



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY

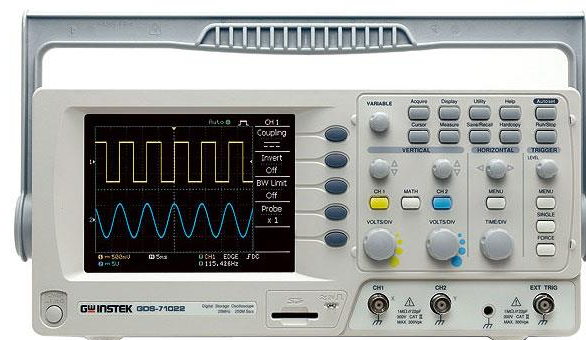
www.sfu-kras.ru

Метрология и радиоизмерения. Лекция 7

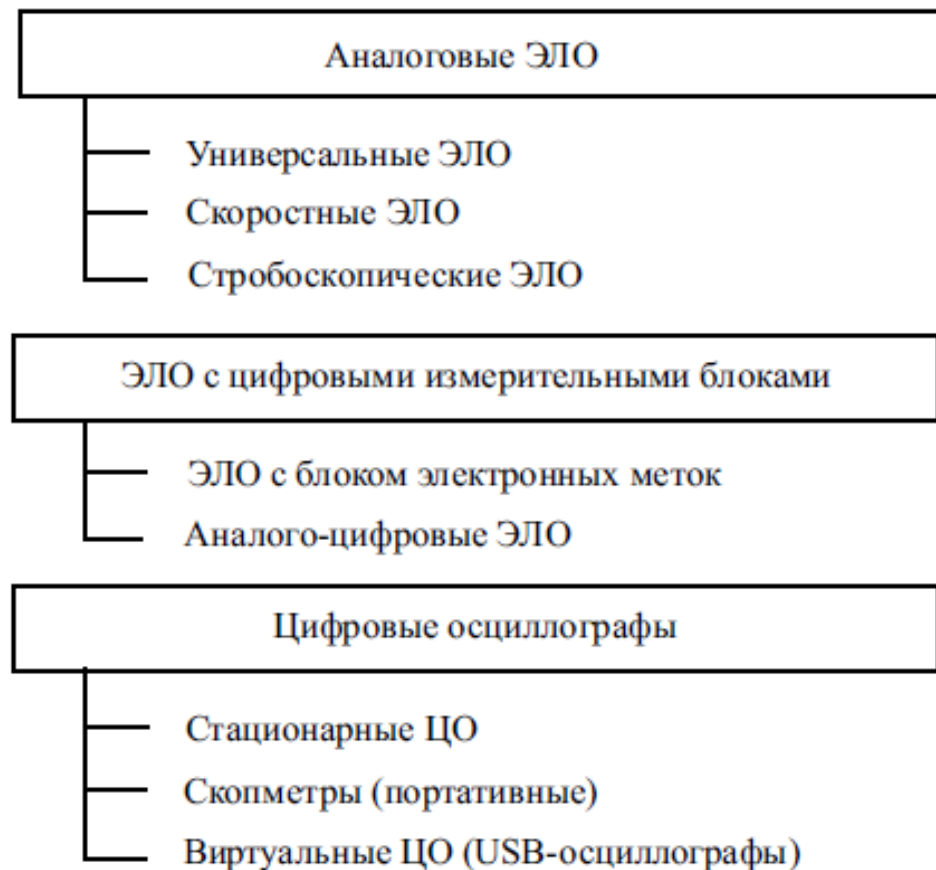
Осциллографы



Осциллограф
CI-68



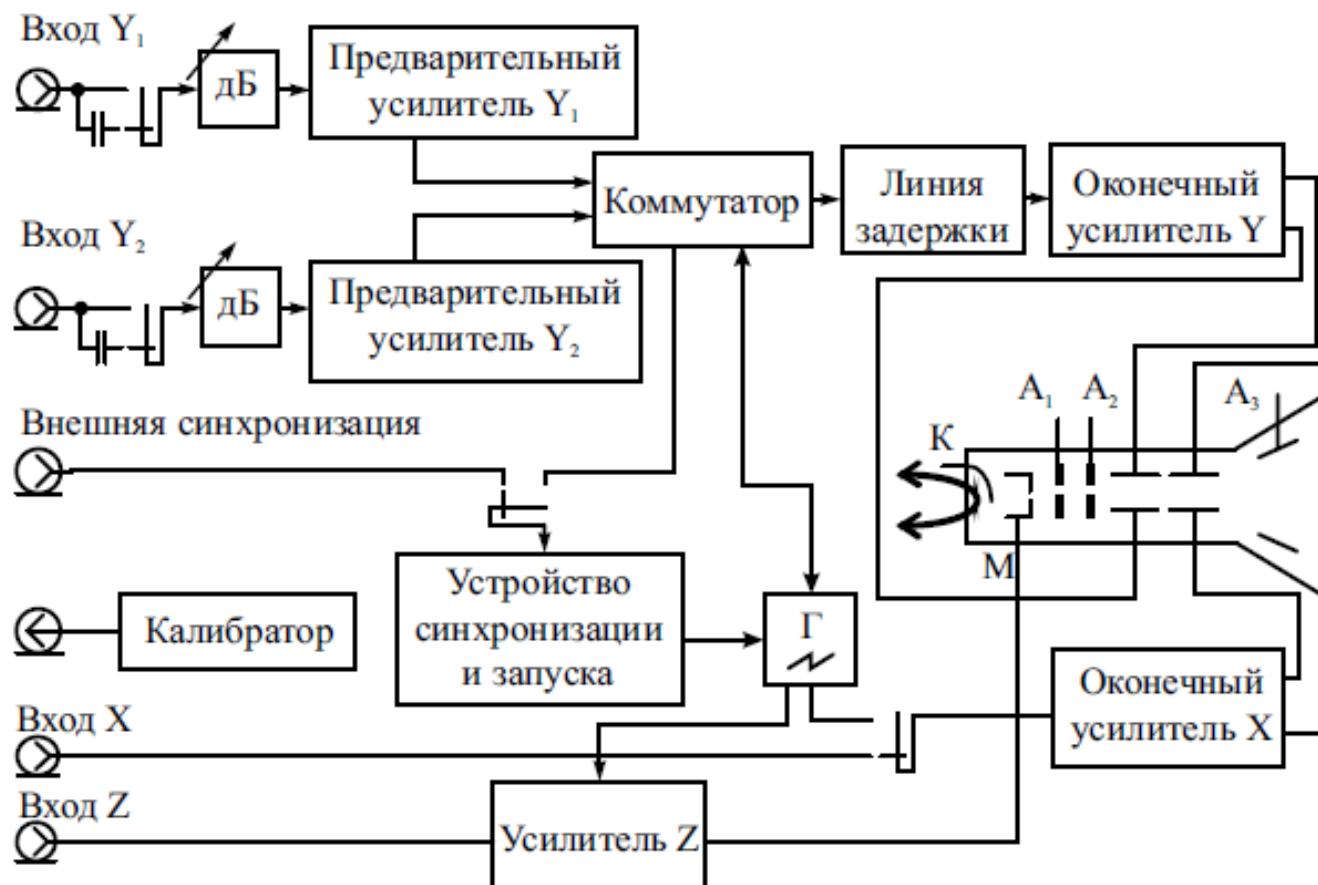
Классификация осциллографов



Классификация осциллографов

Согласно ГОСТ 15094–86 аналоговые осциллографы делят на универсальные (группа С1), скоростные и стробоскопические (С7). Цифровые осциллографы относят к группе специальных (С9) или запоминающих (С8).

Структурная схема универсального двухканального осциллографа



Структурная схема двухканального осциллографа

Синхронизация развертки осциллографа

Генератор развертки имеет три режима работы:

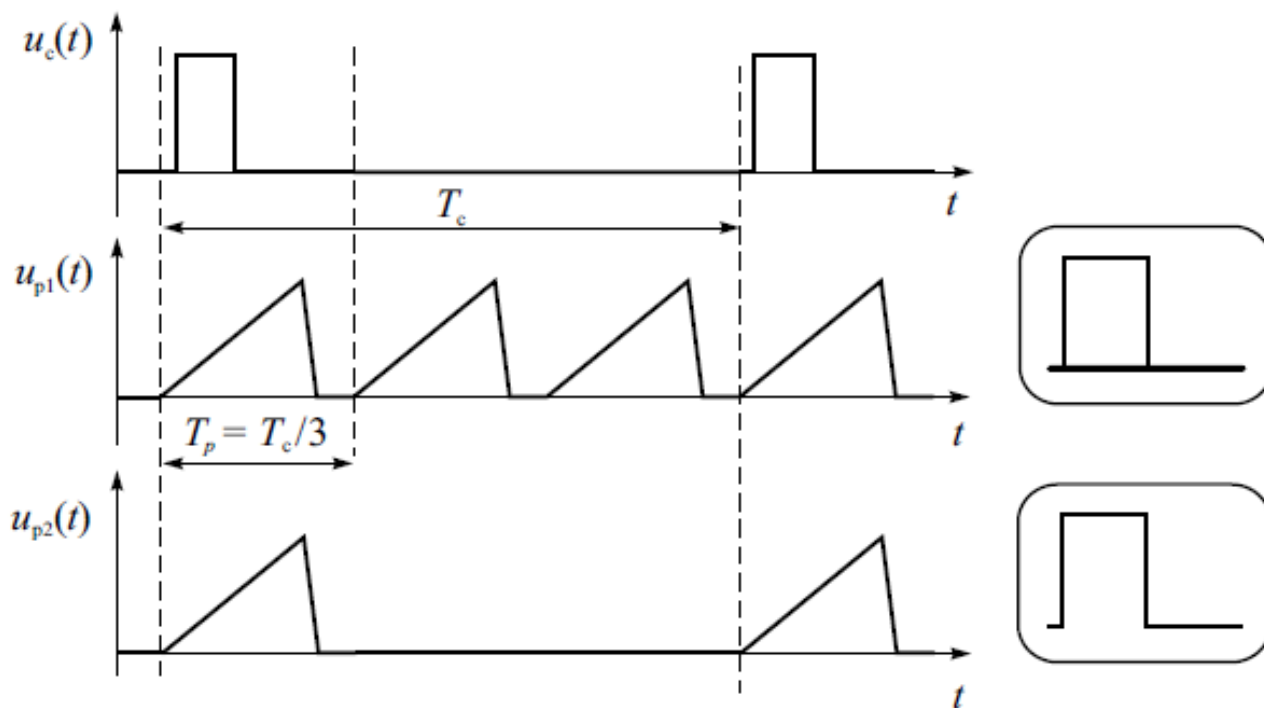
Автоколебательный (непрерывный), ждущий и однократный.

Автоколебательный режим – основной режим работы канала X; применяется для исследования периодических сигналов. Напряжение развертки вырабатывается все время вне зависимости от наличия сигнала синхронизации (запуска). Поэтому на экране постоянно присутствует осциллограмма линии развертки.

Ждущий режим применяется для исследования непериодических сигналов и импульсов большой скважности.

Однократный режим работы осциллографа применяют редко; обычно он используется при фотографировании осциллограмм одиночных или неповторяющихся процессов (шумов, случайных сигналов). Напряжение развертки и кадр изображения создаются при нажатии кнопки на передней панели осциллографа или при подаче импульса запуска на вход внешней синхронизации.

Синхронизация развертки осциллографа



Напряжения развертки:
 u_{p1} – автоколебательный режим, u_{p2} – ждущий режим

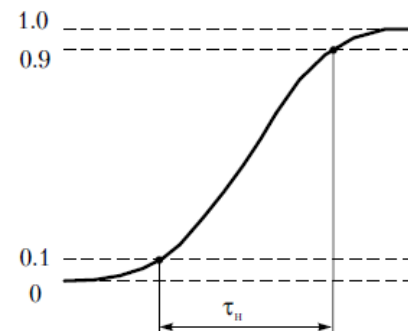
Основные параметры ЭЛО

1. Диапазон установки коэффициента отклонения. Коэффициент отклонения показывает значение входного напряжения, необходимое для отклонения луча на одно деление по вертикали.
2. Погрешность установки коэффициента отклонения или связанная с ним погрешность измерения напряжения. У большинства аналоговых осциллографов эта погрешность для метода калиброванных шкал составляет 3–5 %.
3. Диапазон установки коэффициента развертки. Коэффициент развертки соответствует времени, за которое луч смещается по горизонтали на одно деление шкалы.
4. Погрешность установки коэффициента развертки или связанная с ним погрешность измерения временных интервалов. У большинства аналоговых осциллографов погрешность коэффициента развертки и, соответственно, погрешности измерения временных интервалов составляют также 3–5 %.
5. Параметры переходной характеристики (ПХ) осциллографа: время нарастания, выброс, неравномерность вершины, время установления.
6. Параметры входа канала вертикального отклонения: активное входное сопротивление и входная емкость. Эти параметры определяют влияние осциллографа на исследуемую цепь. Чем больше входное сопротивление $R_{вх}$ и меньше входная емкость $C_{вх}$, тем меньше проявится влияние подключения осциллографа к измеряемой цепи. Обычно $R_{вх}$ составляет 1 МОм, $C_{вх}$ – 20...40 пФ. При использовании выносного пробника входная емкость может быть уменьшена до единиц пикофарад.
7. Параметры синхронизации: диапазон частот, предельные уровни, нестабильность.

Полоса частот осциллографа

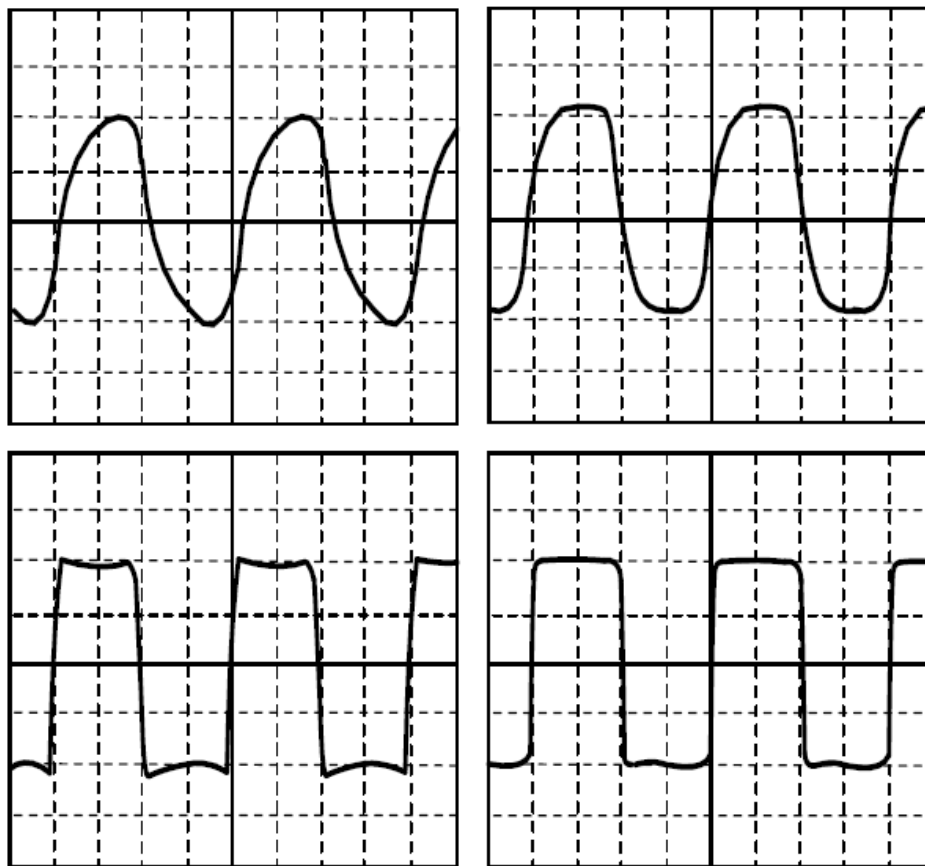
Важнейшим параметром АЧХ является верхняя граничная частота осциллографа $f_{\text{в}}$. Ее определяют по спаду АЧХ до уровня 0.707 от значения на низкой (опорной) частоте. Верхняя граничная частота определяет полосу пропускания осциллографа, в пределах которой искажения спектра сложного сигнала считаются допустимыми. Верхнюю граничную частоту и время нарастания ПХ согласно ГОСТ принято связывать между собой соотношением:

$$\tau_{\text{н}} = \frac{350}{f_{\text{в}}},$$



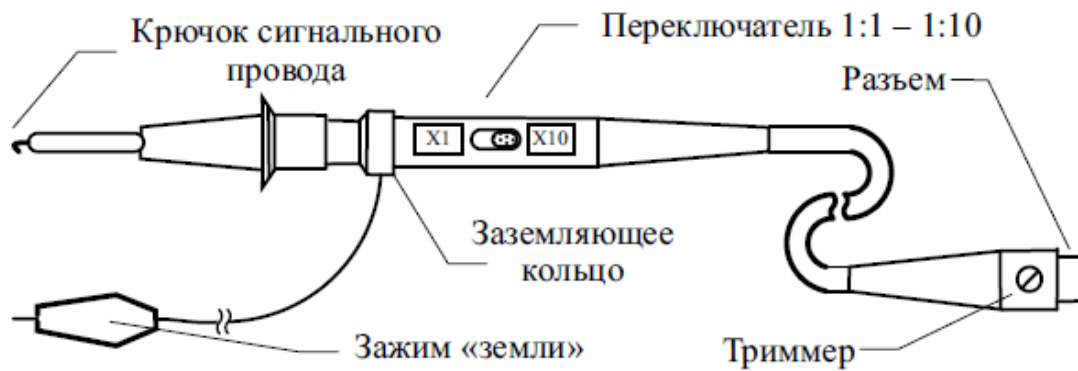
При проведении точных измерений временных параметров импульсных сигналов полоса пропускания должна быть по крайней мере в пять раз больше основной частоты сигнала

Полоса частот осциллографа



Искажения формы сигнала при разных полосах пропускания:
a – полоса пропускания 60 МГц, *б* – 100 МГц, *в* – 350 МГц, *г* – 500 МГц

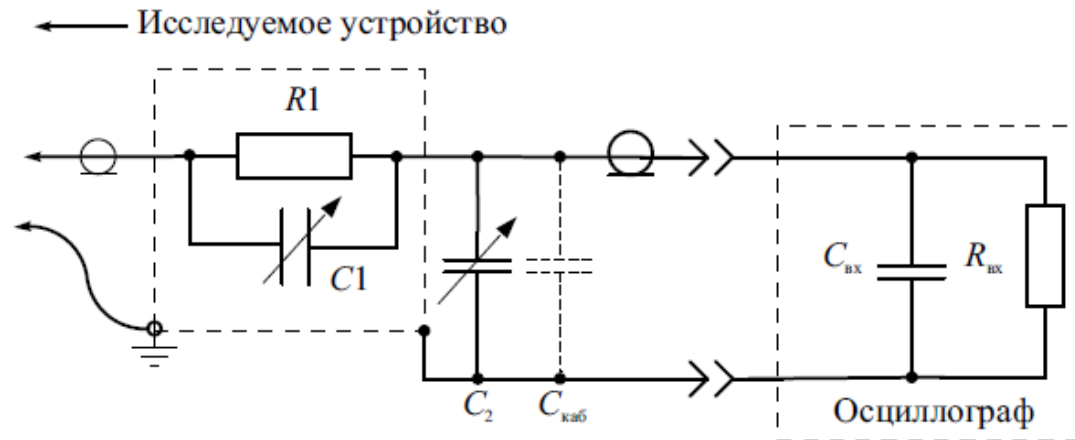
Пробники осциллографов



Внешний вид пассивного осциллографического пробника



Пробники осциллографов



Компенсированный пассивный осциллографический пробник

$$K_{\text{проб}}(f) = \frac{\frac{R_{\text{вх}}}{1 + i2\pi f R_{\text{вх}} (C_{\text{вх}} + C_{\text{каб}})}}{\frac{R_1}{1 + i2\pi f R_1 C_1} + \frac{R_{\text{вх}}}{1 + i2\pi f R_{\text{вх}} (C_{\text{вх}} + C_{\text{каб}})}}$$

Если $R_{\text{вх}}(C_{\text{вх}} + C_{\text{каб}}) = R_1 C_1$, то коэффициент передачи пробника становится постоянным и не зависит от частоты. Такой пробник называют компенсированным.

$$K_{\text{проб}} = \frac{R_{\text{вх}}}{R_1 + R_{\text{вх}}}$$

Методы измерения напряжения на осциллографах



Классификация осциллографических методов измерения напряжения

Достоинства и недостатки аналоговых осциллографов

Достоинства:

- отсутствие искажения осциллограмм за счет квантования и дискретизации сигнала
- высокая скорость обновления экрана
- возможность практически непрерывного наблюдения сигнала в реальном масштабе времени
- низкая стоимость

Недостатки:

- отсутствие возможности запоминания осциллограмм
- громоздкость ЭЛТ и высоковольтного ее блока питания, невысокая точность измерения параметров сигнала
- ограниченные возможности автоматизации настройки и измерений

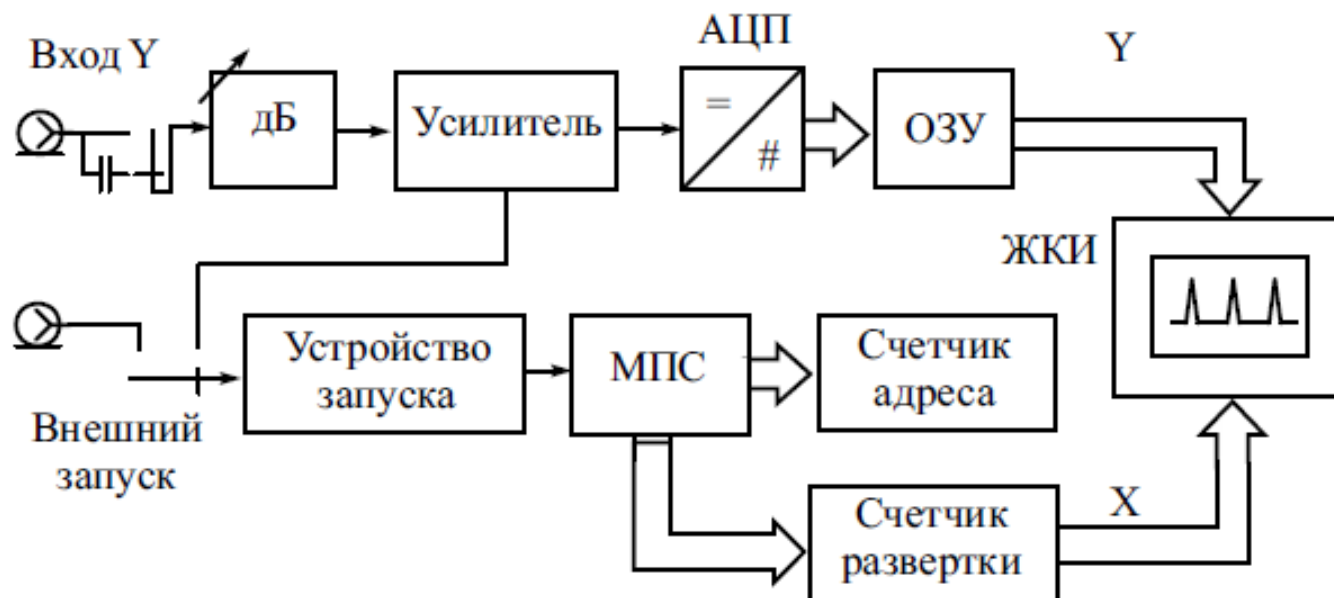
В настоящее время ведущие фирмы-изготовители контрольно-измерительной аппаратуры, полностью свернули выпуск аналоговых ЭЛО и перешли на выпуск цифровых осциллографов.

Цифровые осциллографы

Преобразование мгновенных значений сигнала в цифровые коды и сохранение их в блоке памяти позволяет решить ряд задач, недоступных аналоговым осциллографам:

- Возможность работы ЦО с одиночными и случайными сигналами, которые запоминаются и затем выводятся на экран. Именно поэтому ЦО часто называют цифровыми запоминающими осциллографами – Digital Storage Oscilloscope (DSO);
- Достижение высокой точности измерения напряжения и временных интервалов, характерной для цифровых приборов;
- Повышение полосы пропускания путем использования современных быстродействующих АЦП;
- Расширение возможностей синхронизации и запуска;
- Подключение к измерительным системам.

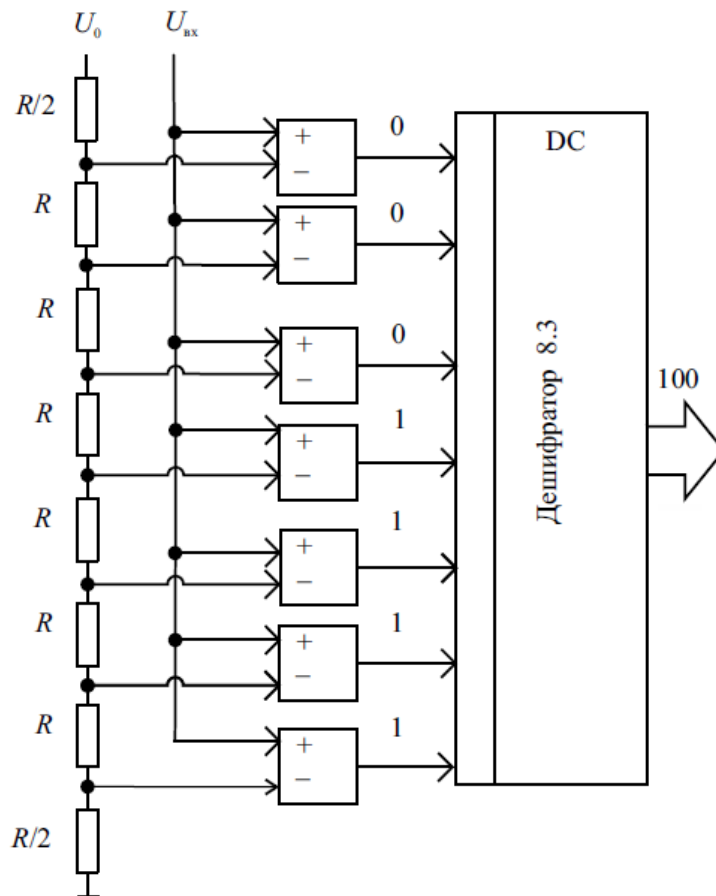
Структурная схема цифрового осциллографа



Структурная схема цифрового осциллографа

Для оцифровки мгновенных значений сигнала в ЦО используют быстродействующие АЦП мгновенных значений невысокой разрядности (8, реже 10..12 бит). Частоту дискретизации выбирают в пределах от 10–100 МГц (в дешевых моделях) до единиц и даже десятков ГГц (в быстродействующих ЦО).

АЦП цифровых осциллографов



Трехразрядный АЦП параллельного типа

Виды цифровых осциллографов

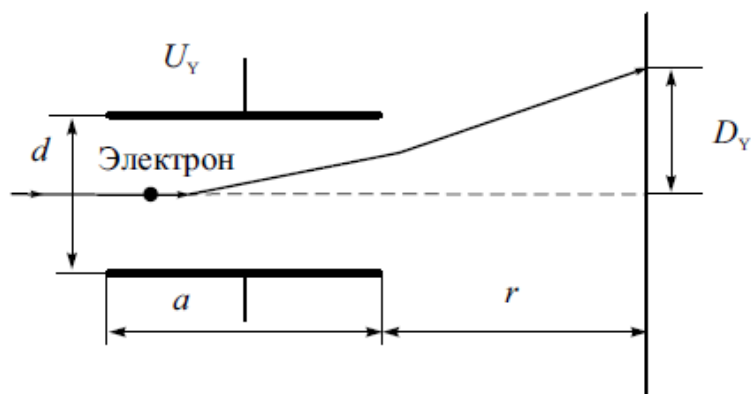
Представленные на рынке цифровые осциллографы можно условно разбить на несколько видов:

- Бюджетные модели ЦО с полосой рабочих частот до 100–500 МГц. Это относительно недорогие, компактные приборы широкого применения. В основном, они предназначены для замены универсальных аналоговых осциллографов.
- Комбинированные портативные ЦО в сочетании с мультиметром. Их называют скопметры (Scopemeter). Эти переносные приборы имеют компактную конструкцию с жидкокристаллическим дисплеем небольшого размера, автономное питание (время работы без подзарядки до нескольких часов). Они предназначены для работы в производственных и полевых условиях.
- Многофункциональные вычислительные ЦО с мощными встроенными микропроцессорами и компьютерами. Имеют повышенную частоту дискретизации (так, частота 20 ГГц и выше в реальном масштабе времени уже достигнута в современных моделях осциллографов класса high-end фирм Tektronix, LeCroy и Keysight).
- Виртуальные ЦО, выполняемые в виде приставок к персональному компьютеру. Приставка содержит аналоговую часть ЦО и АЦП. Для связи с компьютером используют интерфейс USB, поэтому такие приборы носят название «USB-осциллографы». Программное обеспечение виртуального осциллографа позволяет получить на экране ПК переднюю панель виртуального прибора и наблюдать результат его работы.

Скоростные осциллографы

Области использования скоростных осциллографов :

- исследование одиночных и неповторяющихся процессов и сигналов наносекундной и пикосекундной длительностей в реальном масштабе времени.



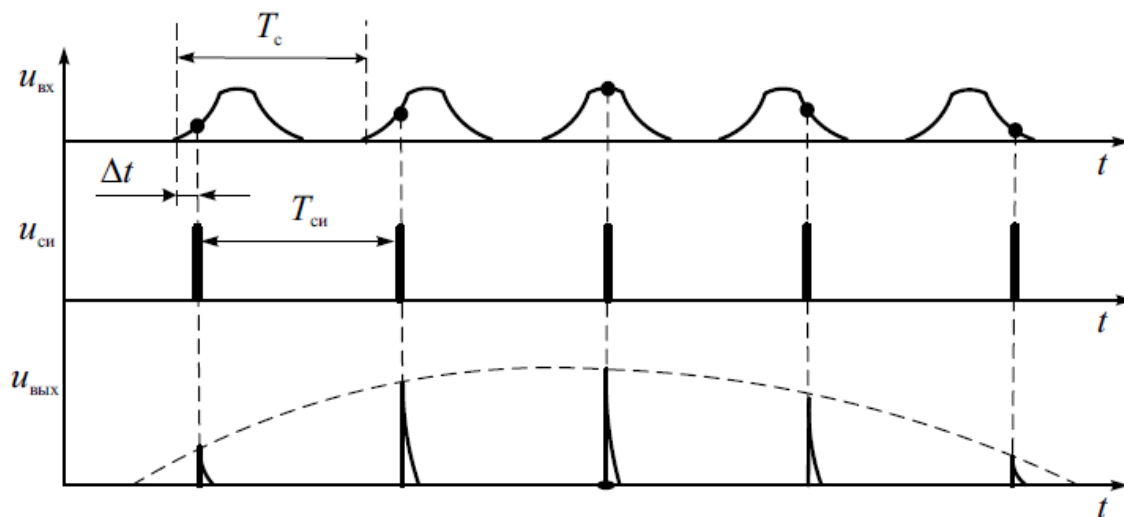
Отклоняющая система осциллографической ЭЛТ



Стробоскопические осциллографы

Области использования стробоскопических осциллографов :

- анализ и наблюдение переходных процессов малой длительности;
- анализ быстродействующих цифровых устройств и линий передач цифровых сигналов;
- исследование характеристик радиоустройств импульсным методом;
- исследование ВЧ и СВЧ-радиоимпульсов сложной формы.

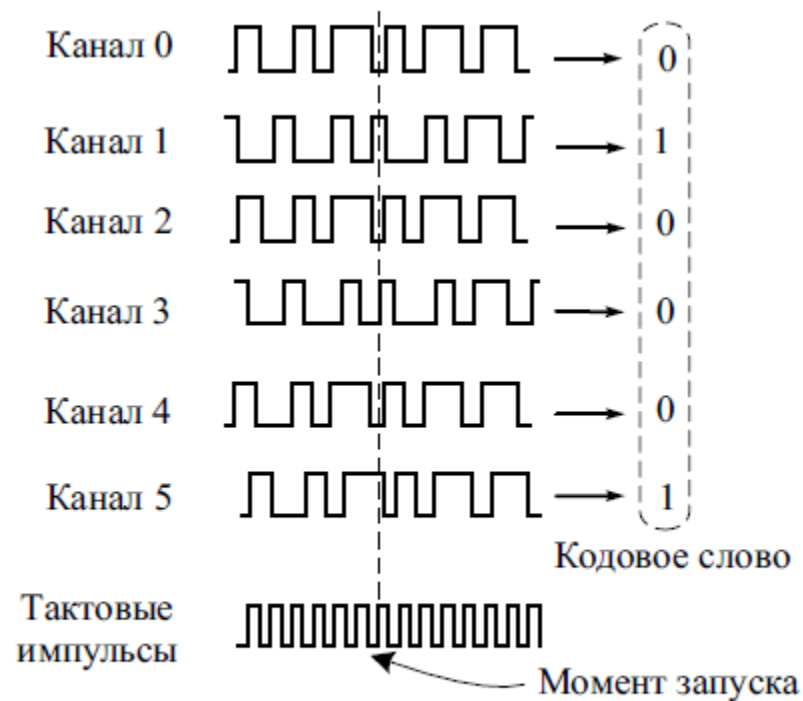
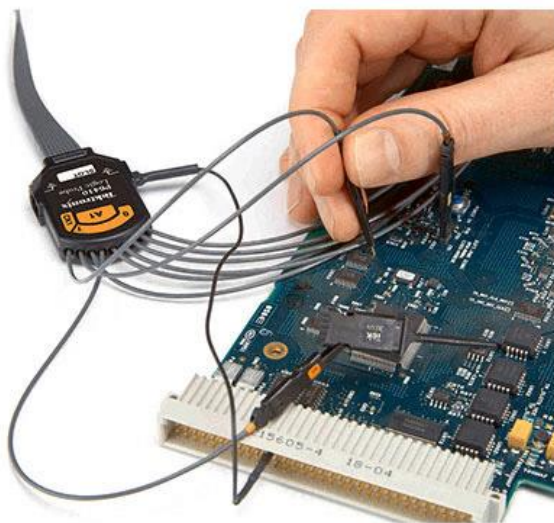


Вид сигналов стробоскопического преобразователя

Логические анализаторы

Области использования логических анализаторов:

- анализ работы цифровых схем



Запуск ЛА по кодовому слову

Анализаторы смешанных сигналов

Во многих случаях возникает необходимость одновременного исследования формы сигналов на физическом уровне (осциллограмм) одновременно с анализом их логических диаграмм. Поэтому существуют приборы, объединяющие возможности ЦО и ЛА – осциллографы смешанных сигналов (MSO – Mixed Storage Oscilloscopes). Такие осциллографы имеют, как правило, 2 (иногда 4) канала аналоговых сигналов, и 8...16 (реже 32) канала ввода цифровых сигналов.

