

## ОСЦИЛЛОГРАФ

Осциллограф, в прямом смысле слова, является глазами радиолюбителя. Он позволяет не только оценить какие-то основные физические характеристики сигнала (напряжение, частота, сила тока), но и буквально увидеть график функции исследуемого сигнала, увидеть какие-то отклонения сигнала от нормы, искажения его формы, наличие помех и паразитных импульсов или сигналов.

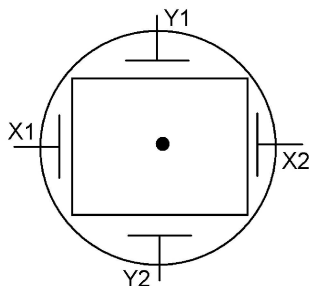
Экран осциллографа представляет собой координатную плоскость с осями X и Y, а поступающие на его вход сигналы отображаются на этой плоскости как алгебраические функции.

В настоящее время существует множество типов осциллографов, как обычных аналоговых, отображающих сигналы на экране электронно-лучевой трубки, так и цифровые и компьютерные.

Как бы не был устроен осциллограф, и каким бы способом, электронным аналоговым или цифровым, программным не происходило построение функции, всегда одно и то же, – на экране отображается зависимость сигнала Y от сигнала X, или от сигнала Y от шкалы времени, выложенной на ось X.

В основе обычного осциллографа лежит электронно-лучевая трубка, – вакуумный прибор, состоящий из экрана, покрытого слоем люминофора и электронной пушки, создающей электронный луч, направленный на этот экран. В месте попадания луча на экран люминофор светится, и мы видим светящуюся точку. Еще есть пластины горизонтального и вертикального отклонения. На рисунке 1 изображена схематически электронно-лучевая трубка, направленная экраном на вас, уважаемый читатель. Круг – это корпус трубки, прямоугольник – экран, покрытый люминофором, а четыре черточки, обозначенные X1, X2, Y1, Y2 – это пластины горизонтального (X) и вертикального откло-

Рис. 1.



нения (Y). Точка в центре – «отпечаток» электронного луча на люминофоре.

Как уже было сказано, пушка электронно-лучевой трубки создает поток электронов (электронный луч), который направлен в сторону экрана. Когда на этот луч не воздействуют никакие электрические или магнитные поля он летит себе в центр экрана. Отклоняющие пластины расположены с четырех сто-

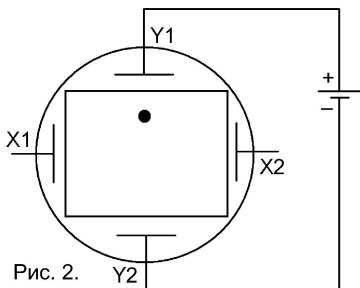


Рис. 2.

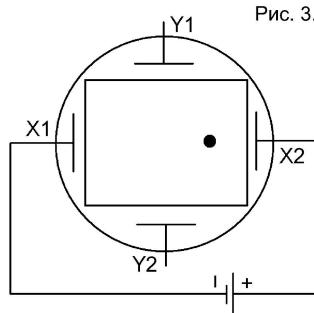


Рис. 3.

рон от луча, и если на них подать какое-то напряжение луч отклонится в сторону пластины под положительным потенциалом. Величина этого отклонения будет пропорциональна величине этого потенциала.

На рисунке 2 показано как отклоняется луч, если подать напряжение на пластины Y, причем, на Y2 – отрицательный полюс, а на Y1 – положительный. Если сменить полярность, – отклонение будет в другую сторону от среднего положения. Аналогичным образом отклоняется луч и при подаче напряжения на пластины X (рис. 3). А вот на рис. 4 показано что будет, если под напряжением будут и горизонтальные (X) и вертикальные (Y) пластины.

Так, изменяя напряжение на пластинах вертикального и горизонтального отклонения

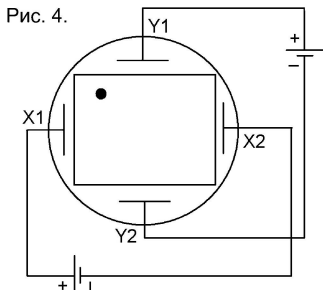


Рис. 4.

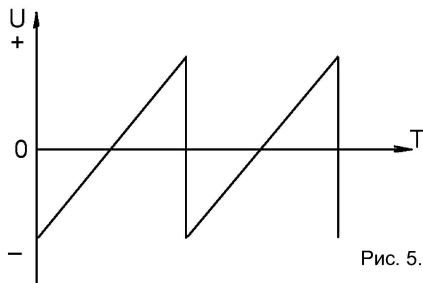


Рис. 5.

можно «гонять» луч как угодно по экрану, и вырисовывать им любые фигуры. При быстром перемещении луча, благодаря известному свойству человеческого зрения, и послесвечению люминофора электронно-лучевой трубки, точка превратится в линию, и на экране появится геометрическая фигура.

Теперь понятно, что изменяя напряжение между пластинами X можно перемещать луч по горизонтали, а изменяя напряжение между пластинами Y – по вертикали.

Для подачи сигналов на каналы вертикального и горизонтального отклонения у осциллографа есть входы «Y» и «X». Но, обычно, необходимо видеть не зависимость одного сигнала от другого, а зависимость сигнала, поданного на вход «Y» от шкалы времени, выложенного на ось X. Чтобы это было возможно в осциллографе есть генератор горизонтальной развертки, который вырабатывает напряжение, изменяющееся по «пилообразному» закону (рис. 5). Это напряжение подается на пластины горизонтального отклонения (X).

Пилообразное напряжение плавно и равномерно возрастает, перемещая луч по горизонтали от одного края экрана до другого, а затем резко возвращает луч обратно. При обратном перемещении специальная схема гасит луч. В результате, на экране луч постоянно перемещается слева – направо, а быстрота перемещения луча зависит от степени «наклона» пилообразного напряжения (то есть, от его частоты).

При частоте развертки более 20 Гц мы уже видим на экране не перемещающийся луч, а горизонтальную линию (рис. 6). Причем поло-

жение этой линии по вертикали зависит от напряжения, поданного на вход Y (на вертикальные пластины). Например, если масштаб оси Y установить 1V на деление (на экране осциллографа обычно нанесена масштабная сетка), то при подаче на вход Y постоянного напряжения величиной, например, +2V,

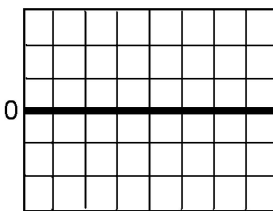


Рис. 6

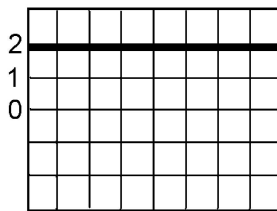


Рис. 7.

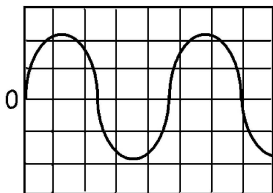


Рис. 8.

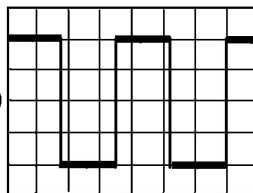


Рис. 9.

линия переместится вверх на два деления (рис. 7).

Если на вход Y подать переменное напряжение или импульсы, горизонтальная линия изогнется, нарисовав на экране график функции этого напряжения от времени (рис.8 и рис.9.). По масштабной сетке по вертикали можно определить амплитуду сигнала, а по горизонтальной – его период.

*Продолжение следует . . .*

*Литература:*

1. *Радиоконструктор №7, 2007, с.42-43.*

# ОСЦИЛЛОГРАФ

(Продолжение. Начало в «РК» 07-2016)

В прошлой статье познакомились с принципом работы электронно-лучевого осциллографа, а сейчас перейдем к изучению конкретного прибора, — осциллографа С1-65. Это довольно старый и громоздкий прибор, в недавнем прошлом модель С1-65 (и С1-65А), можно сказать, была «хитом» радиоэлектронной промышленности. Ими оснащались практически все советские предприятия, производящие электронную технику военного и гражданского назначения. Затем, после модернизации или закрытия, перепрофилирования, переоборудования предприятий, а так же, по истечении установленного срока эксплуатации, осциллографы С1-65 списывались и попадали к радиолюбителям или на радиорынки самым разными путями. Как бы там ни было, но С1-65 стал одним из самых распространенных осциллографов, доступных радиолюбителям. Следующим, в «списке популярности», был сервисный осциллограф С1-94, а далее «игрушки» — ОМЛ-2 и Н-313.

Обладателем какого бы осциллографа вы не являлись, все сказанное далее в отношении С1-65 будет в значительной степени справедливо и для вашего прибора.

На рисунке в тексте приводится схематическое изображение фронтальной панели С1-65. Панель осциллографа — светло-серого цвета зонирована по функциям синими тонкими линиями (на рисунке эти линии черные).

Для регулировки параметров луча есть ручки регулировки яркости и фокуса. Регулятором яркости регулируется, а яркость всего экрана (как в телевизоре), а яркость только луча, или линии которую он выресовывает. Луч зеленого цвета. Регулятором фокуса добиваются чтобы линия (или точка) была наиболее тонкой. Регулятор подсветки управляет яркостью лампочки, которая подсвечивает координатную сетку, расположенную перед экраном.

Питание включается тумблером в нижнем правом углу.

Включив осциллограф первый раз вы можете не обнаружить на экране луча. Это может быть из-за того, что луч находится в зоне за пределами экрана или включен ждущий режим. Чтобы выключить ждущий режим переключатель ждущего режима

должен быть в крайне верхнем положении. «Поймать» луч и установить в центр экрана можно регулятором баланса (в других осциллографах он может быть обозначен как регулятор сдвига по вертикали) и регуляторами сдвига по горизонтали. Для регулировки луча по горизонтали есть две ручки — «грубо» (верхняя) и «точно» (нижняя). Этими ручками можно сдвигать влево или вправо путь, по которому движется луч.

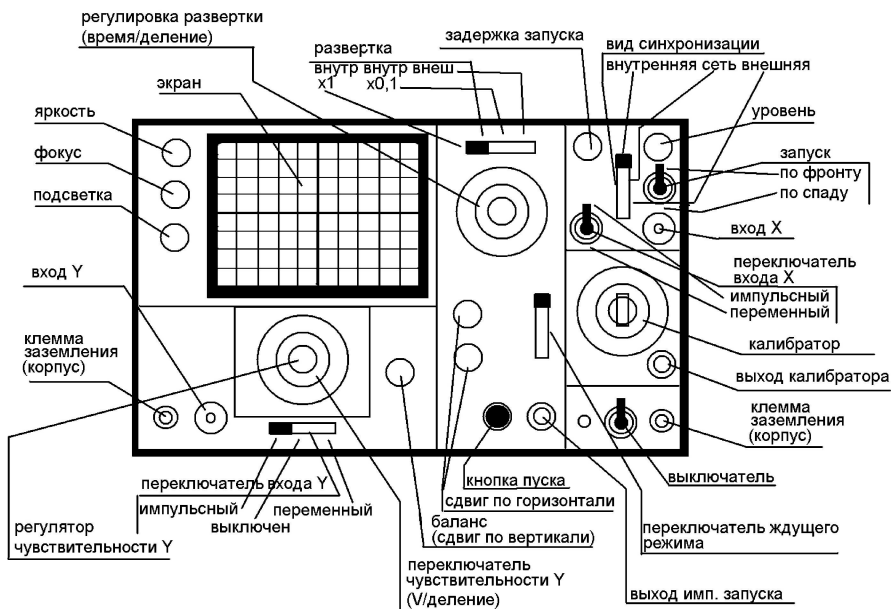
Скорость, с которой движется луч по экрану зависит от положения ручки регулировки развертки («время/деление»). Ручка сделана в виде пирамидки из двух ручек, — большой, изменяющей период развертки скачкообразно, и маленькой для плавной регулировки. Если вы обе эти ручки повернете налево в крайне положение период развертки будет минимальным и на экране будет видна перемещающаяся слева направо точка (но это при условии, что переключатель развертки, расположенный над этими ручками переключен в крайне левое положение). Поворачивая эти ручки направо уменьшаем период развертки и скорость движения луча увеличивается. На отметке «5mS» (5 миллисекунд) точка превращается в линию.

Регулируя развертку нужно учесть, что значения, подписанные на шкале вокруг ручки скачкообразной регулировки развертки верны только тогда, когда ручка плавной регулировки находится в крайне правом положении.

Уменьшить период развертки в десять раз можно переключив переключатель, расположенный над ручками регулировки развертки, в среднее положение. А если его переключить в правое положение, перемещением луча по горизонтали будет управлять не блок развертки осциллографа, а внешний сигнал, поданный на вход X.

Обычно требуется видеть функцию зависимости напряжения от времени. В этом случае развертка должна быть включена, а входной сигнал подают на вход Y, который может иметь три состояния, переключаемых переключателем входа Y.

В его крайне левом положении переключателя входа Y, вход непосредственно соединен с разъемом «вход Y». Так осциллограф будет показывать как постоянную, так и переменную составляющую исследуемого сигнала. В среднем положении вход Y выключен, а в крайне правом — он подключен через конденсатор, поэтому постоянную составляющую прибор, в этом положении переключателя, не показывает.



Усиление усилителя вертикального отклонения регулируют двумя ручками, – переключателем  $V/\text{деление}$  и регулятором чувствительности  $Y$ , которые расположены одна на другой «пирамидкой». Например, если мы установим переключатель в положение « $1V/\text{дел.}$ », а ручку регулировки повернем в крайнее правое положение, то при подаче на вход  $Y$  напряжения  $1V$  луч переместится вверх на одно деление.

Теперь, когда все работает, давайте попробуем посмотреть наводки в вашем теле. Установите переключатель «время/деление» на « $5\text{ mS}$ », переключатель « $V/\text{деление}$ » – на « $2V$ ». Подключите к входу  $Y$  щуп (или просто всуните в разъем кусок проволоки) и прикоснитесь к нему пальцами. На экране появится синусоида, возможно искаженная (её форма зависит от того, какие наводки есть в вашем теле). Если синусоида будет смещаться по горизонтали или будет иметь вид нескольких хаотически движущихся синусоид, нужно повернуть ручку «уровень» так, чтобы изображение стабилизировалось.

По клеткам на экране, зная сколько вольт на деление приходится по вертикали, и сколько миллисекунд на деление приходится по горизонтали, можно примерно вычислить амплитуду и период сигнала, частоту.

В правой части фронтальной панели,

вверху, расположены органы управления синхронизацией. Синхронизация может быть внутренней (то есть, от входного сигнала, поданного на вход  $Y$ ), от электросети или от внешнего источника, поступающего на вход  $X$ . Выбор – переключателем вида синхронизации. В нашем случае, переключатель в верхнем положении (внутренняя).

Ниже расположен калибратор, он представляет собой источник импульсов частотой  $1\text{ кГц}$  или постоянного напряжения строго заданного уровня. Хотите увидеть как выглядят прямоугольные импульсы, – включите щуп, подключенный к входу  $Y$  в гнездо калибратора (переключатель калибратора должен быть в положении « $1\text{кГц}$ »). Переключите «время/деления» развертки так, чтобы были видны отдельные импульсы (например, в положении  $0,2\text{mS}$ ). Затем, поворотом ручки «уровень» добейтесь неподвижности изображения. Если нужно, измените масштаб по вертикали ( $V/\text{деление}$ ).

Амплитуду импульсов калибратора можно регулировать от  $20\text{mV}$  до  $50\text{V}$  переключателем калибратора.

*Продолжение следует . . .*

*Литература:*

1. *Радиоконструктор* №8, 2007, с.42-43.

# ОСЦИЛЛОГРАФ

(Продолжение. Начало в «РК» 07-08-2016)

Ну что же, теперь после того как мы разобрались с органами управления осциллографа С1-65, посмотрели как выглядят наводки переменного тока в вашем теле и прямоугольные импульсы калибратора («РК-08-2016»), можно переходить к практическим измерениям.

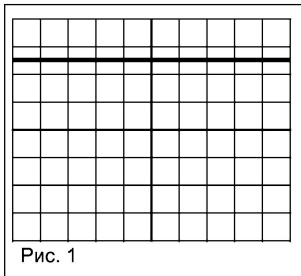


Рис. 1

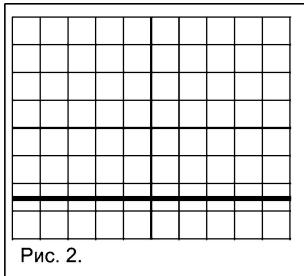


Рис. 2.

Но, прежде всего для осциллографа нужны щупы. Хорошо, если ваш прибор уже с щупами, а если нет, — их нужно сделать. Щупы подключаются с помощью коаксиального разъема СР-50-74П. Если такого разъема нет, можно взять обычный кабель типа РК-75 (для телеантенн) и разделать его оба конца. Затем, нужно подобрать гвоздик (или проволочку) такой толщины чтобы он плотно вставлялся в центральное отверстие входного разъема (Y) и припаять к шляпке этого гвоздика проводник центральной жилы кабеля. Экранированную оплетку примотать к клемме заземления («корпуса») возле этого разъема. На втором конце можно припаять «крокодильи» или просто их облудить и подключать пайкой.

Начнем с измерения постоянного напряжения. Включите осциллограф, переключатель входа (смотри рисунок в «РК08-2016, на стр. 44) переключите в положение «импульсный» (крайне левое положение), переключатель развертки установите на «x1», а ручку «время/деление» так, чтобы на экране была линия, а не бегущая точка (например, на «0,5mS»). Ручкой «Баланс» поставьте линию на нулевую (среднюю) линию экрана, а переключатель «V/деление» в зависимости от того, какие напряжения

вы планируете измерять (например, на «2V/дел.»).

Подключите к щупам осциллографа выход лабораторного источника питания (или другого источника постоянного напряжения), сначала, минусом к оплетке кабеля, а плюсом к центральной жиле. Линия отклонится вверх, например, если напряжение 5V, а масштаб выбран 2V/дел., то линия отклонится на 2,5 деления вверх, как показано на рисунке 1 (то есть,  $2,5 \times 2V = 5V$ ). Если напряжение будет отрицательным (минус на центральную жилу, а плюс на оплетку), линия

отклонится вниз от нулевой отметки (рис. 2). Конечно, пользоваться осциллографом как вольтметром постоянного тока, мягко говоря, нерационально. Цифровой мультиметр для этого более подходит (и компактней, и показания считывают точнее).

Достоинства осциллографа проявляются при анализе переменного или импульсного напряжений, а так же, переменных с постоянной составляющей. На рисунке 3 показана схема простого усилительного каскада на транзисторе с общим эмиттером.

Предположим усилитель находится в состоянии покоя (на его вход сигнал не поступает). Тогда на коллекторе транзистора будет некоторое постоянное напряжение, допустим, 2V. Осциллограф, включенный между общим минусом и коллектором данного транзистора покажет постоянное напряжение 2V (рис.4). Но если, на вход усилителя подать синусоидальный сигнал, то он, усилившись, будет тоже присутствовать на коллекторе. На рисунке 5 показано как это будет выглядеть на экране осциллографа. Здесь, величина «а», — это величина постоянной составляющей, а величина «b» — переменная составляющая.

В реальном случае, «змейку-синусоиду» можно с первого раза и не увидеть, — на экране может быть видна смещенная (на величине

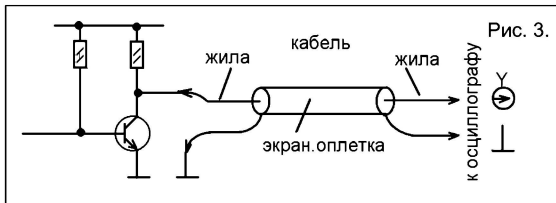


Рис. 3.

ну постоянной составляющей) размытая широкая линия, состоящая из пестрящих черточек или нескольких бегущих синусоид, наложенных друг на друга (рис. 6). В таком случае нужно

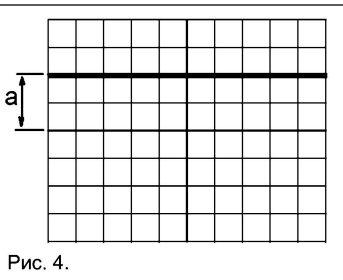


Рис. 4.

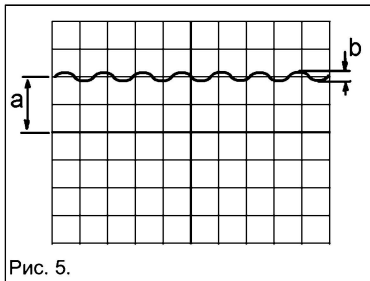


Рис. 5.

отрегулировать развертку ручками «время/деление» и «уровень», так чтобы появилась неподвижная четкая синусоида.

На коллекторе транзистора нашего усилительного каскада (рис. 3) переменная составляющая значительно меньше постоянной. Поэтому, просматривая на экране осциллографа одновременно и переменную и постоянную составляющие (рис. 5) амплитуда переменной получается меньше клетки, и её очень трудно определить.

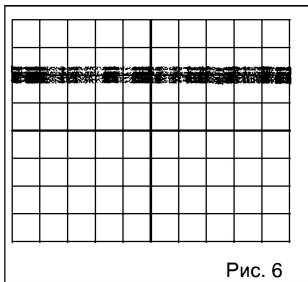


Рис. 6

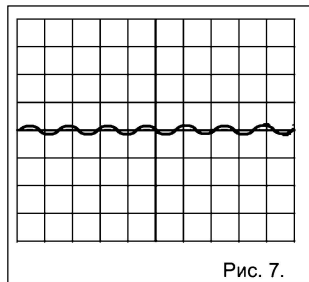


Рис. 7.

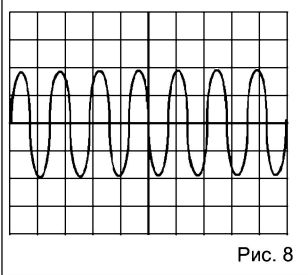


Рис. 8

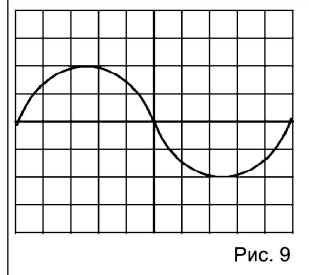


Рис. 9

Чтобы лучше рассмотреть переменную составляющую нужно переключить вход осциллографа на переменный ток (рычажок – в крайнее правое положение). Теперь на входе осциллографа подключится конденсатор, который не пропустит постоянный ток. Наша синусоида опустится в центр экрана (рис. 7). Если при этом сорвется синхронизация, – покрутите ручку «уровень».

Переключателем «V/деление» можно растянуть синусоиду вверх так, чтобы она занимала несколько клеток по вертикали. Предположим, при масштабе 0,2V/деление, синусоида по вертикали заняла четыре клетки (рисунок 8.). Теперь можно вычислить размах:  $0,2V \times 4 = 0,8V$ , а вот амплитуда колебаний будет в два раза меньше, то есть, только высота отрицательной или положительной полуволны:  $0,2V \times 2 = 0,4V$ . Чтобы узнать эффективное значение (которое пока-

зывает вольтметр переменного тока), нужно амплитуду умножить на  $\sqrt{2}$ .

Теперь нужно узнать период колебаний. Растяните синусоиду по горизонтали переключателем «время / деление», так чтобы на был виден один целый период (рис. 9). Допустим, при «0,1 мС / деление» целый период занял десять клеточек по горизонтали. Теперь находим период:  $0,1\text{ мС} \times 10 = 1\text{ мС}$ .

Таким образом, размах колебаний 0,8V, амплитуда 0,4V, а период 1 мС.

*Продолжение следует . . .*

*Литература:*

1. *Радиоконструктор №9, 2007, с.42-43.*

# ОСЦИЛЛОГРАФ

(Продолжение. Начало в «РК» 07-09-2016)

Очень удобно пользоваться осциллографом при диагностике и налаживании цифровых схем. Осциллограф в удобной графической форме покажет логические уровни, импульсы. С его помощью можно найти паразитные импульсы, которые есть там, где их не должно быть, можно проверить работу логических элементов, счетчиков, других «единиц» цифровой схемы. Убедиться в исправности их входов и выходов. Найти поврежденные, частично работоспособные выходы и др.

Работа с осциллографом при диагностике цифровых схем имеет некоторые характерные особенности. В цифровой схеме практически никогда не бывает отрицательных, относительно общего минуса, напряжений (во всяком случае, не должно быть, хотя и могут быть выбросы от емкостей и индуктивностей, если таковые имеются в схеме). Все напряжения, импульсы и логические уровни примерно одной размерности.

Перед началом работы осциллограф нужно переключить на импульсный режим (переключатель входа Y – в крайне-левое положение, если это С1-65, конечно). А нулевую отметку нужно опустить вниз, так чтобы при отсутствии сигнала линия была ниже нулевой отметки экрана на половину напряжения питания логической схемы. Например, при напряжении питания «логики» 5V, нужно установить цену деления (V/деление) 1V/деление, и регулятором баланса опустить линию вниз на 2,5 деления (рисунок 1). Это так будет выглядеть на экране логический ноль (если речь идет о микросхемах серии К561), а логическая единица – как показано на рисунке 2 (или около того).

На рисунке 3 приводится фрагмент логической схемы, – два элемента микросхемы К561ЛН2, включенных последовательно.

Питание 5V. Кругами с буквами «А», «В» и «С» обозначены точки подключения щупа «Y» осциллографа. Все измерения относительно общего минуса (оплетку кабеля или клемму «корпус» осциллографа подсоедините минусу питания исследуемой схемы).

Вход первого инвертора (выв. 1) нигде не подключен. Если на него подключить щуп, осциллограф покажет логический ноль (рисунок 1). Но, фактически, там ведь не ноль и не единица, а третье, – высокоомное состоя-

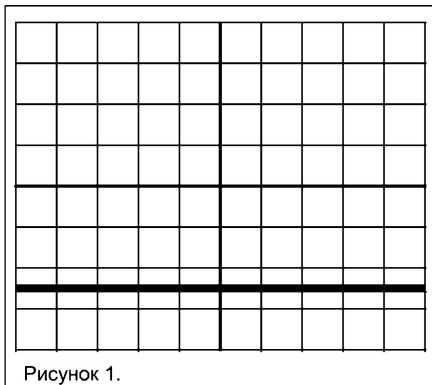


Рисунок 1.

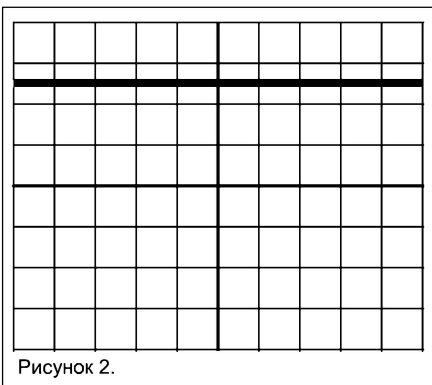


Рисунок 2.

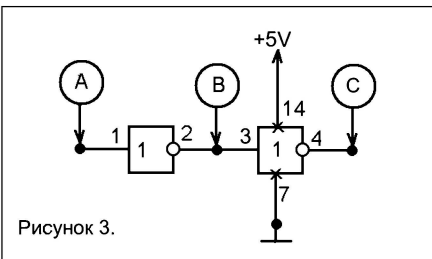


Рисунок 3.

ние, так как вход нигде не подключен. Как узнать ноль здесь или обрыв? Для того чтобы обнаружить высокоомное состояние нужно чтобы металлический кончик щупа вашего осциллографа был достаточно длинным, – таким чтобы поставив его на вывод микросхемы (или на печатную дорожку), вы могли бы прикоснуться к нему пальцем. Наводки с вашего тела поступят на щуп и, если здесь высокоомное состояние,

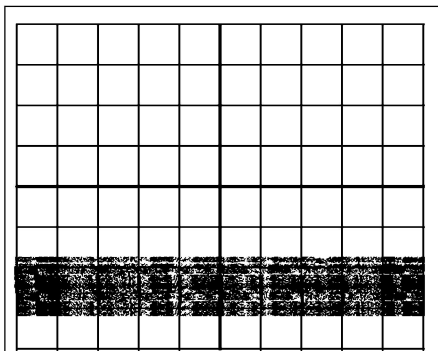


Рисунок 4.

линия на экране осциллографа станет размытой или будет состоять из множества хаотически движущихся черточек или синусов (рис. 4).

А вот в точках С и В будут четкие логические уровни, – на В будет единица (рис. 2), а на С – ноль (рис. 1). Наводки с вашего тела на экране не будут видны, так как они будут зашунтированы относительно низким выходным сопротивлением логического элемента.

Выходы логических микросхем серии К561 (и многих других серий) состоят из двух ключей, один из которых подключает выход к минусу питания (когда логический ноль), а другой к плюсу (когда логическая единица). Если один из этих ключей выходит из строя как раз и возникает высокоомное состояние логического нуля или единицы.

Допустим у первого инвертора (рис 3) поврежден ключ, соединяющий выход с минусом питания. При этом, подключив щуп осциллографа в точку В мы увидим единицу (рис. 2), но если прикоснемся пальцем к щупу линия расплывется и картинка будет как на рисунке 5. Таким образом, мы узнаем, что у данного логического элемента неисправен выходной ключ логического нуля.

Теперь подадим на вход нашей схемы какие-нибудь прямоугольные импульсы (рисунки 6).

Прямоугольные импульсы с хорошей крутизной фронтов и спадов на экране обычного аналогового осциллографа видны без фронтов и спадов, то есть, только нижний и верхний перепады, а фронты и спады настолько тонкие, что электронно-лучевая трубка их не отображает. Это нормально, это говорит о хорошей крутизне импульсов.

Допустим в точке А (рис. 6) импульсы, форма которых показана на рисунке 7.

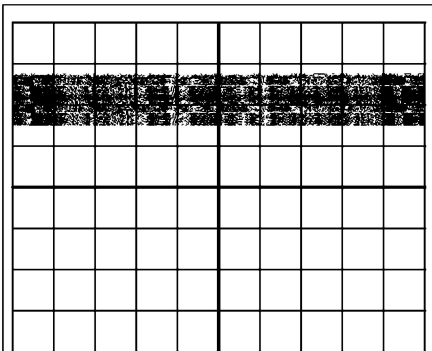


Рисунок 5.

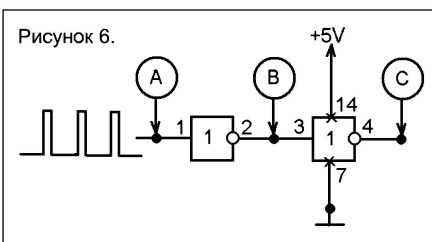


Рисунок 6.

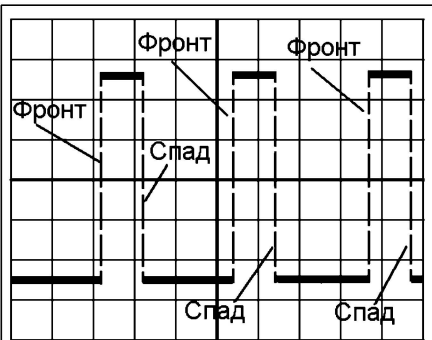
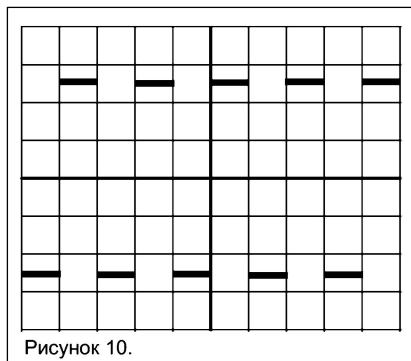
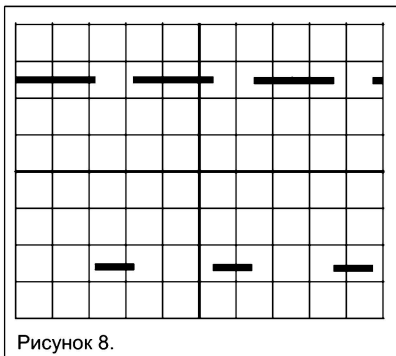


Рисунок 7.

Пройдя через инвертор (точка В) картинка как бы переворачивается, и мы видим такие же импульсы, но как бы, отраженные по вертикали (рис. 8). А в точке С, после еще одной инверсии, импульсы будут такими же как на входе (рис. 7).

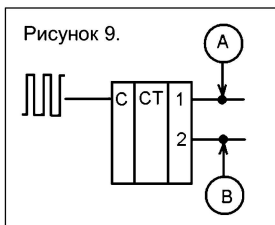
Если на экране вы увидите сразу две линии одновременно (нуля и единицы), подстройте период развертки переключателем «Время/деление», так чтобы импульсы были хорошо различимы. А чтобы изображение было неподвижным, возможно, вам придется



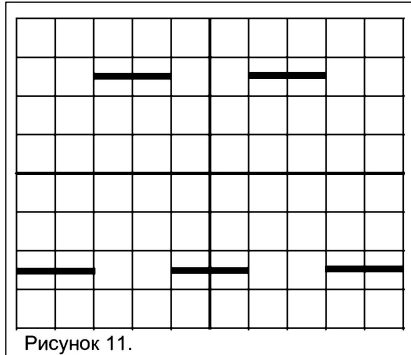


подкрутить ручку «уровень».

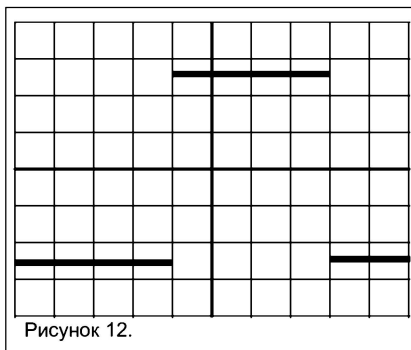
А теперь попробуем посмотреть правильно ли работает двоичный двухразрядный счетчик (рис. 9). Любой двоичный счетчик, практически, делит поступающую на его счетный вход частоту. Причем от младшего выхода к соседнему старшему коэффициент деления удваивается.



Предположим, на вход счетчика поступают импульсы, показанные на осциллограмме рис. 10. На младшем выходе (выход 1) двоичного счетчика (в точке А) их частота уже будет в два раза меньше, а период в два раза больше (рисунки 11).



Переставив щуп осциллографа на следующий, по старшенству, выход (выход 2) мы (в точке В) увидим импульсы, следующие с уже четверо большим периодом, чем входные, то есть, с вдвое большим периодом, чем импульсы на выходе 2 (рис. 12). И так, на каждом следующем по старшенству выходе период импульсов будет удваиваться (а частота уменьшаться в два раза), по сравнению, с предыдущим выходом.



Здесь, так же, чтобы получить стабильное изображение, как в любом другом случае, нужно оптимально выбрать период развертки («Время/дел.») и установить уровень синхронизации (ручка «уровень»).

Допустим, осциллограммы рис. 11 и 12 были получены, когда на осциллографе было установлено «Время/дел.» 0,1mS. В таком случае, чтобы узнать период импульсов на выходе 1 счетчика (рис.9), по осциллограмме (рис. 11) отсчитываем число клеток между

одинаковыми частями соседних полувольт, например, между их фронтами (началами). Получается четыре клетки, то есть, 0,4 mS. А на выходе 2 счетчика (рис. 12) между фронтами соседних полувольт будет восемь клеток (0,8 mS).

*Продолжение следует . . .*

*Литература:*

1. Радиоконструктор, №10, 2007, с.42-44.

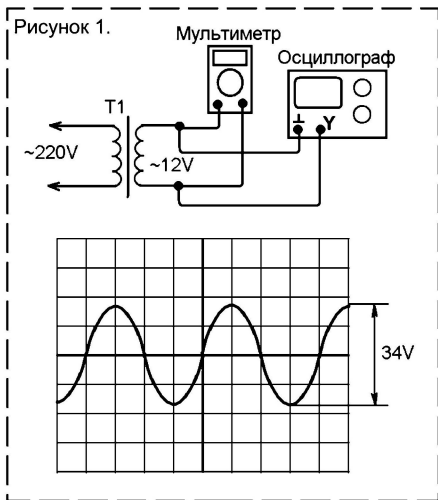
# ОСЦИЛЛОГРАФ

(Продолжение. Начало в «РК» 07-10-2016)

Чтобы освоить работу с осциллографом, нужны практические упражнения. Начнем с самого простого, – с источника питания на силовом трансформаторе и мостовом выпрямителе.

Прежде всего необходим трансформатор, пусть это будет китайский «ALG» с вторичной обмоткой на 12V (рис.1). К вторичной обмотке трансформатора подключим вход осциллографа (пусть это С1-65) и мультиметр. Предварительно ручку осциллографа «Время/дел.» установим на «10», и ручку «V/дел.» так же на «10», а переключатель входа установим в положение «импульсный режим». Теперь подадим на первичную обмотку переменное напряжение 220V (от электросети, соблюдая все необходимые правила электробезопасности).

Теперь сравним показания осциллографа и мультиметра. Мультиметр покажет переменное напряжение 12V (или около того), а размах синусоиды на экране осциллографа от пика до пика будет целых 34V. Зная, что амплитудное значение синусоидального напряжения равно половине размаха, а действующее, – в  $\sqrt{2}$  раз



раз меньше амплитудного, вычислим действующее значение:

$$34 / 2 / \sqrt{2} = 12,02...V.$$

Подключим к вторичной обмотке трансформатора мостовой выпрямитель из четырех диодов (рис. 2). К выходу выпрямителя подключим осциллограф. На его экране будет весьма интересная картинка, – нижние полуволны синусоиды

как бы перевернулись и расположились по положительной оси Y. Практически, и частота колебаний увеличилась в два раза, то есть уже не 50, а 100 Гц, а размах уменьшился в два раза.

То, что видно на экране (рис. 2) принято называть пульсирующим напряжением. Но пульсирующее напряжение не годится для питания электронной схемы, — это еще не постоянное напряжение. А чтобы его сделать постоянным нужно пульсации сгладить с помощью накопительного конденсатора.

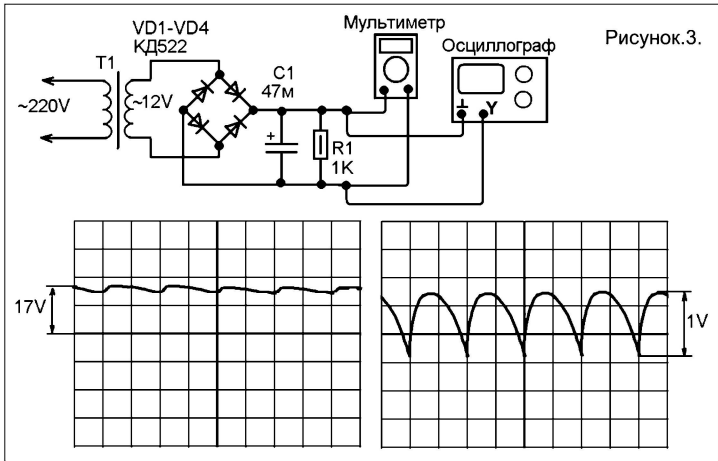
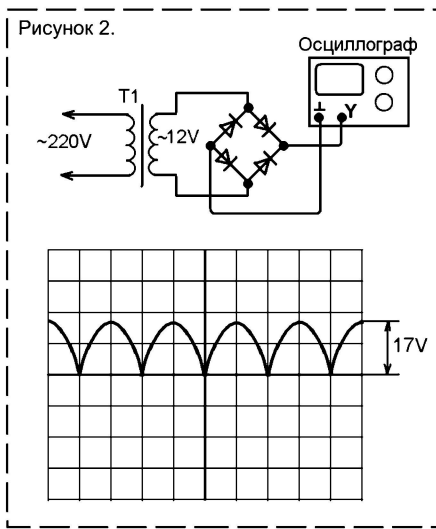
На рисунке 3 показана схема с накопительным конденсатором C1 и резистором R1, который служит нагрузкой. Посмотрим, что нам теперь покажут приборы. Мультиметр покажет что-то около 16,5V, а на экране осциллографа будет видна искривленная линия, приподнятая вверх по шкале Y на некоторую величину (рисунк 3, левая осциллограмма).

По верхним пикам кривизны этой линии — на 17V. Так выглядит напряжение со сглаженными пульсациями. Чтобы посмотреть величину пульсаций нужно переключить вход осциллографа на переменный ток «~» и повернуть ручку «V/дел.» в сторону уменьшения, пока пульсации не будут видны отчетливо. В данном случае, установили 0,5V/дел.

(рис. 3, осциллограмма справа). Видно, что размах пульсаций равен 1V.

Таким образом, на выходе нашего выпрямителя есть постоянное напряжение с пульсациями 1V.

Величина этих пульсаций зависит от емкости сглаживающего конденсатора и от нагрузки. Если нагрузка увеличится (уменьшится сопротивление R1) пульса-



ции возрастут. Это можно проверить, заменив R1 переменным. А с увеличением емкости пульсации уменьшаются. Вот, если в этом же примере (при том же сопротивлении R1) вы параллельно C1 подключите еще один конденсатор емкостью 220μF, пульсации уменьшатся до 0,3V, а при емкости конденсатора 1000 μF уровень пульсаций будет менее 0,1V. Но это при сопротивлении нагрузки 1 кОм, то есть при токе нагрузки 16

миллиампер. С увеличением тока нагрузки пульсации будут увеличиваться. Именно по этому в выпрямителях, рассчитанных на большие нагрузки, используют сглаживающие конденсаторы очень большой емкости.

Выше, с помощью осциллографа была рассмотрена работа мостового выпрямителя. Но источник питания, часто кроме трансформатора и выпрямителя содержит стабилизатор напряжения.

Схема простейшего параметрического стабилизатора состоит из стабилитрона и токоограничительного резистора.

Главное свойство стабилитрона в том, что он вроде бы работает как диод, то есть, пропускает ток в прямом направлении, но он пропускает и обратный ток, но только если обратное напряжение превысило некоторую величину, – напряжение стабилизации.

Подключим схему параметрического стабилизатора к вторичной обмотке трансформатора, и с помощью осциллографа, посмотрим во что превратилась синусоида переменного напряжения (рис.4). Ручку «Время/дел.» осциллографа установим на «10», и ручку «V/дел.» так же на «10», а переключатель входа – в импульсный режим.

Стабилитрон, работая как диодный однополупериодный выпрямитель, убрал отрицательные полуволны. А как стабилитрон, он обрезал верхушку положительных полуволн на уровне своего напряжения стабилизации (для Д814В – это 10V).

А теперь, подключим такой же стабилизатор на выходе выпрямительного моста (рис. 5). Импульсы пульсирующего напряжения стабилитрон так же, обрезал на уровне своего напряжения стабилизации. Причем, стабилитрону безразлично какой амплитуды эти импульсы или полуволны, 17V или, например, 27V, он их ограничит СТАБИЛЬНО на уровне 10V.

На рисунке 6 показана схема источника питания с параметрическим стабилизатором на выходе. Мультиметр и осциллограф покажут постоянное напряжение 10V, а пульсации будут значительно меньше чем без стабилизатора.

Рисунок 4.

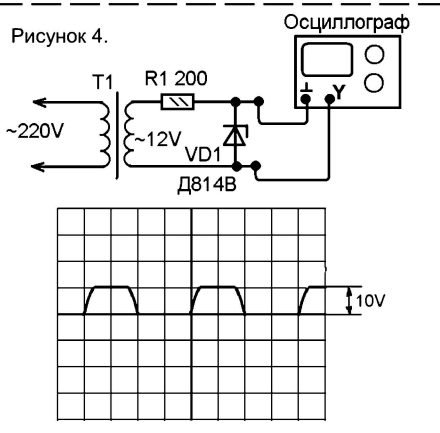


Рисунок 5.

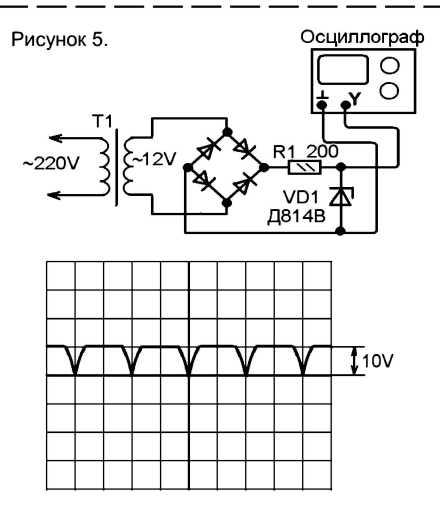
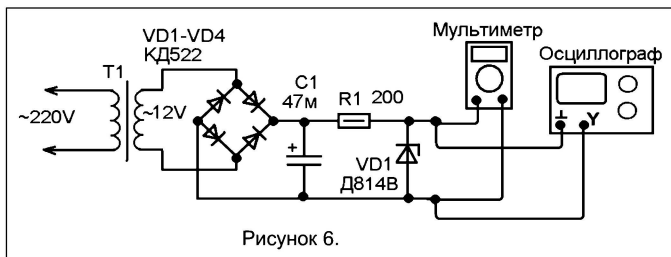


Рисунок 6.



Продолжение следует...

# ОСЦИЛЛОГРАФ

(Продолжение. Начало в «РК» 07-11-2016)

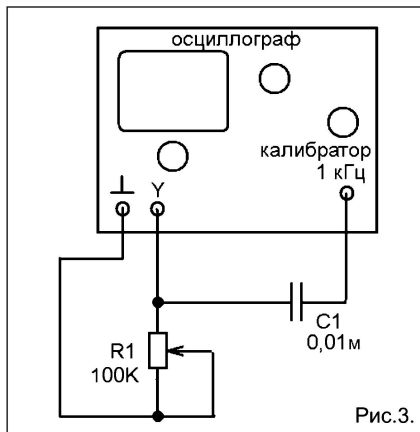
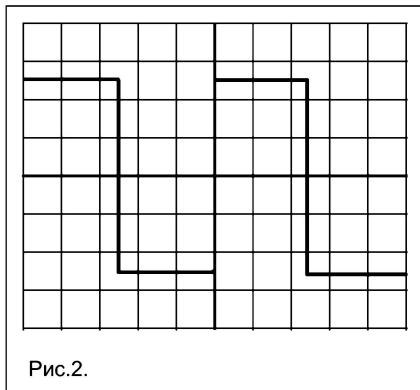
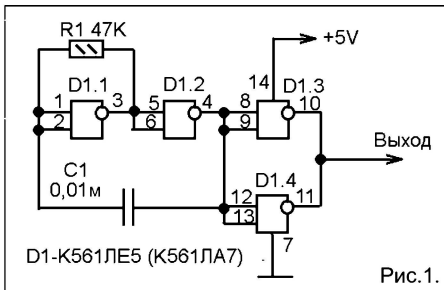
Еще одним практическим упражнением работы с осциллографом может быть исследование RC-цепи с помощью осциллографа. Для этого нам потребуется генератор прямоугольных импульсов. Во многих осциллографах, в частности, и С1-65, есть калибратор. Это генератор постоянного напряжения или прямоугольных импульсов частотой 1 кГц. Калибратор предназначен для калибровки, но его можно с успехом использовать как лабораторный генератор прямоугольных импульсов при налаживании и ремонте аппаратуры.

Но, есть осциллографы и без калибраторов, если ваш именно такой, то нужно будет взять лабораторный функциональный генератор или самому сделать простой генератор прямоугольных импульсов частотой около 1 кГц, по схеме, показанной на рисунке 1. Это простейший мультивибратор на цифровой микросхеме. Но для наших опытов он подходит.

Далее, мы будем рассматривать работу с калибратором осциллографа в качестве источника импульсов. Если же импульсы берутся от отдельного генератора (например, как на рис.1), нужно будет просто подавать их на исследуемую RC-цепь от него. При этом не забыть общий минус питания генератора соединить с клеммой «корпус» осциллографа.

И так, если мы соединим куском провода гнезда «Y» и «Выход калибратора», включим калибратор на генерацию импульсов размахом 5V. При этом ручкой «V/дел» выставим «1», а ручкой «время/дел» выставим «0,2mS», вход переключим на переменное напряжение «~», на экране осциллографа будет видно примерно то, что показано на рисунке 2. То есть, прямоугольные импульсы.

Для экспериментов с RC-цепью потребуется конденсатор емкостью 0,01 мкФ (часто обозначается как «10п» или «103») и переменный резистор сопротивлением 100 кОм.



Экспериментировать будем с двумя типами цепей, - дифференцирующей и интегрирующей.

Сначала подключаем дифференцирующую цепь, состоящую из резистора R1 и конденсатора C1 (рис.3). Теперь импульсы

от калибратора на вход «Y» осциллографа поступают через цепь R1C1. Резистор R1 установить в положение максимального сопротивления. При этом, импульсы на экране осциллографа станут как на рис.4. Их амплитуда немного увеличится, но появится наклон в сторону к спаду.

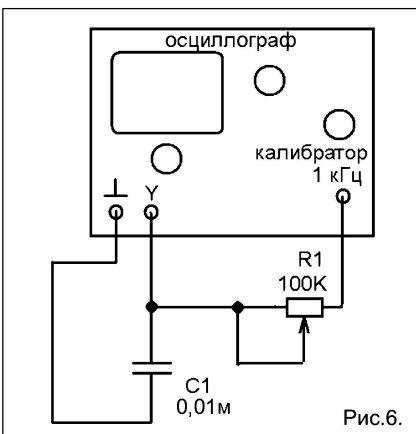
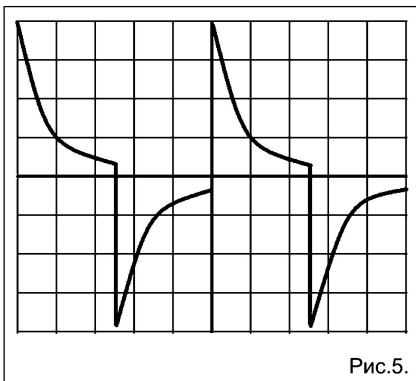
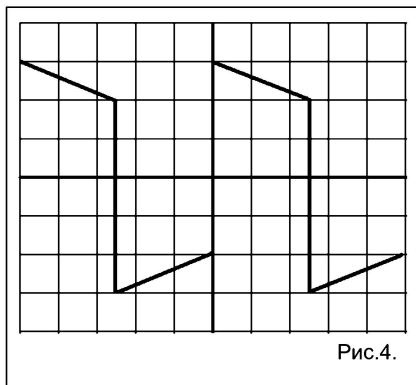
Если начать поворачивать рукоятку переменного резистора R1, его сопротивление будет уменьшаться, и при этом, амплитуда импульсов будет увеличиваться, но и наклон в сторону к спаду тоже возрастает. На рисунке 5 уже совсем не похоже на прямоугольные импульсы. Однако амплитуда пиков сильно выросла. При дальнейшем повороте R1, амплитуда пиков будет продолжать расти, а наклоны приобретут параболический вид.

Но, при дальнейшем повороте R1, амплитуда начинает снижаться, и в самом крайнем положении, когда сопротивление R1 равно нулю, импульсы пропадают (это и не удивительно, ведь R1, в состоянии нулевого сопротивления, фактически замкнул вход осциллографа).

Вывод такой, что в результате дифференцирования прямоугольного импульса, он превращается в остrokонечный импульс увеличенной амплитуды. Причем, чем больше R1, тем более импульс похож на прямоугольный. Связанно это с тем, что от сопротивления R1 зависит время зарядки - разрядки конденсатора. И чем меньше R1, тем меньше это время. К тому же, при переходе от положительной полуволны к отрицательной (и наоборот), накопленное на конденсаторе напряжение добавляется к амплитуде импульса. Поэтому, амплитуда напряжения на резисторе R1 в пиках увеличивается тем больше, чем быстрее заряжается конденсатор. Но при этом пики тем уже, чем меньше R1.

Теперь поменяем детали местами, чтобы получилась схема, показанная на рисунке 6. RC-цепочка стала интегрирующей.

Если переменный резистор R1 находится в положении минимального сопротивления, на экране осциллографа будет как на рис. 7. Почти такие же прямоугольные импульсы, только фронты и спады слегка



сглажены.

Начинаем поворачивать ручку перемен-

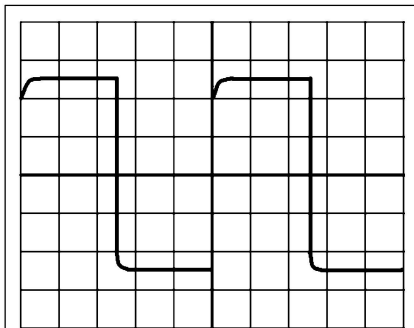


Рис.7.

ного резистора R1, - фронты и спады еще сильнее сглаживаются и приобретают вид, как на рисунке 8. При этом амплитуда существенно снижается. Выкручиваем ручку переменного резистора R1 до конца (в положение максимального сопротивления), - амплитуда импульсов сильно снижается, и они уже напоминают скорее треугольники (рис.9).

В интегрирующей цепи осциллограф показывает напряжение на конденсаторе. На него поступают импульсы через резистор R1 и заряжают и разряжают его. Как и в первом случае, скорость заряда - разряда тем больше, чем меньше сопротивление резистора. Но, здесь ситуация обратная, поэтому, чем меньше R1 тем скорее C1 заряжается или разряжается до максимального или минимального значения. А значит, тем круче фронты и спады импульсов на C1. Вот эти закругления, видимые на осциллограмме на рис. 7 и есть то самое время, в течение которого происходит зарядка и разрядка конденсатора. И чем быстрее конденсатор заряжается, тем меньше эти участки. Быстрота же зарядки конденсатора зависит от сопротивления резистора R1, через который на него поступают импульсы.

С увеличением сопротивления резистора R1 конденсатор все медленнее и плавней заряжается - разряжается, - закругления, показывающие время зарядки - разрядки увеличиваются. Поэтому фронты и спады сглаживаются, становятся наклонными.

При дальнейшем увеличении сопротивления R1 время, необходимое на зарядку

конденсатора до максимального напряжения увеличивается на столько, что уже становится больше длительности полупериода импульса. Конденсатор просто не успевает зарядиться до максимальной величины, как начинается его разрядка.

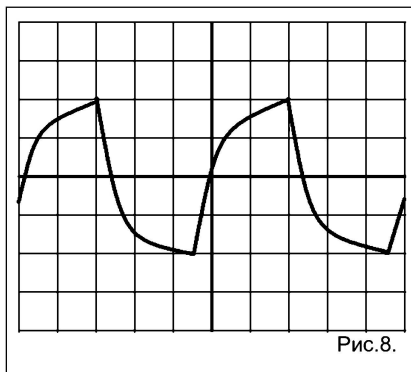


Рис.8.

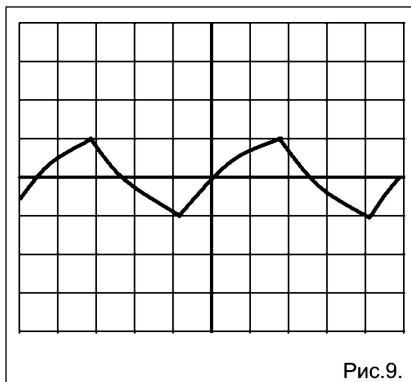


Рис.9.

Поэтому амплитуда импульса уменьшается на столько, на сколько конденсатор не успевает зарядиться.

В конечном итоге форма импульсов все более и более становится похожа на треугольную.

*Продолжение следует ...*

## ОСЦИЛЛОГРАФ

(Начало в «РК» 07-12-2016)

В прошлый раз («РК» 12-2016) мы рассматривали с помощью осциллографа работу RC-цепи. Сегодня - индуктивность. Вернее, цепь, состоящую из индуктивности и сопротивления.

Как и ранее, мы будем рассматривать работу с калибратором осциллографа в качестве источника импульсов. Если же импульсы берутся от отдельного генератора, нужно будет просто подавать их на исследуемую цепь от него. При этом не забыть общий минус генератора соединить с клеммой «корпус» осциллографа.

И так, если мы соединим куском провода гнезда «Y» и «Выход калибратора», включим калибратор на генерацию импульсов размахом 5V. При этом ручкой «V/дел» выставим «1», а ручкой «время/дел» выставим «0,2mS», вход переключим на переменное напряжение «~», на экране осциллографа будет видно примерно то, что показано на рисунке 1. То есть, прямоугольные импульсы.

Для экспериментов с индуктивностью нужен переменный резистор сопротивлением 100 кОм (такой же, как в экспериментах с RC-цепью) и какая-нибудь катушка индуктивности. В качестве неё можно взять обмотку электромагнитного реле. В этих конкретных экспериментах в качестве индуктивности была обмотка электромагнитного реле WJ-118-1С с обмоткой на 14V. Можно использовать и другое реле небольшой мощности, с обмоткой на 12-20V. Либо в качестве индуктивности использовать обмотку небольшого трансформатора или низкочастотного дросселя.

Соберем схему, такую как показано на рисунке 2. В ней импульсы от генератора (калибратора осциллографа) поступают на вход «Y» (вход вертикального отклонения) осциллографа через индуктивность L1, а параллельно входу «Y» включен переменный резистор R1. Он будет регулировать ток через индуктивность,

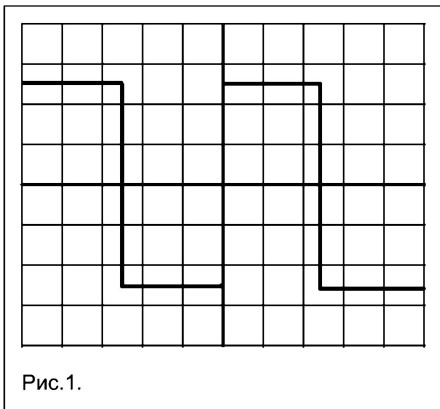


Рис.1.

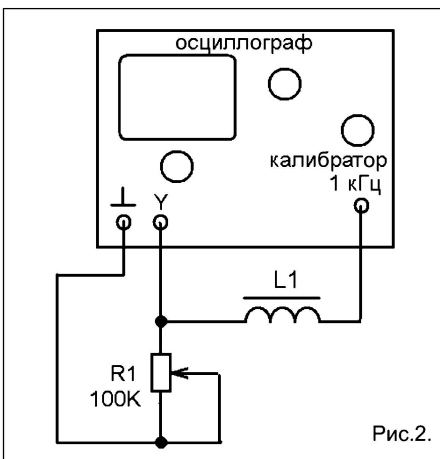


Рис.2.

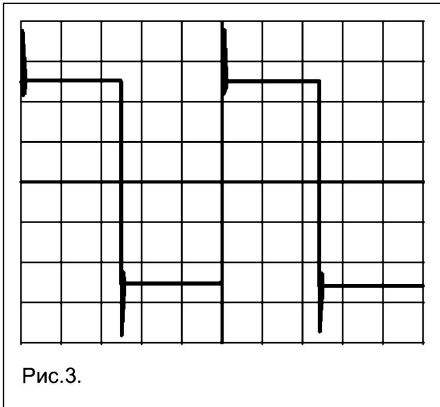


Рис.3.



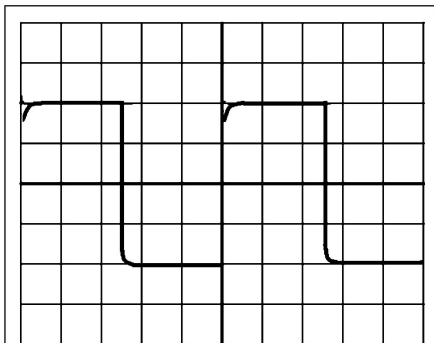


Рис.4.

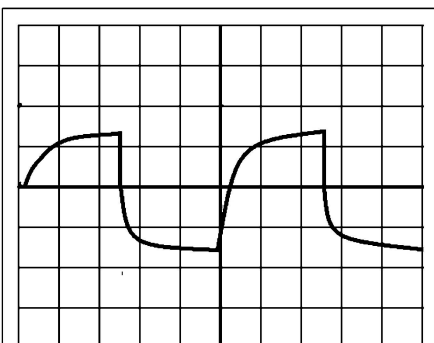


Рис.5.

который проходит от выхода калибратора (генератора импульсов) на корпус осциллографа.

Сначала резистор R1 нужно установить в положение максимального сопротивления. При этом, импульсы на экране осциллографа будут иметь вид как на рис.3. Обратите внимание на наличие выбросов (узких вертикальных полосок) на фронтах импульсов. За счет этих выбросов общая амплитуда импульса немного увеличится. Этот выброс является следствием ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке индуктивности.

Если начать поворачивать рукоятку переменного резистора R1, его сопротивление будет уменьшаться, и при этом, амплитуда импульсов будет уменьшаться. При этом быстрее всего будет уменьшаться амплитуда выбросов, а не сами

импульсы. Пока выбросы совсем не исчезают. Фронты будут сглаживаются, скругляться и сначала приобретают вид, как на рисунке 4. При этом амплитуда существенно снижается.

Происходит это из-за того, что реактивное сопротивление индуктивности и активное сопротивление резистора образуют делитель напряжения, поступающего на вход осциллографа. И, кроме того индуктивность, в следствие ЭДС самоиндукции, вносит задержку в протекание тока через нее. Эта задержка и создает сглаживание фронтов

Продолжая уменьшать сопротивление R1, выкручиваем ручку переменного резистора еще сильнее, - амплитуда импульсов сильно снижается, и они уже приобретают вид, показанный на рис. 5.

Но, при дальнейшем повороте R1, амплитуда начинает снижаться, и в какой-то момент приобретает вид, показанный на рисунке 6.

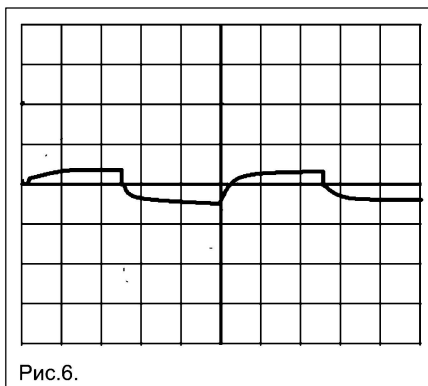


Рис.6.

В самом крайнем положении, когда сопротивление R1 равно нулю, импульсы пропадают (это и не удивительно, ведь R1, в состоянии нулевого сопротивления, фактически замкнул вход осциллографа).

*Продолжение следует...*

## ОСЦИЛЛОГРАФ

(Начало в «РК» 07-12-2016, 01-2017)

С помощью осциллографа со встроенным калибратором можно проверять работу различных схем, используя калибратор как источник прямоугольных импульсов, а сам осциллограф для наблюдения за сигналом на выходе схемы. Например, с помощью осциллографа можно проверить усилитель ЗЧ.

Для экспериментов можно взять любой маломощный УЗЧ, готовый или самодельный, например, собранный по схеме, показанной на рисунке 1. Впрочем, какой это УНЧ в данном случае не так уж и важно, поэтому обозначим его на схеме прямоугольником со входом и выходом (рис. 2). Если на вход УНЧ подать прямоугольные импульсы с калибратора осциллографа, то в динамике раздается звук тона частоты 1 кГц. Но, для исследования работы УНЧ нам нужно динамик заменить эквивалентом нагрузки, то есть, резистором такого же сопротивления и мощности как динамик (рис. 3). Если это УНЧ по схеме на рисунке 1, то там динамик мощностью 0,25 Вт сопротивлением 8 Ом. Соответственно, берем постоянный резистор мощностью 0,25Вт и сопротивлением 8,1 Ом (наиболее близкое значение к 8 Ом).

Затем, рассчитываем величину выходного сигнала для максимальной мощности УНЧ. Максимальная выходная мощность УНЧ по схеме на рисунке 1 - 0,2Вт. Сопротивление нагрузки - 8,1 Ом, пользуясь формулой  $P = U^2/R$  находим значение  $U = 1,3В$ . Это такое переменное напряжение должно быть на эквиваленте нагрузки для получения максимальной мощности (для другого УНЧ с другими параметрами значение будет другим). Но это действующее значение, чтобы узнать амплитудное нужно его умножить на 1,44.

Получаем амплитуду 1,872 В. Амплитуду импульсов, поступающих от калибратора на вход УНЧ нужно установить такой, чтобы на эквиваленте нагрузки была амплитуда 1,872 В (примерно 1,8-1,9В).

В идеале, на эквиваленте нагрузки

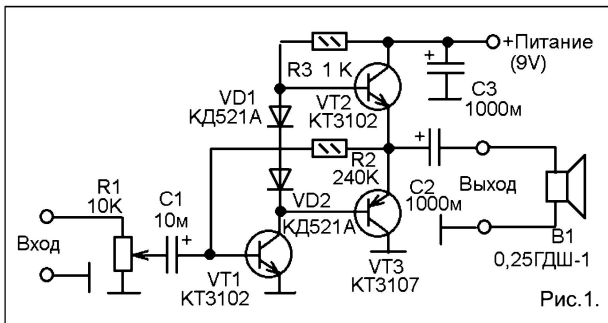


Рис. 1.

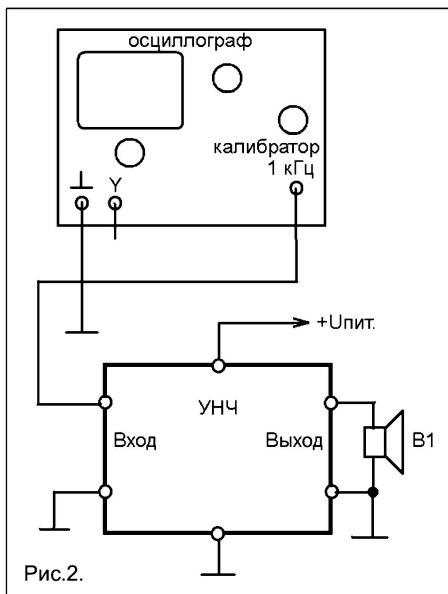
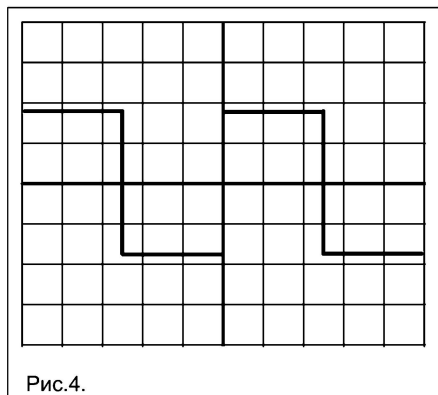
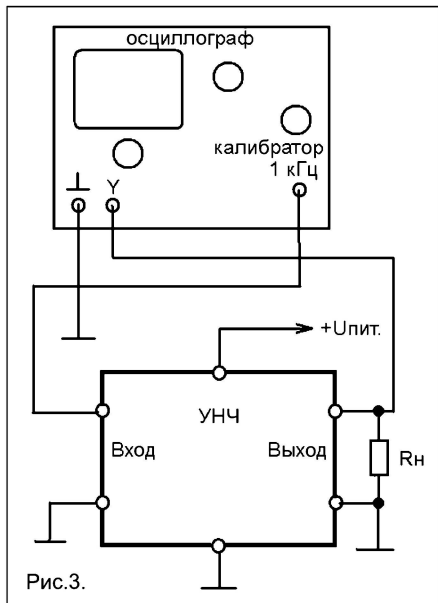


Рис.2.

должно быть, по форме, то же, что и на входе, то есть ровные прямоугольные импульсы, как на рис.4. Если это так, то усилитель просто замечательный.

Если будет наблюдаться завал фронта и спада (рис.5) это говорит о том, что на высших частотах усиление данного усилителя снижается. Степень этого снижения



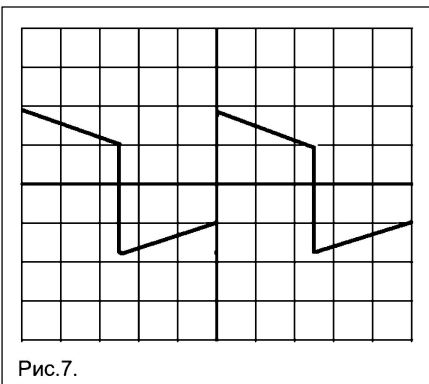
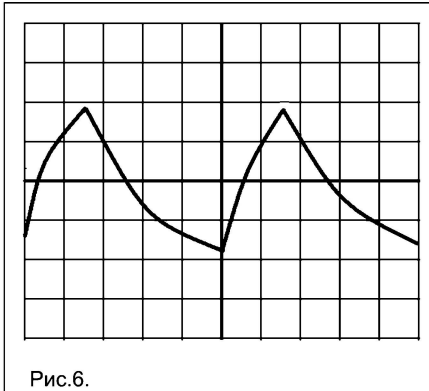
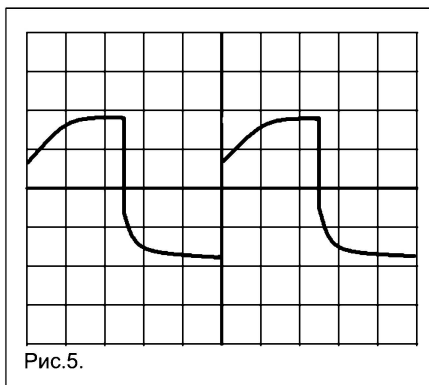
может быть разной, если совсем плохо - это как на рисунке 6.

При завале усиления на низких частотах осциллограмма будет выглядеть как на рисунке 7.

Подъем усиления на низких частотах, - осциллограмма на рис. 8.

Падение усиления на низких и средних частотах, - осциллограмма на рис. 9.

Подъем усиления на средних частотах, - осциллограмма на рисунке 10.



Подъем усиления на высоких частотах, - осциллограмма на рисунке 11.

Провал усиления в каком-то узком диапазоне частот - рис. 12.

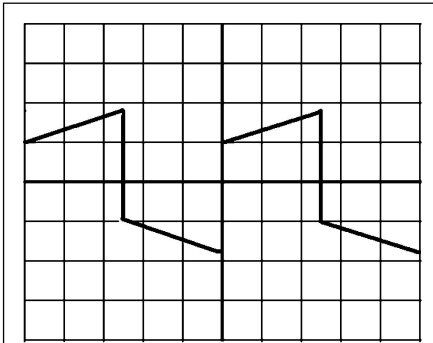


Рис.8.

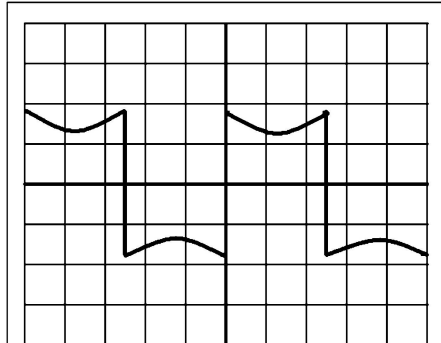


Рис.11

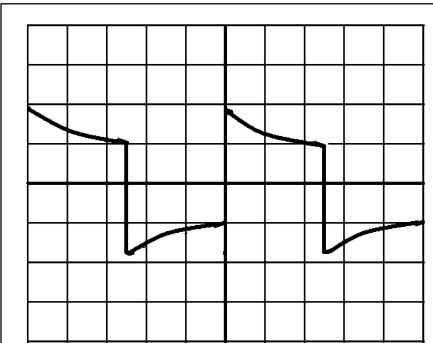


Рис.9.

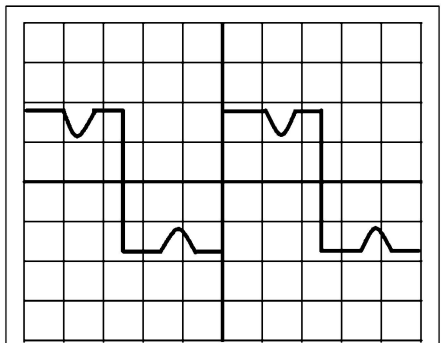


Рис.12.

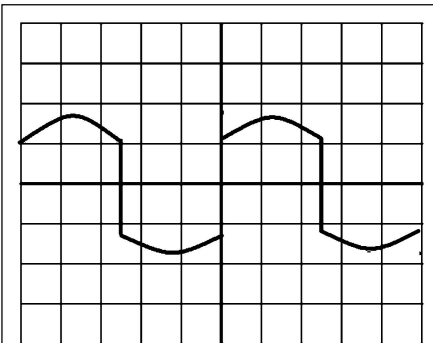


Рис.10

Таким образом, всего лишь один сигнал прямоугольных импульсов частотой 1 кГц может рассказать очень много о работе усилителя ЗЧ.

Если у осциллографа нет калибратора, можно на вход усилителя ЗЧ подать прямоугольные импульсы от любого генератора прямоугольных импульсов частотой 1 кГц, например, сделанного на логических элементах или по другой схеме. В том случае, если частоту импульсов на выходе генератора можно регулировать, можно будет более широко проанализировать работу усилителя ЗЧ.

Кроме того, используя тот же осциллограф с калибратором (или отдельным генератором импульсов) можно проследить прохождение сигнала и внутри схемы УНЧ, чтобы найти дефектный каскад, например, в УНЧ, построенного по сложной многокаскадной схеме.