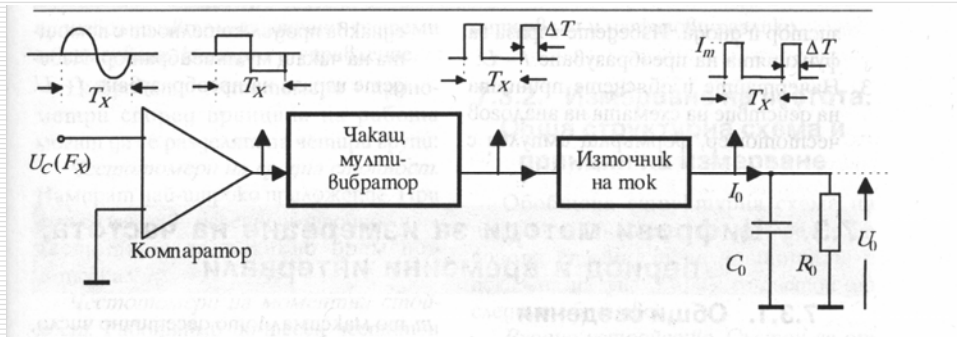


## 7.2. Преобразуватели честота - напрежение



## 7.2. Преобразуватели честота напрежение

### □ Усъвършенствана схема



## 7.2. Преобразуватели честота напрежение

### □ Усъвършенствана схема

$$Q_0 = I_m \Delta T$$

□ Среден ток  $I_0 = \frac{Q_0}{T_X} = \frac{\Delta T}{T_X} I_m = I_m \cdot \Delta T \cdot f_X$

$$U_0 = I_0 \cdot R_0 = I_m \cdot \Delta T \cdot R_0 \cdot f_X$$

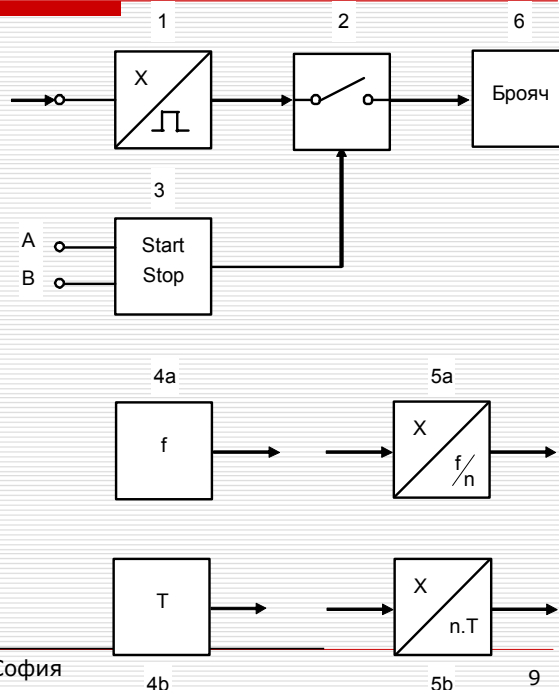
### □ Достатъчно изглаждане на пулсациите

$$R_0 C_0 \geq (5 \div 10) T_{MAX}$$

## 7.3. Цифрови методи за измерване на честота, период и времеви интервали

### Основни блокове на универсалния брояч

- (1) Формировател на импулси, (2) Електронна врата и (3) Управление на електронната врата,
- (4a) und (4b) Генератор на еталонна честота  $f$  или на период  $T$  )
- (5a) – делител на честота, (5b) – умножител на период
- (6) Брояч с индикация.

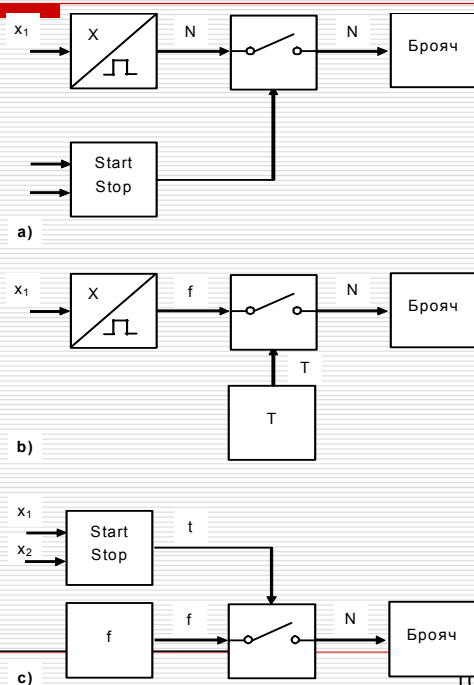


Технически университет София  
Факултет по електронна техника и технологии.

## 7.3. Цифрови методи за измерване на честота, период и времеви интервали

### Приложения на универсалния брояч

- a) Броене на събития. Сигналите **Start** и **Stop** се генерират извън уреда.
- b) Измерване на честота. Сигналите **Start** и **Stop** се генерират от генератор на еталонен период  $T$ .
- c) Измерване на интервал. Сигналите **Start** и **Stop** се генерират от събитията  $x_1$  и  $x_2$  за интервал  $t$ .



Технически университет София  
Факултет по електронна техника и технологии

## 7.3. Цифрови методи за измерване на честота, период и времеви интервали

### Приложения на универсалния брояч

#### 7.3.2. Измерване на честота

Сигналите Start и Stop се генерират от генератор на еталонен период T.

## Задачи

- **Задача 1.**
- Универсален брояч с точност на еталонния кварцов генератор  $\frac{\Delta f_0}{f_0} = \pm 2 \cdot 10^{-6}$  работи в режим на измерване на честота  $f_0$  измервателен интервал от 0,1 s и дава показание 187654.
  - a) Каква е честотата на измервания сигнал?
  - b) Изчислете относителната грешка на измерването.

## Задачи

### □ Решение на Задача 1

$$a) f_x = \frac{N}{T_0} = \frac{187654}{0,1} = 1876540 = 1,876540 \text{ MHz}$$

$$b) \delta_f = \pm \left( \frac{1}{187654} + 2 \cdot 10^{-6} \right) = 5,33 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6} = 7,33 \cdot 10^{-6}$$

## Задачи

### □ Задача 2.

- Широчината на един импулс  $T_i = 6 \mu s$  трябва да се измери с универсален брояч в режим на измерване на интервал време. Максималната честота на дискретизация на универсалния брояч е 10 MHz.
- a) Каква ще бъде грешката от дискретизация при измерване с такава честота на дискретизация?
- b) Как ще се измени грешката от дискретизация, ако се избере по-ниска честота на дискретизация (например 1 MHz)?

## Задачи

### □ Решение на Задача 2.

$$a) \quad N = \frac{T_X}{T_0} = \frac{6 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-7}} = 60$$

$$\delta_{\text{дисктеризация}} = \pm \left( \frac{1}{N} \right) = \pm \frac{1}{60} = 0,0166 = 1,66 \%$$

$$N = \frac{T_X}{T_0} = \frac{6 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-6}} = 6$$

$$b) \quad \delta_{\text{дисктеризация}} = \pm \left( \frac{1}{N} \right) = \pm \frac{1}{6} = 0,166 = 16,6 \%$$

## 7.3.3. Измерване на период

$$\delta_{T_x} = \pm \left( \frac{1}{N} + \frac{\Delta f_{\text{ET}}}{f_{\text{ET}}} + \frac{\Delta T_{\Phi}}{T_X} \right) = \pm \left( \frac{T_0}{T_X} + \frac{\Delta f_{\text{ET}}}{f_{\text{ET}}} + \frac{\Delta T_{\Phi}}{T_X} \right)$$

### □ При измерване и осредняване за M периода - ?

$$\delta_{T_x} = \pm \left( \frac{T_0}{M \cdot T_X} + \frac{\Delta f_{\text{ET}}}{f_{\text{ET}}} + \frac{\Delta T_{\Phi}}{M \cdot T_X} \right)$$



## Задачи

### □ Задача 3

- С универсален брояч ( $f_{\text{ET}} = 10 \text{ MHz}$ ,  $\Delta f_{\text{ET}}/f_{\text{ET}} = \pm 2 \cdot 10^{-6}$ ) се измерва синусоидален сигнал с честота около 50 Hz. Абсолютната грешка от формирането  $\Delta T_{\Phi} = \pm 1 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ .

### ■ Изчислете грешката при измерването

- a) в режим на измерване на 1 период и  
b) в режим на измерване с осредняване на 100 периода.

## Задачи

### □ Решение Задача 3.

- a) в режим на измерване на 1 период

$$\delta_{T_x} = \pm \left( \frac{1}{N} + \frac{\Delta f_{\text{ET}}}{f_{\text{ET}}} + \frac{\Delta T_{\Phi}}{T_x} \right) = \pm \left( \frac{1}{f_{\text{ET}} T_x} + \frac{\Delta f_{\text{ET}}}{f_{\text{ET}}} + \frac{\Delta T_{\Phi}}{T_x} \right)$$

$$\delta_{T_x} = \pm \left( \frac{1}{10 \text{ MHz} \cdot 20 \text{ ms}} + 2 \cdot 10^{-6} + \frac{20 \mu\text{s}^2}{20 \text{ ms}} \right)$$

$$\delta_{T_x} = \pm (5 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-3}) \approx \pm 0,1\%$$

## Задачи

□ Решение Задача 3.

b) в режим на измерване на 100 периода и

$$\delta_{T_x} = \pm \left( \frac{1}{M \cdot f_{ET} T_x} + \frac{\Delta f_{ET}}{f_{ET}} + \frac{\Delta T_{\Phi}}{M \cdot T_x} \right)$$

$$\delta_{T_x} = \pm \left( \frac{1}{10 \text{ MHz} \cdot 2 \text{ s}} + 2 \cdot 10^{-6} + \frac{20 \mu\text{s}}{2 \text{ s}} \right)$$

$$\delta_{T_x} = \pm (5 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-3}) \approx \pm 0,001\%$$

## Задачи

□ Задача 4.

□ В режим на измерване на честота  
честотата  $f_x$  е

□ По-голяма от еталонната честота  $f_0$  или

□ По-малка от еталонната честота  $f_{0_2}$ .

## Задачи

---

### □ Задача 5.

- При велосипеден тахометър се генерира по 1 импулс при всеки оборот на колето.
- Броят на генерираните импулсите  $N$  е пропорционален на скоростта  $v$ :
  - В режим на измерване на период или
  - В режим на измерване на честота

## Задачи

---

### □ Задача 6

Измерва се неизвестна честота

$f_x$  ( $1 \text{ kHz} \leq f_x \leq 20 \text{ kHz}$ ),  $f_0 = 10 \text{ kHz}$

- Изведете зависимостите за грешките от дискретизация:
  - в режим на измерване на честота -  $f_{\text{QFM}}$  и
  - в режим на измерване на честота -  $f_{\text{QPM}}$
- Скицирайте на следната фигура изменението на тези грешки в зависимост от честотата  $f_x$

## Задачи

□ Решение задача 6.  $f_{\text{QFM}} = \frac{f_0}{f_X}$

1.

$f_X, \text{ kHz}$	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$f_{\text{QFM}} = \frac{f_0}{f_X}$	10	5	2,5	1,666	1,25	1	0,833	0,714	0,625	0,555	0,5

$$f_{\text{QPM}} = \frac{f_X}{f_0} \quad 2.$$

$f_X, \text{ kHz}$	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$f_{\text{QPM}} = \frac{f_X}{f_0}$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2

## Задачи

□ Решение задача 6.

$$f_{\text{QFM}} = \frac{f_0}{f_X}$$

$$f_{\text{QPM}} = \frac{f_X}{f_0}$$

