

# Лабораторная работа №1 ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

## Краткое описание

В настоящее время одним из наиболее распространенных радиоизмерительных приборов является электронный осциллограф, и это не удивительно, ведь он обладает исключительной наглядностью представления исследуемых сигналов, удобством и универсальностью. Осциллограф позволяет рассмотреть любые электрические процессы, даже если сигнал появляется в случайный момент времени и длится миллиардные доли секунды. По изображению на экране осциллографа можно определить амплитуду рассматриваемого сигнала и длительность любого его участка. **С помощью осциллографа можно измерять частоту, фазу и коэффициент модуляции сигнала, а также производить другие комплексные измерения.** Цифровые технологии позволили создать цифровые осциллографы.

Цифровые осциллографы обеспечивают автоматическую установку размеров изображения, автоматическую синхронизацию, разностные измерения между двумя метками, автоматическое измерение размаха, максимума и минимума амплитуды сигналов, периода, длительности, паузы, фронта и спада импульсов и пр.

## Структура и принцип действия цифрового осциллографа

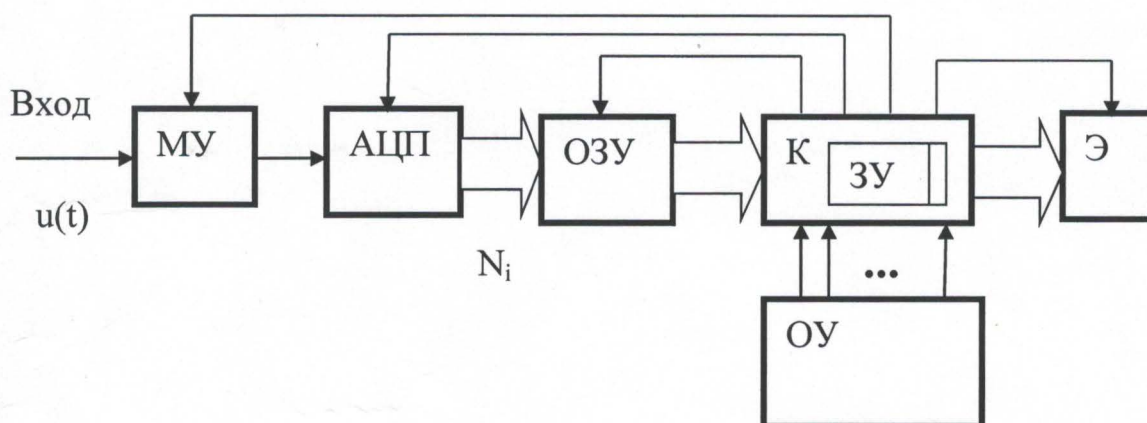


Рис. 1. Упрощенная структурная схема цифрового осциллографа (ЦО)

- МУ – масштабирующее устройство (усилитель и делитель напряжения);
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;
- К – контроллер;
- ЗУ – запоминающее устройство;
- Э – экран;
- ОУ – органы управления (кнопки, ручки).

На рис. 1 в предельно упрощенном виде показана структурная схема цифрового осциллографа (ЦО).

Пройдя через МУ, входное напряжение  $u(t)$  преобразуется АЦП в дискретную последовательность кодовых слов  $N_i$ , отображающих мгновенные значения  $u_i$  этого напряжения. Каждое новое кодовое слово записывается в ОЗУ. При этом все предыдущие записанные отсчеты сдвигаются на одну ячейку (регистр сдвига), а самый первый  $N_i$  исчезает, как бы «выталкивается». Если ОЗУ состоит из  $M$  ячеек, то в нём, постоянно обновляясь, содержится  $M$  последних, «свежих», кодовых слов. Так продолжается до тех пор, пока не будет выполнено некое заданное условие, например, когда какое-либо  $u_i$  впервые превысит заданный операто-

ром уровень («запуск по уровню»). После этого содержимое некоторого количества ячеек **ОЗУ** переписывается в запоминающее устройство **ЗУ**, входящее в состав контроллера **К**.

Каждой ячейке **ЗУ** соответствует точка на экране по цвету отличающаяся от фона. Её абсциссу определяет номер ячейки, а ординату кодовое слово  $N_i$ , находящееся в этой ячейке.

Для хорошего изображения сигнала на экране необходимо иметь точку размером 0,19 x 0,19 мм. Размеры экрана имеют высоту 91,44 мм и ширину 152,4 мм.

Таким образом, для формирования хорошего изображения **АЦП** должен иметь не менее 16 двоичных разрядов (256 точек по вертикали) и **ЗУ** должно содержать 256 ячеек. Но количество ячеек **ОЗУ** может быть гораздо больше.

Принципиальное отличие от аналоговых осциллографов состоит в том, что в **ЦО** можно видеть предысторию сигнала до появления импульса запуска. Это называют «предзапуском». Кодовые слова переписываются из **ОЗУ** в **ЗУ** так, что в момент появления импульса запуска первой ячейкой **ЗУ** будет та, что даёт точку на вертикальной линии, проходящей через центр экрана, последующие точки располагаются направо от неё, предыдущие – налево. Положение первой ячейки можно смещать влево или вправо от центра и тем самым соответственно уменьшать или увеличивать видимый интервал предыстории.

Частоту дискретизации (частоту «выборок») можно изменять в широких пределах, что соответствует изменению масштаба по горизонтали и аналогично изменению скорости развёртки в аналоговых осциллографах.

Для изменения масштаба по вертикали, как и в аналоговых осциллографах, можно изменять коэффициенты усиления или деления соответственно входного усилителя или делителя напряжения.

В целом **ЦО** имеет больше сходства с компьютером, чем с аналоговым осциллографом. Он позволяет выполнять различные математические операции: растягивать во времени фрагменты записанного в память сигнала, складывать и вычитать сигналы в разных каналах, определять частотный спектр сигнала путём применения быстрого преобразования Фурье.

## ОПИСАНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ ОСЦИЛЛОГРАФОМ ОЦЛ2-02

Передняя панель осциллографа приведена на рис. 2.

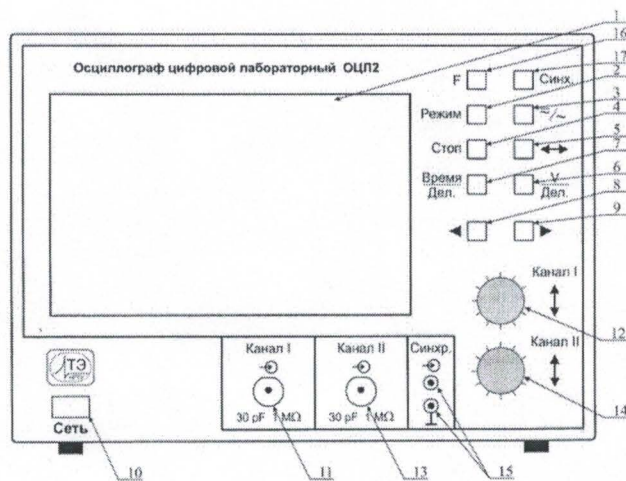


Рис. 2. Передняя панель лабораторного осциллографа

На передней панели прибора расположены:

1. – графический дисплей;
2. – кнопка выбора режима работы;

3. – кнопка выбора режима измерения входного сигнала (переменного или переменнопостоянного «    »);
4. – кнопка запоминания оцифрованного сигнала «Стоп»;
5. – кнопка смещения оцифрованного сигнала « $\leftrightarrow$ »;
6. – кнопка «V/Дел.» устанавливает коэффициент усиления сигнала по вертикали каналов I и II;
7. – кнопка «Время/Дел.» выбора временной развёртки;
8. – кнопка уменьшения выбранной величины;
9. – кнопка увеличения выбранной величины;
10. – кнопка выключателя «Сеть»;
11. – вход первого канала;
12. – ручка смещения первого канала по вертикали;
13. – вход второго канала;
14. – ручка смещения второго канала по вертикали;
15. – гнезда для входа импульсов синхронизации;
16. – кнопка дополнительной функции;
17. – кнопка выбора типа синхронизации.

Экран осциллографа разделен на два поля. Левое поле содержит координатную сетку для отображения сигнала, а в правой части экрана находится информационное поле (Рис. 3).

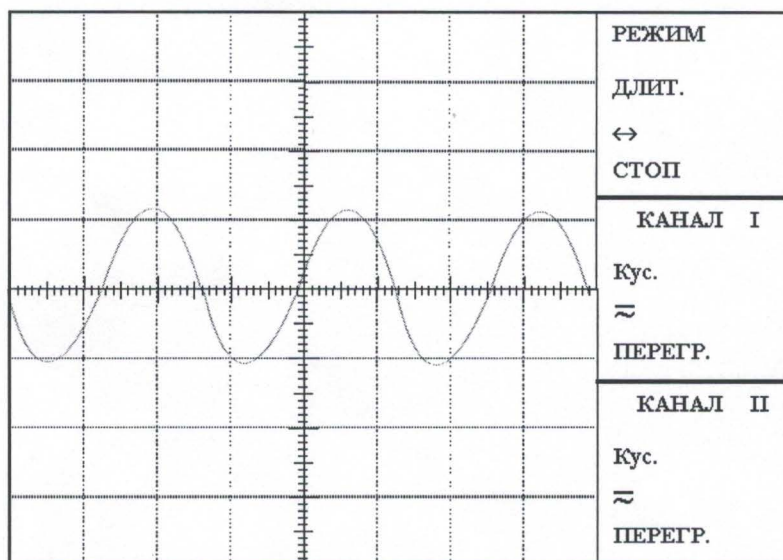


Рис. 3. Экран дисплея

Поле отображения сигнала содержит координатную сетку, на которую накладывается измеряемый сигнал.

Информационное поле разделено на три области:

- общих установок. Отображает режим работы осциллографа (строка «Режим»), временную развертку (строка «Длительность»), смещение привязки сигнала по оси времени (строка « $\leftrightarrow$ ») и состояние стоп-кадр (строка «стоп»);
- состояния канала I. Отображает коэффициенты отклонения канала I (строка «К<sub>ус</sub>»), указатель переключателя закрытого или открытого канала, индикатор перегрузки (линия «ПЕРЕГР.»).
- Область состояния канала II. Отображает информацию, аналогичную для канала I.

## ИЗМЕРЕНИЕ АМПЛИТУДЫ И ЧАСТОТЫ СИГНАЛА

По изображению на экране осциллографа можно определить амплитуду рассматриваемого сигнала и длительность любого его участка. С помощью осциллографа можно измерять частоту, фазу и коэффициент модуляции сигнала, а также производить другие комплексные измерения.

### *Измерение амплитуды*

Для амплитудных измерений используется координатная сетка на жидкокристаллическом мониторе осциллографа (рис.4).

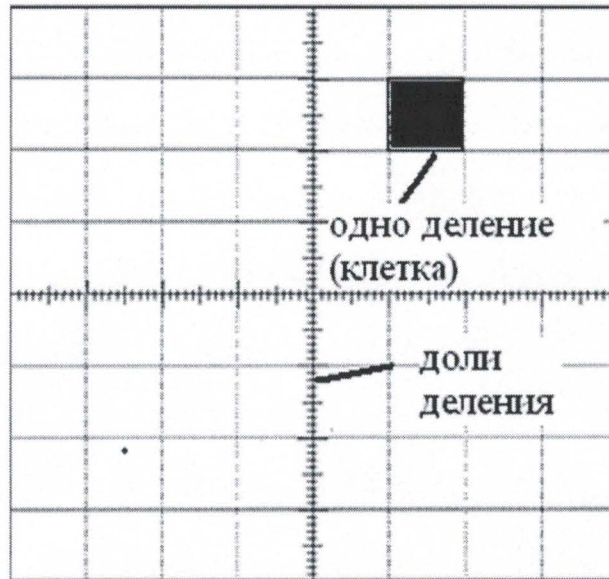


Рис. 4. Деления экрана осциллографа.

Для определения числа делений между максимальным положительным и минимальным отрицательным отклонениями сигнала (такое измерение называется измерением размаха или двойной амплитуды сигнала) нужно посчитать количество делений и долей деления.

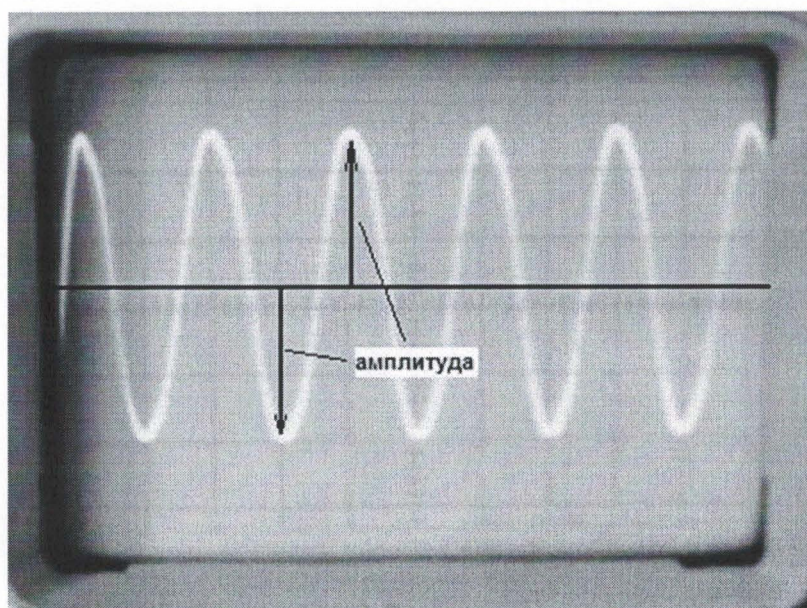


Рис. 5. Измерение амплитуды сигнала.

Для измерений выполняйте следующие шаги:

### Шаги при измерении амплитуды

1. Установите переключатель управления коэффициентом усиления по вертикали для визуализации как можно большего размаха сигнала на координатной сетке.
2. Подсчитайте количество делений и долей деления между положительным или отрицательным пиками сигнала и оси X. Используйте ручку смещения канала по вертикали для центровки сигнала относительно оси X при необходимости.
3. Умножьте число делений на значение установки переключателя коэффициент усиления сигнала по вертикали, указанный на информационной панели. Вы получаете значение амплитуды сигнала или напряжения.

**Пример:** Коэффициент усиления сигнала установлен на 2 мВ/деление. Это означает, что каждое большое вертикальное деление соответствует 2 мВ. При этом каждое из десяти долей деления соответствует  $2/10 = 0,2$  мВ.

Предположим, что амплитуда Вашего сигнала перекрывает 6,3 деления. Тогда его значение амплитуды равно  $2 \times 6,3 = 12,6$  мВ.

### Измерение частоты

Для измерений частоты ( $f$ ) на осциллографе сначала измерьте период ( $T$ ) сигнала. Период — это время одного цикла. Самый простой способ сделать это — подсчитать количество горизонтальных делений между нулевыми значениями сигнала. Для измерений выполняйте следующие шаги:

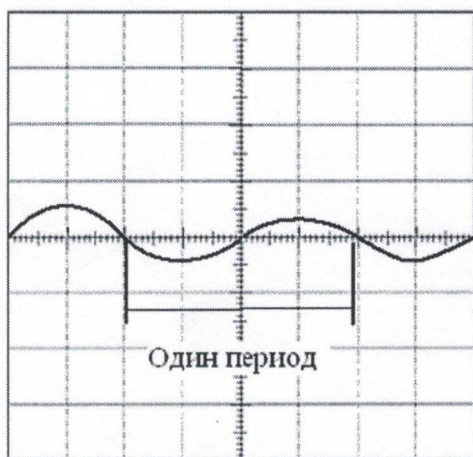


Рис. 6. Измерение периода сигнала.

### Шаги при измерении частоты

1. Установите переключатель горизонтальной развертки (для визуализации одного или двух периодов (циклов) сигнала).
2. Нажмите кнопку запоминания оцифрованного сигнала «Стоп».
3. Подсчитайте количество делений между нулевыми значениями сигнала (как показано на рис.6). Используйте кнопки горизонтального сдвига для перемещения осциллограммы сигнала при необходимости.

4. Умножьте число делений на значение установки переключателя горизонтальной развертки. Вы получаете значение периода сигнала ( $t$ ).
5. Чтобы вычислить частоту сигнала, найдите обратную величину периода:  $f = 1/t$

**Пример:** Переключатель горизонтальной развертки устанавливается на 20 мкс/деление. Предположим, Вы насчитали 4,4 деления между нулевыми значениями сигнала. Тогда его период ( $t$ ) равен:  $4,4 \times 20 = 88$  микросекунд. А частота сигнала равна:

$$f = 1/(88 \times 10^{-6}) = 11363,64 \text{ Гц или } 11,36 \text{ кГц}$$

### Порядок работы

1. Включить генератор звуковых частот **ЗГ1**. Выбрать диапазон частот 50÷130Гц, нажав кнопку  $\blacktriangle$  или  $\blacktriangledown$  и поворотом ручки установки частоты  $F$  установить на цифровом индикаторе частоту 125Гц.
2. Подключить вольтметр АВ1 к выходу генератора (гнездо \* соединить с гнездом \* на АВ1 и гнездо  $U$  на АВ1 с гнездом  $\sim$  на генераторе **ЗГ**). Повернуть ручку потенциометра  $U$  и установить амплитуду сигнала равную 10В. Отключить генератор.
3. Включить **ГН1**, для этого нажать кнопку «Сеть» на генераторе переменного напряжения. Выбрать диапазон частот  $1200 \pm 100$ Гц, нажав кнопку  $\blacktriangle$  или  $\blacktriangledown$ . Подключить вольтметр **АВ1** к выходу генератора переменного напряжения **ГН1** (как в п.2). Повернуть ручку потенциометра и установить амплитуду сигнала равную 7В.
4. Включить осциллограф **ОЦЛ2** при этом загорится экран осциллографа.
5. Соединительным кабелем подключить канал I осциллографа (гнездо 11) к генератору звуковой частоты.
6. Соединительным кабелем подключить канал II осциллографа (гнездо 13) к генератору переменного напряжения.
7. Осциллограф имеет 4 режима просмотра сигнала:
  - I (наблюдение сигнала канала I);
  - II (наблюдение сигнала канала II);
  - I, II (одновременное наблюдение сигналов каналов I и II);
  - I+II (сигнал, равный алгебраической сумме сигналов каналов I и II, прошедших через калибровочные усилители) X-Y (режим X-Y).
8. Для переключения режима нажмите кнопку 2 (рис.2). При этом должна высветиться надпись «Режим» в правой части экрана **ОЦЛ2**. Затем кнопками 8 или 9 (рис.2) выберите требуемый режим.
9. Подайте исследуемый сигнал на гнезда 11 (Канал I) или 13 (Канал II). Для подключения исследуемого сигнала используются соединительные кабели.
10. В положении « $\approx$ » связь с источником сигнала осуществляется по постоянному току. Если постоянная составляющая исследуемого сигнала намного больше переменной, то целесообразно выбирать связь источника исследуемого сигнала по переменному току  $\sim$ . При исследовании низкочастотных сигналов следует помнить, что в режиме  $\sim$  нижний предел полосы пропускания составляет несколько герц.
11. Смещение графиков сигналов относительно координатной сетки по вертикали осуществляется регуляторами 12 и 14.
12. Для изменения коэффициента отклонения нажмите кнопку 6 («V/Дел.»). При этом высветится надпись «V/Дел.» того канала, который соответствует выбранному режиму работы. Если режим работы предполагает совместное использование двух каналов, то переход между выбором коэффициентов отклонения каналов осуществляется повторным нажатием кнопки 6 («V/Дел.»). Установить необходимое значение коэффициента отклонения для выбранного канала можно при помощи кнопок 8 или 9 (рис.2).
13. Для изменения времени развертки необходимо нажать кнопку 7 («Время/Дел.»). Изменения необходимо проводить при помощи кнопок 8 или 9 (рис.2).

14. Для включения режима «Стоп-кадр» необходимо нажать кнопку 4 («Стоп»). При этом кадр будет остановлен для проведения измерений. Для выхода из этого режима необходимо нажать кнопку «Стоп» повторно.
15. В режиме «Стоп-кадр» активна только кнопка « $\leftrightarrow$ ».
16. Если при включении прибора или во время его работы происходят какие-нибудь сбои, рекомендуется произвести сброс путем выключения и повторного включения прибора.

### **ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ**

1. Получить на осциллографе осциллограммы сигналов, согласно п.п.7 – 9.
2. Зарисовать эпюры всех сигналов в тетради.
3. На ГН1 выбрать частоту X1. Вычислить амплитуду и частоту сигнала.
4. Повторить п3 задания для частот X2, X3 и X4.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Расскажите о назначении осциллографа.
2. Как с помощью осциллографа измерить напряжение?
3. Как с помощью осциллографа измерить длительность сигнала?
4. Можно ли осциллографом измерить постоянное напряжение?
5. Как подготовить осциллограф для просмотра сигнала с двух каналов одновременно?

### **Литература**

*Осциллограф* цифровой лабораторный ОЦЛ-2-01. Техническое описание. – Новосибирск, 2005.