

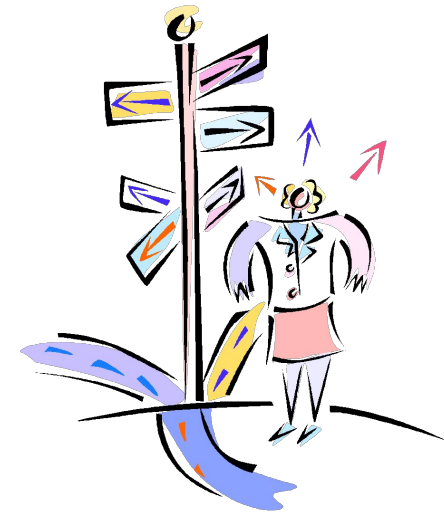
Основные принципы работы осциллографа

Для студентов электротехнических и физических факультетов

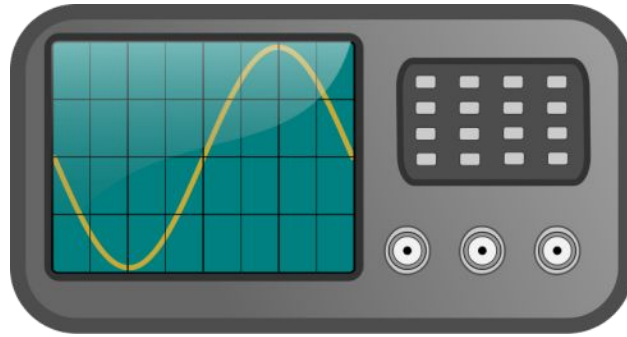


Программа

- 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 (осцилло́граф)

- 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)

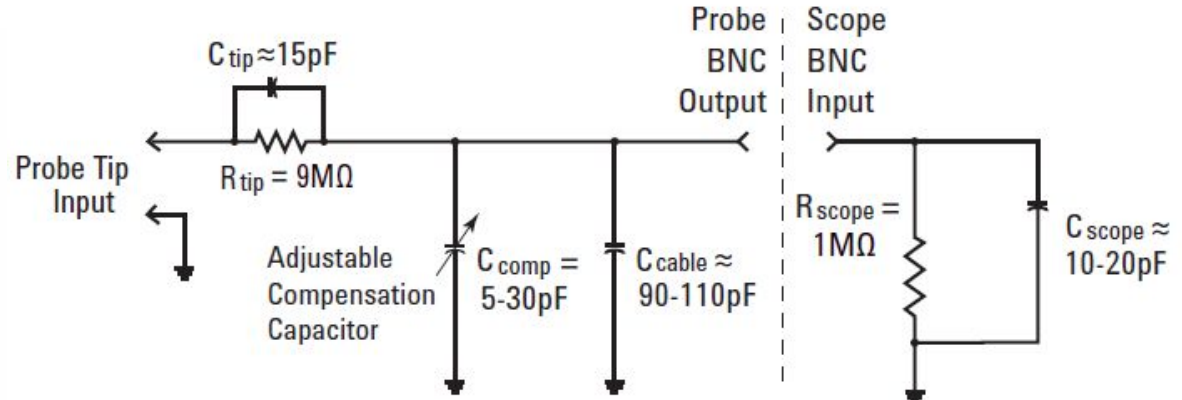


Основы проведения измерений

- 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



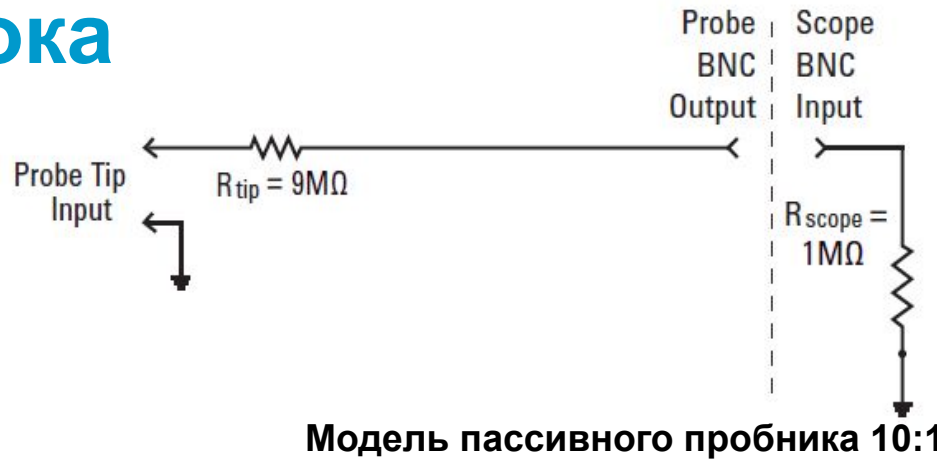
Модель пассивного пробника 10:1

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



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.

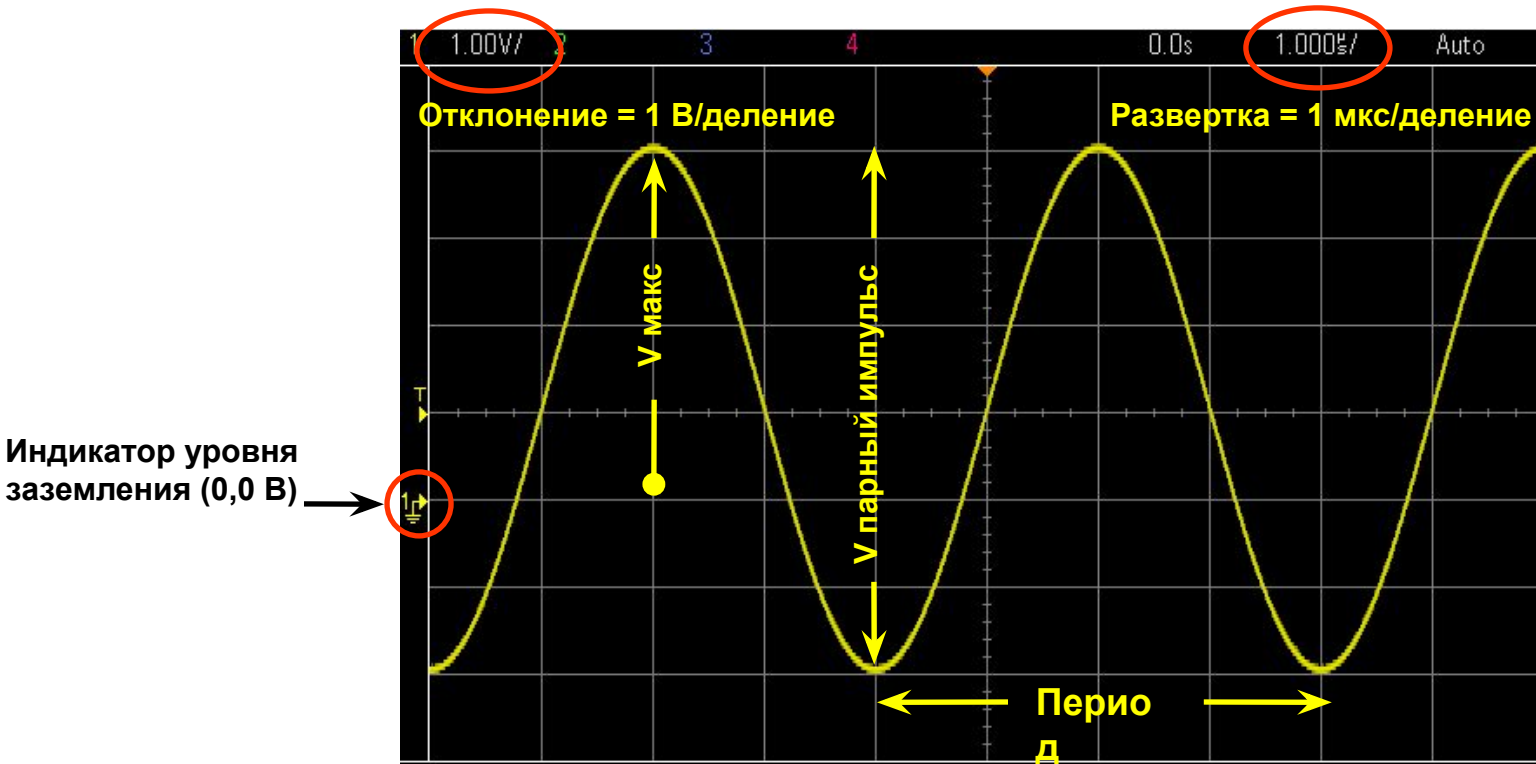
Описание дисплея осциллографа



- 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.

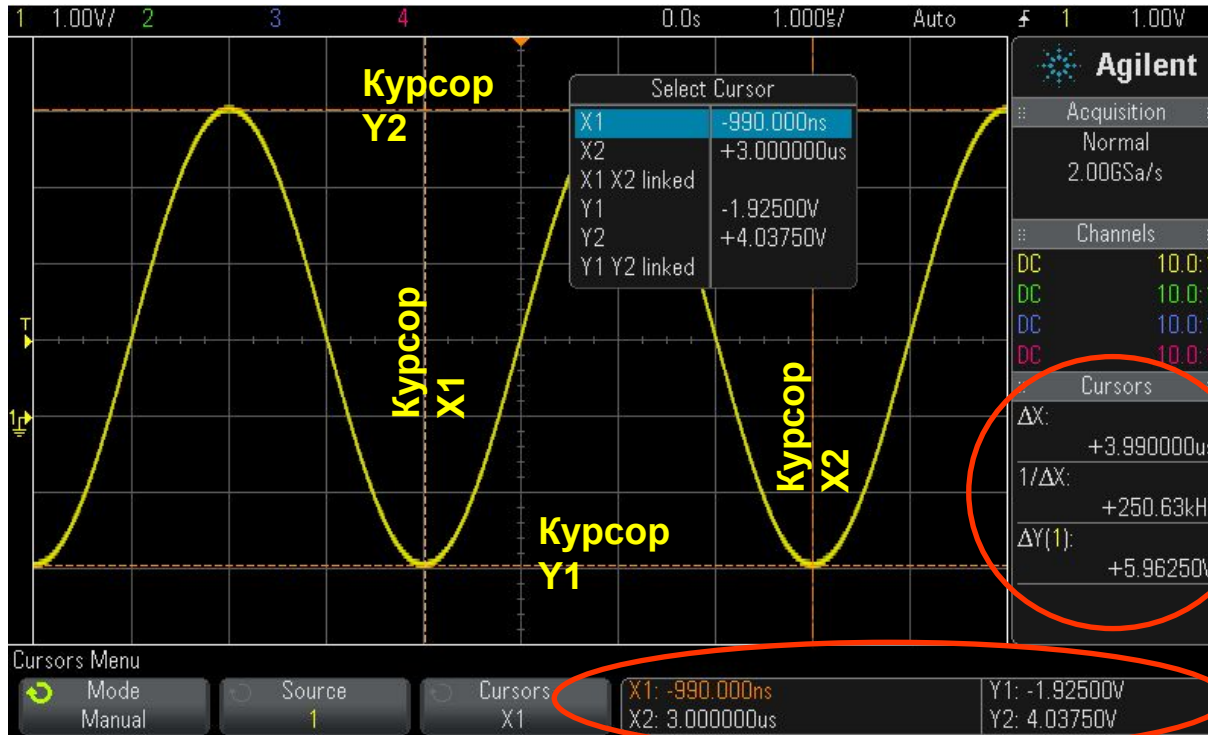
Выполнение измерений методом визуальной оценки

Наиболее распространенный метод измерения



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

Выполнение измерений с помощью курсоров



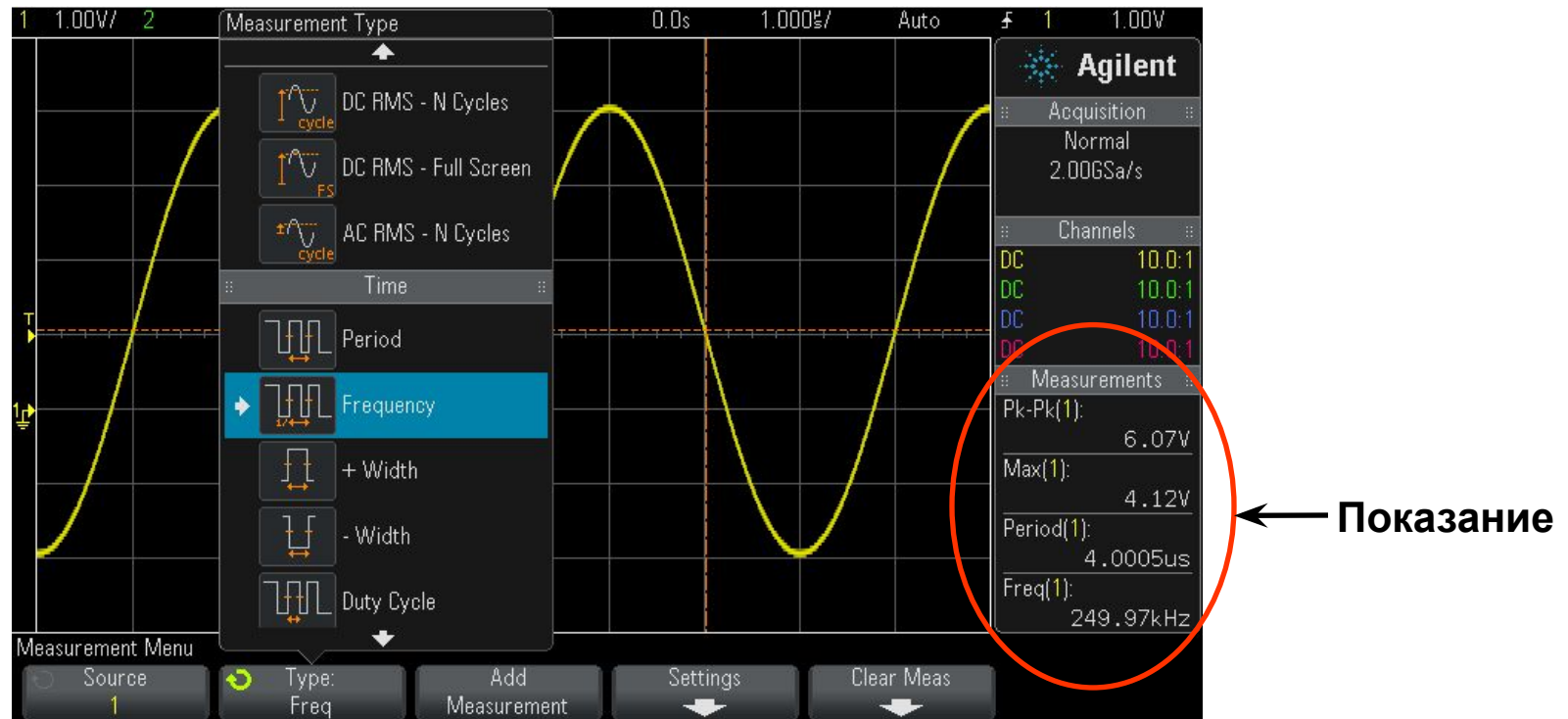
Элементы управления курсорами

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



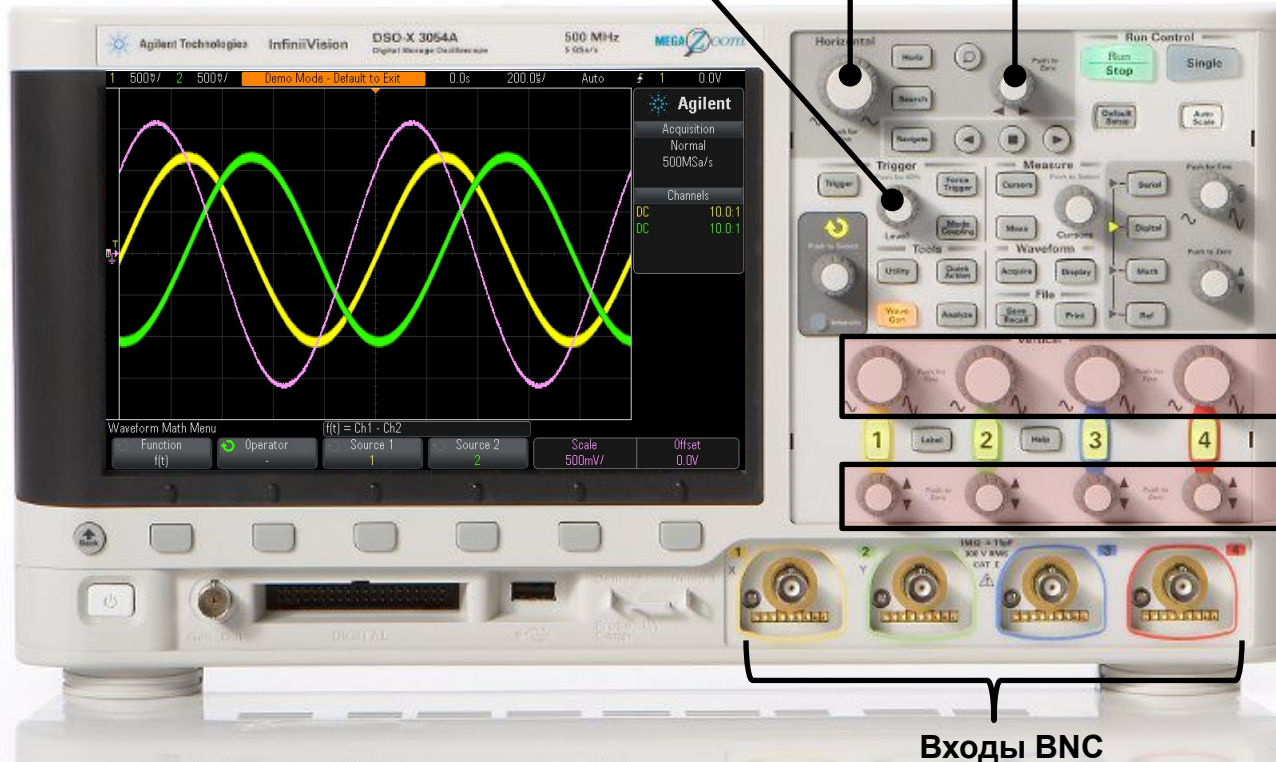
- Выберите не более 4 автоматических параметрических измерения с постоянно обновляемыми показаниями.

Основные элементы управления настройкой осциллографа

Масштабирование по горизонтали
(s/div (с/деление))

Trigger Level
(Уровень запуска)

Положение по горизонтали



Масштабирование по вертикали (V/div (В/деление))

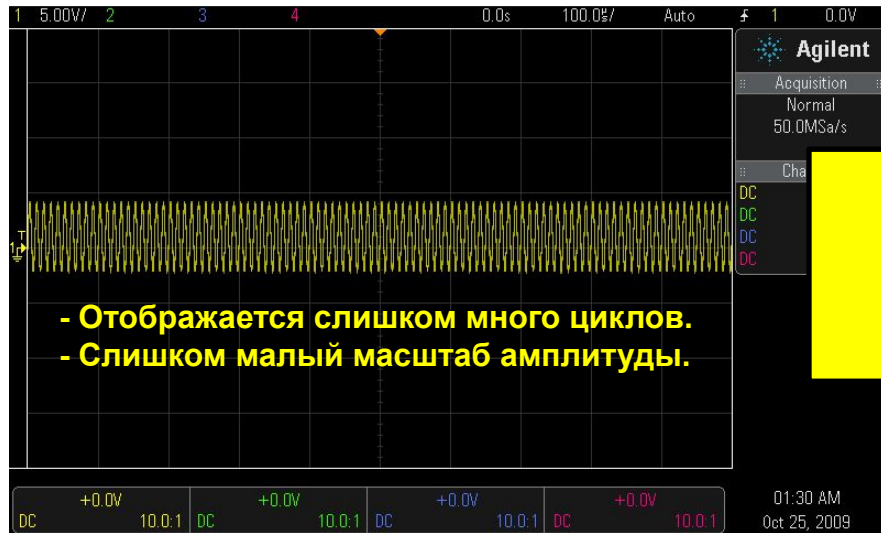
Положение по вертикали

Входы BNC

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

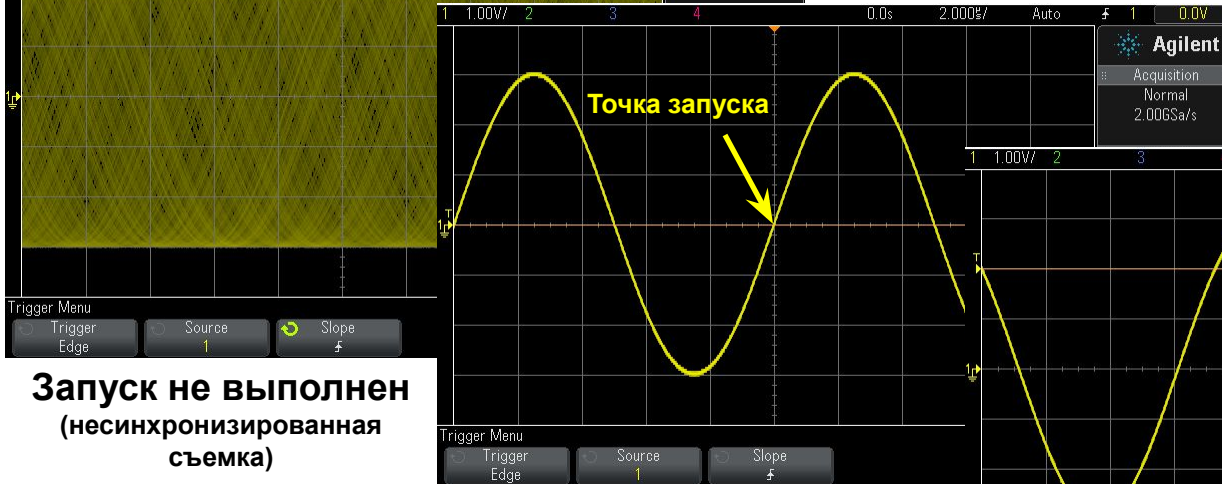
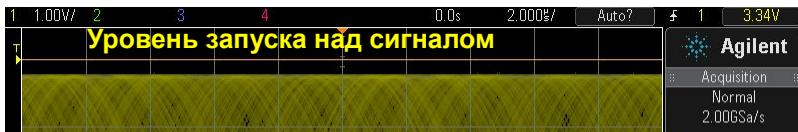
Функцию запуска осциллографа зачастую недооценивают, однако крайне важно уметь правильно ее использовать.

- 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)

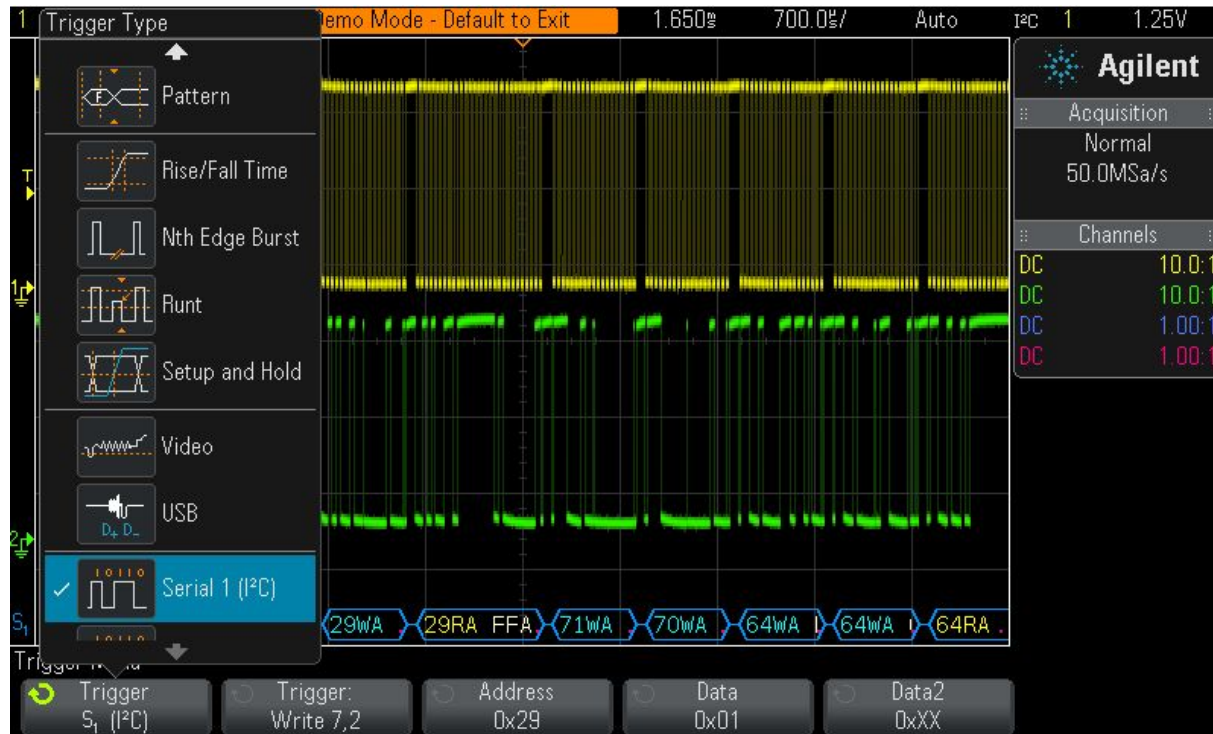
**Запуск = передний фронт
при 0,0 В**



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

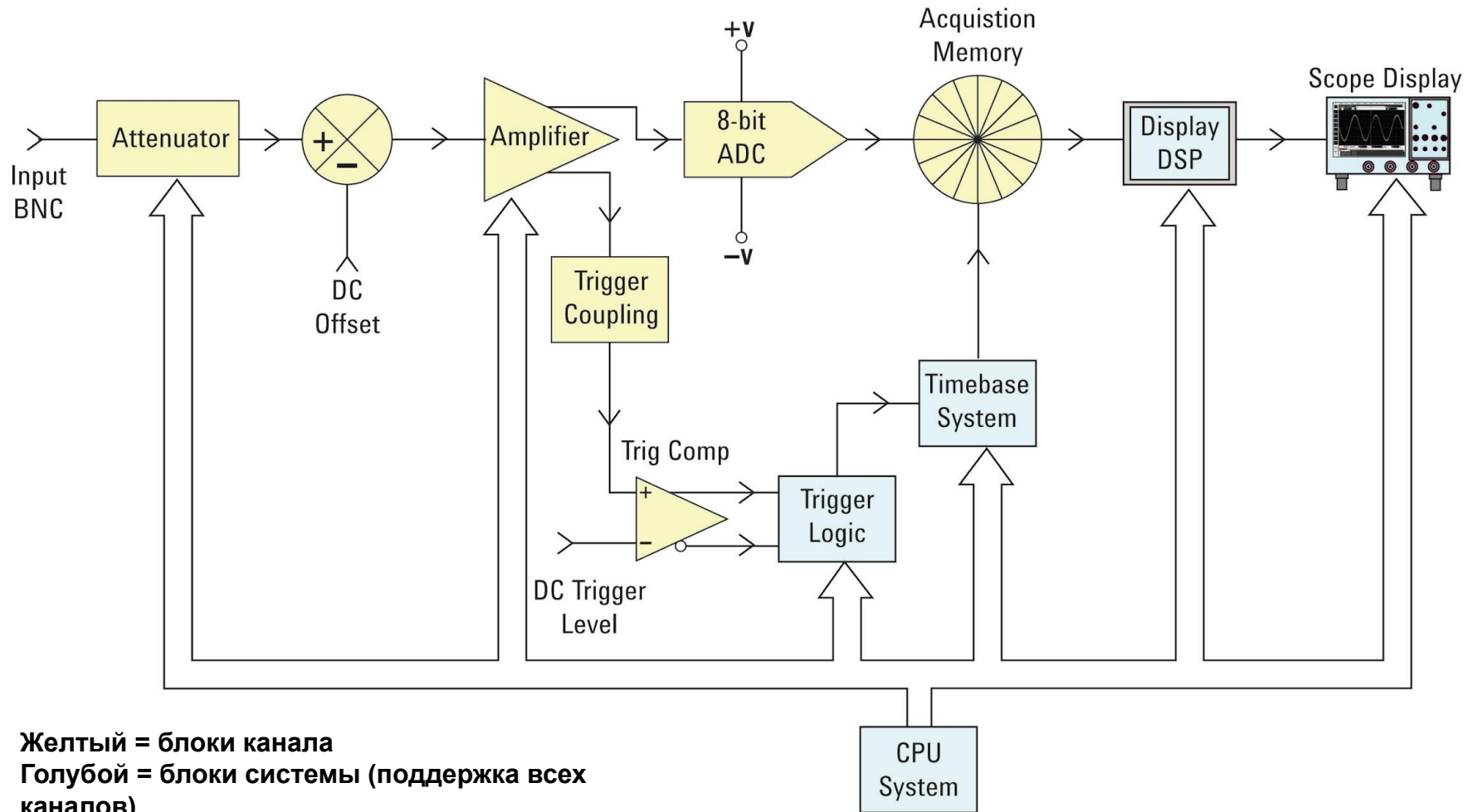
Расширенный запуск осциллографа



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.

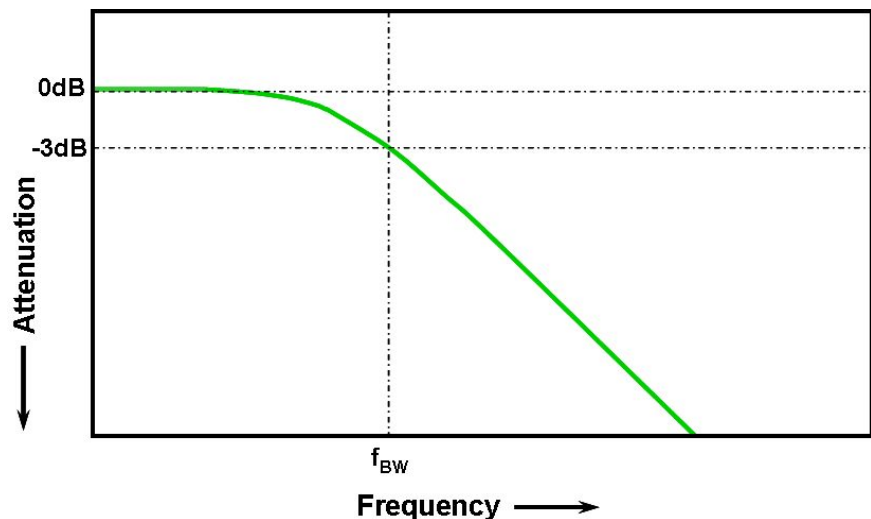
Принцип работы осциллографа



Блок-схема DSO

Характеристики работы осциллографа

Полоса пропускания является наиболее важной характеристикой осциллографа



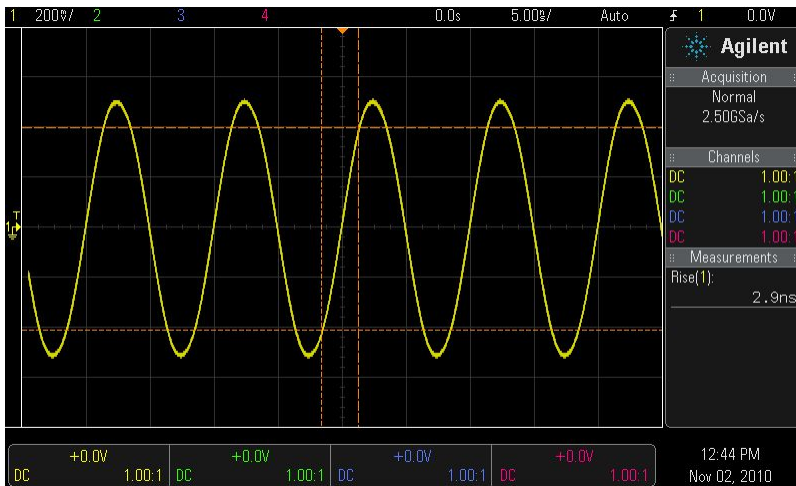
Ганссова амплитудно-частотная характеристика осциллографа

- 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 ($-3 \text{ дБ} = 20 \text{ Log } \frac{V_o}{V_i}$).

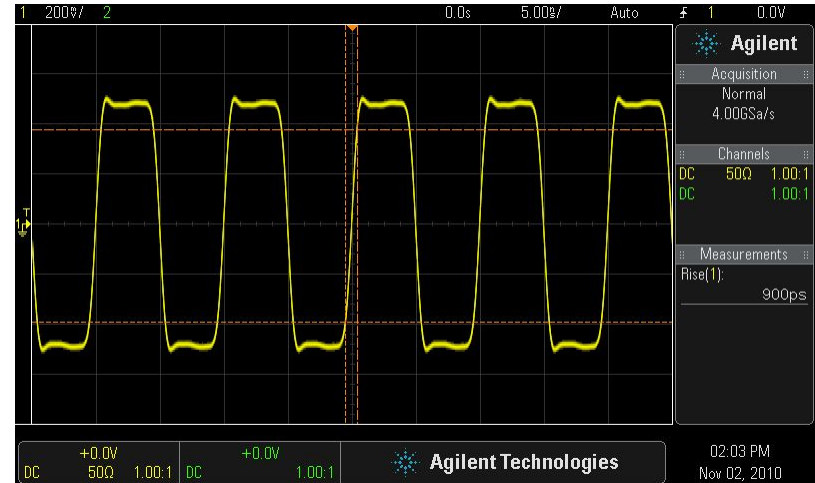


Выбор нужной полосы пропускания

Вход = цифровой тактовый сигнал с частотой 100 МГц



Отклик при использовании осциллографа с полосой пропускания 100 МГц

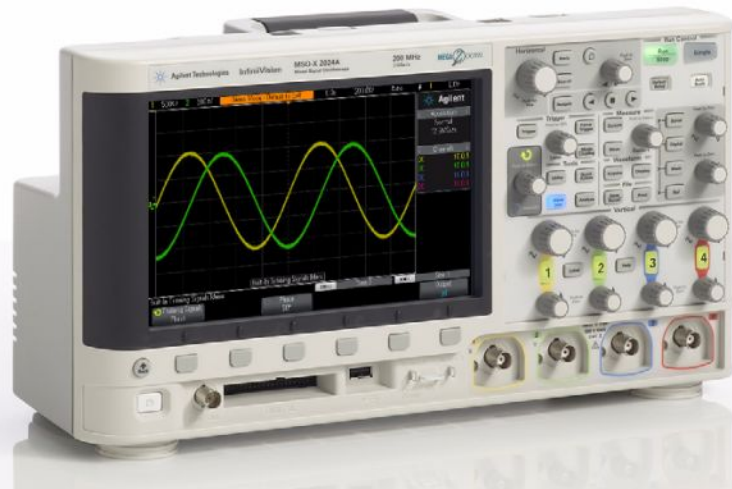


Отклик при использовании осциллографа с полосой пропускания 500 МГц

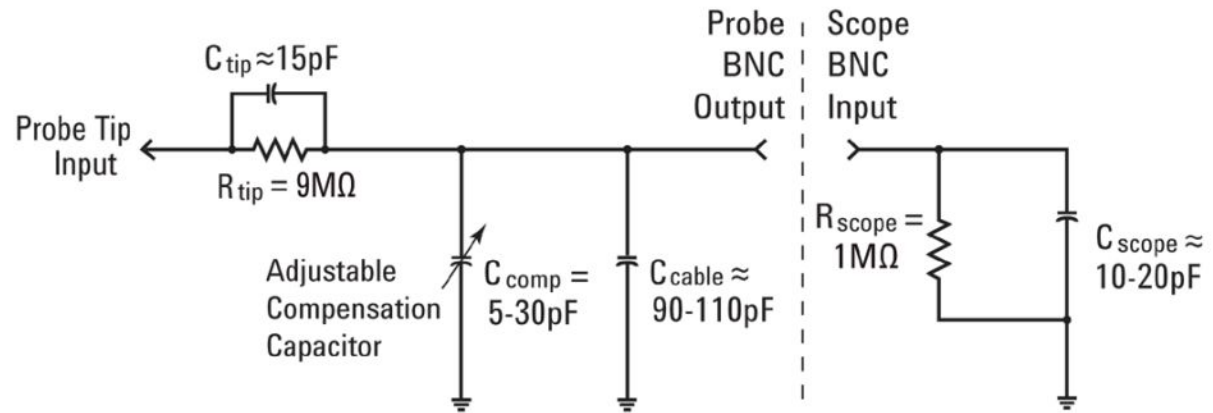
- Требуемая полоса пропускания для аналоговых приборов — по меньшей мере в 3 раза выше частоты синусоидальной волны.
- Требуемая полоса пропускания для цифровых приборов — по меньшей мере в 5 раз выше тактовой частоты цифрового сигнала.
- Более точное определение полосы пропускания основывается на скоростях 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



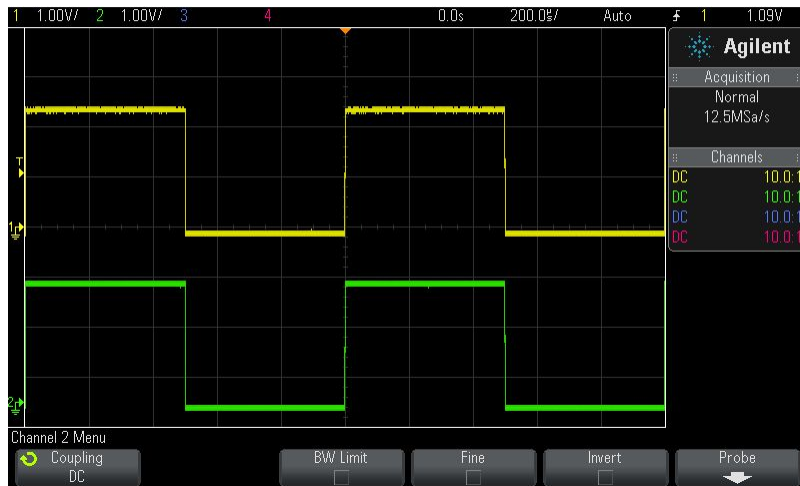
Модель пассивного пробника 10:1

- $C_{\text{осциллографа}}$ 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).

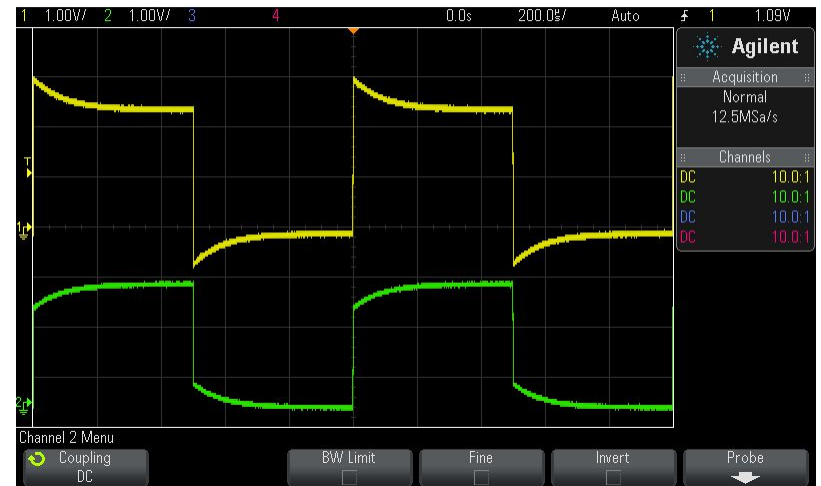
$$\frac{1}{2\pi f C_{\text{tip}}} = \frac{9}{2\pi f C_{\text{parallel}}}$$

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

Компенсация пробников



Правильная компенсация

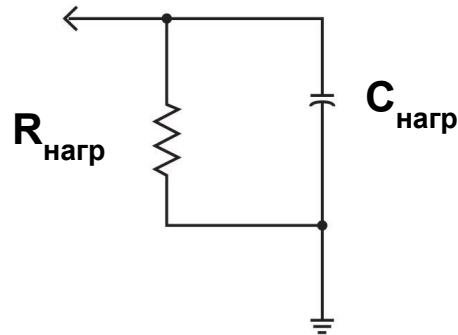


Канал 1 (желтый) = чрезмерная компенсация
Канал 2 (зеленый) = недостаточная компенсация

- 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 ($C_{комп}$) на обоих пробниках с помощью небольшой отвертки с плоским жалом.

Нагрузка пробника

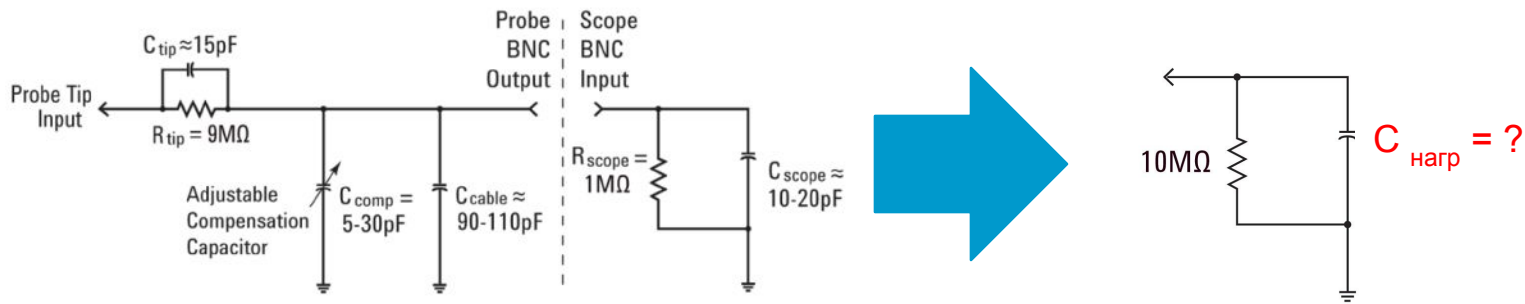
- Модель пробника и входа осциллографа можно упростить, оставив лишь резистор и конденсатор



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

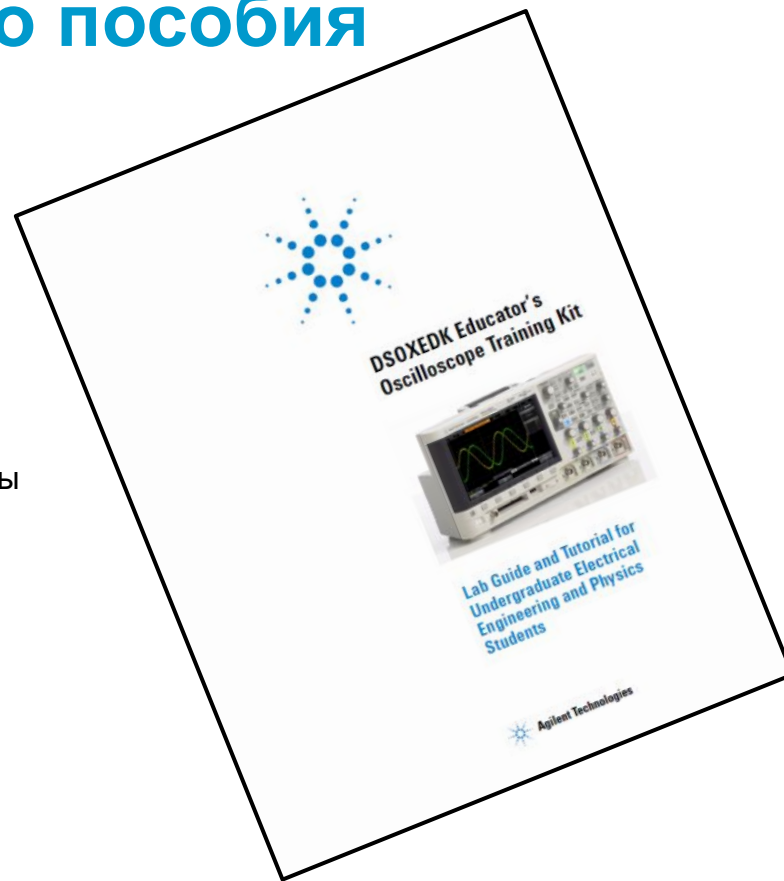
Приложение А — Блок-схема осциллографа и принцип работы

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)

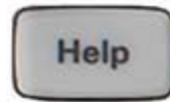
Раздел 3 — Лабораторные работы по дополнительным измерениям с помощью осциллографа (9 дополнительных работ, назначаемых преподавателем)



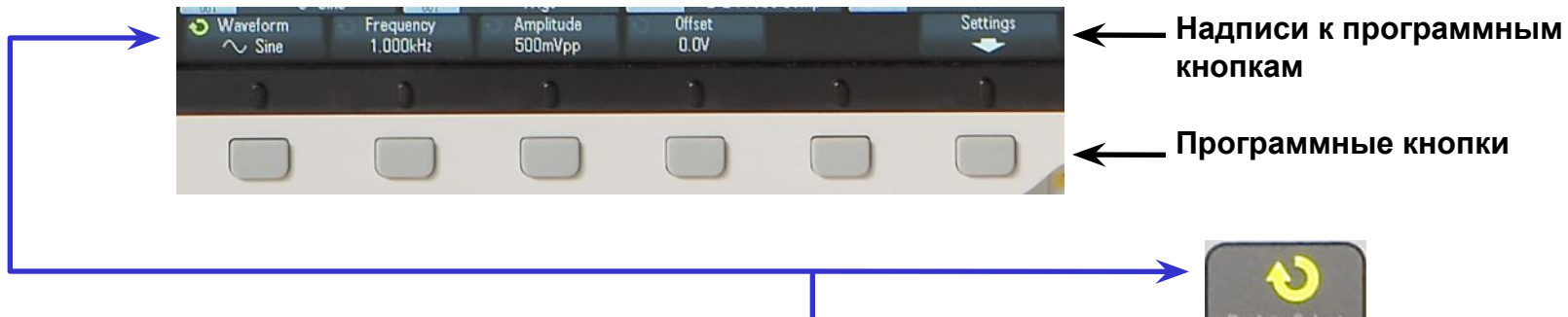
Лабораторное руководство по осциллографам и учебное пособие
Загрузите с www.agilent.com/find/EDK

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.

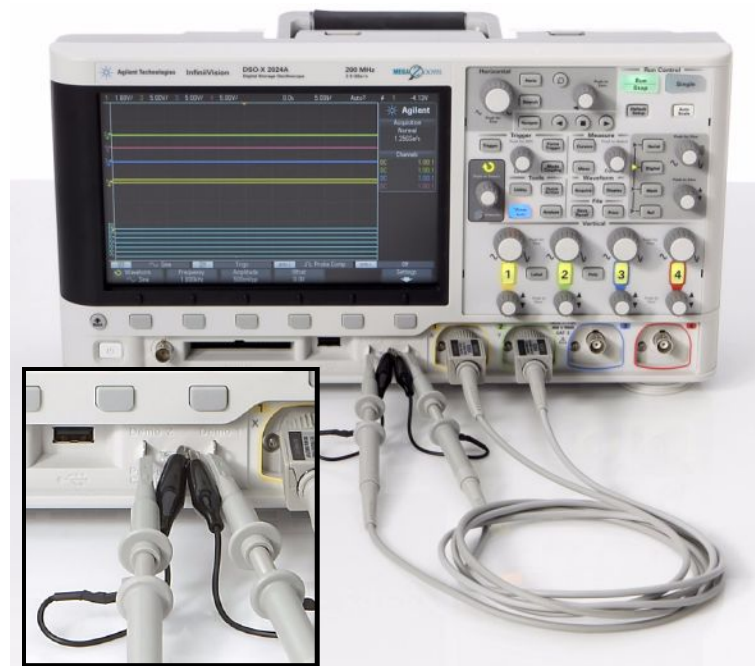
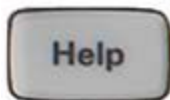


Ручка Entry (Ввод)

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

