

Измервания в електрониката

Модул 8: Универсални броячи и анализатори на времеви интервали

8. Универсални броячи и анализатори на времеви интервали

8. Измерване на честотно-времеви параметри

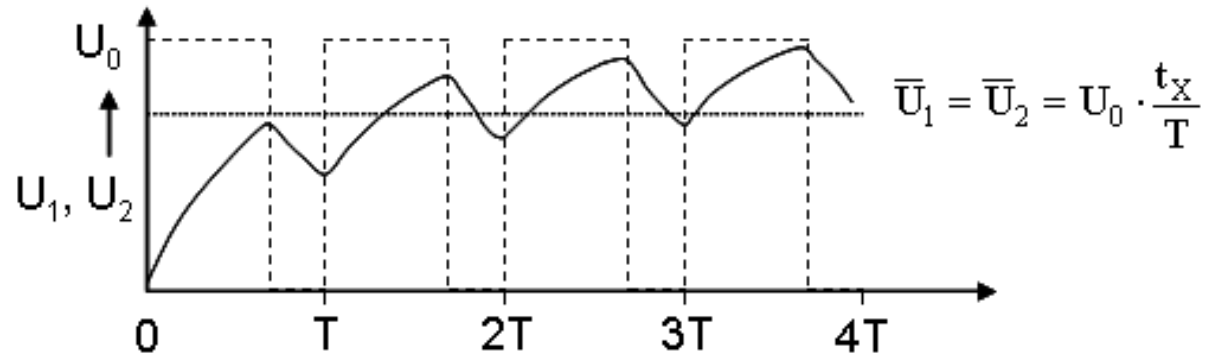
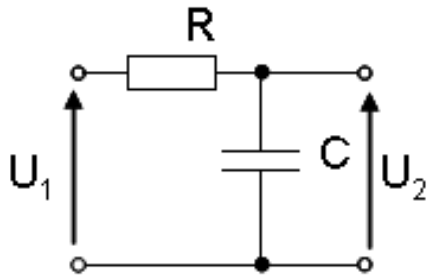
1. Основни определения и класификация
2. Преобразуватели честота напрежение
3. Цифрови методи за измерване на **честота, период и времеви интервали**
4. Измерване на фазови разлики
5. Универсални броячи

8.1. Основни определения и класификация

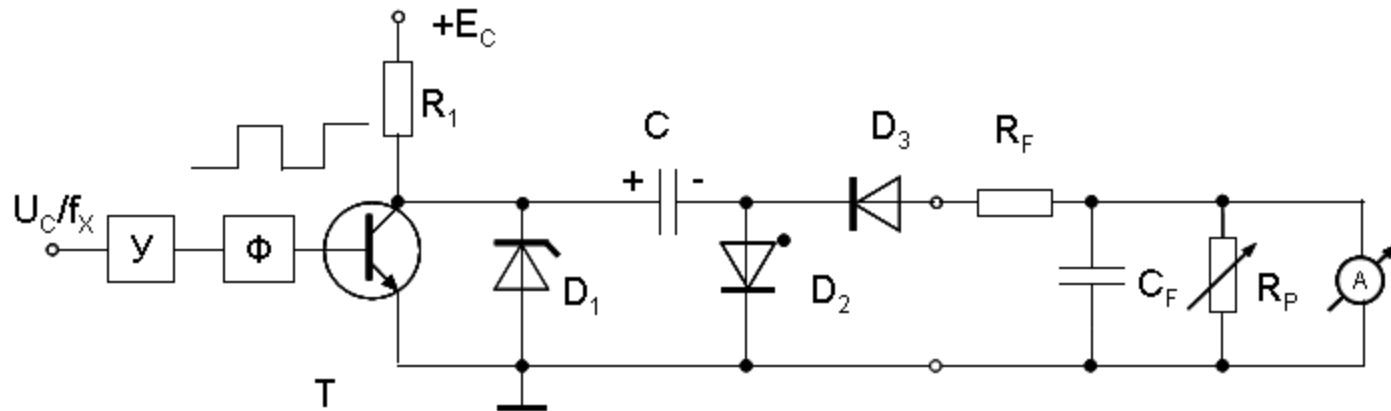
- Основни величини
 - Честота,
 - Период / времеви интервали,
 - Фазови разлики.
- Основни методи
 - Абсолютни,
 - Сравнителни,
 - Резонансни.

8.2. Преобразуватели честота - напрежение

- t/u преобразуване

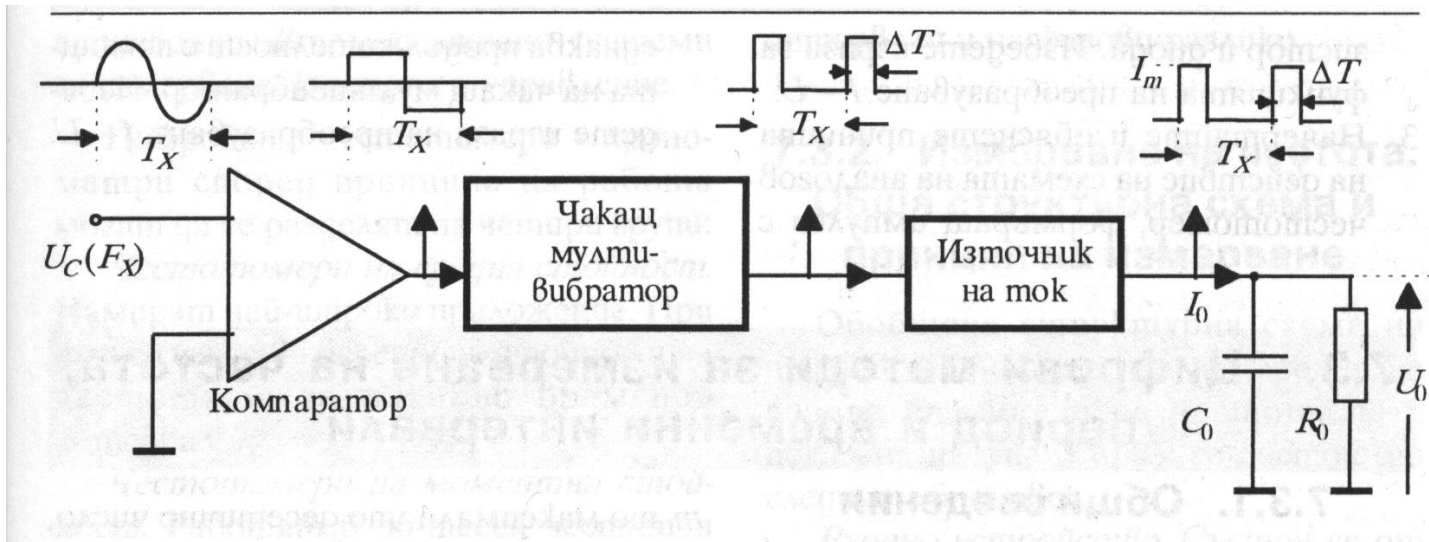


8.2. Преобразователи частота - напряжение



8.2. Преобразуватели честота напрежение

- Усъвършенствана схема



8.2. Преобразуватели честота напрежение

□ **Усъвършенствана схема**

$$Q_0 = I_m \Delta T$$

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

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

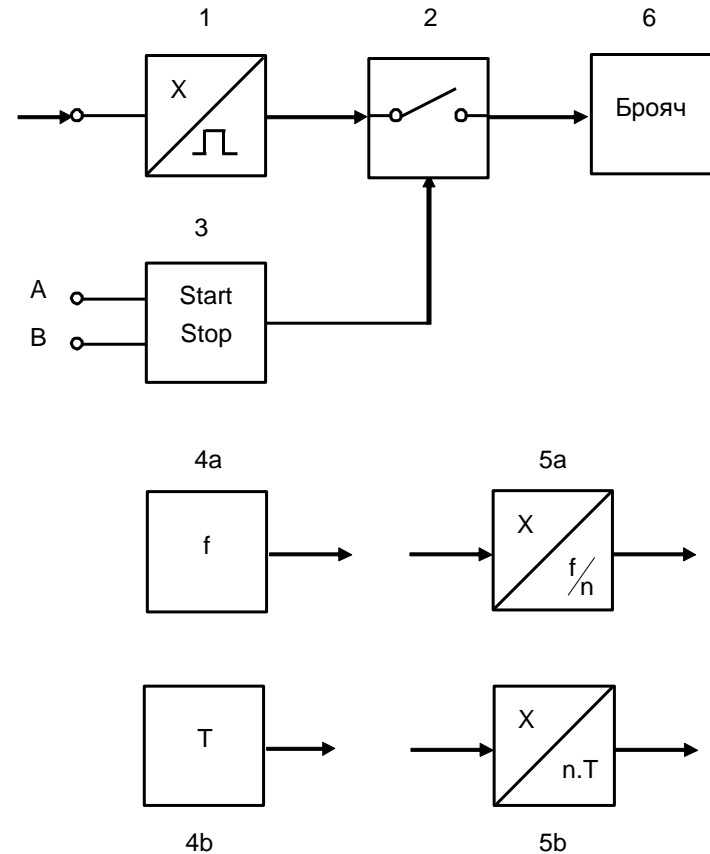
□ **Достатъчно изглаждане на пулсациите**

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

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

Основни блокове на универсалния брояч

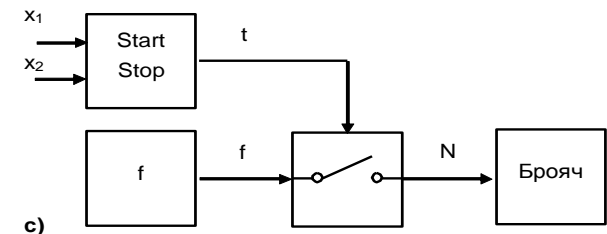
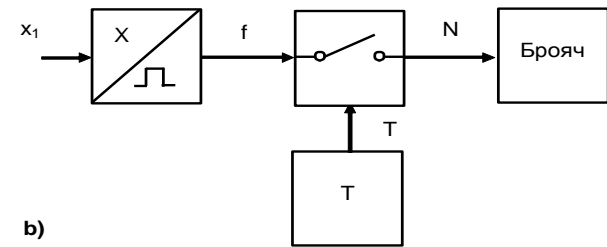
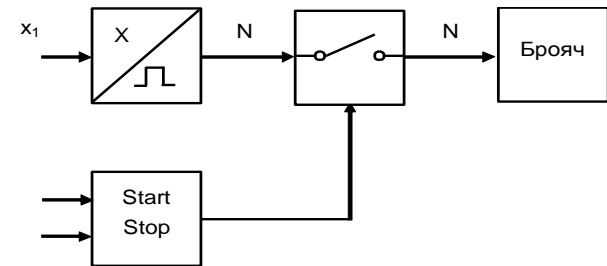
- (1) Формировател на импулси, (2) Електронна врата и (3) Управление на електронната врата,
- (4a) и (4b) Генератор на еталонна честота f или на период T)
- (5a) – делител на честота, (5b) – умножител на период
- (6) Брояч с индикация.



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

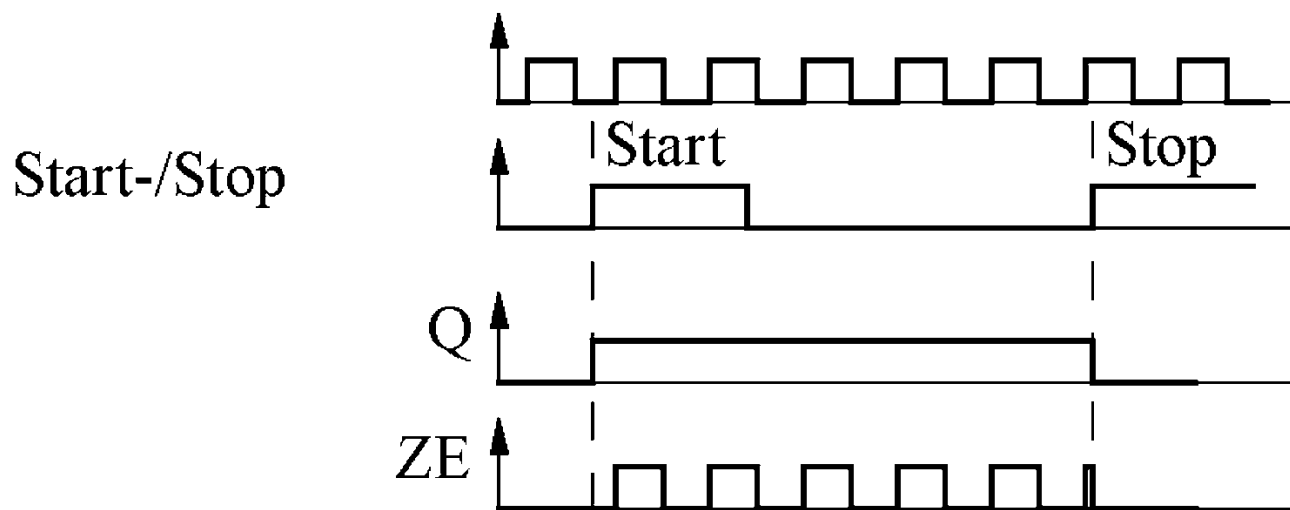
Приложения на универсалния брояч

- 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 .



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

- Принцип



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

Приложения на универсалния брояч

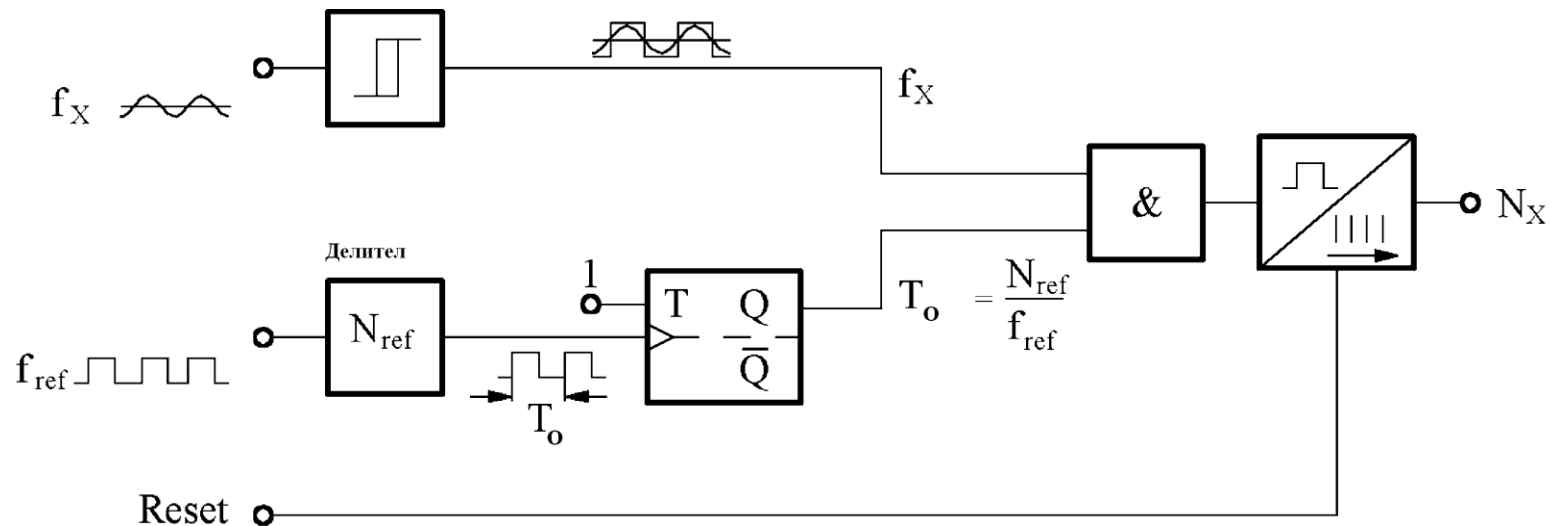
Цифрово измерване на честота

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

Цифрово измерване на честота

$$\frac{T_0}{T_x} = N \quad f_x \cdot T_0 = N$$

$$f_x = \frac{N}{T_0}$$



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 с измервателен интервал от 0,1 s и дава показание 187654.

- а) Каква е честотата на измервания сигнал?
- б) Изчислете относителната грешка на измерването.

Задачи

- Решение на Задача 1

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

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

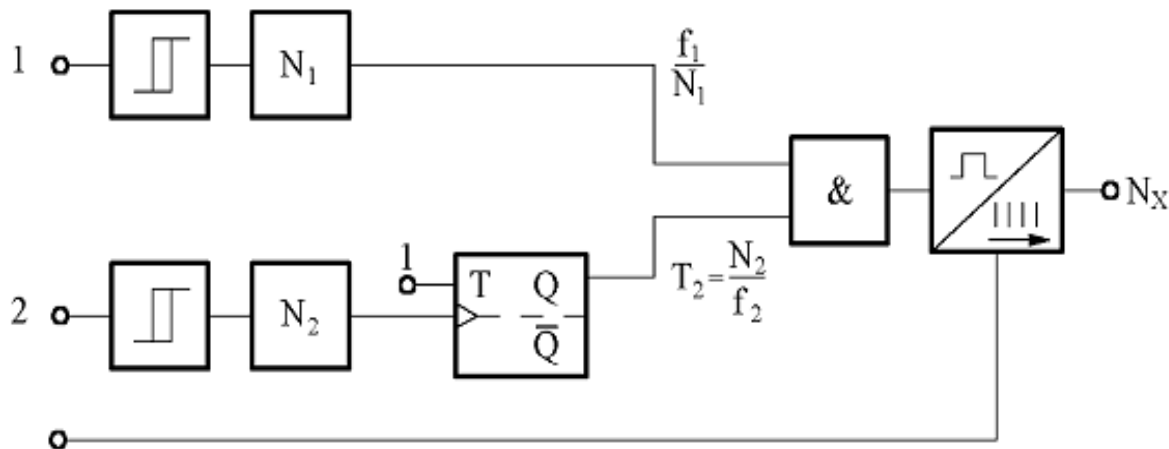
Цифрово измерване на отношение на 2 честоти

- Видоизменение на основната схема като:

- $f_X = f_1 / N_1$

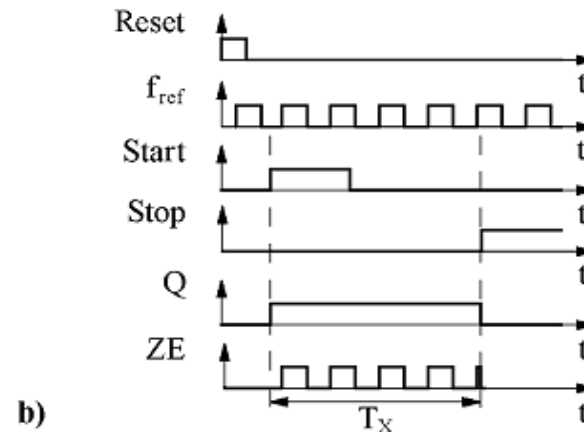
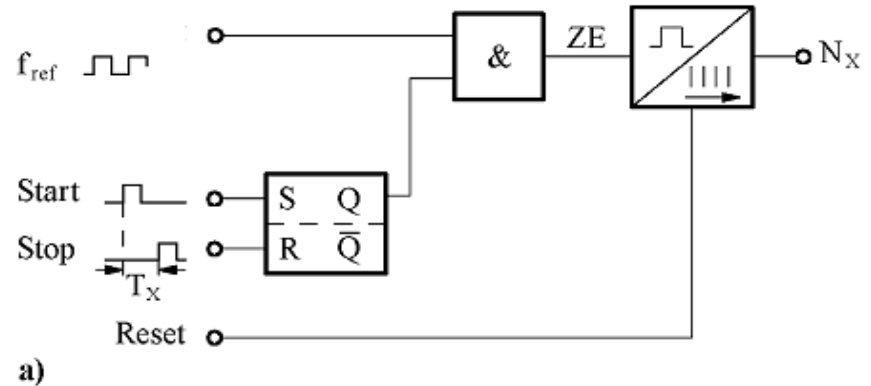
- $T_0 = N_2 / f_2$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{N_1}{N_2} N_X$$



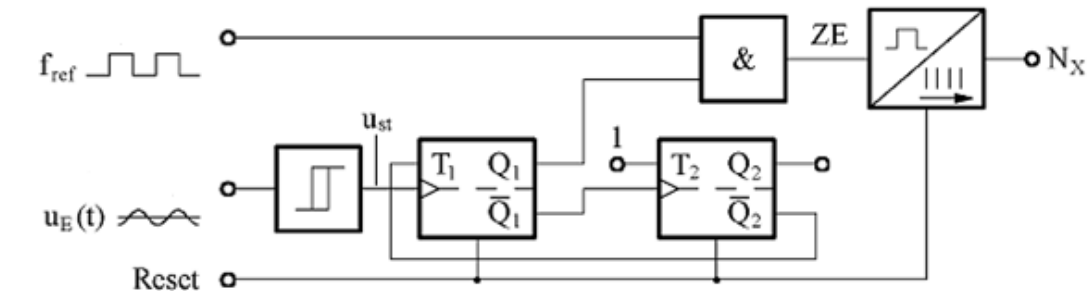
Цифрово измерване на времеви интервали

- $\frac{T_x}{T_{ref}} = N_x$
- $T_x = \frac{N_x}{f_{ref}}$

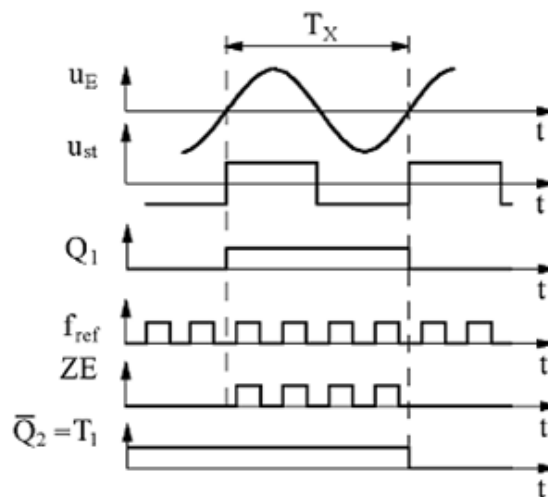


Цифрово измерване на период

- -



a)



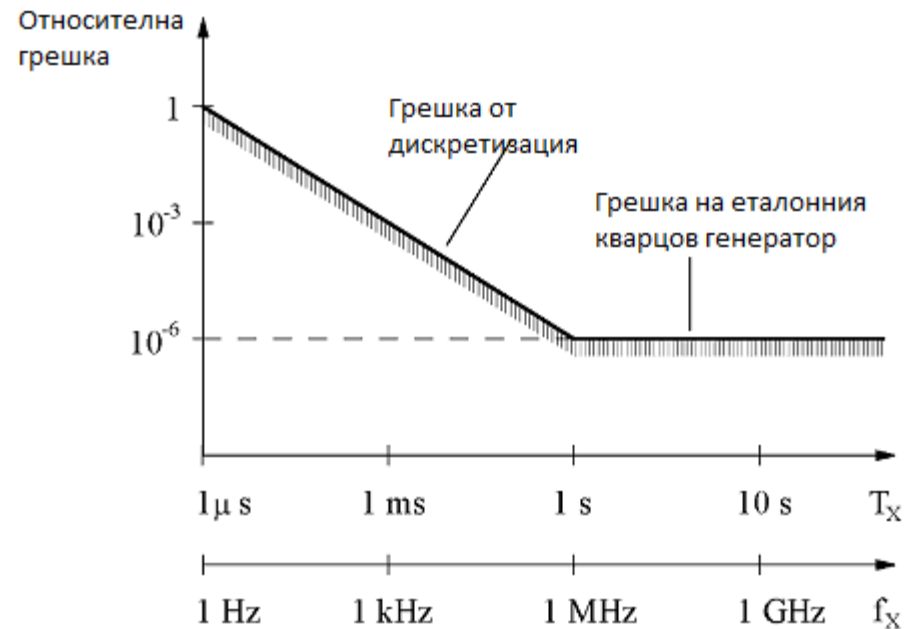
b)

Задачи

- **Задача 2.**
- Широчината на един импулс $T_i = 6 \mu\text{s}$ 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)?

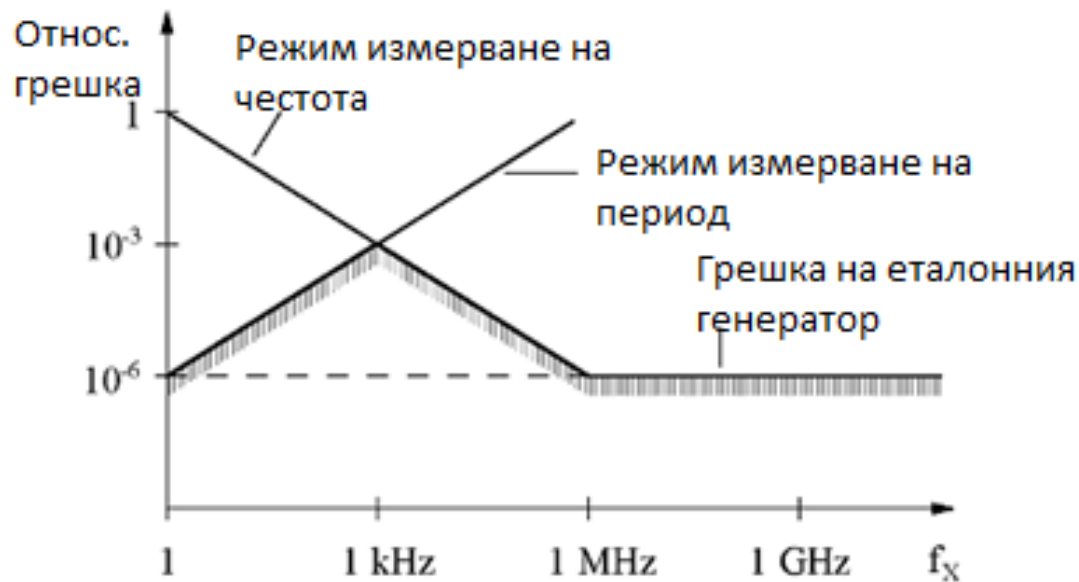
Грешки при измерване на честота

- - $\frac{\Delta f_0}{f_0} = \pm 1 \cdot 10^{-6}$
- - $T_0 = 1 \text{ s}$



Грешки при измерване на честота

- Сравнение на грешките



Задачи

- Решение на Задача 2.

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

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

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

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

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!

8.3.3. Измерване на период

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

□ При измерване и осредняване за M периода - ?

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

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 $\Delta T_{\phi} = \pm 20 \cdot 10^{-6} \text{ s}$.
 - 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.

а) в режим на измерване на 1 период

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

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

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

Задачи

- Решение Задача 3.

b) в режим на измерване на 100 периода и

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

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

$$\delta_{T_X} = \pm (5 \cdot 10^{-8} + 2 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-5}) \approx \pm 0,001\%$$

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

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_{QFM} и
 - в режим на измерване на период - f_{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, kHz	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$f_{\text{QFM}} = \frac{f_0}{f_x}$											

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

2.

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

Задачи

- Решение задача 6. $f_{\text{QFM}} = \frac{f_0}{f_x}$

1.

f_x, 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

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

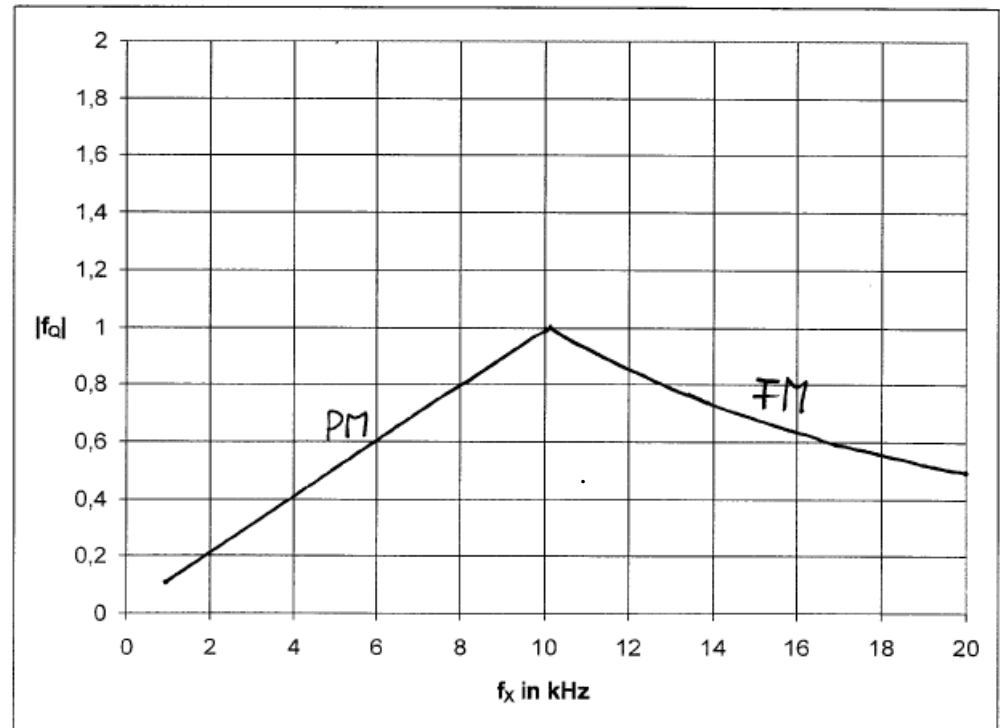
f_x, kHz	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$f_{\text{QPM}} = \frac{f_x}{f_0}$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2

Задачи

- Решение задача 6.

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

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



Благодаря за вниманието!