

Измервания на физични величини

Генератори на сигнали

Съдържание

- Видове сигнали
- Класификация и основни характеристики
- Генератори на средночестотни синусоидални сигнали
- Постояннотокови захранващи източници
- Функционални генератори
- Импулсни генератори
- Генератори на произволна форма
- Кварцови генератори

Видове сигнали

Сигнали

```
graph TD; A[Сигнали] --> B[Периодични]; A --> C[Непериодични]; B --> D[Синусоидални]; B --> E[Импулсни]; B --> F[Триъгълни]; B --> G[Произволни];
```

Периодични

Непериодични

Синусоидални

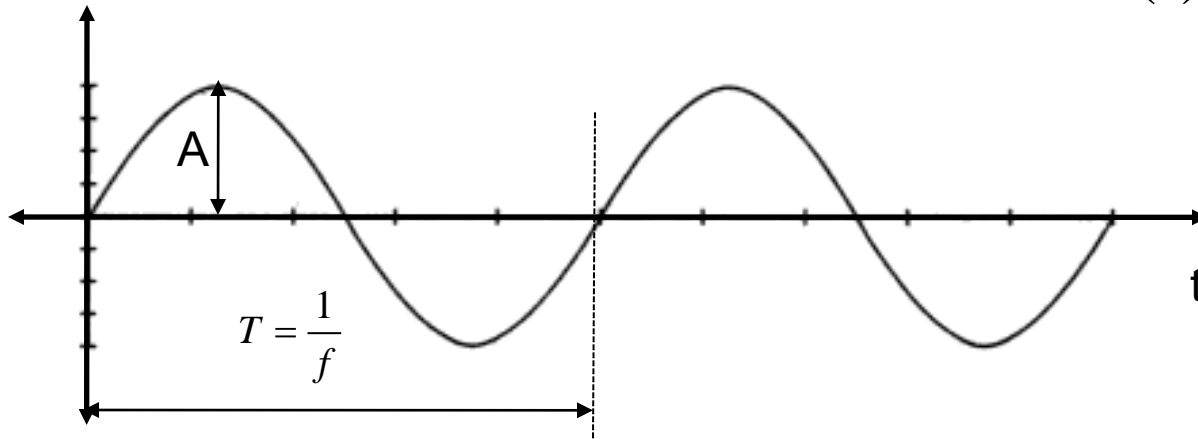
Импулсни

Триъгълни

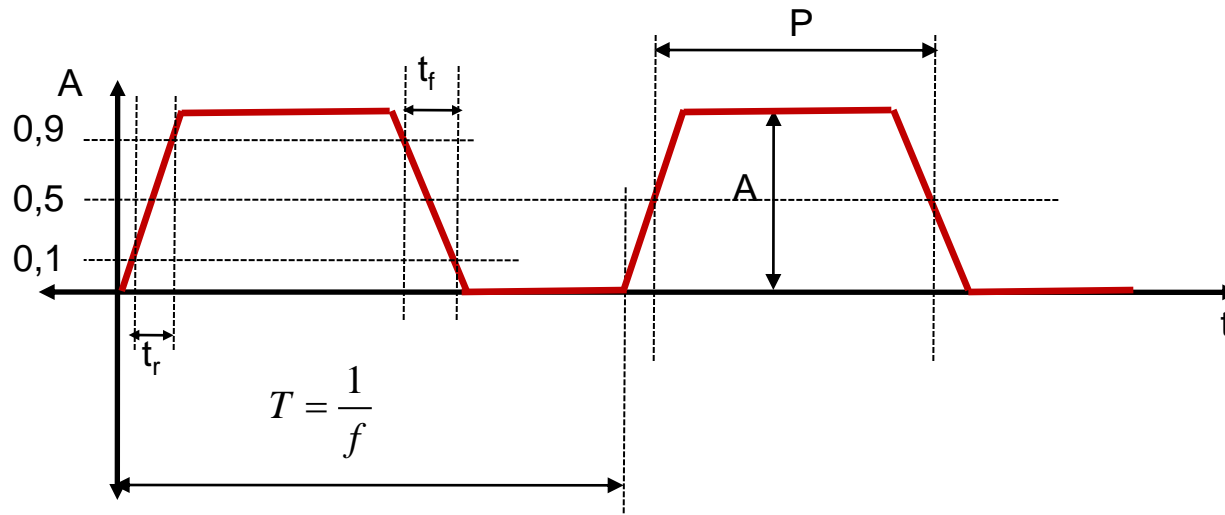
Произволни

Синусоидални сигнали

$$s(t) = A \sin 2\pi f t$$



Импулсни сигнали



A – амплитуда на сигнала;

T - период;

f – честота;

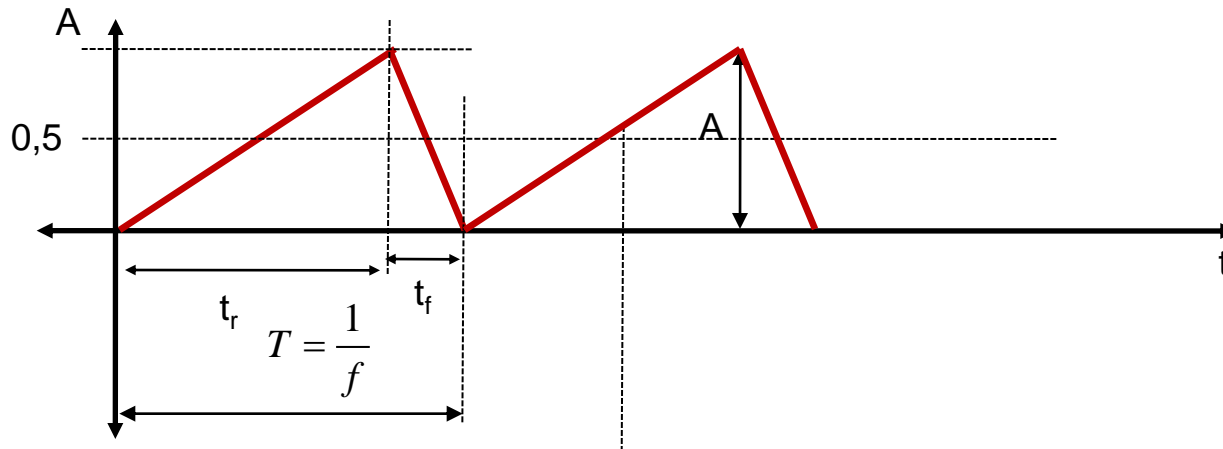
t_r – фронт на нарастване;

t_f – фронт на спадане;

P - продължителност на високото ниво;

$D = \frac{P}{T}$ коефициент на запълване.

Триъгълни сигнали



A – амплитуда на сигнала;

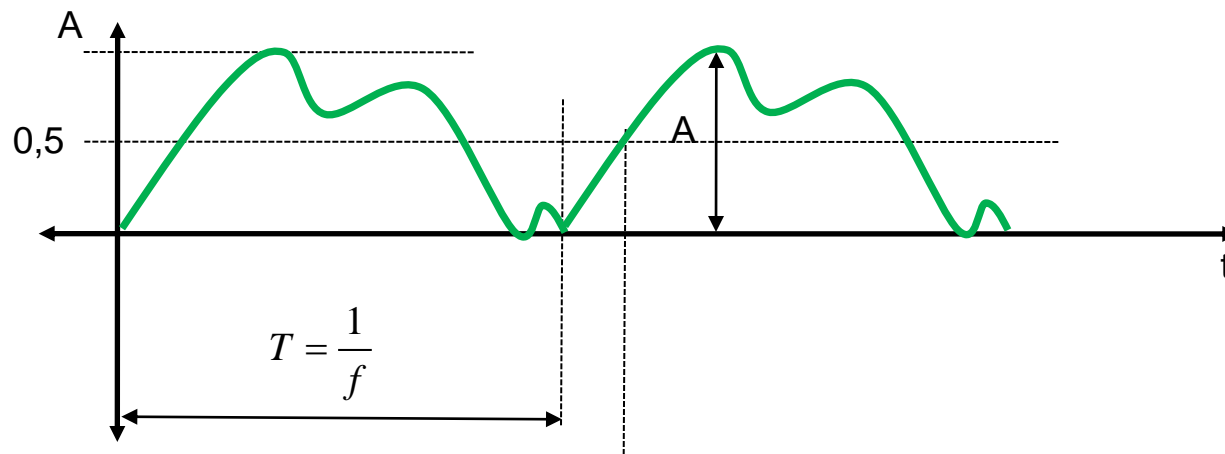
T- период;

f – честота;

t_r – време на нарастване;

t_f – време на спадане;

Произволни сигнали



A – максимална стойност
на сигнала;
T- период;
f – честота;

Класификация и основни характеристики

Определение

Генераторите са устройства, преобразуващи постояннотоковата енергия на хранващия източник в електрически трептения с определена форма, амплитуда и честота.

Служат за стимулиране при изследване на електронни елементи, схеми и устройства.

Класификация според формата на генерирания сигнал

Генератори на постоянни сигнали

Синусоидални (сигнал) генератори

Функционални генератори

Импулсни генератори

Генератори на произволни функции

Генератори на шум

Според обхвата на генерираната честота

Нискочестотни – 0,001 – 100 Hz

Средночестотни – 20 – 200 kHz

Високочестотни – 100 – 100 MHz

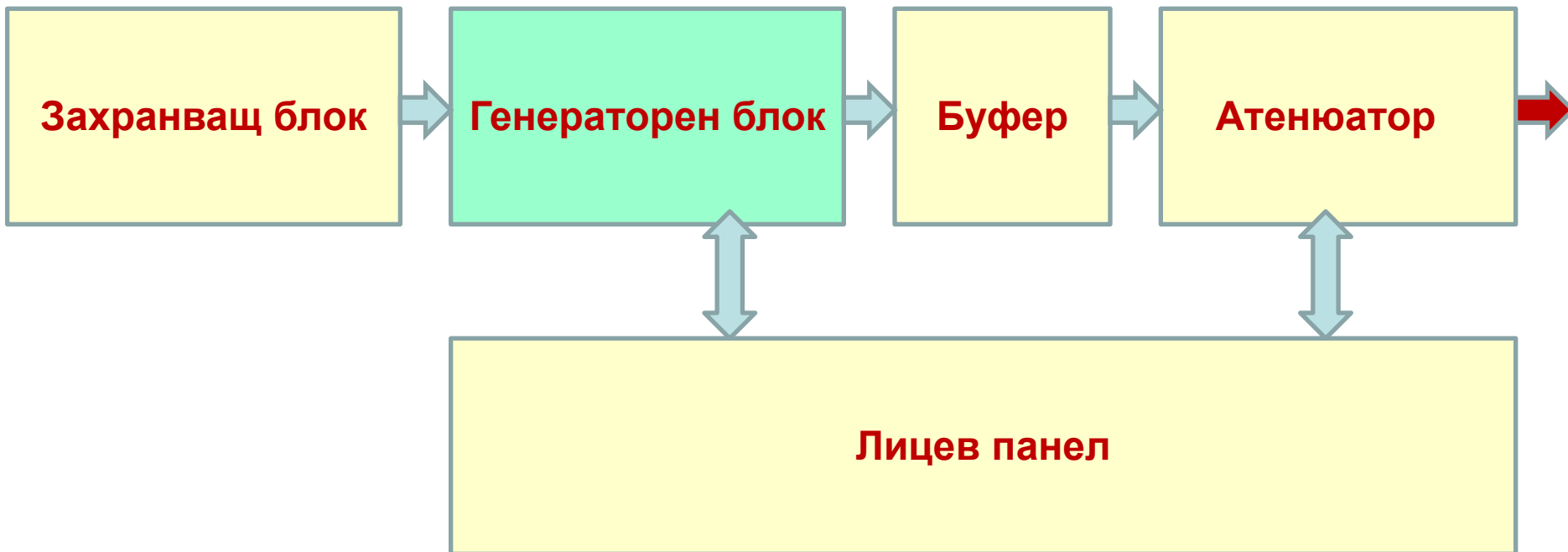
Свръхвисокочестотни 100 MHz – 10 GHz

Микровълнови – над 10 GHz

Основни характеристики

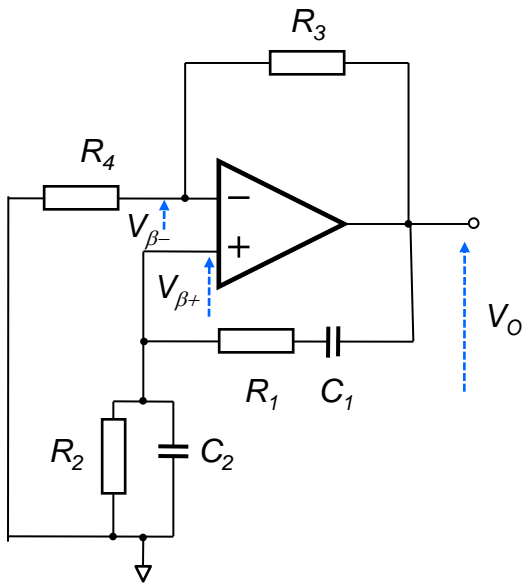
- Видове генерирани форми
- Честотен обхват – честотите в границите между минималната и максималната честота, които генераторът може да възпроизведе при запазване на останалите параметри на сигнала
- Нестабилност на честотата
- Амплитуда (задава се като ефективна стойност на генерираните сигнали)
- Точност на задаване на честотата и амплитудата
- Нестабилност на амплитудата
- Нелинейни изкривявания
- Видове модуляции
- Изходна мощност
- Изходно съпротивление

Генератори на средночестотни синусоидални сигнали



Генератори на средночестотни синусоидални сигнали

Задавац генератор



$$\dot{A}_{F^+} = \frac{\dot{A}_F}{1 - \dot{\beta}^+ \dot{A}_F}$$

$$\beta^+ e^{j\varphi_{\beta^+}} A_F e^{j\varphi_{A_F}} = 1$$

Генератори на средночестотни синусоидални сигнали

Амплитудно и фазово условие
за самовъзбуждане

$$\dot{A}_{F^+} = \frac{\dot{A}_F}{1 - \dot{\beta}^+ \dot{A}_F}$$

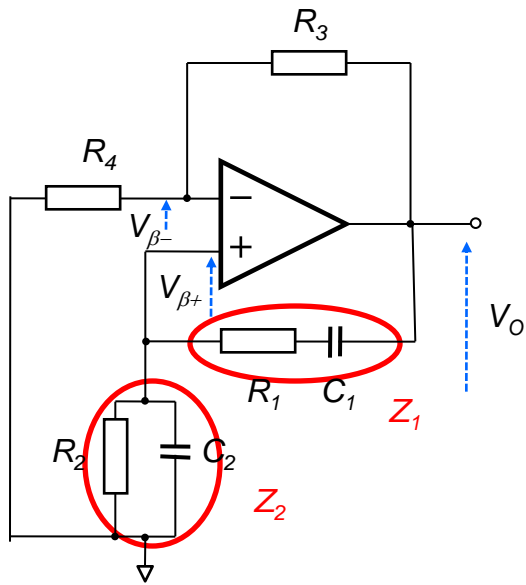
$$\beta^+ \cdot e^{j\varphi_{\beta^+}} \cdot A_F \cdot e^{j\varphi_{A_F}} = 1$$

$$\beta^+ \cdot A_F = 1$$

$$\varphi_{\beta^+} + \varphi_{A_F} = 0$$

Генератори на средночестотни синусоидални сигнали

За β^+ :



$$\begin{aligned}
 \beta^+ &= \frac{V_{\beta^+}}{V_0} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{1}{1 + \frac{Z_1}{Z_2}} = \\
 &= \frac{1}{1 + \frac{(1 + j\omega R_1 C_1) \cdot (1 + j\omega R_2 C_2)}{j\omega C_1 R_2}} = \\
 &= \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega C_1 R_2} + \frac{j\omega R_1 C_1}{j\omega R_2 C_1} + \frac{j\omega R_2 C_2}{j\omega R_2 C_1} + \frac{j\omega R_1 C_1}{j\omega C_1} \cdot \frac{j\omega R_2 C_2}{R_2}} = \\
 &= \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + \frac{1}{j\omega R_2 C_1} + j\omega R_1 C_2}
 \end{aligned}$$

Генератори на средночестотни синусоидални сигнали

Ако ОУ работи под граничната честота \rightarrow

A_F – реален, честотно независим коефициент \rightarrow

$\varphi_F = 0$, а оттук и

β^+ – реално число.

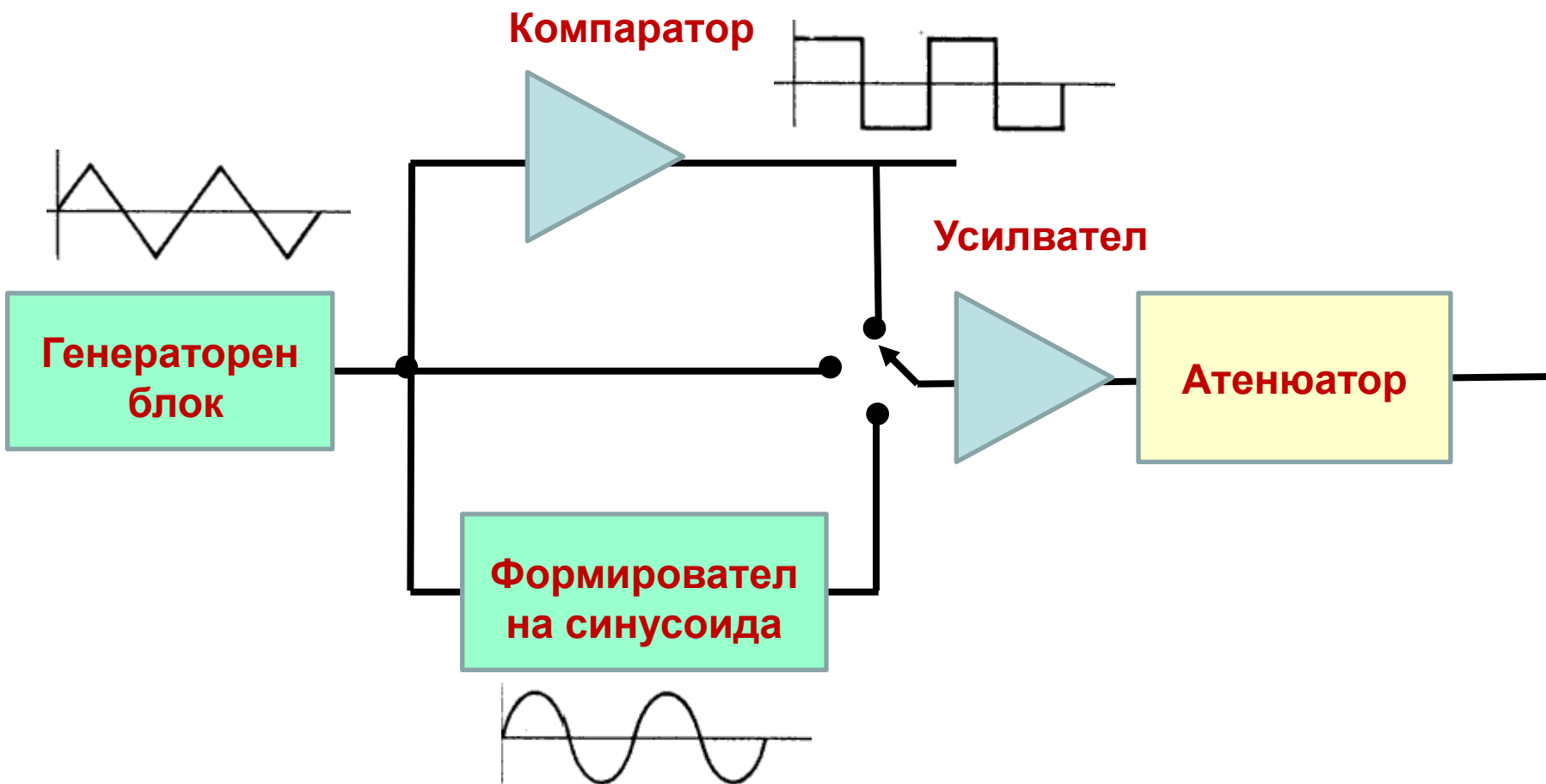
$$\beta^+ = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + \frac{1}{j\omega R_2 C_1} + j\omega R_1 C_2} \Rightarrow \left(\frac{1}{j\omega_0 R_2 C_1} + j\omega_0 R_1 C_2 \right) = 0 \Rightarrow j\omega_0 \left(-\frac{1}{\omega_0^2 R_2 C_1} + R_1 C_2 \right) = 0 \Rightarrow$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2} \Rightarrow \text{за } R_1 = R_2 = R \text{ и } C_1 = C_2 = C \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$\beta^+ = \frac{1}{3} \quad A_F = 1 + \frac{R_3}{R_4} = 3 \text{ за } R_3 = 2R_4$$

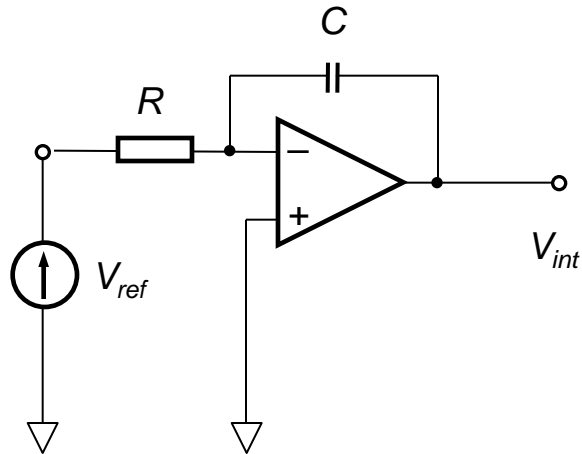
$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Функционални генератори



Функционални генератори

Интегратор



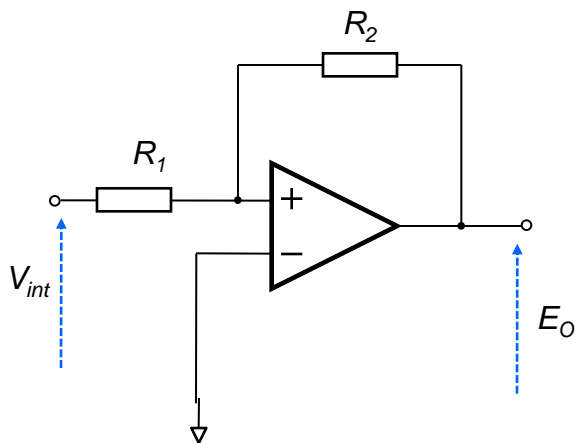
$$V_{int} = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^t V_{ref} dt = -\frac{1}{RC} (t - t_0)$$

$$V_{int}(t_0) = 0$$

$$V_{int}(t_1) = -\frac{1}{RC} V_{ref} (t_1 - t_0)$$

Функционални генератори

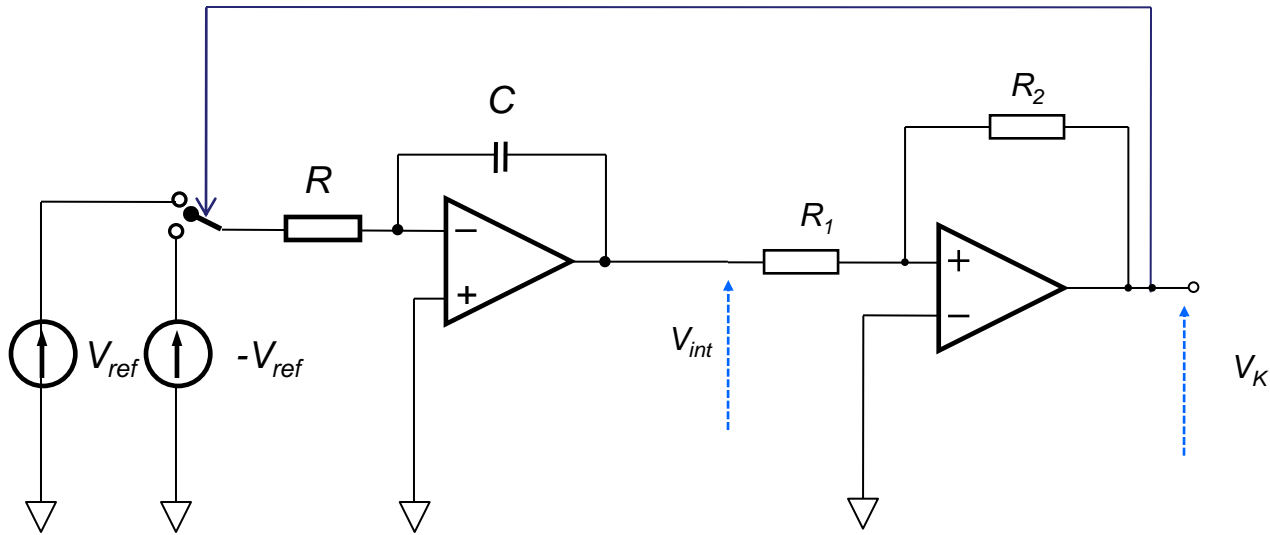
Компаратор



$$E_0 = -V_{int} \frac{R_2}{R_1}$$

Функционални генератори

Структурна схема



$$V_{int}(t_1) = -\frac{1}{RC} V_{ref}(t_1 - t_0)$$

$$E_0 = -V_{int} \frac{R_2}{R_1}$$

Функционални генератори

Честота на генериране

$$V_{\text{int}} = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^t V_{\text{ref}} dt = -\frac{1}{RC} (t - t_0)$$

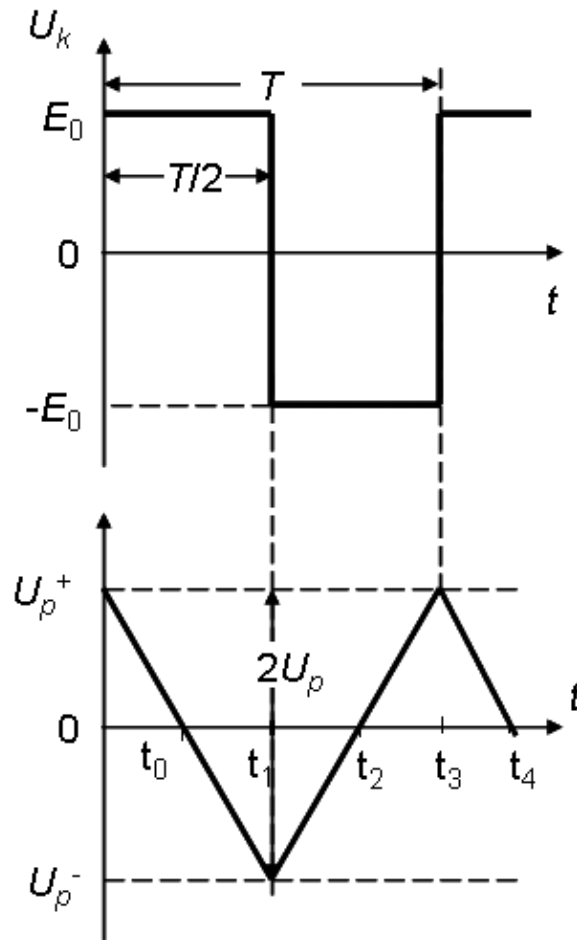
$$V_{\text{int}}(t_0) = 0$$

$$V_{\text{int}}(t_1) = -\frac{1}{RC} V_{\text{ref}} (t_1 - t_0) = -E_0 \frac{R_1}{R_2}$$

$$t_1 - t_0 = RC \frac{R_1}{R_2} \frac{E_0}{V_{\text{ref}}}$$

$$T = 4(t_1 - t_0) = 4RC \frac{R_1}{R_2} \frac{E_0}{V_{\text{ref}}} = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{4RC} \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{V_{\text{ref}}}{E_0}$$



Импулсни генератори

Параметри на реален импулс

A – амплитуда на сигнала;

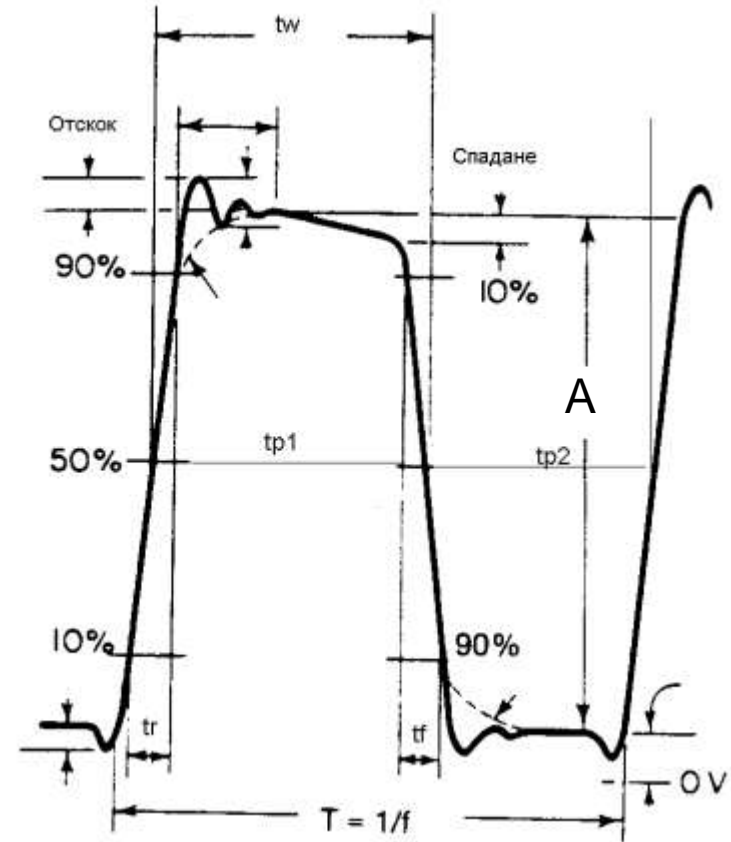
T- период;

f – честота;

t_r – фронт на нарастване;

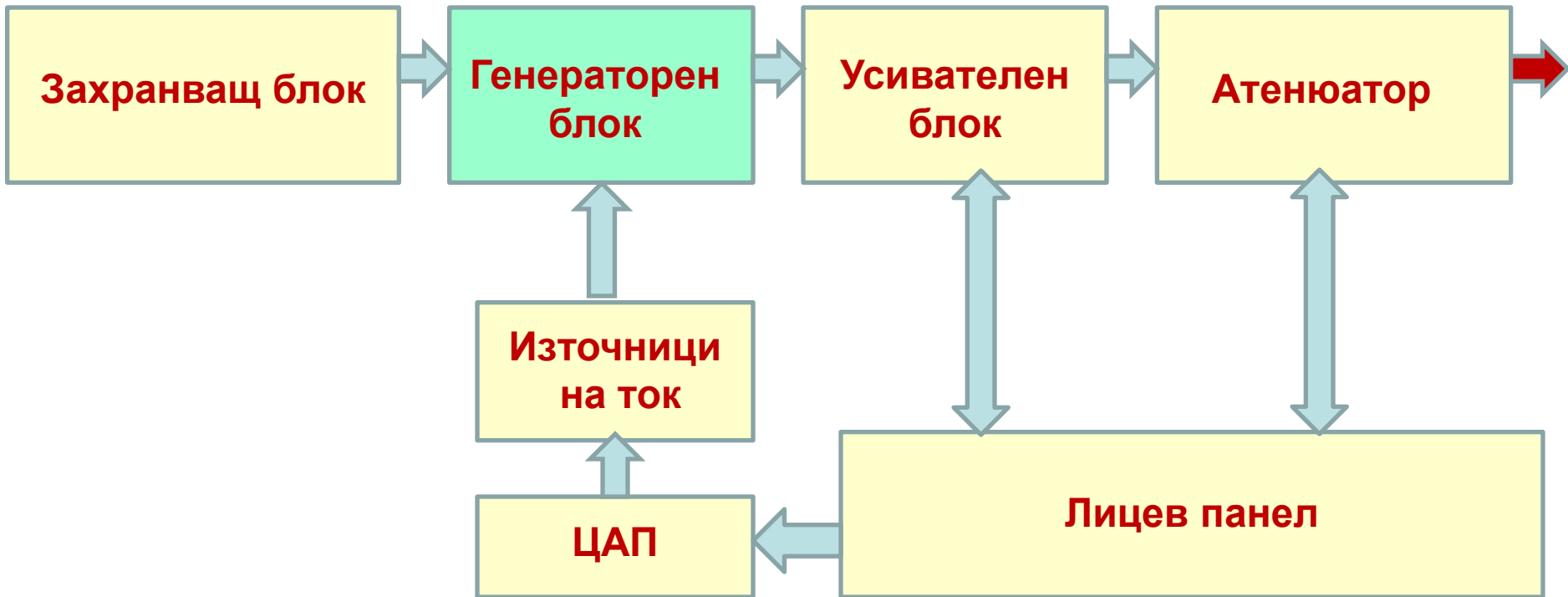
t_f – фронт на спадане;

t_w – продължителност на високото ниво;



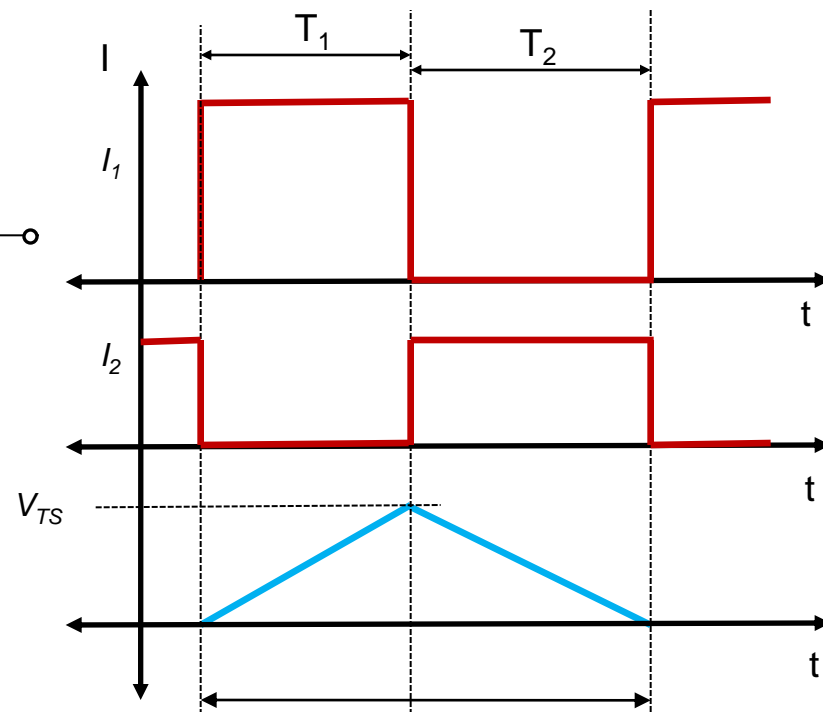
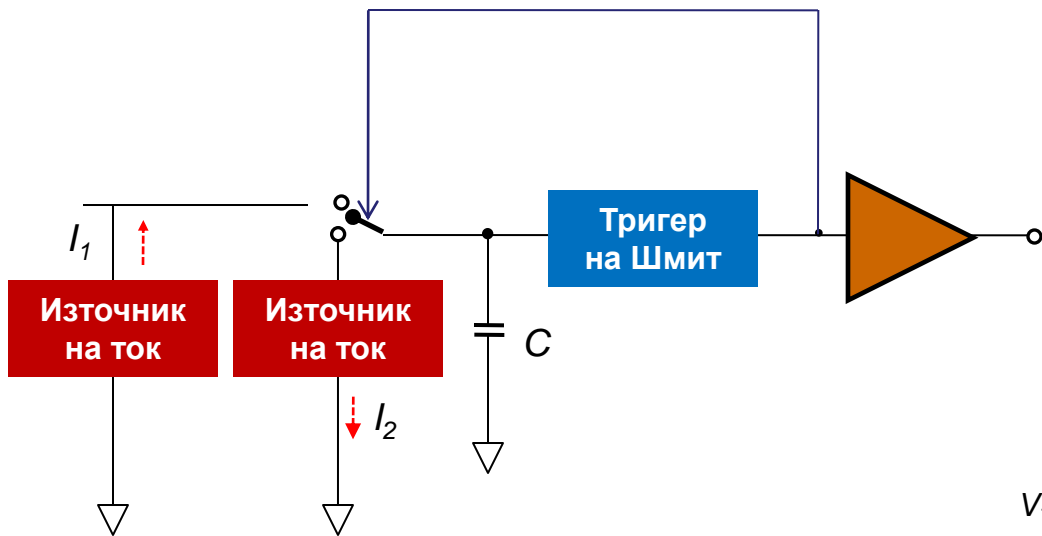
Импулсни генератори

Блокова схема



Импулсни генератори

Генераторен блок



$I_1 + I_2$ – определя периода

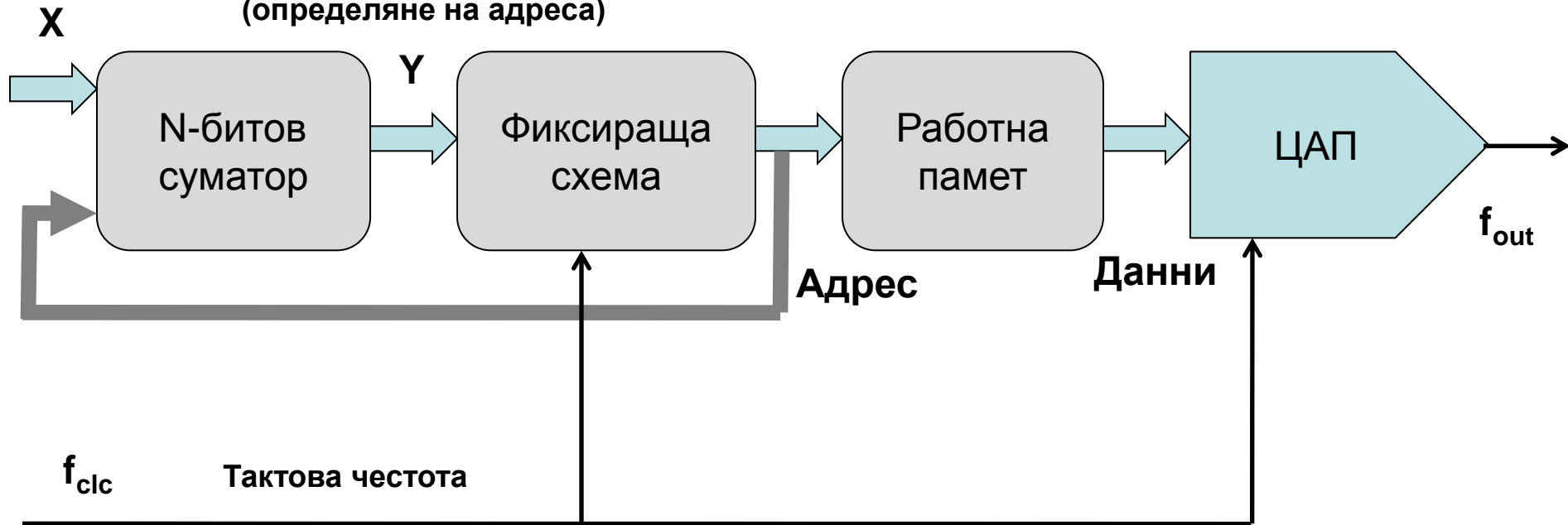
I_1 / I_2 – определя коэффициента на запълване

$$T = \frac{1}{f}$$

Генератори на произволна форма

AWG- Arbitrary Waveform Generator

Фазов акумулатор
(определяне на адреса)



X – управление на честотата (нарастване на фазата)

Y=2^N N- разрядност на фазовия акумулатор (брояч)

$$f_{out} = \frac{X}{Y} f_{clc}$$

Генератори на произволна форма

X = 1

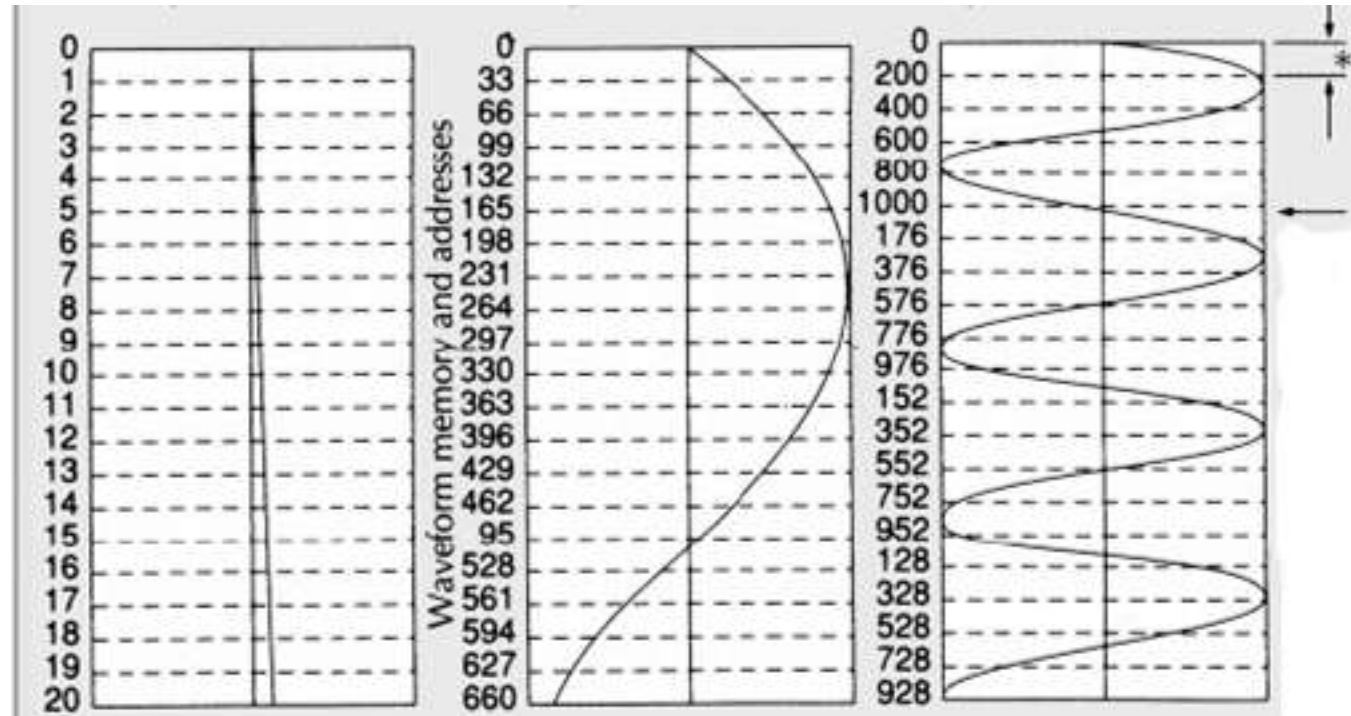
X = 33

X = 200

$$f_{out} = \frac{X}{Y} f_{clc}$$

$$Y = 2^{10} = 1024$$

$$f_{clc} = 10,24 \text{ MHz}$$



$f_{out} = 1 \text{ kHz}$

$f_{out} = 33 \text{ kHz}$

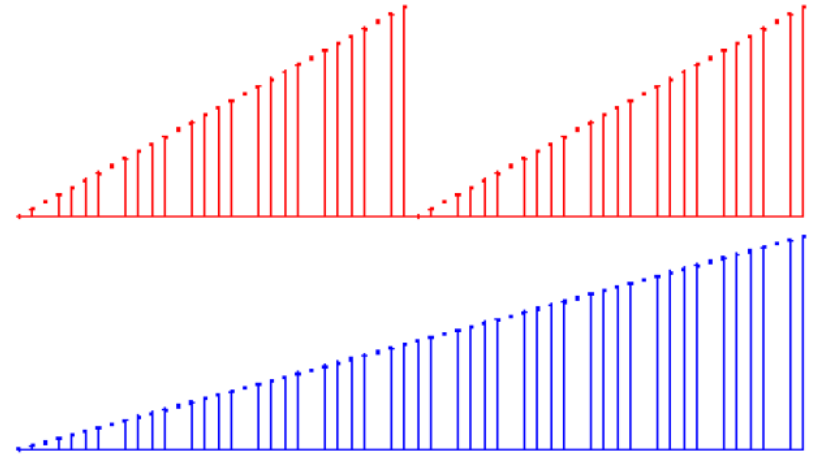
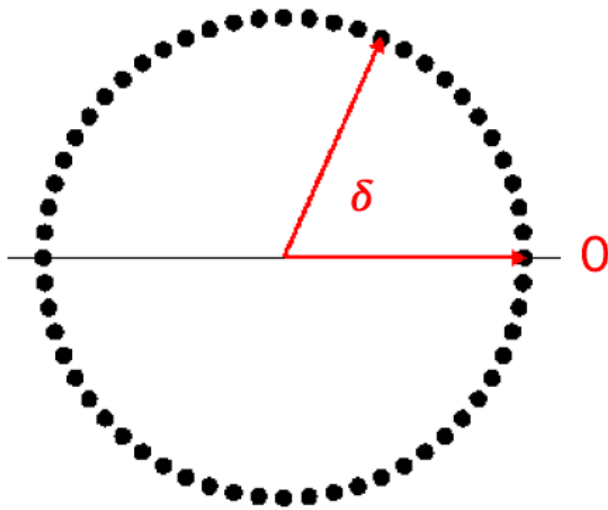
$f_{out} = 2 \text{ MHz}$

X – управление на честотата (нарастване на фазата)

$Y=2^N$ N- разрядност на фазовия акумулатор (брояч)

Генератори на произволна форма

Фазов акумулатор



X – управлява нарастване на фазата - δ

$$\frac{0}{360}; \frac{60}{360}; \frac{120}{360}; \frac{180}{360}; \frac{240}{360}; \frac{300}{360}; \frac{360}{360}; \frac{60}{360} \dots$$

0;0,17;0,33;0,5;0,66;0,83;0;0,17.....

Генератори на произволна форма

Предимства:

- Честотата е цифрово настройваема с точност до микрохерци;
- Цифрово управление на фазата;
- Относително елементарно изпълнение
- Точността на изходната честота зависи само от стабилността на тактовия генератор;
- Възможност за генериране на произволни форми.

Недостатъци:

- Честотна лента до половината на тактовата честота;
- Наличие на нелинейни изкривявания.

Генератори на произволна форма

Основни технически характеристики

- Амплитуда на изходния сигнал;
- Брой канали
- Честотна лента;
- Вградени форми на сигнали;
- Нелинейни изкривявания;
- Тактова честота
- Стабилността на тактовия генератор;
- Обем на работната памет;
- Постояннотоково отместване;
- Видове модуляции.

Кварцови генератори

Кварцов резонатор – електромеханична трептяща система.

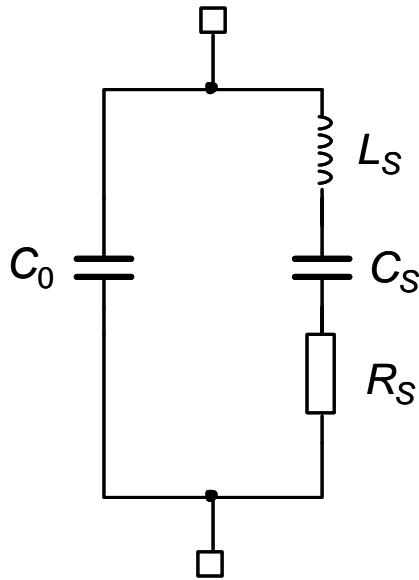
Използва се основно в генератори на трептения с еталонна честота, осцилатори за високочестотни предаватели и приемници и др.

Пиезоелектричество – свойство на някои материали да трансформират механичните деформации по една от геометричните му оси в електрически потенциал по друга ос – *прав пиезоефект* и *обратен пиезоефект* – приложеното напрежение деформира механично кристала.

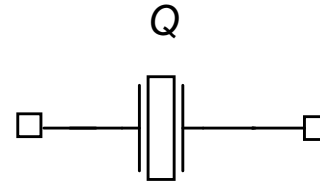
При включване на кварцовия кристал във верига за променлив ток, вследствие на правия и обратния пиезоефект се генерира напрежение с определена честота (резонансна).

Тази честота зависи от вида на кристала, формата на пластината, типа на среза, електродите и др.

Кварцови генератори



Еквивалентна схема



Символно означение

C_0 - статичен междуелектроден капацитет;
 L_S , C_S и R_S – динамични параметри на серийните трептящи кръгове.

Кварцови генератори

R_S отчита всички загуби на енергия при трептене на резонатора, като излъчване на ултразвук, триене между частиците на кварца, триене между кварца и електродите и др.

$$R_S = K_R \frac{S_E}{d}$$

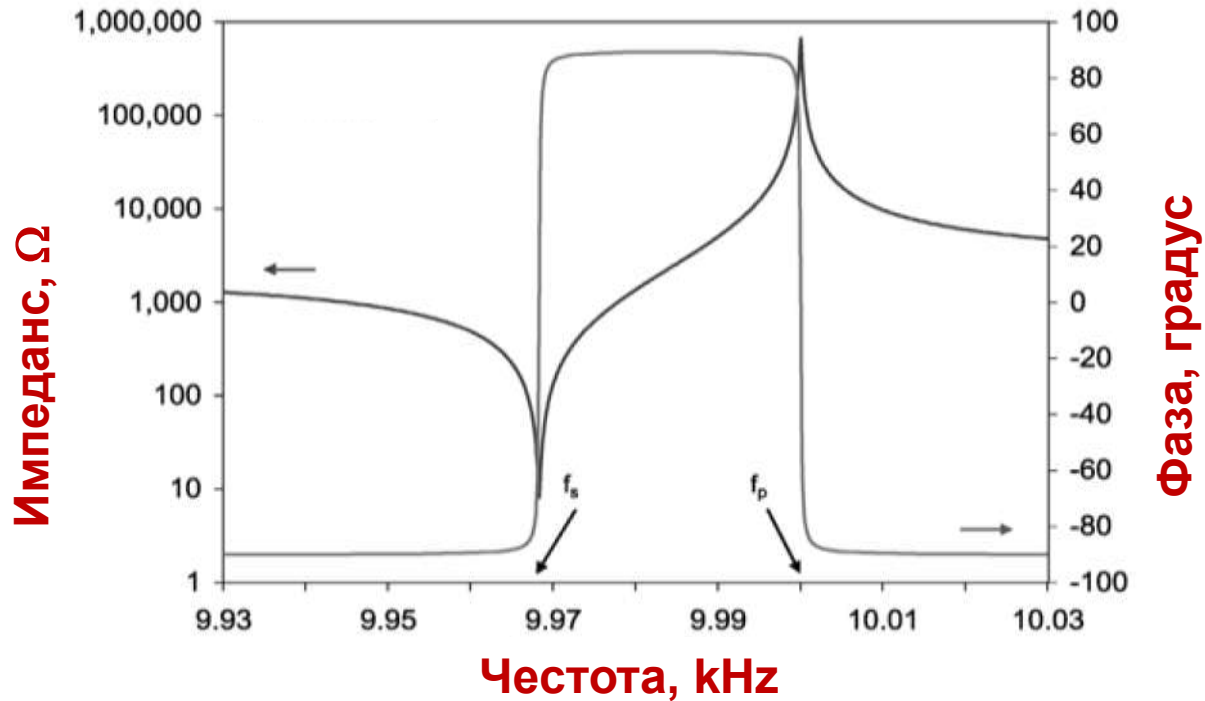
където d е дебелината на пластината, S_E – площ на електродите и K_R – коефициент, зависещ от ориентацията на пластината, степента на механична обработка, дебелината на електродите и др.

L_S отчита инерционните свойства на резонатора като механична трептяща система.

$$L_S = K_L \frac{d^3}{S_{eff}}$$

където K_L е коефициент, зависещ от ориентацията на пластината и S_{eff} – ефективна повърхност на кварцовата пластина.

Кварцови генератори

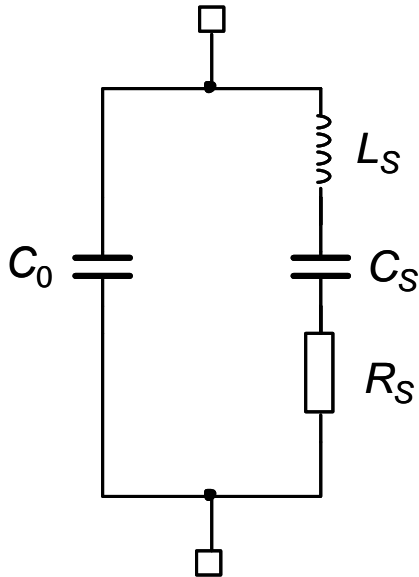


Импедансна характеристика на кварцов кристал

Кристалът има две собствени резонансни честоти: серийна f_s и паралелна f_p .

Кварцови генератори

Връзката между резонансните честоти и параметрите на еквивалентната схема се дава с изразите:



Еквивалентна схема

Сериен резонанс

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S C_S}}$$

Паралелен резонанс

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S \frac{C_S C_0}{C_S + C_0}}} \approx f_s \left(1 + \frac{C_S}{2C_0}\right)$$

**Качествен фактор -
отношение на реактивно
към активно съпротивление**

$$Q = \frac{2\pi f_s L_S}{R_S}$$

Кварцови генератори

В зависимост от температурната стабилизация на основната честота се използват следните видове кварцови резонатори:

- ✓ некомпенсиран осцилатор;
- ✓ температурно компенсиран осцилатор;
- ✓ математически температурно компенсиран осцилатор;
- ✓ термостатиран осцилатор.

Кварцови генератори

V_T – настройващо напрежение

V_O – изходно напрежение

