

Основные принципы работы осциллографа

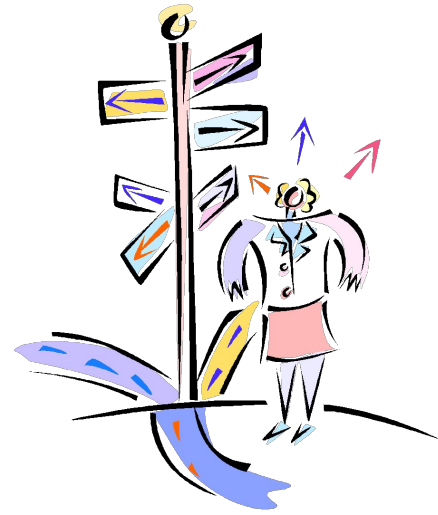
*Для студентов электротехнических
и физических факультетов*



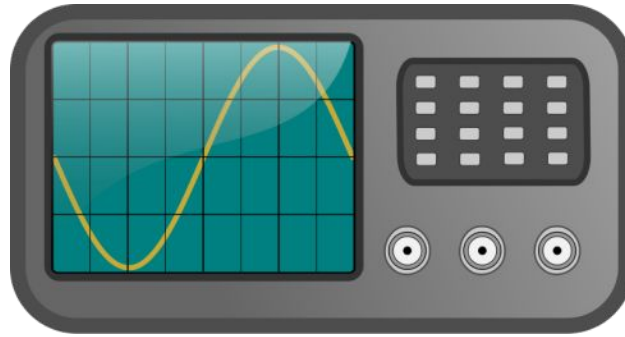
Agilent Technologies

Программа

- Что такое осциллограф?
- Основы проведения измерений (низкочастотная модель)
- Измерение напряжения и времени
- Надлежащее масштабирование сигналов на экране
- Описание запуска осциллографа
 - Принцип работы осциллографа и характеристики работы
- Повторение измерения (модель для динамического диапазона/переменного тока и влияния нагрузки)
- Использование лабораторного руководства и учебного пособия по DSOXEDK
- Дополнительные технические ресурсы



Что такое осциллограф?



ос·цил·ло·граф (осциллёграф)

- Осциллограф преобразует электрические входные сигналы в видимую форму, отображаемую на экране, т. е. преобразует электричество в свет.
- Осциллограф динамически строит графики электрических сигналов, изменяющихся по времени, в двух измерениях (обычно напряжение и время).
- Инженеры и технические специалисты используют осциллографы для тестирования, проверки и отладки электросхем.
- Осциллограф является основным прибором, используемым в электротехнических/физических лабораториях для проведения запланированных экспериментов.



Другие варианты названия

Осциллограф — наиболее распространенный термин.

DSO — Digital Storage Oscilloscope
(цифровой запоминающий осциллограф).

Цифровой осциллограф

Оцифровывающий осциллограф

Аналоговый осциллограф — осциллограф на базе устаревшей технологии, который по-прежнему используется.

CRO – Cathode Ray Oscilloscope (электронно-лучевой осциллограф). Несмотря на то, что в большинстве осциллографов больше не используются электронно-лучевые трубки для отображения сигналов, австралийцы и новозеландцы по-прежнему обозначают их термином CRO.

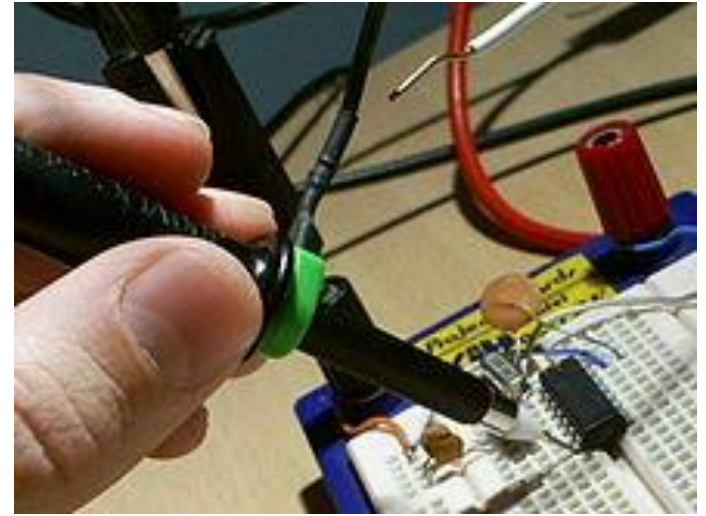
Вариант написания на английском языке O-Scope

MSO — Mixed Signal Oscilloscope (осциллограф смешанных сигналов содержат каналы сбора данных логического анализатора)

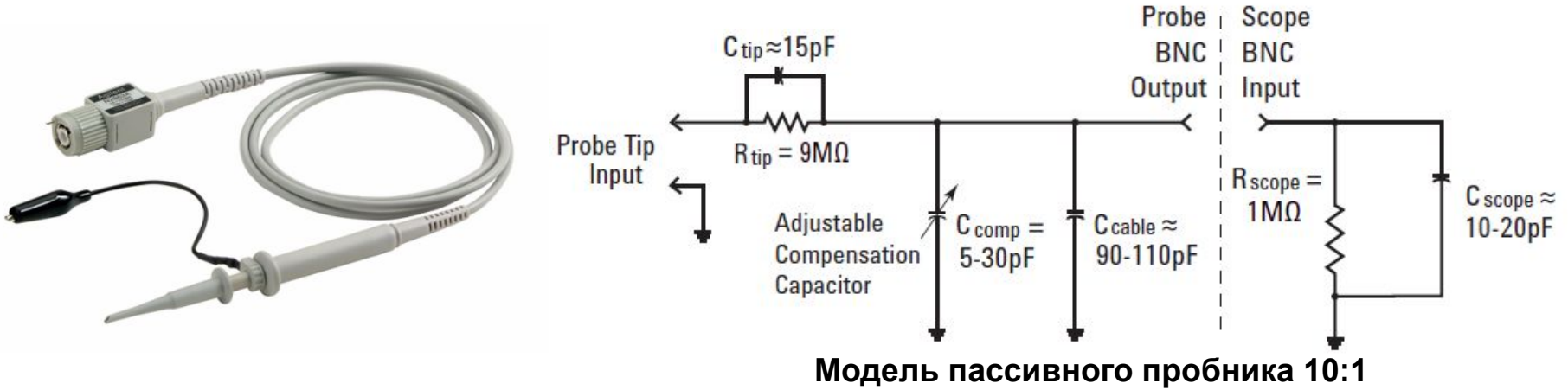


Основы проведения измерений

- Пробники передают сигнал с тестируемого устройства на входы BNC осциллографа.
- Существует множество различных пробников, которые используются в разных и особых целях (для высоких частот, высокого напряжения, тока и т. п.).
- Наиболее широко используемым типом пробника является "пассивный пробник 10:1 делителя напряжения".



Пассивный пробник 10:1 делителя напряжения

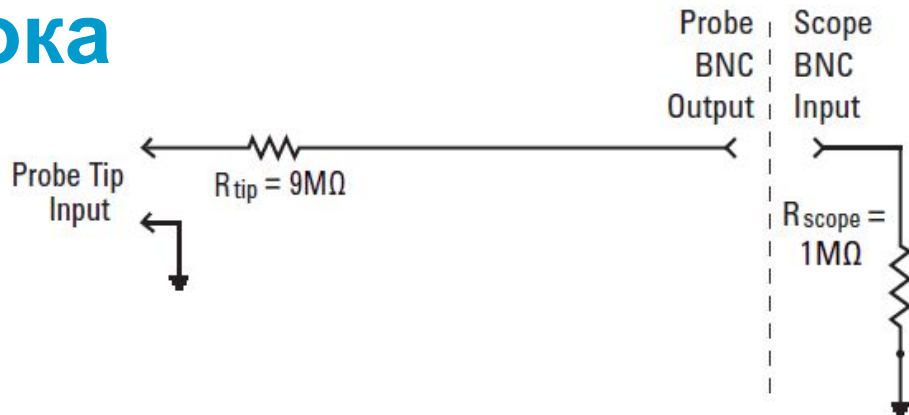


Пассивный означает отсутствие активных элементов, например транзисторов или усилителей.

10:1 означает, что амплитуда сигнала, подаваемого на вход BNC осциллографа, уменьшается на коэффициент, равный 10. Кроме того, входной импеданс увеличивается в 10 раз.

Примечание. Все измерения должны выполняться относительно точки заземления!

Низкочастотная модель/модель для постоянного тока



Модель пассивного пробника 10:1

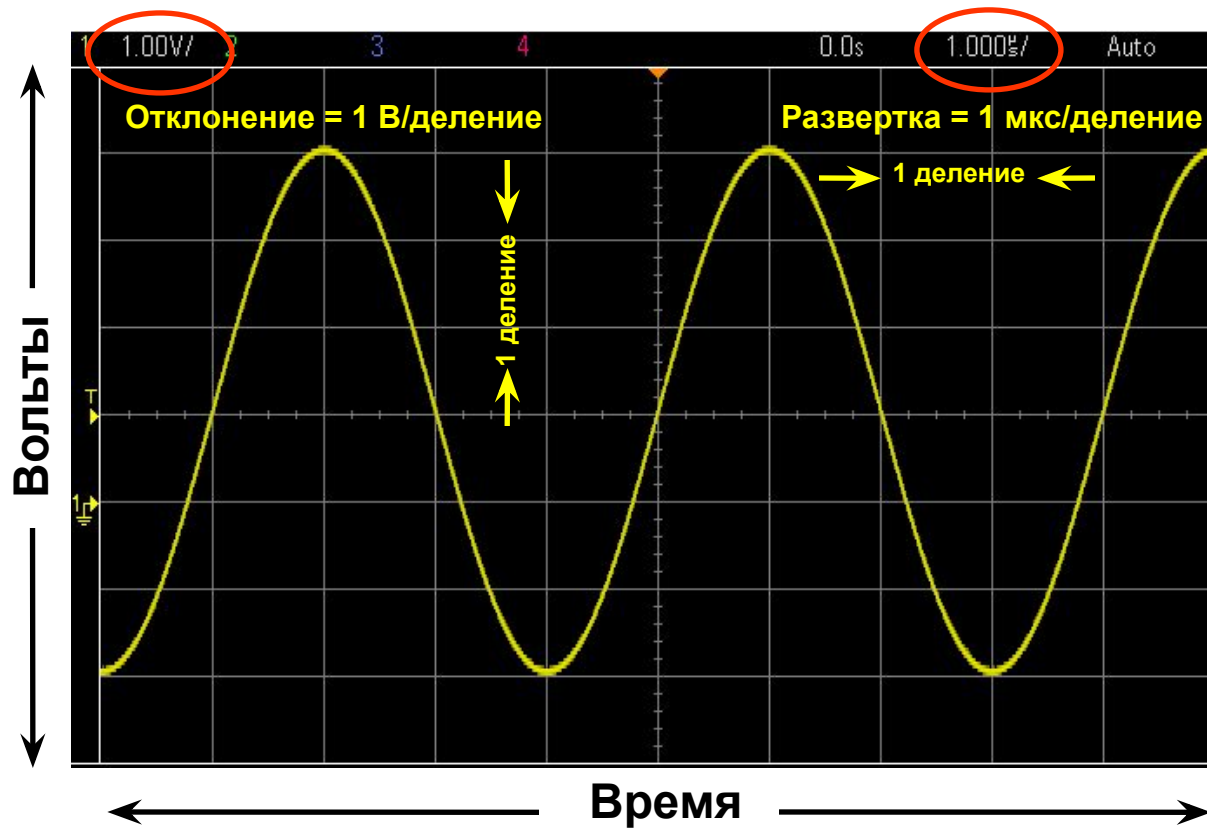
Низкочастотная модель/модель для постоянного тока должна быть упрощена до резистора 9 МОм с последовательным сопротивлением входа осциллографа на 1 МОм.

Коэффициент затухания пробника

- ✓ Некоторые осциллографы, например Agilent 3000 серии X, автоматически определяют пробники 10:1 и настраивают все параметры отклонения и измерения напряжения относительно наконечника пробника.
- ✓ Для некоторых осциллографов, например Agilent 2000 серии X, требуется ввести коэффициент затухания пробника 10:1 вручную.

Модель для динамического диапазона/переменного тока будет рассмотрена далее, а также в лабораторной работе № 5.

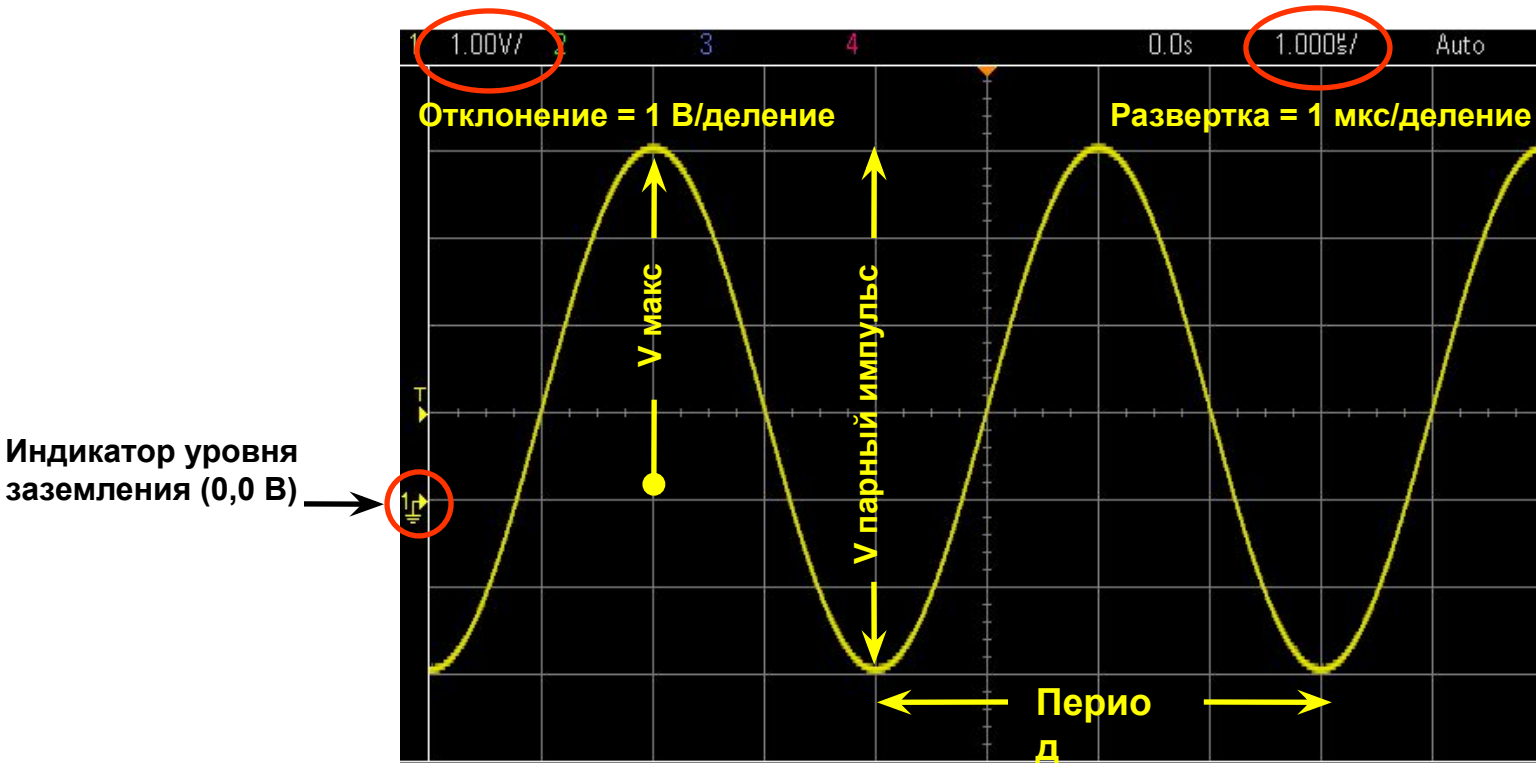
Описание дисплея осциллографа



- Область отображения сигнала представлена сеткой (или делениями).
- Расстояние между вертикальными линиями сетки соответствует настройке числа вольт на деление.
- Расстояние между горизонтальными линиями сетки соответствует настройке числа секунд на деление.

Выполнение измерений методом визуальной оценки

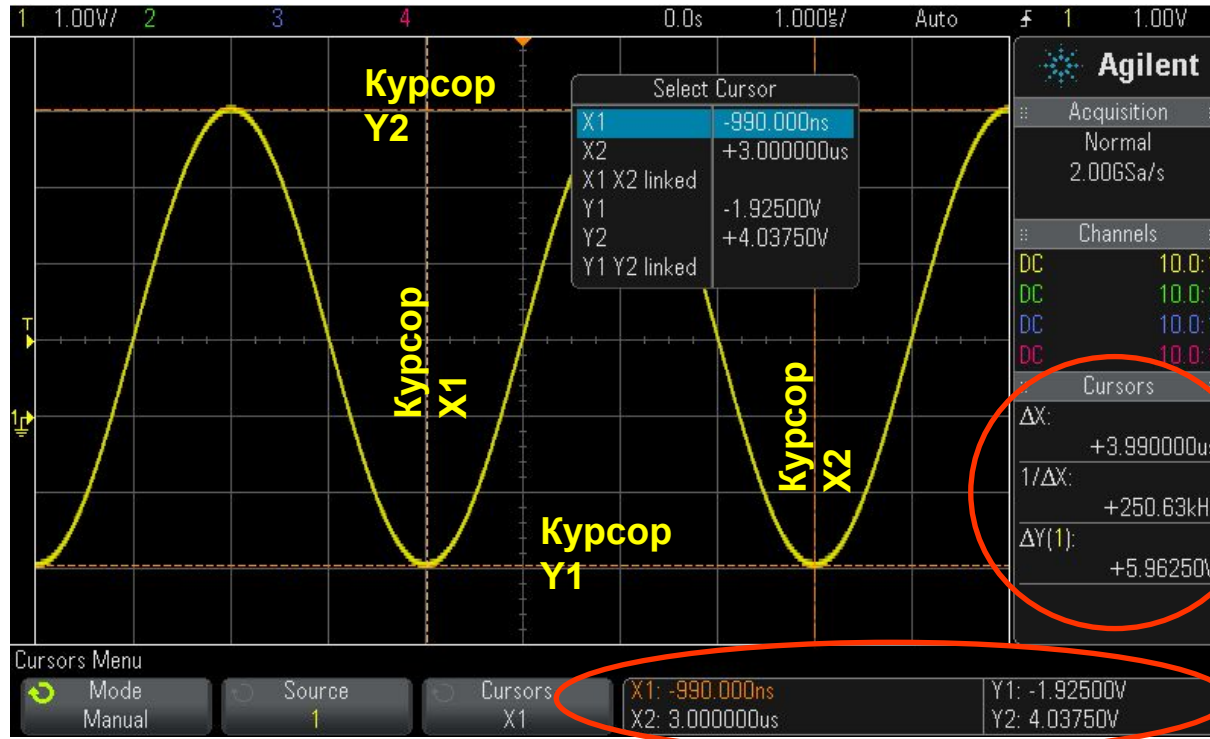
Наиболее распространенный метод измерения



- Период (T) = 4 деления \times 1 мкс/деление = 4 мкс, Част = $1/T = 250$ кГц.
- V парный импульс = 6 делений \times 1 В/деление = 6 В при парном импульсе
- V макс = +4 деления \times 1 В/деление = +4 В, V мин = ?



Выполнение измерений с помощью курсоров



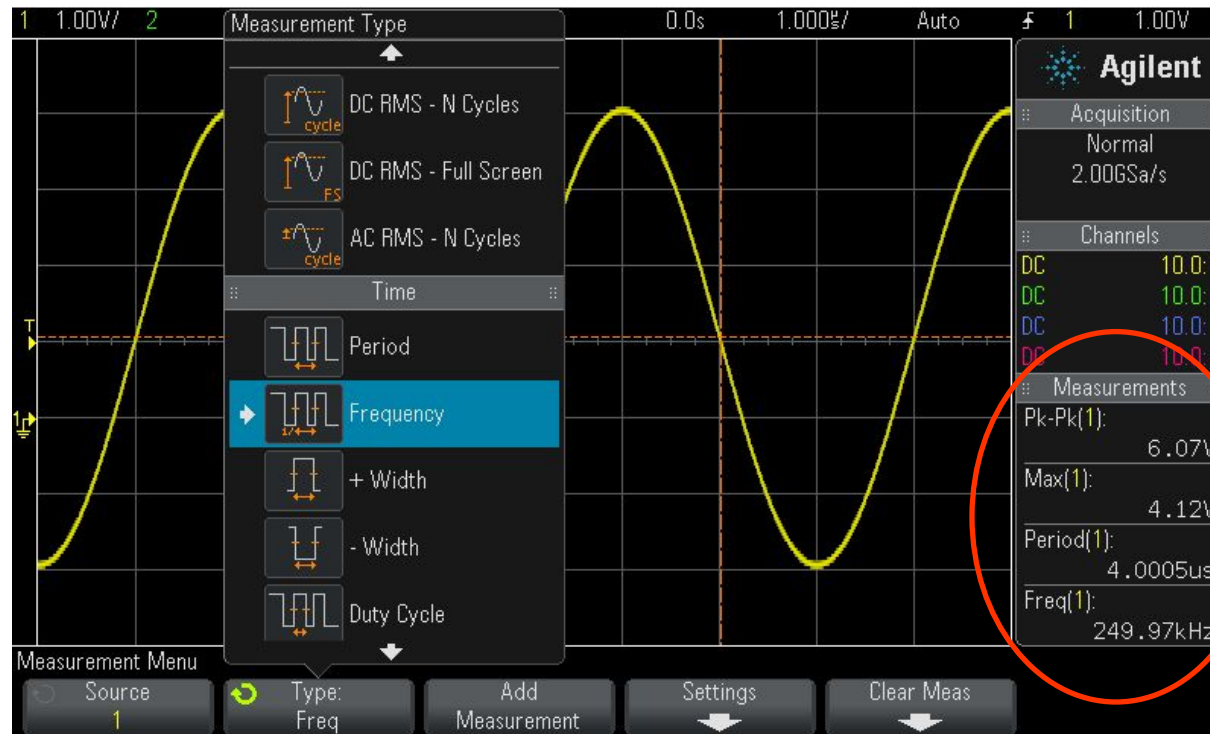
Элементы управления курсорами

Δ показаний

Абсолютное значение V и T

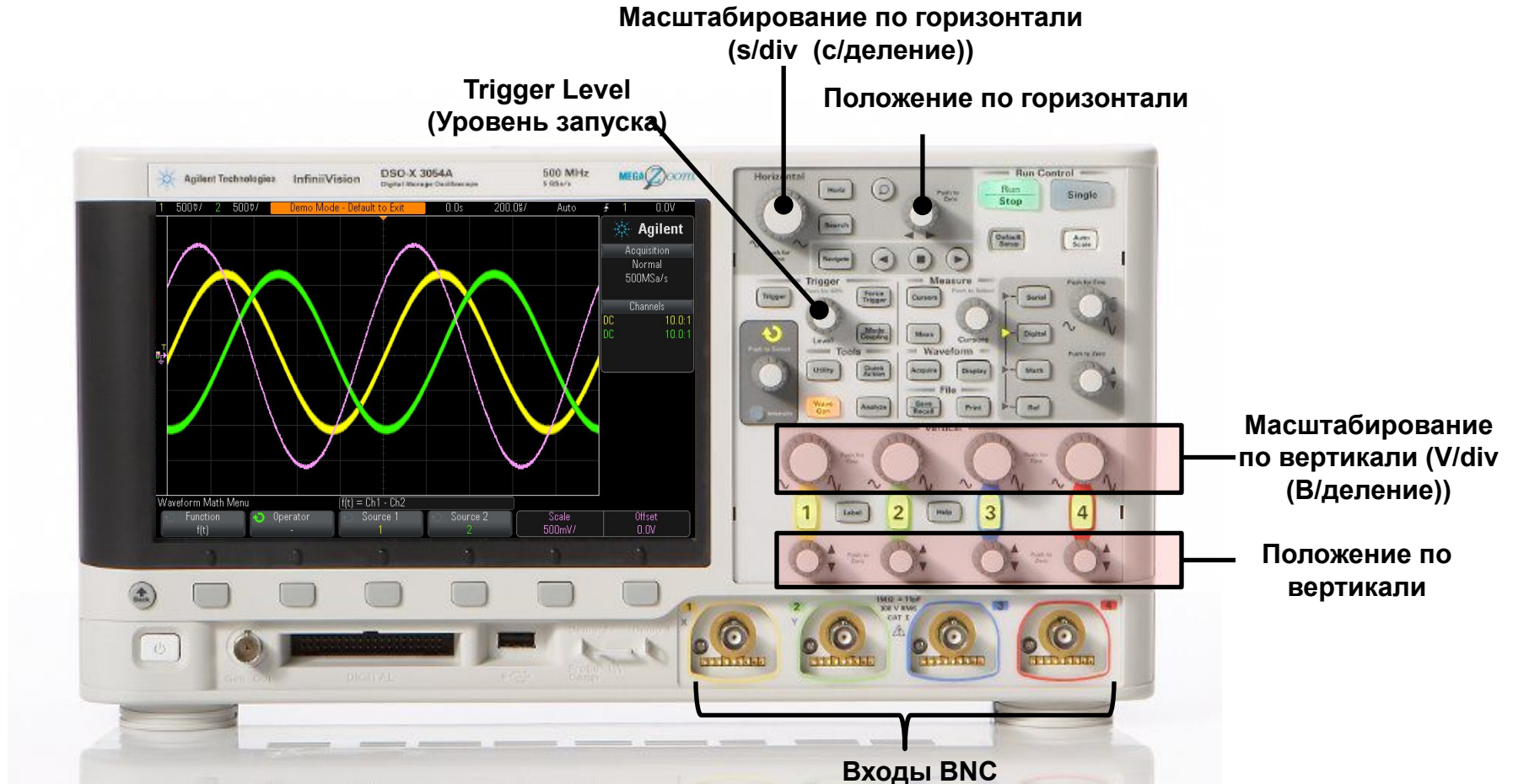
- Вручную установите курсоры X и Y в необходимые точки измерения.
- Осциллограф автоматически умножит значения на коэффициенты масштабирования по вертикали и горизонтали для получения абсолютных значений и их разности.

Выполнение измерений с помощью автоматических параметрических измерений осциллографа



- Выберите не более 4 автоматических параметрических измерения с постоянно обновляемыми показаниями.

Основные элементы управления настройкой осциллографа



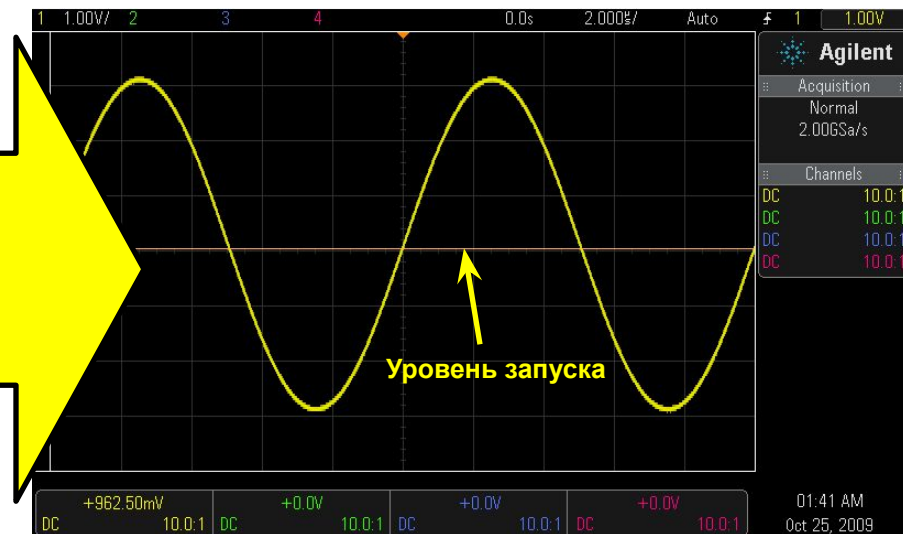
Осциллографы Agilent InfiniiVision 2000 и 3000 серии X

Надлежащее масштабирование сигнала

Исходная настройка (пример)



Оптимальная настройка



- Поворачивайте ручку **V/div** (В/деление), пока форма сигнала не заполнит большую часть экрана по вертикали.
- Поворачивайте ручку **положения** по вертикали, пока форма сигнала не будет выровнена по центру относительно вертикали.
- Поворачивайте ручку **S/div** (С/деление), пока по горизонтали не отобразится лишь несколько циклов.
- Поворачивайте ручку **Trigger Level** (Уровень запуска), пока уровень не будет находиться около центра формы сигнала по вертикали.

Настройка масштабирования сигнала осциллографа — это повторяющийся процесс использования элементов на передней панели для получения оптимального изображения на экране.



Описание запуска осциллографа

Функцию запуска осциллографа зачастую недооценивают, однако крайне важно уметь правильно ее использовать.

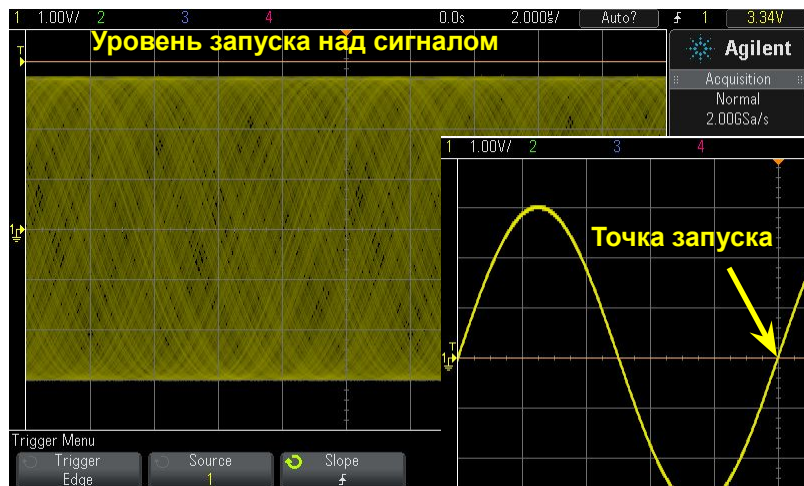
- Сравните "запуск" осциллографа с синхронизированной фотосъемкой.
- Один "снимок" сигнала состоит из множества последовательных оцифрованных проб.
- Съемку необходимо синхронизировать по уникальной точке повторяющегося сигнала.
- Чаще всего запуск осциллографа основан на синхронизации циклов сбора (съемки) по переднему или заднему фронту сигнала на определенном уровне напряжения.



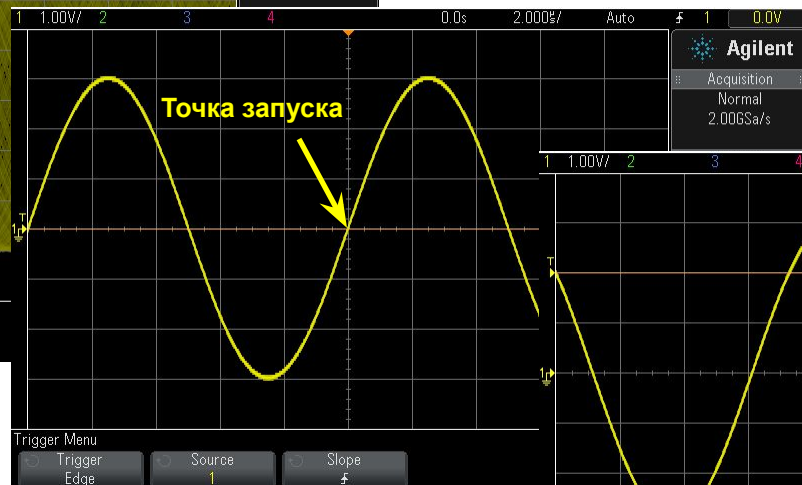
**Запуск осциллографа можно
сравнить фотофинишу на
скачках**



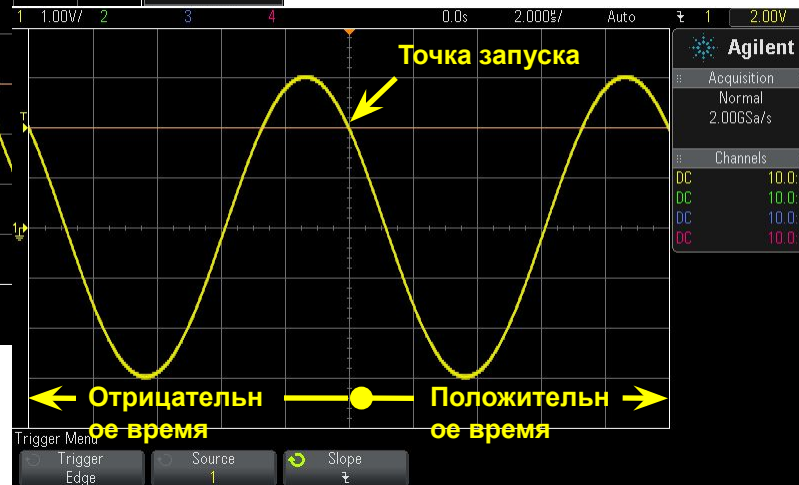
Примеры запуска



Запуск не выполнен
(несинхронизированная
съемка)



**Запуск = передний фронт
при 0,0 В**

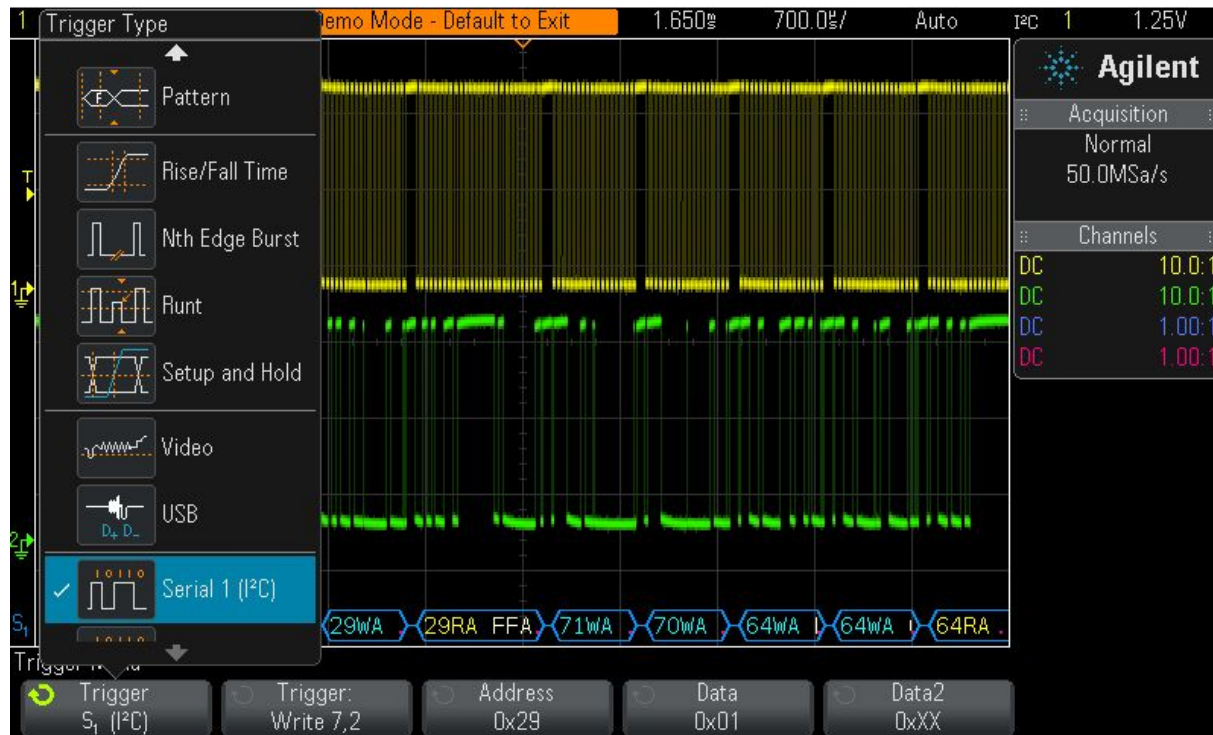


Запуск = задний фронт при +2,0 В



- Точка запуска по умолчанию (начало отсчета) на DSO = центр экрана (по горизонтали)
- Единственная точка запуска на аналоговых осциллографах старых моделей = левая часть экрана

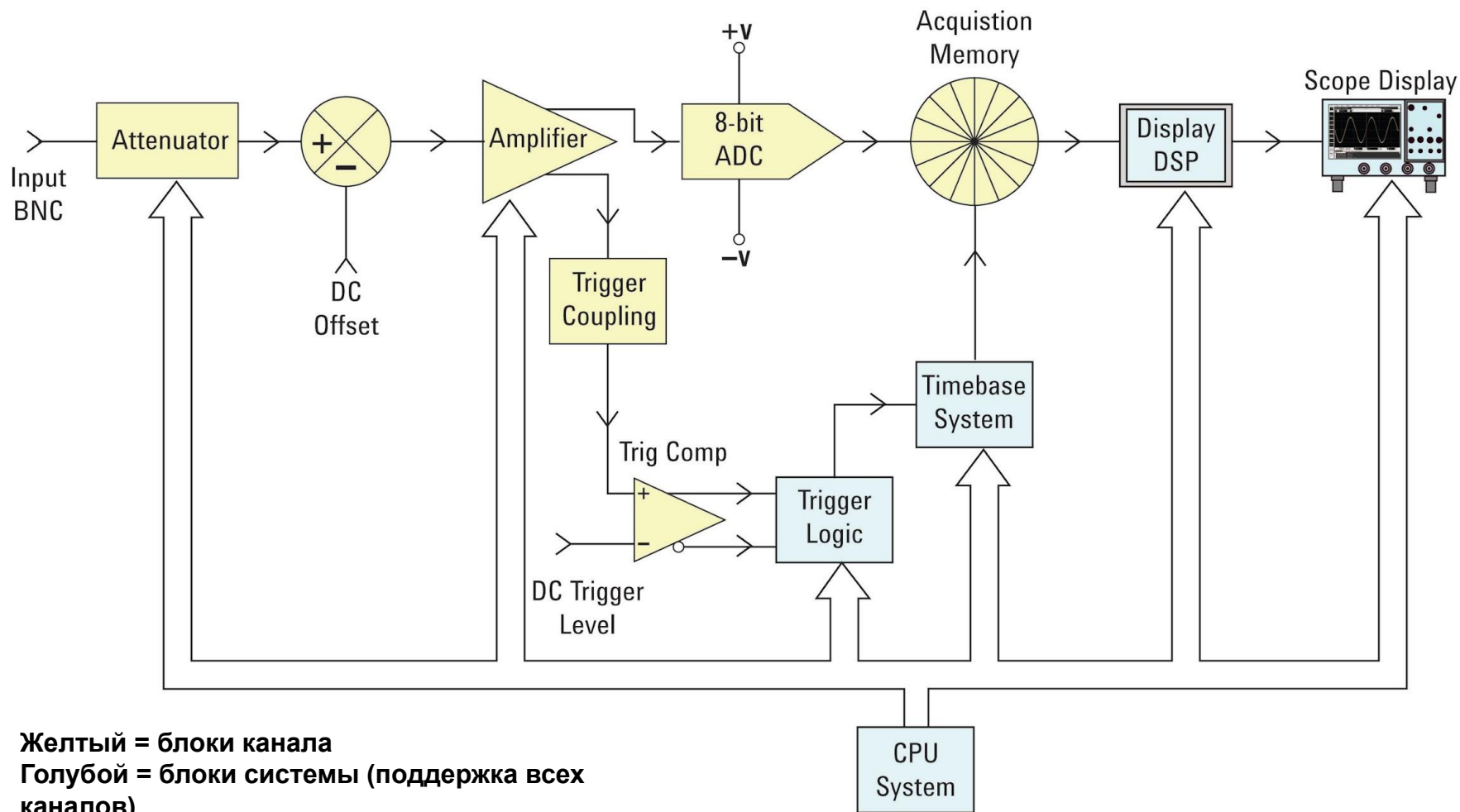
Расширенный запуск осциллографа



Пример. Запуск по последовательной шине I²C

- В большинстве экспериментов, проводимых в студенческой лаборатории, используется стандартный запуск по фронту
- Для запуска по более сложным сигналам требуются расширенные варианты запуска.

Принцип работы осциллографа

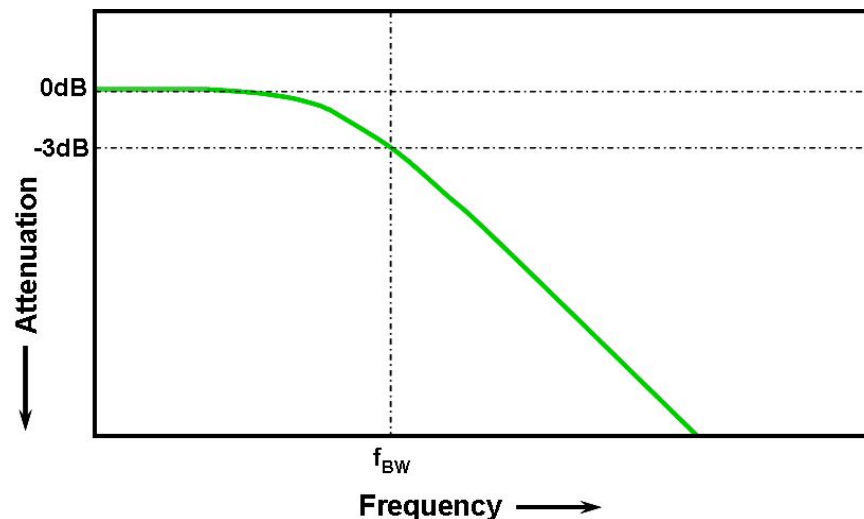


Блок-схема DSO



Характеристики работы осциллографа

Полоса пропускания является наиболее важной характеристикой осциллографа



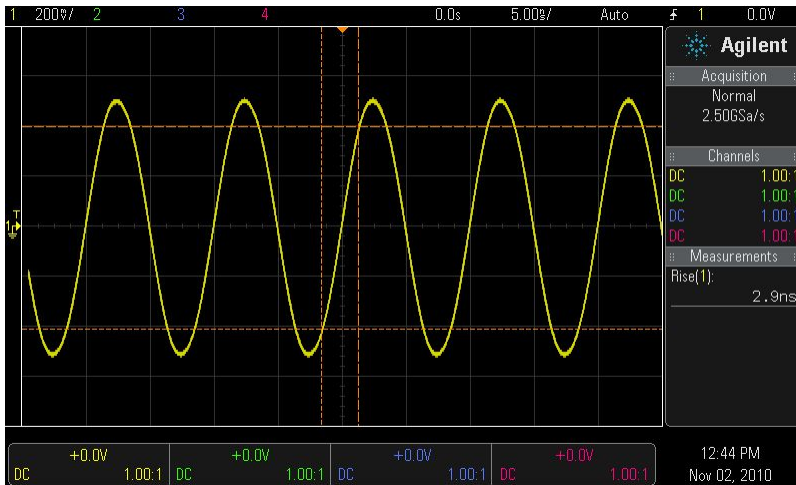
Гауссова амплитудно-частотная характеристика осциллографа

- Все осциллографы обладают амплитудно-низкочастотной характеристикой.
- Частота, при которой входной сигнал с синусоидальной волной затухает на 3 дБ, определяет полосу пропускания осциллографа.
- -3 дБ равняется приблизительно -30% амплитудной погрешности ($-3 \text{ дБ} = 20 \text{ Log } \frac{V_o}{V_i}$).

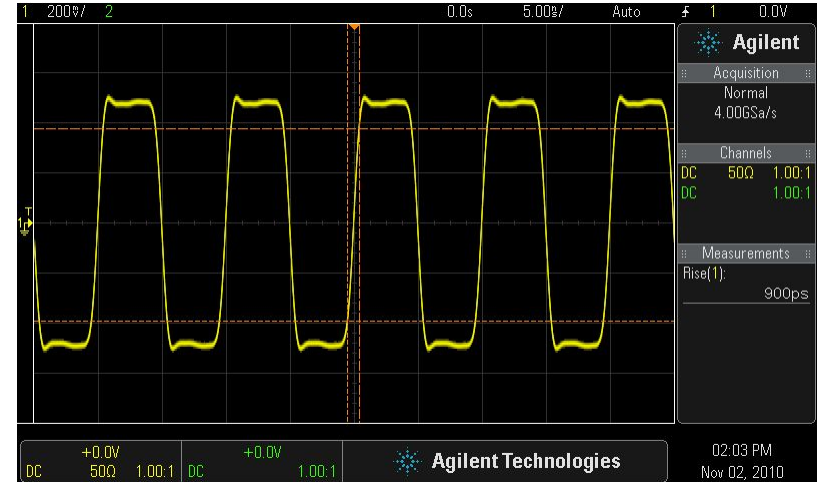


Выбор нужной полосы пропускания

Вход = цифровой тактовый сигнал с частотой 100 МГц



Отклик при использовании осциллографа с полосой пропускания 100 МГц



Отклик при использовании осциллографа с полосой пропускания 500 МГц

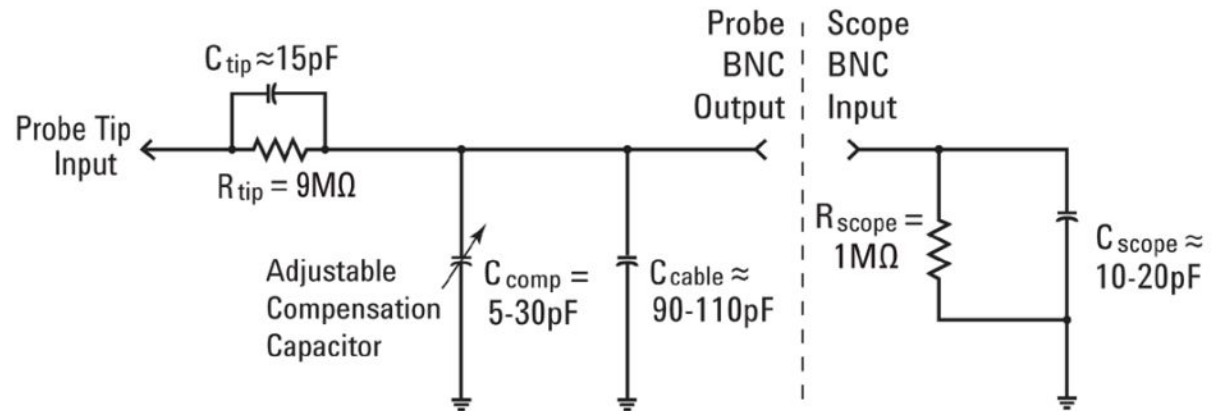
- Требуемая полоса пропускания для аналоговых приборов — по меньшей мере в 3 раза выше частоты синусоидальной волны.
- Требуемая полоса пропускания для цифровых приборов — по меньшей мере в 5 раз выше тактовой частоты цифрового сигнала.
- Более точное определение полосы пропускания основывается на скоростях фронтов сигнала (см. приложение "Полоса пропускания" в конце презентации)

Другие важные характеристики осциллографа

- Частота дискретизации (проб/с) — по меньшей мере в 4 раза больше полосы пропускания
- Объем памяти определяет максимальную длину сигнала, которую можно зарегистрировать, не прерывая отбор проб с максимальной частой дискретизации осциллографа.
- Число каналов — обычно 2 или 4. В модели MSO добавлено от 8 до 32 каналов сбора цифровых данных с разрешением 1 бит (высоким и низким).
- Скорость обновления сигнала — более высокая скорость увеличивает вероятность регистрации редких проблем в цепи.
- Качество изображения дисплея — размер, разрешение, число уровней яркости дисплея.
- Расширенные режимы запуска — классифицированные по времени длительности импульса, по шаблону, видеосигналу, последовательному сигналу, нарушению сигнала (скорость фронта, время настройки/удержания, короткий пакет) и т. д.



Повторение измерения — модель пробника для динамического ди



Модель пассивного пробника 10:1

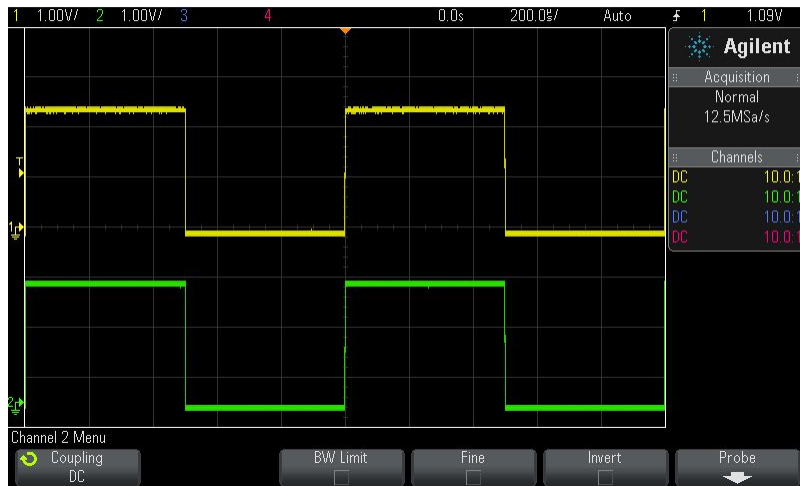
- $C_{\text{осциллографа}}$ и $C_{\text{кабеля}}$ — это внутренняя/паразитная емкость (не заложенная в конструкцию прибора)
- $C_{\text{наконечника}}$ и $C_{\text{комп}}$ заложены в конструкцию прибора для компенсации $C_{\text{осциллографа}}$ и $C_{\text{кабеля}}$.
- Если компенсация пробника настроена должным образом, динамическое затухание/затухание переменного тока, обусловленное зависящим от частоты емкостным сопротивлением, должно совпадать с резистивным затуханием делителя напряжения, заложенным в конструкцию прибора (10:1).

$$\frac{1}{2\pi f C_{\text{tip}}} = \frac{9}{2\pi f C_{\text{parallel}}}$$

Где C_{parallel} — это сумма $C_{\text{комп}}$ + $C_{\text{кабеля}}$ + $C_{\text{осциллографа}}$ при параллельном подключении



Компенсация пробников



Правильная компенсация

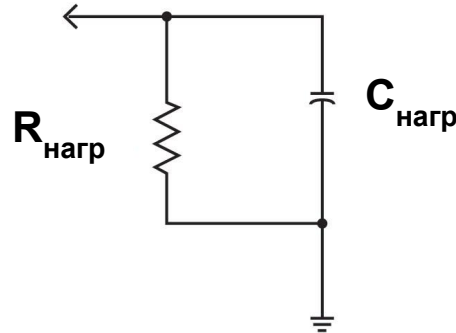


Канал 1 (желтый) = чрезмерная компенсация
Канал 2 (зеленый) = недостаточная компенсация

- Подключите канал 1 и канал 2 пробника к контакту Probe Comp (совпадает с Demo2).
- С помощью ручек "В/деление" и "С/деление" настройте вывод обоих сигналов на экран.
- Для получения ровного (прямоугольного) отклика отрегулируйте конденсатор переменной емкости для компенсации пробника ($C_{\text{комп}}$) на обоих пробниках с помощью небольшой отвертки с плоским жалом.

Нагрузка пробника

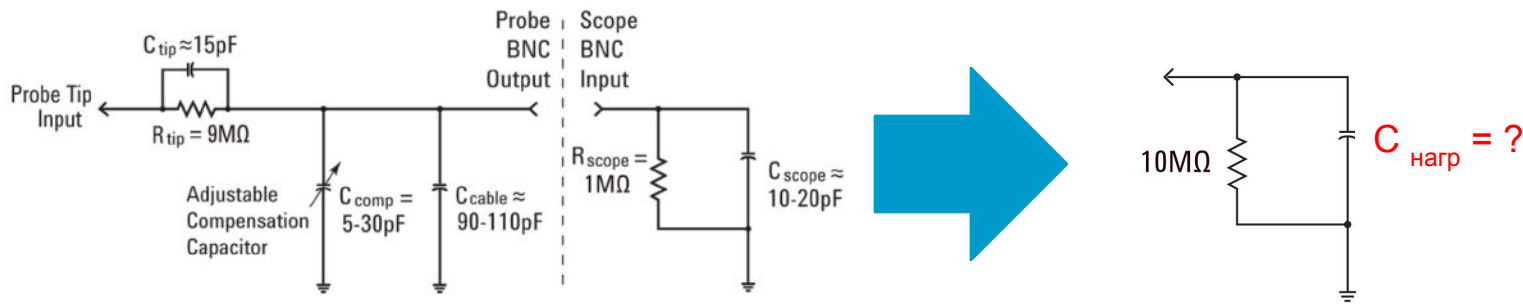
- Модель пробника и входа осциллографа можно упростить, оставив лишь резистор и конденсатор



Модель нагрузки пробника и осциллографа

- Любой прибор (не только осциллографы), подключенный к тестируемой цепи, становится ее частью и оказывает влияние на результаты измерений особенно при высоких частотах.
- "Нагрузка" подразумевает негативное влияние осциллографа и пробника на производительность цепи.

Задание



1. Если $C_{осциллографа} = 15\text{ пФ}$, $C_{кабеля} = 100\text{ пФ}$ и $C_{наконечника} = 15\text{ пФ}$, вычислите $C_{комп}$ при правильной настройке. $C_{комп} = \underline{\hspace{2cm}}$
2. Используя вычисленное значение $C_{комп}$, определите $C_{нагр}$. $C_{нагр} = \underline{\hspace{2cm}}$
3. Используя полученное значение $C_{нагр}$, вычислите емкостное сопротивление $C_{нагр}$ при 500 МГц . $X_{C-нагр} = \underline{\hspace{2cm}}$

Использование лабораторного руководства по осциллографам и учебного пособия

Домашнее задание — прочтите следующие разделы перед 1 лабораторной работой с осциллографом:

Раздел 1 — Начало работы

- ✓ Измерение с помощью осциллографа
- ✓ Обзор лицевой панели

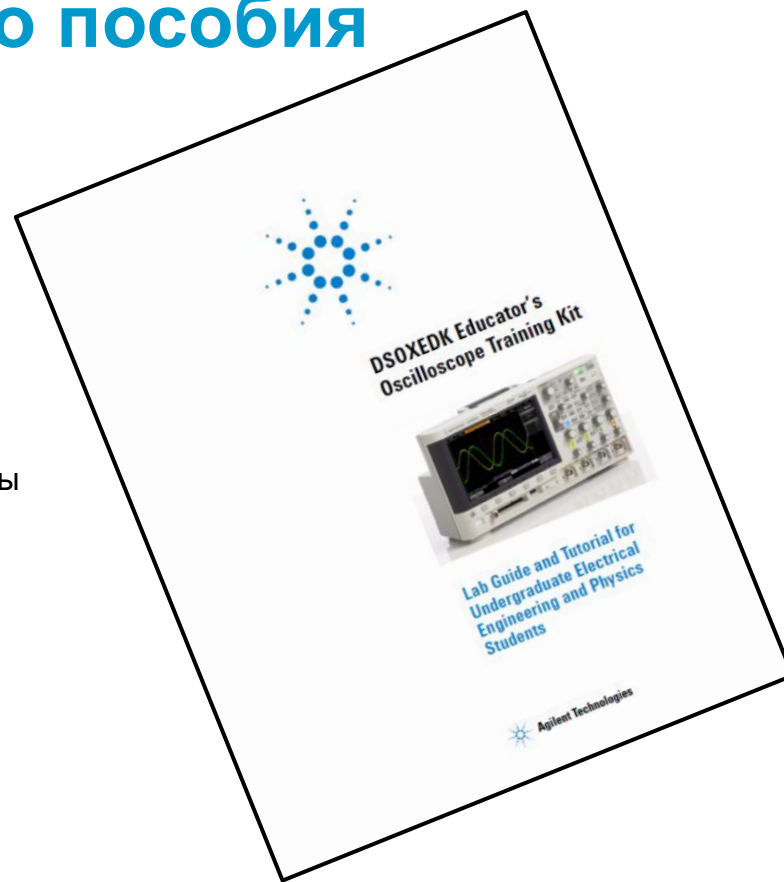
Приложение А — Блок-схема осциллографа и принцип работы

Приложение В — Учебное пособие по определению полосы пропускания осциллографа

Практические лабораторные работы с осциллографом

Раздел 2 — Лабораторные работы по основным измерениям, выполняемым с помощью осциллографа и модуля WaveGen (6 отдельных работ)

Раздел 3 — Лабораторные работы по дополнительным измерениям с помощью осциллографа (9 дополнительных работ, назначаемых преподавателем)



Лабораторное руководство по осциллографам и учебное пособие
Загрузите с www.agilent.com/find/EDK

Рекомендации по работе с лабораторным руководством

Слова, выделенные жирным шрифтом в квадратных скобках, например «**[Help]** Справка», обозначают кнопки лицевой панели.



Программными кнопками называют 6 клавиш/кнопок под дисплеем осциллографа. Выполняемые ими функции зависят от выбранного меню.



Программная кнопка с изображением изогнутой зеленой стрелки (↻) означает, что универсальная ручка **Entry (Ввод)** отвечает за управление выбранным объектом или переменной.

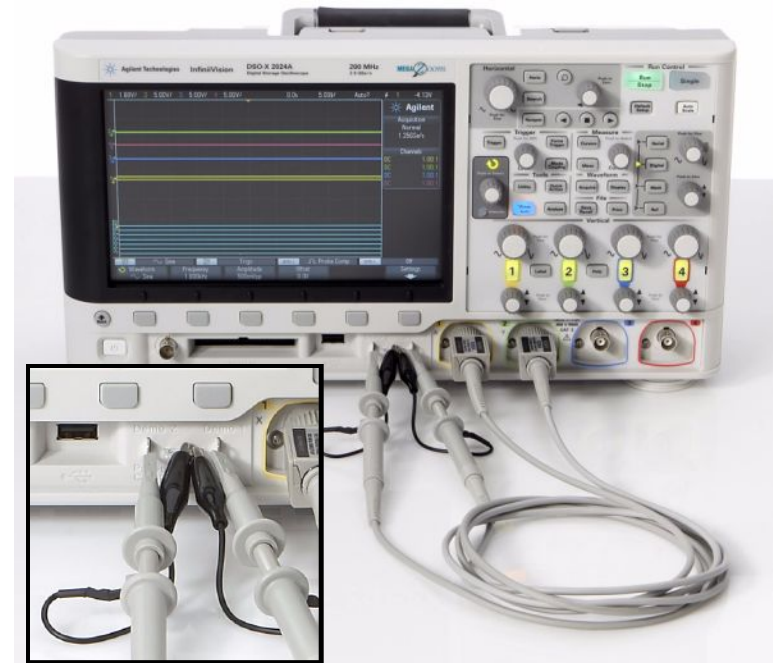


Ручка Entry (Ввод)

Доступ ко встроенным обучающим сигналам

В большинстве лабораторных работ с осциллографом используется множество обучающих сигналов, встроенных в осциллографы Agilent 2000 или 3000 серии X, если для них имеется лицензия на комплект модуля обучения DSOXEDK.

1. Подключите пробник ко входу BNC канала 1 осциллографа и контакту с надписью Demo1.
2. Подключите еще один пробник ко входу BNC канала 2 осциллографа и контакту с надписью Demo2.
3. Подключите зажимы заземления обоих пробников к центральному контакту заземления.
4. Нажмите кнопку «**[Help]** Справка», затем программную кнопку **Training Signals** (Обучающие сигналы).



Подключение пассивных пробников 10:1 к контрольным контактам обучающих сигналов



Дополнительные технические ресурсы, поставляемые Agilent Technologies

Наименование приложения	Публикация №
Сравнение основных характеристик осциллографа	5989-8064EN
Сравнение полосы пропускания осциллографов для конкретных областей применения	5989-5733EN
Сравнение частоты и точности дискретизации осциллографа	5989-5732EN
Сравнение осциллографов по скорости обновления сигналов	5989-7885EN
Сравнение осциллографов по качеству изображения	5989-2003EN
Сравнение характеристик вертикального шума осциллографов	5989-3020EN
Сравнение осциллографов для отладки схем смешанных сигналов	5989-3702EN
Сравнение сегментированной памяти осциллографа для использования последовательной шины	5990-5817EN

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/xxxx-xxxxEN.pdf>

**Подставьте номер публикации в
“xxxx-xxxx”**



Вопросы и ответы

B&O

