

Измервания на физични величини

Електронни осцилоскопи

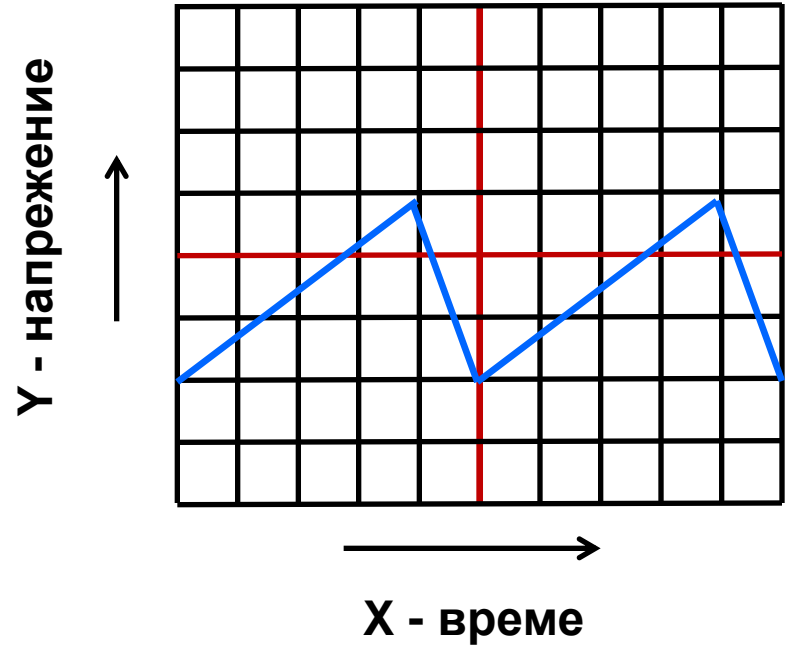
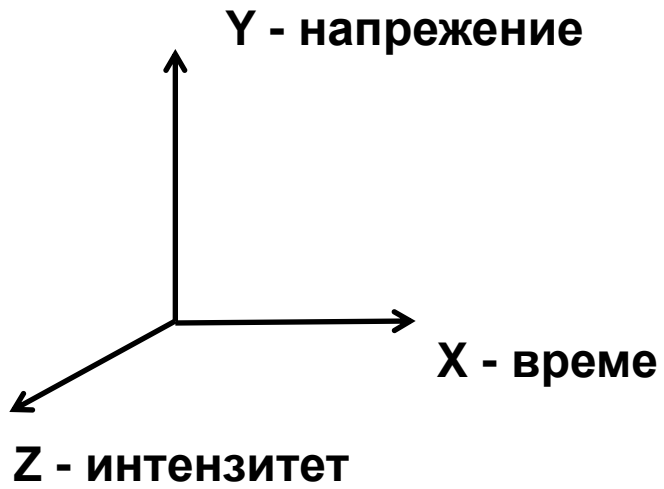
Съдържание

- **Аналогови осцилоскопи**
- **Основни параметри и техника на използване**
- **Цифрови осцилоскопи**
- **Измервателни пробници**

Предназначение

- Възможност за реконструиране и изследване на периодични и непериодични сигнали.
- Възможност за измерване на повечето от параметрите, характеризиращи електрическите сигнали.

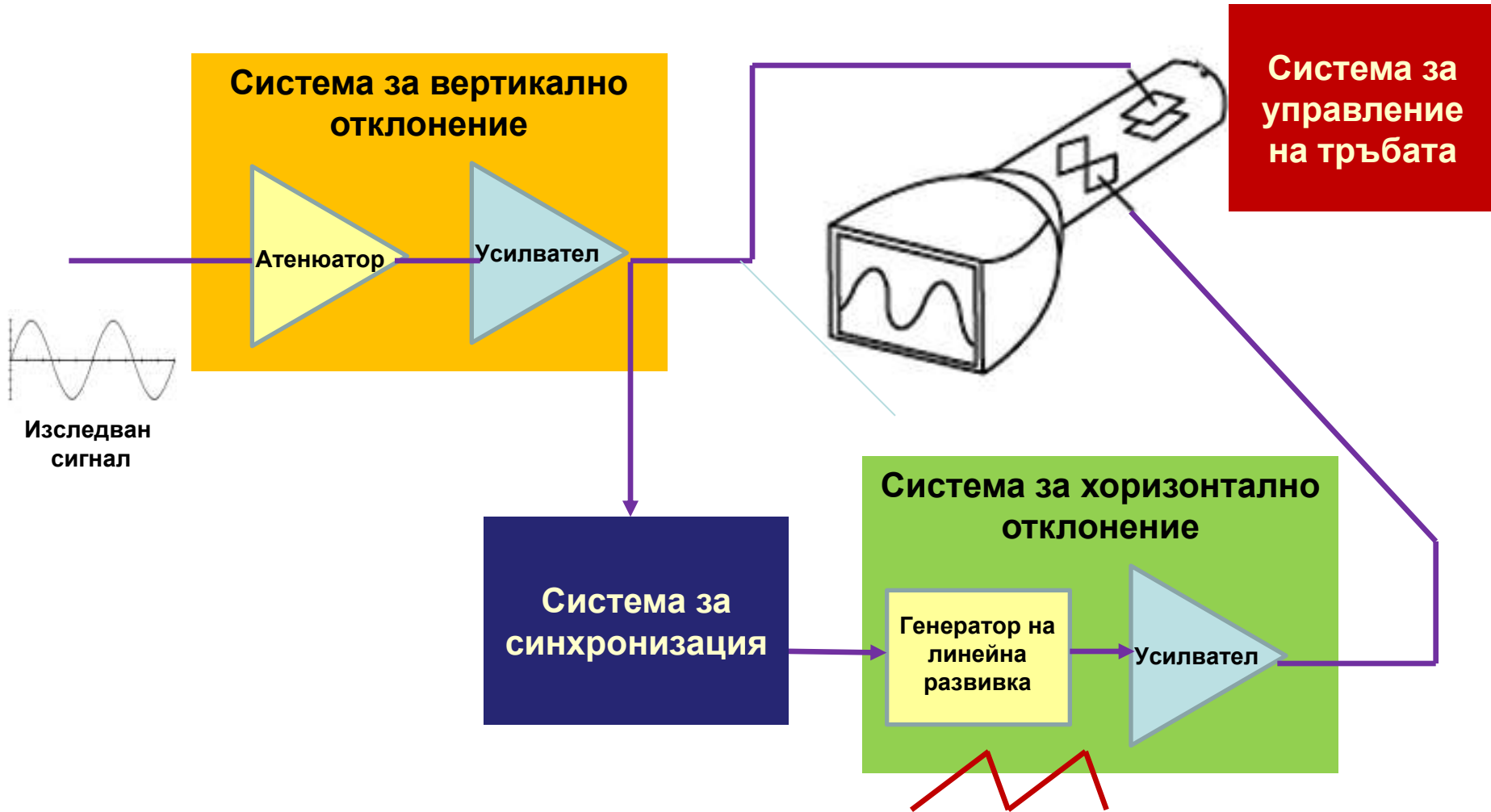
X, Y и Z компоненти на изобразявания сигнал



Параметри на изследвания сигнал

- Амплитуда
- Честотно-времеви параметри
- Постояннотокови съставки
- Изкривявания на сигнала
- Нива на шумови съставки
- Честотни параметри на шума

Архитектура на аналогов осцилоскоп



Архитектура на аналогов осцилоскоп

- Електронно лъчева тръба
- Система за вертикално отклонение (канал Y)
- Система за хоризонтално отклонение (канал X)
- Система за синхронизация
- Система за просветване на тръбата и модулация на яркостта (Z)

Архитектура на аналогов осцилоскоп

Електронно-лъчева тръба – параметри

- Чувствителност на отклонение по X и Y (2 – 20 V/cm)
- Послесветене (0,01 – 0,15 s)
- Максимална скорост на записване
- Линейни изкривявания
- Гранична честота (достигат се честоти до около 1 GHz)

Архитектура на аналогов осцилоскоп

Система за вертикално отклонение (канал Y)

- Усилва или намалява нивото на входния сигнал (управляем входен делител и широкополосен усилвател)
- Чрез закъснителна линия се внася закъснение спрямо момента на пускане на линейната развивка
- Дава възможност за елиминиране на постояннотоковата съставка на изследвания сигнал

Архитектура на аналогов осцилоскоп

Система за хоризонтално отклонение на лъча (канал X)

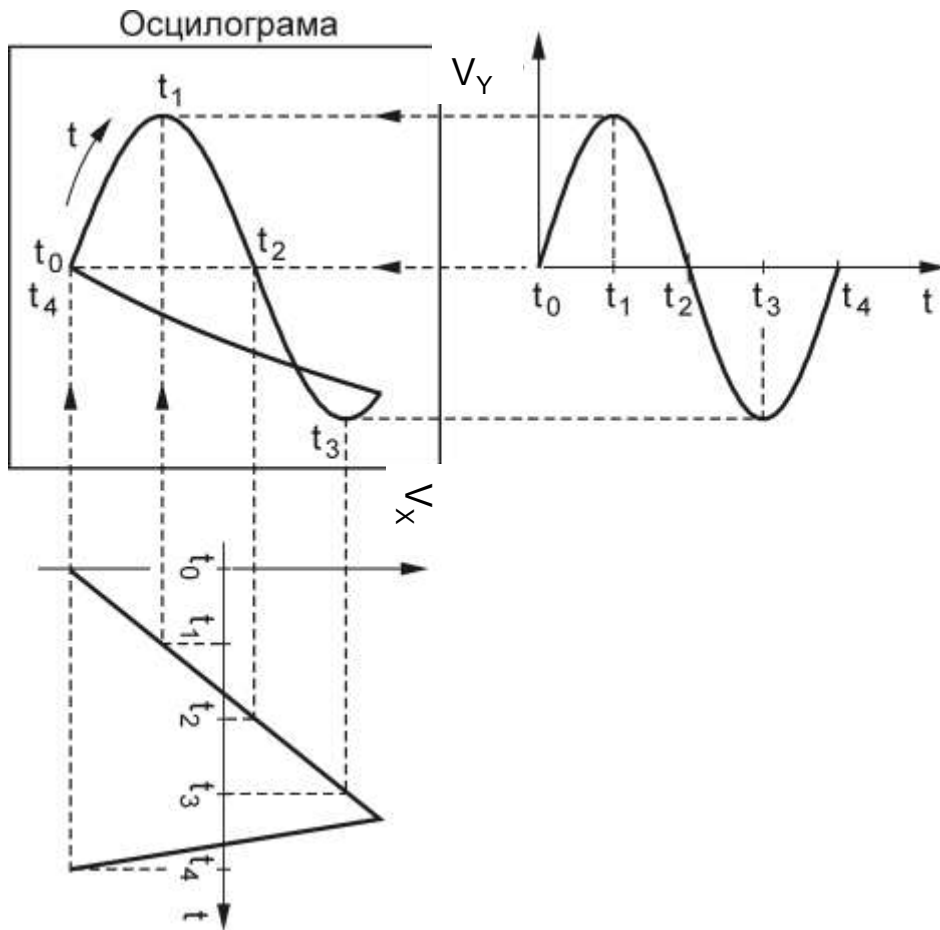
- Изработва линейно изменящо се напрежение за развивка и базата време. (Генератор за развивка, задействан от синхронизиращи импулси.)

Архитектура на аналогов осцилоскоп

Система за синхронизация

- Изработва импулсите за синхронизирано пускане на линейната развивка
- Три основни вида синхронизация:
 - Вътрешна (с изследвания сигнал),
 - Вътрешна (с честотата на мрежата),
 - Външна (от сигнали, подавани на специален вход на осцилоскопа)

Принцип на осцилографирането

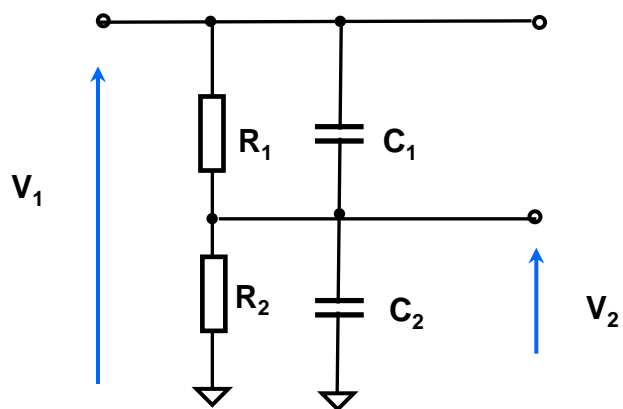


- На плочите за отклонение по Х – линейно нарастващо напрежение
- На плочите за отклонение по Y – изследваният сигнал
- Линейното напрежение по Х се променя периодично и синхронно с изследвания сигнал

Основни параметри

Параметри свързани с канала за вертикално отклонение

- Чувствителност на отклонение по Y
- Входен импеданс
- Честотна лента



$$Z = \left(R \parallel \frac{1}{j\omega RC} \right) = \frac{R}{1 + j\omega RC}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} = 1 + \frac{Z_1}{Z_2} = 1 + \frac{R_1 (1 + j\omega R_2 C_2)}{R_2 (1 + j\omega R_1 C_1)}$$

Ако $R_1 C_1 = R_2 C_2$

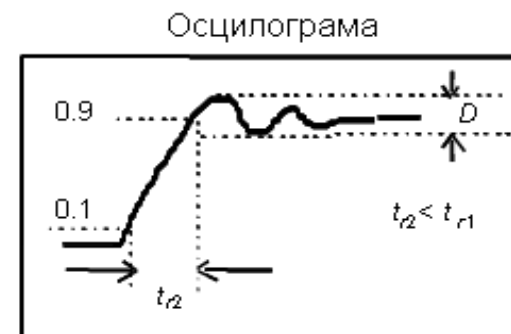
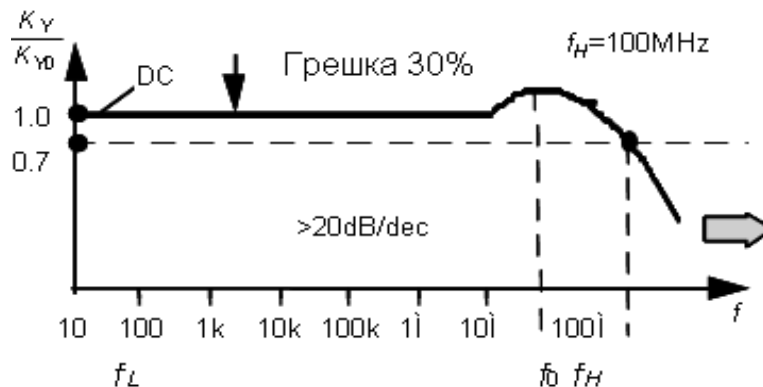
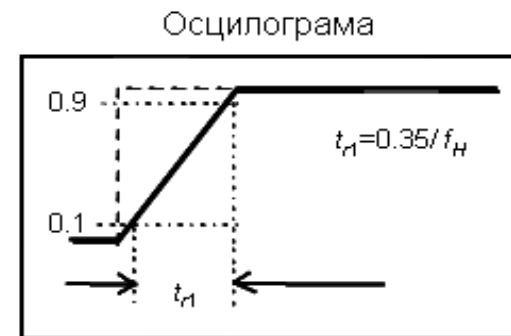
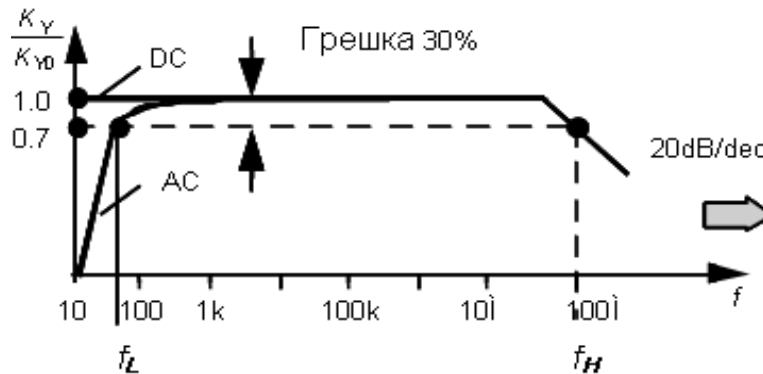
$$\frac{V_1}{V_2} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

Честотна независимост

Основни параметри

Параметри свързани с канала за вертикално отклонение

■ Амплитудно честотни характеристики

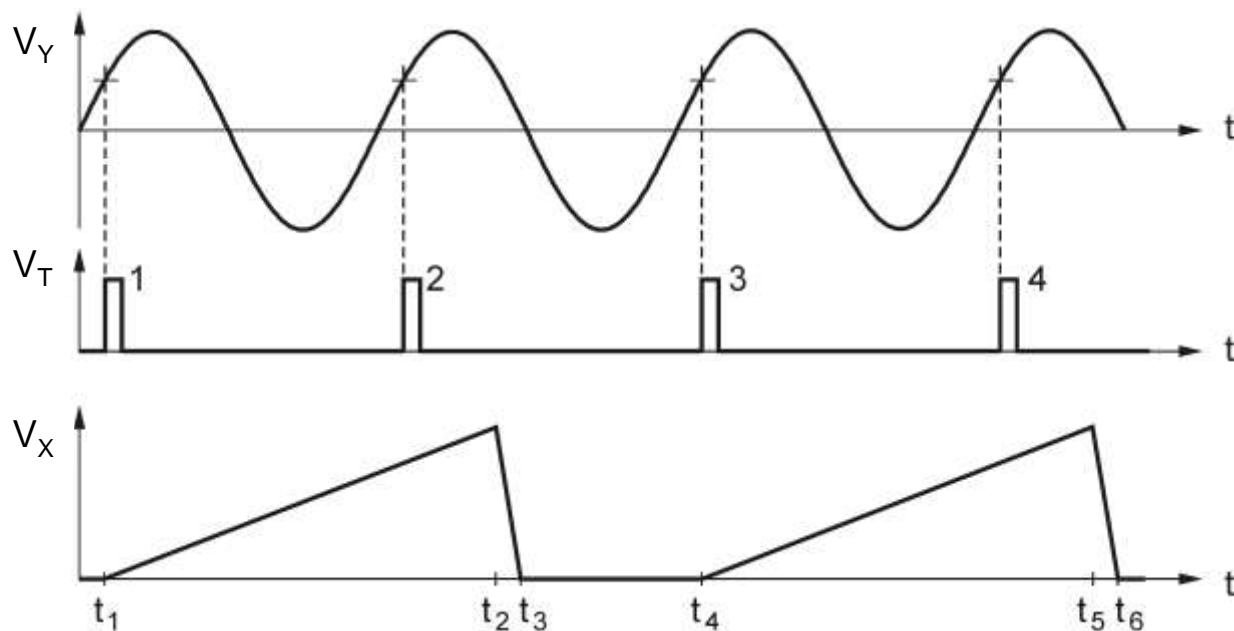


Основни параметри

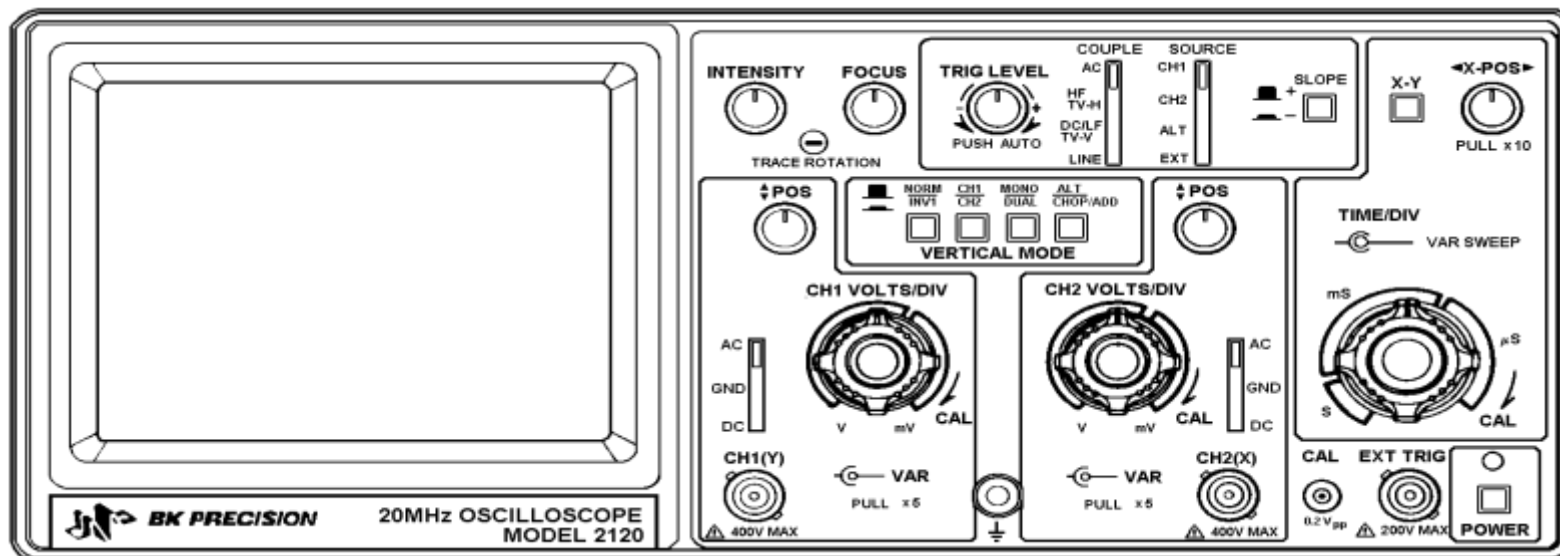
Параметри свързани с канала за хоризонтално отклонение

- Генератор на линейна развивка
- Синхронизация

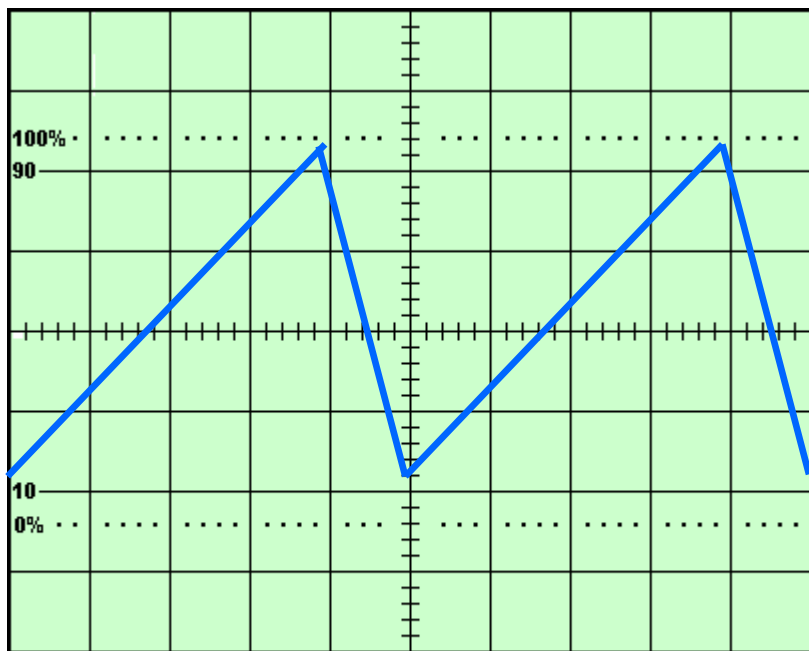
- При достигане нивото на синхронизация U_Y в момент t_1 се стартира хоризонталната развивка
- Между t_2 и t_3 лъча се връща в начално положение
- В момент t_4 отново се стартира хоризонталната развивка
- Участъците между t_1 и t_2 и t_4 и t_5 се изобразяват един върху друг



Външен вид на аналогов осцилоскоп



Определяне на параметрите на сигнала



CH1: 2 V/div
CH2: 2 V/div
Time/div: 1 ms

Title:

$$V_{P-P} = 8,4V$$

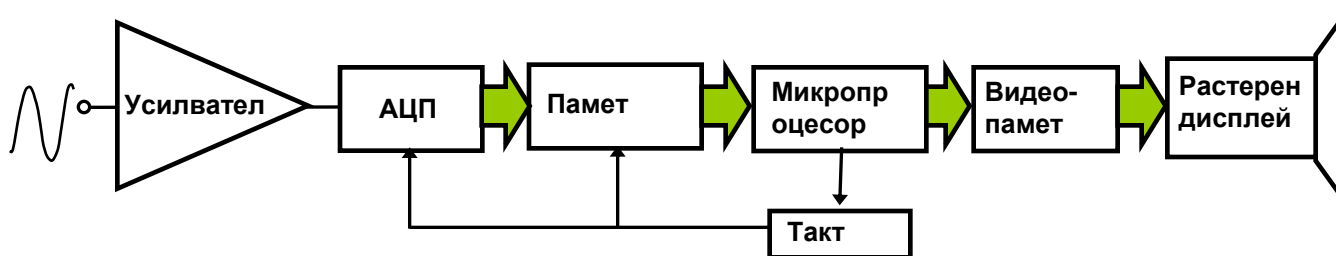
$$T = 5 \text{ ms}$$

$$f = 200 \text{ Hz}$$

$$\varphi = 0^\circ$$

Цифрови осцилоскопи

Принципи на цифровата осцилоскопия



Дискретизация в реално време

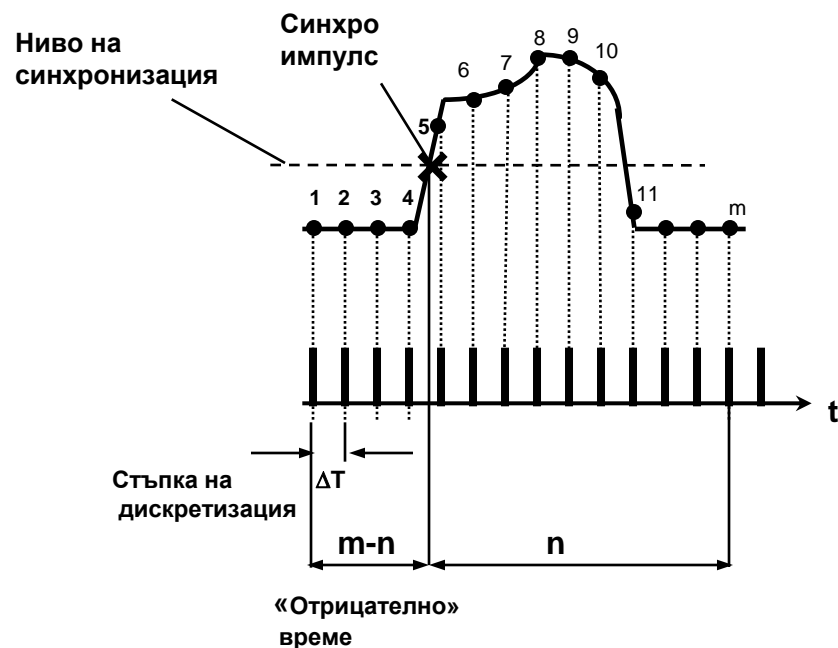
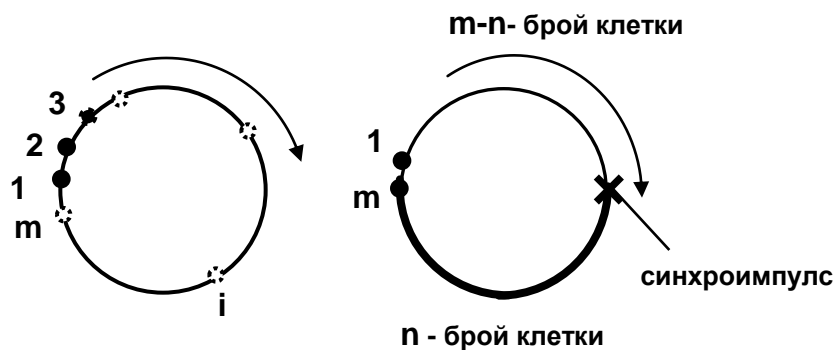
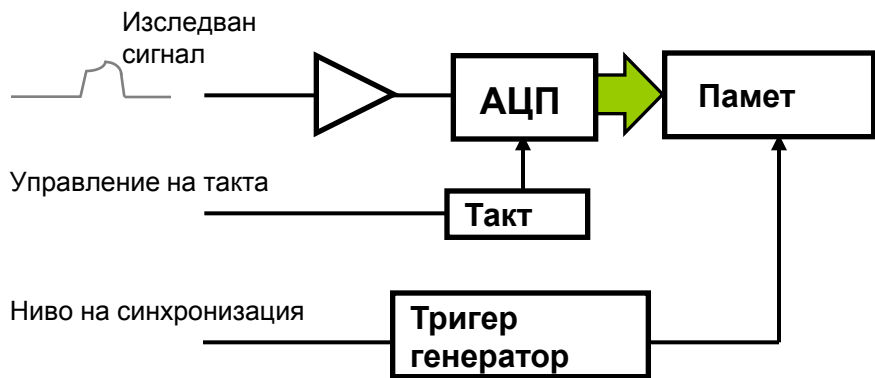
Дискретизация с трансформация на мащаба на времето

Синхронната дискретизация (*Sequential Sampling* или *Equivalent Time Sampling (ETS)*)

Асинхронна дискретизация (*Random Equivalent-time Sampling* или *Random Interleaved Sampling*)

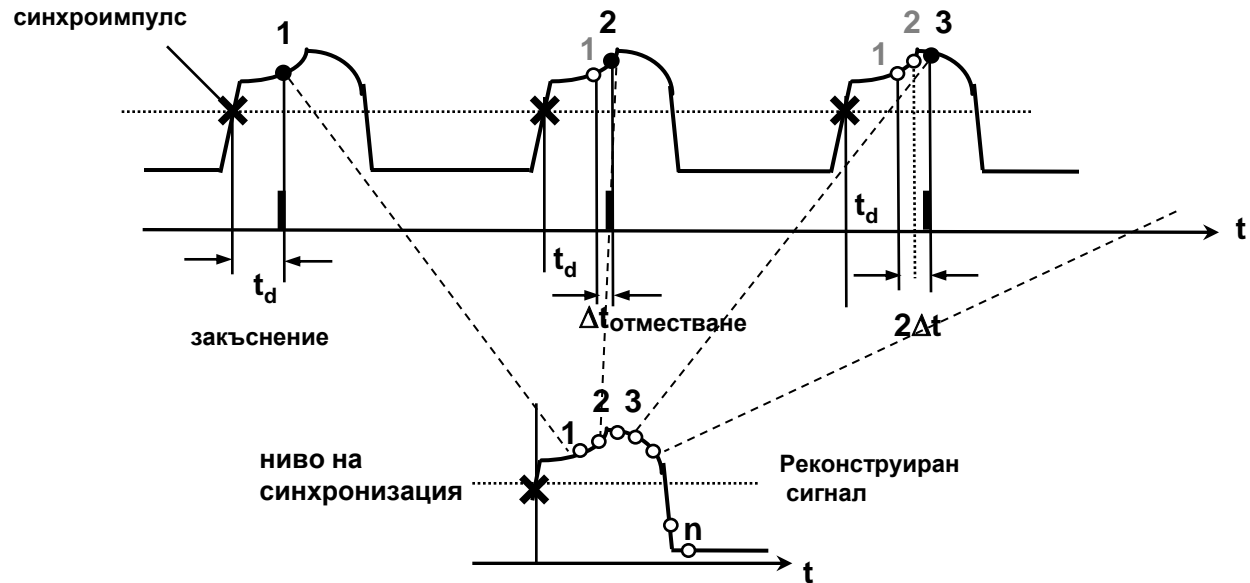
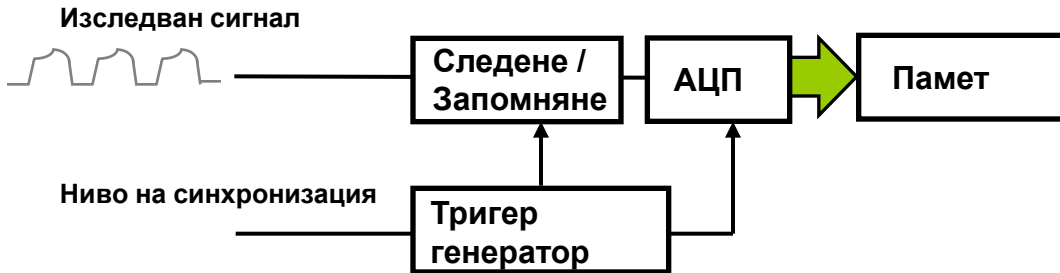
Цифрови осцилоскопи

Дискретизация в реално време



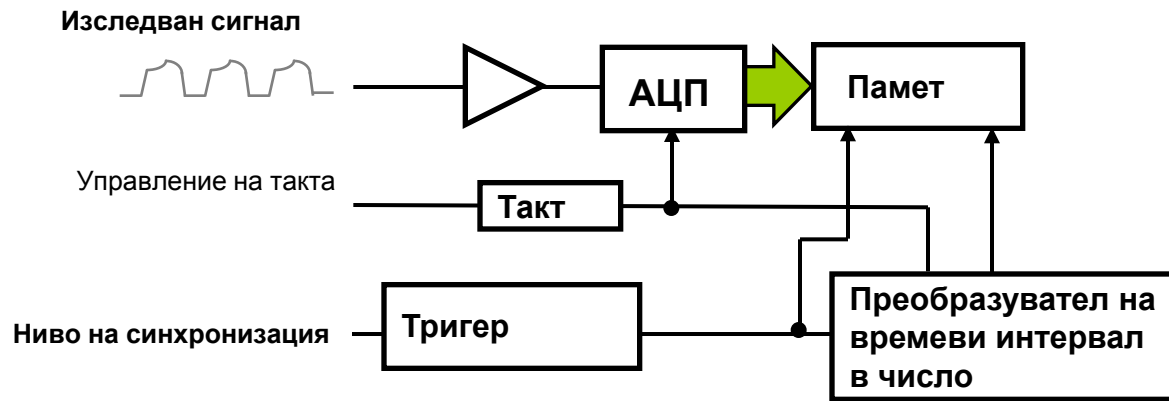
Цифрови осцилоскопи

Синхронна дискретизация (ETS)

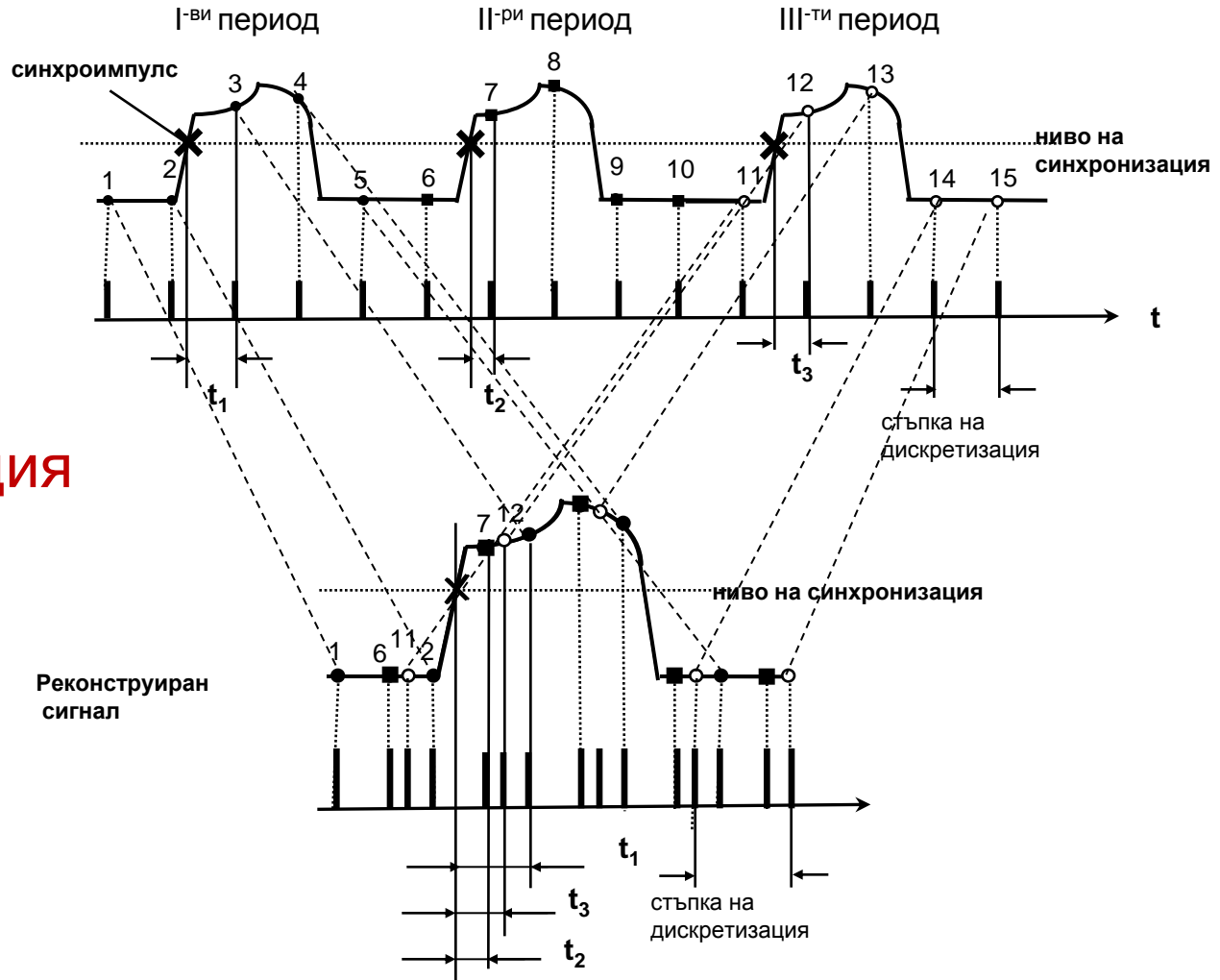


Цифрови осцилоскопи

Асинхронна дискретизация (RIS)



Цифрови осцилоскопи

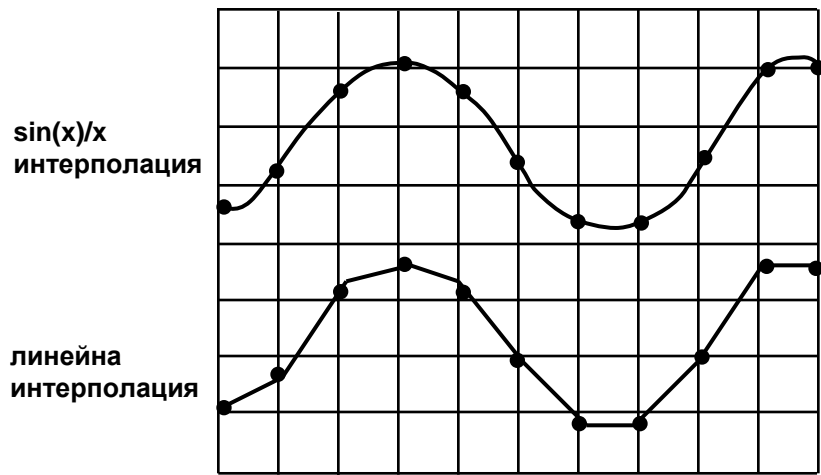


Асинхронна
дискретизация
(RIS)

Цифрови осцилоскопи

Интерполация на сигналите

Реконструкция на синусодален сигнал

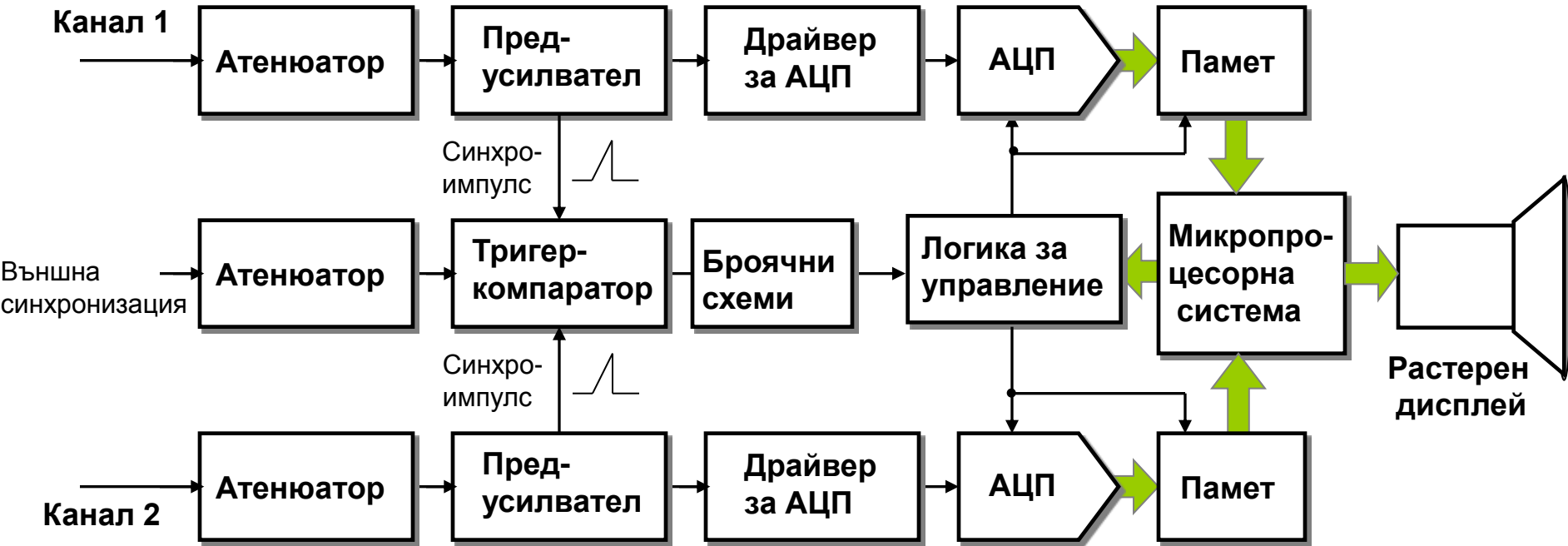


Осцилоскопите с вградени процесори за обработка на цифрови сигнали (DSP) най-често използват $\sin(x)/x$ интерполация. В този случай взетите отчети се обработват математически, така че времевите интервали между реално измерените стойности се запълват със стойности определени по изчислителен начин.

Прилагането на този метод разширява и честотната лента на осцилоскопа при работа в реално време. При линейната интерполация са необходими поне десет отчета за период (HP54501A), докато при $\sin(x)/x$ интерполацията четири т.е. честотната лента се увеличава повече от два пъти.

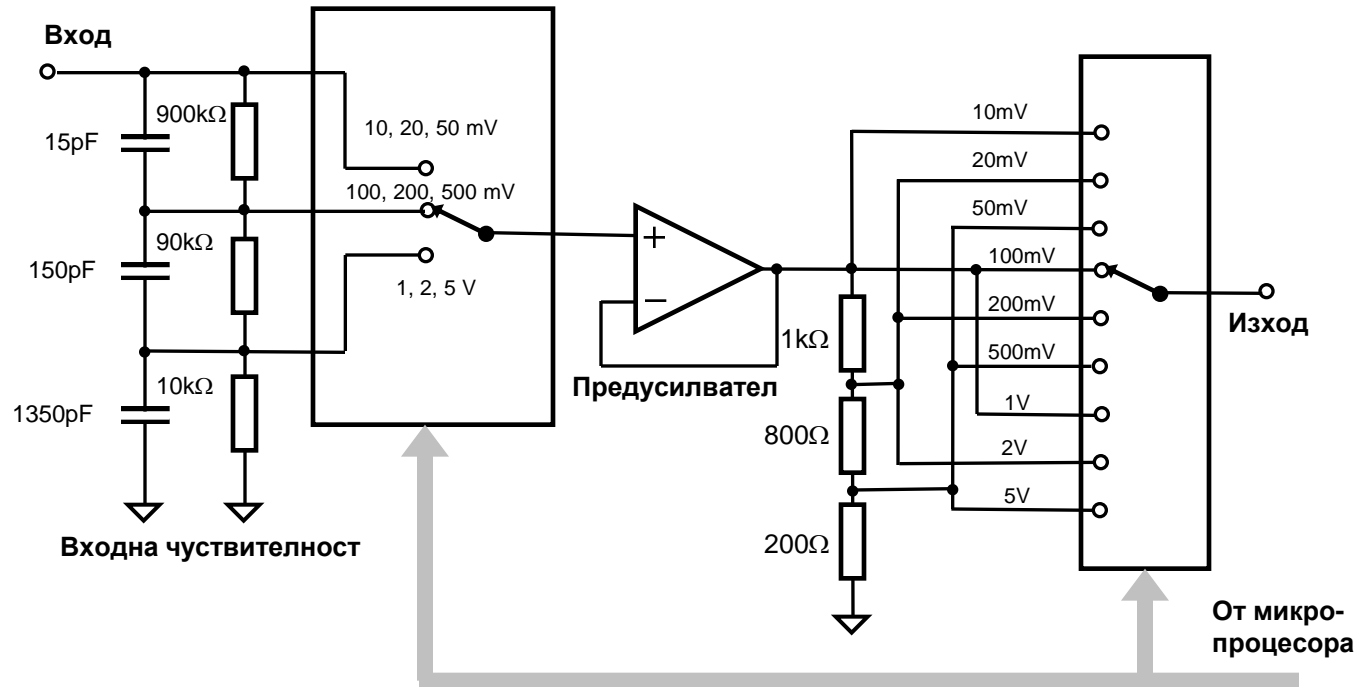
Цифрови осцилоскопи

Блокова схема на цифров осцилоскоп



Цифрови осцилоскопи

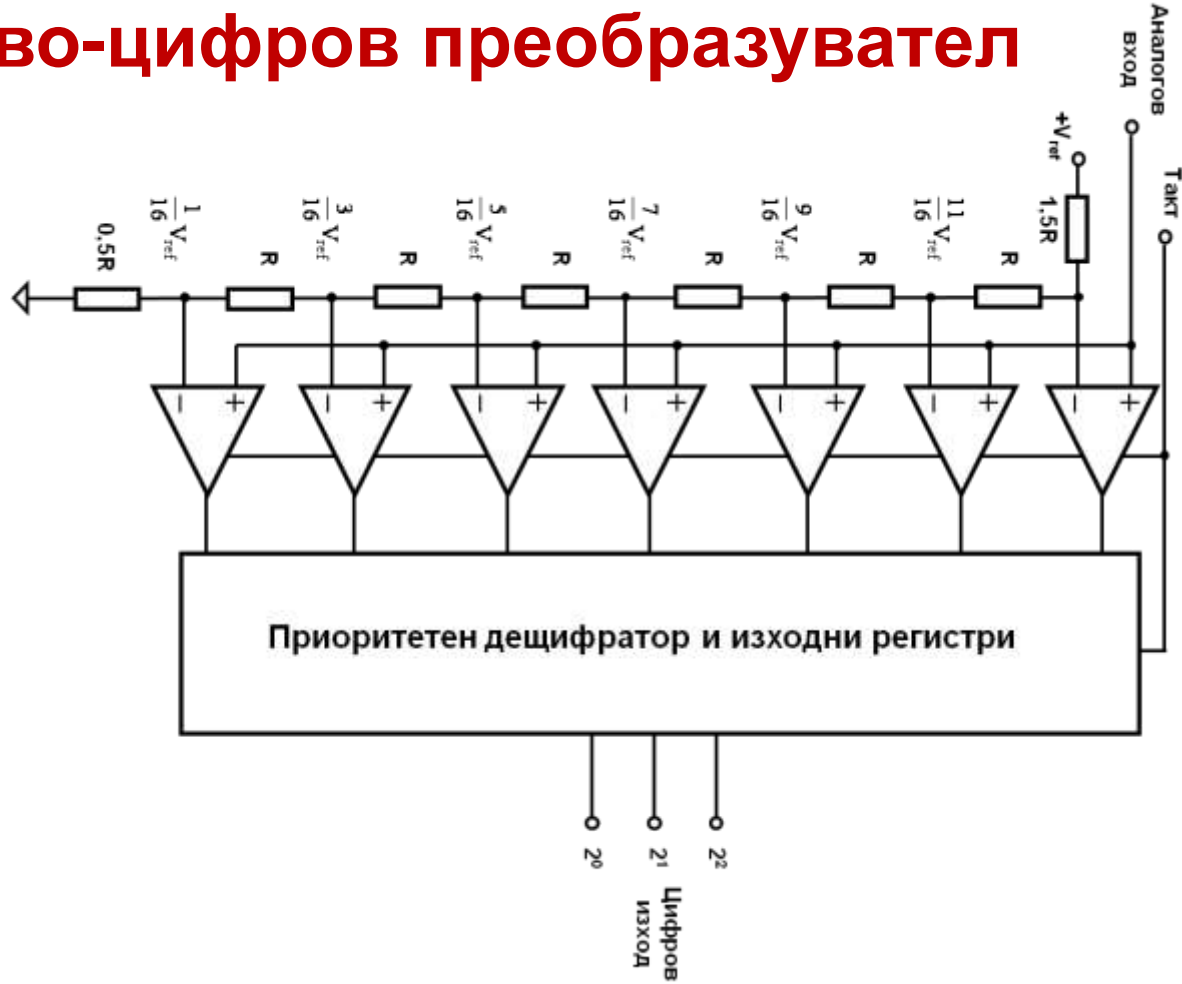
Предусилватели



Широколентов усилвател с високо входно съпротивление и програмируем коефициент на усилване.

Цифрови осцилоскопи

Аналогово-цифров преобразувател



Цифрови осцилоскопи

Памети

„Бърз вход – бавен изход” (Fast-In-Slow-Out FISO).

Тригер компаратор

Нивото на синхронизация се задава от потребителя посредством лицевия панел в цифров вид, обработва се от микропроцесорната система и чрез ЦАП се подава към тригер компаратора

Броячни схеми

Комплекс от логически схеми (броячи, преместващи регистри, тригери, компаратори, чакащи мултивибратори и т.н.) изпълняващи различни функции за генериране на синхронизиращи импулси при удовлетворяване на предварително програмирани от потребителя условия.

Цифрови осцилоскопи

Логика за управление

В блока логика за управление влизат тактовите генератори, схемите за управление на такта подаван към АЦП и паметите, регистрите за съхранение на информацията постъпваща от микропроцесора, различни преобразуватели на времеви интервали в цифров код и обратно и т.н.

Видеодисплеи

От качеството на използвания видеодисплей зависи качеството на наблюдаваното изображение. Обикновено се използват растерни дисплеи (CRT), а многоканалните осцилоскопи предлагат и цветни дисплеи, като всеки канал се изобразява с различен цвят.

Цифрови осцилоскопи

Микропроцесорна система

За разлика от мултимерите, осцилоскопите приемат и обработват много по-голям обем информация и то променяща се във времето с голяма скорост. Това налага да се използват бързи 16 и 32 битови микропроцесори и сигнални процесори DSP.

Функционални възможности

Измервателни курсори (Маркери)

Автоматично измерване на параметрите на сигнала

Математическа обработка на сигнала

Съхранение на формата на сигналите

Начини и режими на изобразяване на сигнала върху дисплея

Техническа спецификация на цифров осцилоскоп

Система за вертикално отклонение (напрежение)									
Честотна лента									
За периодичен сигнал	DC до 100MHz (-3dB)								
В режим AC	10Hz до 100MHz (-3dB)								
Време на нарастване	3,5 ns								
Честотна лента в реално време	DC до 1MHz (базира се на 10 отчетени стойности от входния сигнал)								
Максимална честота на стробиране	10MS/s								
Обем на оперативната памет	501 точки (points)								
Брой канали	4 (2+2)								
Обхват на отклонение във вертикална посока	Минимален 5mV/div. Максимален 5V/div								
Разделителна способност във вертикална посока	$\pm 0,4\%$ за 8 - битово АЦП								
Точност на усилването във вертикална посока	$\pm 1,5\%$								
Входен импеданс	$1M\Omega \parallel 16pF$								
Максимално входно напрежение	$\pm 250V$ DC								
Обхват на постояннотоково изместване във вертикална посока	<table border="1"> <tr> <td>За обхват от</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5 до 50 mV/div</td> <td>$\pm 2V$</td> </tr> <tr> <td>0,1 до 1V/div</td> <td>$\pm 20V$</td> </tr> <tr> <td>1 до 5V/div</td> <td>$\pm 200V$</td> </tr> </table>	За обхват от		5 до 50 mV/div	$\pm 2V$	0,1 до 1V/div	$\pm 20V$	1 до 5V/div	$\pm 200V$
За обхват от									
5 до 50 mV/div	$\pm 2V$								
0,1 до 1V/div	$\pm 20V$								
1 до 5V/div	$\pm 200V$								
Точност на постояннотоково изместване във вертикална посока	$\pm 2\% + 0,2 \cdot (V/div)$								
Изолация между каналите (за еднаква чувствителност на каналите)	40dB (DC до 20MHz) 30dB (20MHz до 100MHz)								

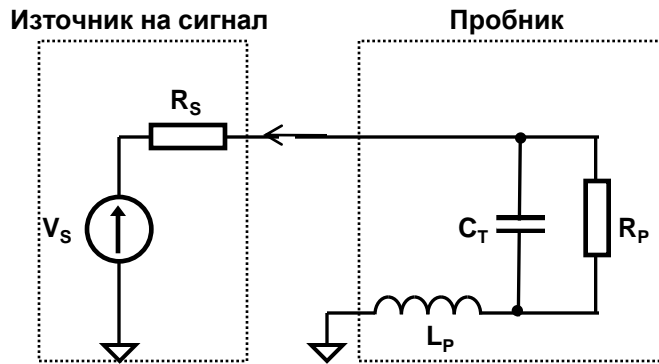
Техническа спецификация на цифров осцилоскоп

Система за хоризонтално отклонение (време)		
Обхват в хоризонтална посока (база време)	Минимален 2ns/div Максимален 5s/div	
Максимална разрешаваща способност в хоризонтална посока.	100ps	
Точност на задаване на базата за време	0,005%	
Точност на измерване на време (с два курсора)	$\pm(2\% \text{ от } t/\text{div} + 0,05\% \text{ от } \Delta t + 1\text{ns})$	
Обхват на закъснението след синхроимпулса	За обхват от 50ms до 5 s/div 0,1ms до 20ms/div 2ns до 50 μ /div	Максимално закъснение 40.s/div 1s 10000.s/div
Обхват на закъснението преди синхроимпулса	За обхват от 10 μ s до 5 s/div 20ns до 50 μ /div 2ns до 10n/div	Максимално закъснение 40.s/div 1s 10000.s/div

Техническа спецификация на цифров осцилоскоп

Система за синхронизация		
Обхват в нивото за синхронизация	± 6 div. от центъра на дисплея	
Минимална ширина на синхроимпулса	7ns	
Чувствителност на нивото за синхронизация	За обхват от 5 mV/div (DC до 20MHz)	10% F.S
	(20MHz до 200MHz)	25% F.S
	10mV до 5V/div div (DC до 20MHz)	5% F.S
	(20MHz до 200MHz)	12,5% F.S

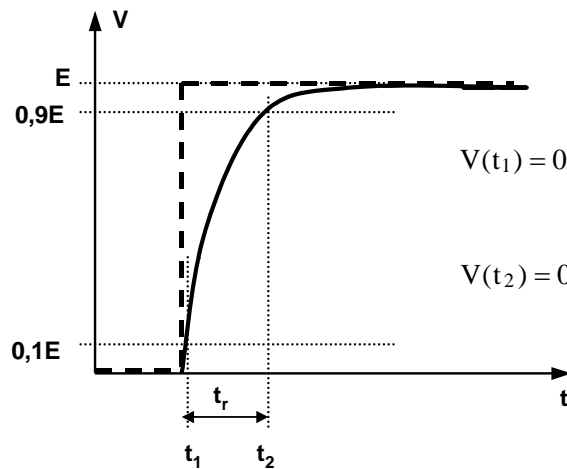
Измервателни пробници



Еквивалентна схема на измервателната верига източник на сигнал и пробник

$$R_0 = R_s || R_p$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_0 C_T}$$



$$V(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{R_0 \cdot C_T}} \right)$$

$$V(t_1) = 0,1E = E \left(1 - e^{-\frac{t_1}{R_0 \cdot C_T}} \right)$$

$$\ln 0,9 = \frac{t_1}{R_0 \cdot C_T}$$

$$t_1 = 0,11 \cdot R_0 \cdot C_T$$

$$V(t_2) = 0,9E = E \left(1 - e^{-\frac{t_2}{R_0 \cdot C_T}} \right)$$

$$\ln 0,1 = \frac{t_2}{R_0 \cdot C_T}$$

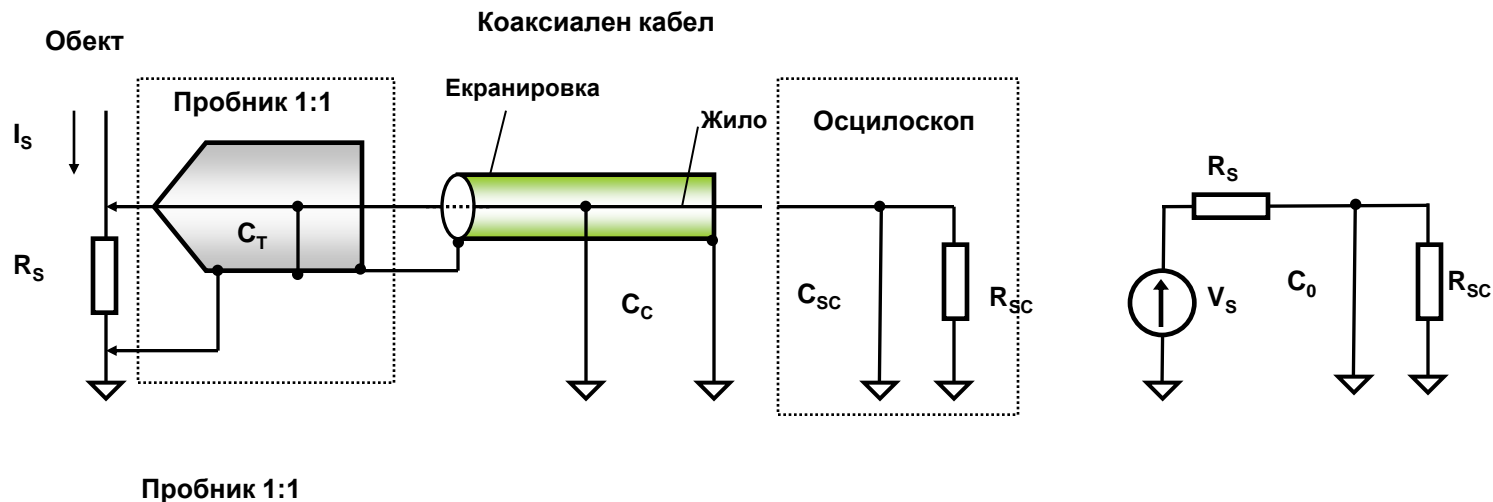
$$t_2 = 2,3 \cdot R_0 \cdot C_T$$

$$t_r = t_2 - t_1 = 2,3 \cdot R_0 \cdot C_T - 0,11 \cdot R_0 \cdot C_T \approx 2,2 \cdot R_0 \cdot C_T = \frac{0,35}{f_c}$$

Влияние на паразитните елементи върху фронта на нарастване

Измервателни пробници

Измервателна верига и еквивалентна схема при използване на пробник 1:1



C_T е паразитният капацитет на пробника (20-100pF);

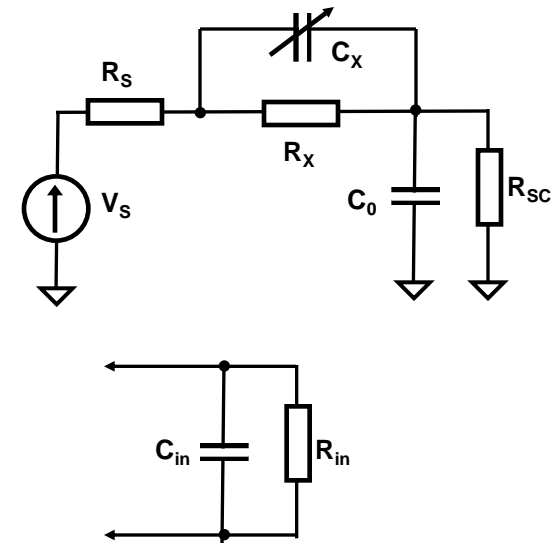
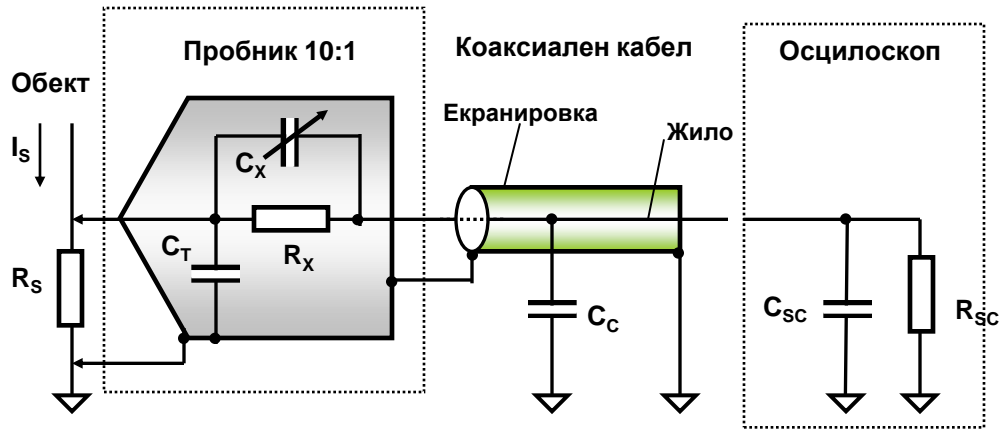
C_C – капацитетът на кабела (40 pF - 90 pF);

C_{sc} – входният капацитет на осцилоскопа (6 pF - 20 pF).

$$\Delta f_{0,7} = f_H = \frac{1}{2\pi \frac{R_{sc} R_s}{R_{sc} + R_s} \cdot C_0},$$

Измервателни пробници

Измервателна верига и еквивалентна схема при използване на пробник 10:1 или 100:1



$$C_{in} = C_T + \frac{1}{\frac{1}{C_X} + \frac{1}{C_0}} \approx C_T + C_X,$$