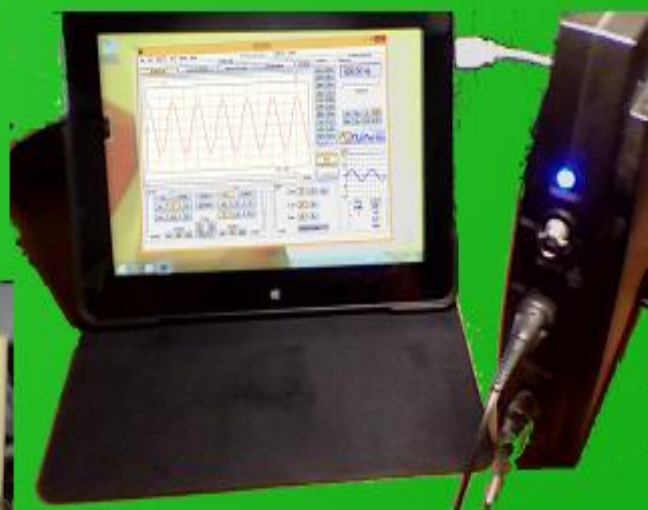


В.Н. Гололобов

Мой друг



осциллограф

Москва - 2013

Оглавление

.....	1
Введение	3
Глава 1. Разные сигналы	3
Глава 2. Немного о жизни простых сигналов.....	5
Глава 3. Осциллограф.....	6
Глава 4. Ещё о сигналах и работе с ними	7
Глава 5. Электрическая схема и осциллограф	8
Глава 6. Что можно увидеть на экране осциллографа-приставки?	9
Глава 7. Реальное устройство и осциллограф.....	10
Заключение	12

Введение

Измерение напряжений и токов, чем мы часто пренебрегаем, очень важная часть исследования, как при ремонте, так и при настройке любого электронного устройства. Но внутренняя жизнь этих устройств – это, безусловно, жизнь и превращение сигналов. Мультиметр только очень современный и достаточно дорогой позволяет увидеть эту внутреннюю жизнь электронного устройства.

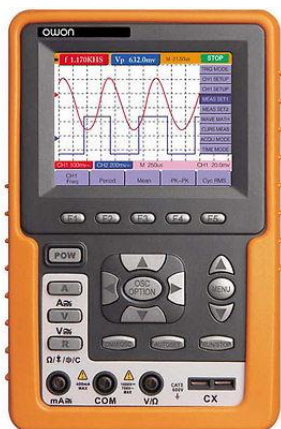


Рис. 1. Мультиметр-осциллограф

Очень давно (много десятилетий назад) я купил осциллограф С1-94. По тем временам стоимость такой покупки – это почти две мои зарплаты в месяц, не всякая жена позволит подобные расходы. Но проблема возникла с недавно купленным цветным телевизором, который стоил тогда очень дорого. Внешне это было похоже на то, что называется «сдохла трубка». Поверить в подобное мне было трудно, но в мастерской, как мне казалось, всё началось бы с замены телевизионной трубки, что было недешёво, и не было уверенности в успехе этой замены. А выяснять отношение с телевизором, не имея в своём распоряжении осциллографа, долгий путь замены всех составляющих телевизора. Как выяснилось позже, я был прав – проблема возникла из-за ошибки при изготовлении телевизора, а трубка была исправна. Впоследствии осциллограф много раз выручал меня, так что я очень ему благодарен.

Глава 1. Разные сигналы

Вы можете посмотреть в учебниках точное определение сигналов. Но, в сущности, любой сигнал – это переменное напряжение или ток, изменяющееся по какому-то закону. Простейший закон изменения напряжения синусоидальный. Синусоидальные сигналы часто применяют при работе с электроникой в качестве тестового сигнала. К слову, такую форму (такой закон изменения) имеет напряжение в силовой сети.

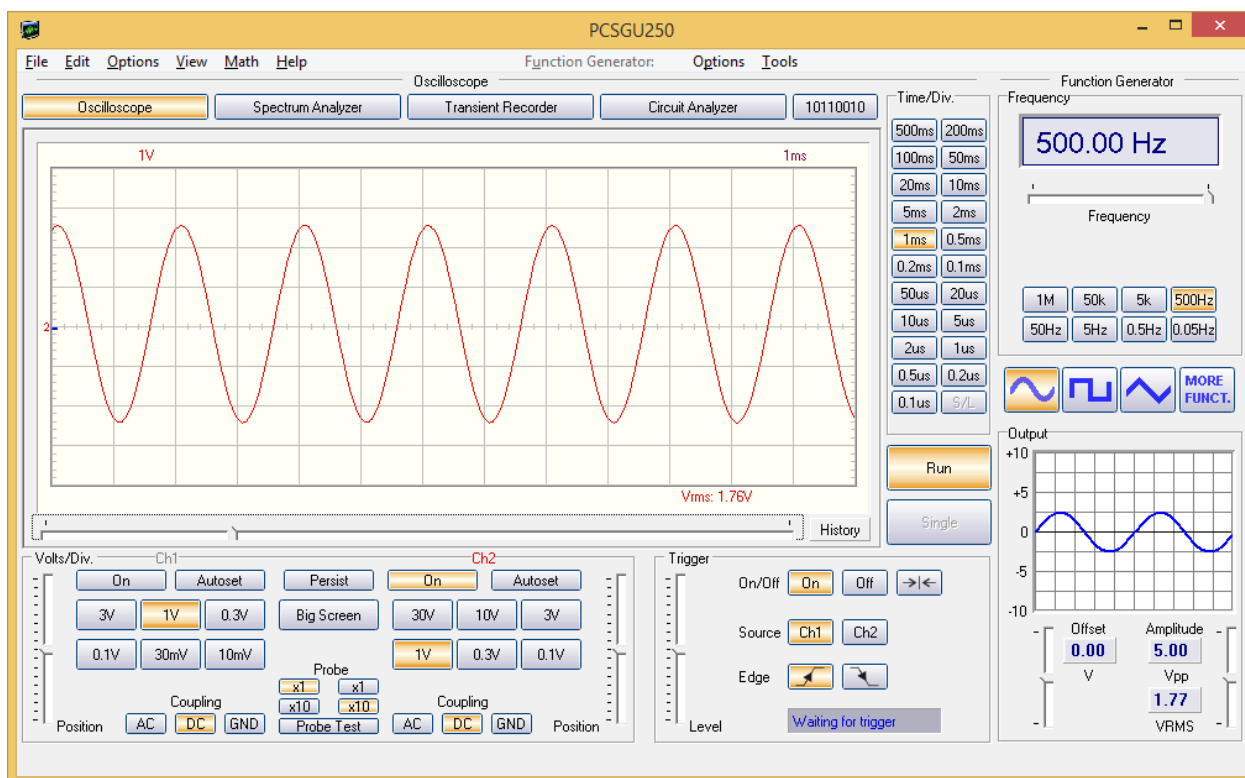


Рис. 2. Синусоидальный сигнал

Закон изменения напряжения можно записать так: $y = A \sin(2\pi ft + \varphi_0)$, где A – это амплитуда напряжения, f – частота, а φ_0 – это начальная фаза. Особенно часто синусоидальный сигнал в качестве испытательного используется в звуковой технике.

В цифровой технике также часто имеют дело с прямоугольными импульсами.

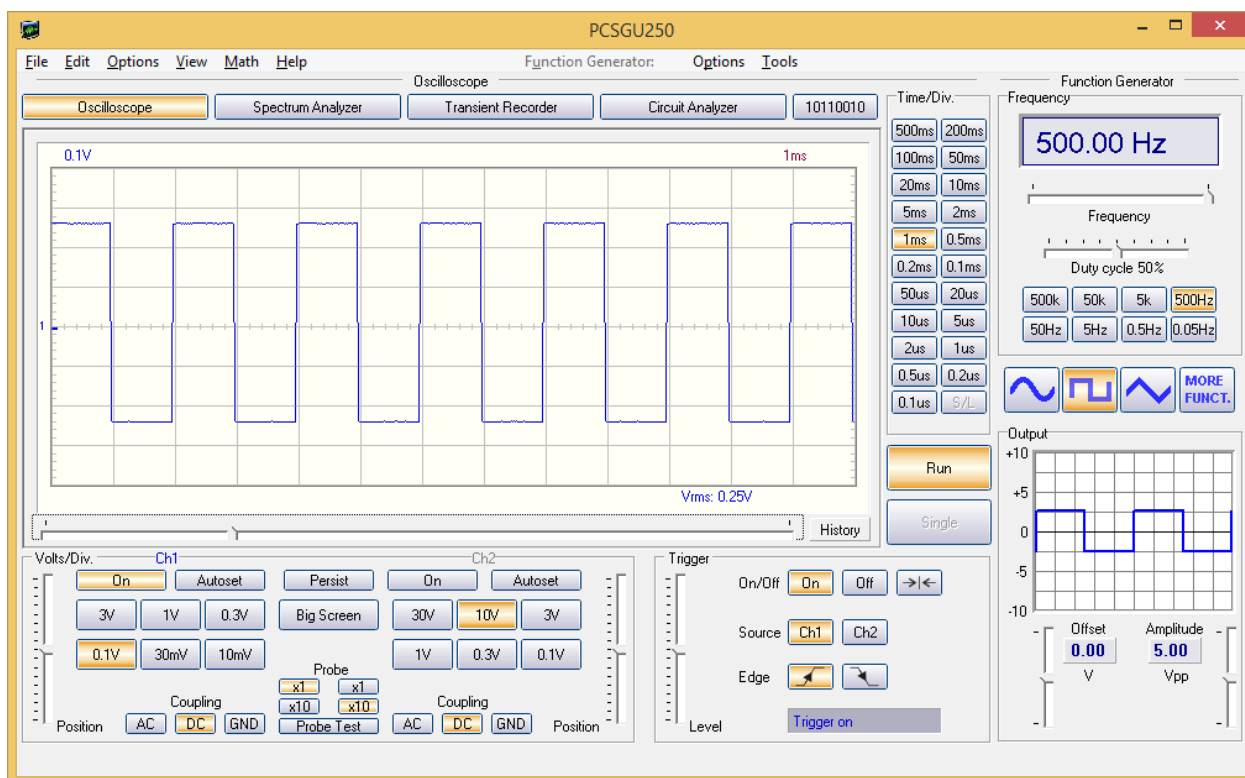


Рис. 3. Сигнал прямоугольной формы

Глава 2. Немного о жизни простых сигналов

Синусоидальный сигнал при усилении должен сохранить свою «синусоидальную» форму. То есть, при изменении масштаба не должно появляться искажений закона изменения напряжения (или тока). Искажения такого рода называют нелинейными. Поэтому при испытаниях усилителей их обязательно проверяют на «нелинейные» искажения. Для синусоидального сигнала нелинейные искажения связаны с появлением гармонических сигналов, то есть, сигналов синусоидального вида, но имеющих частоту кратную частоте основного сигнала. Эти сигналы называют гармониками, которые звукам придают характерное звучание, позволяющее отличить, скажем, скрипку от фортепьяно. В электронных звуковых устройствах появление призвуков недопустимо, они должны воспроизводить звук, не внося своей «лепты» в характер звучания.

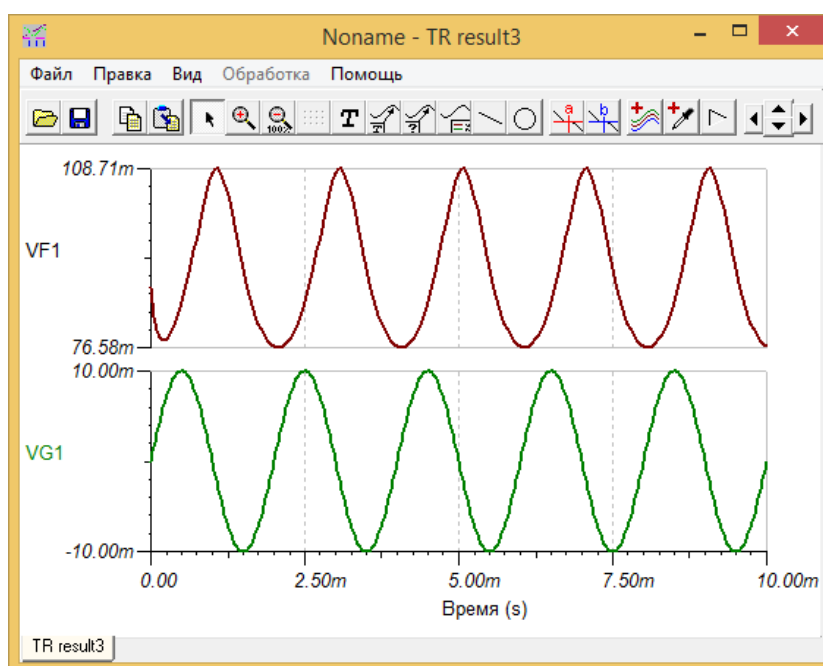


Рис. 4. Искажение синусоидального сигнала

Нижняя диаграмма – это исходный сигнал, а верхняя диаграмма – это усиленный (и искажённый) сигнал. В звуковой технике искажения формы сигнала оценивают показателем, который называется коэффициент нелинейных искажений. Это некоторое отношение в процентах, по сути, отношение вклада гармоник к основному сигналу. Измерить величину этого вклада можно, например, подавив с помощью фильтра основной сигнал, тогда величину напряжения оставшейся части можно соотнести с величиной сигнала основного тона. Более точно определить искажения можно с помощью измерения спектра выходного сигнала.

В цифровой технике тоже могут появиться искажения, но они, как правило, связаны с искажениями фронтов. Идеальный прямоугольный импульс – это появление напряжения высокого уровня сразу после нулевого. Но сразу только «сказка сказывается». Всегда проходит некоторое время, за которое прямоугольный сигнал меняется с нуля до амплитудного значения.

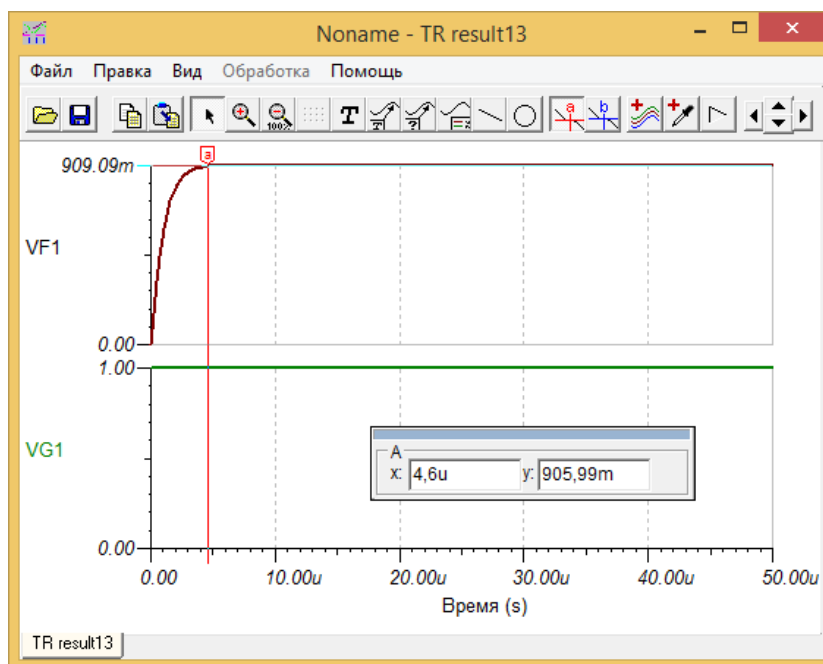


Рис. 5. Изменение сигнала на выходе электрической цепи

Кроме того, в цифровых устройствах сигнал на выходе компонентов начинает изменяться позже изменения сигнала на входе. Так что, жизнь даже простых сигналов, совсем не простая.

Глава 3. Осциллограф

Осциллографы позволяют «видеть» сигналы. Оценить нелинейные искажения синусоидального сигнала можно визуально, но очень грубо. Можно увидеть искажения порядка 2-3%, что, чаще всего, слишком много. Оценить «затягивание» фронтов импульсных сигналов, разглядывая сигнал, тоже не всегда просто, если импульсный сигнал не простейший прямоугольный. Чтобы решить последнюю задачу, начало наблюдения можно «синхронизировать» каким-то удобным импульсом, которых в цифровых устройствах много. Например, наблюдая за сигналами данных, можно синхронизировать осциллограф сигналом выбора кристалла, который должен приходить раньше остальных.

Некогда самые распространённые осциллографы, как мой С1-94, имели вход синхронизации. А двух лучевые осциллографы были удобнее, можно было синхронизировать осциллограф одним лучом, а наблюдать сигнал второго луча.

Сегодня двухканальные осциллографы не редкость. Самый простой осциллограф для звуковых устройств можно получить, используя звуковую карту компьютера и специальную программу.

При покупке осциллографа не следует рассчитывать, что вы перекроете все нужды на все времена, если купите дорогой прибор. Сегодня на BayRu можно найти недорогой китайский портативный осциллограф DSO201 за 3 тыс. рублей, или приставку к компьютеру за 6-7 тыс. руб. Мультиметр-осциллограф, показанный ранее, обойдётся вам около 10 тыс. рублей, возможно, без нужных аксессуаров.



Рис. 6. Относительно недорогие осциллографы

На радиорынке можно купить подержанный осциллограф, но вы должны быть уверены, что сможете отремонтировать его, если появятся какие-то проблемы.

Мне долгое время, я уже говорил об этом, хватало однолучевого осциллографа с полосой пропускания 15 МГц. Сейчас я часто пользуюсь осциллографом-приставкой, работающим в полосе частот до 12 МГц. Модель имеет встроенный функциональный генератор, что меня вполне устраивает.

Мой совет, прежде чем оценивать достоинства осциллографа, оцените свои нужды. Работа с сигналами на частотах 300-400 МГц или выше требует серьёзных знаний. Приобрети их до того, как вы решите приобрести дорогой осциллограф, достойный, но не очень полезный вам.

Глава 4. Ещё о сигналах и работе с ними

Сигналы и их преобразование, ради которых создаются многие электронные устройства, несут полезную нам информацию. Когда вы говорите по мобильному телефону, звуковые волны преобразуются в электрический сигнал, затем преобразуются в радиоволны, чтобы вы могли сказать вашему знакомому на другом конце города или в другом городе, или в другой стране: «Привет! Ну, как ты?».

Раньше для преобразования электрических сигналов в радиоволны использовали амплитудную модуляцию. Дело в том, что звуковые волны имеют низкую частоту. Микрофон, преобразующий звуковое давление (изменение давления и есть звуковая волна) в электрическое напряжение, повторяет частоту звука. Но для радиоволны нужна частота во много раз больше, иначе радиосигнал будет действовать на слишком маленьком расстоянии. Воздействие на амплитуду высокочастотного сигнала можно увидеть на экране осциллографа, что должно выглядеть, приблизительно, так:

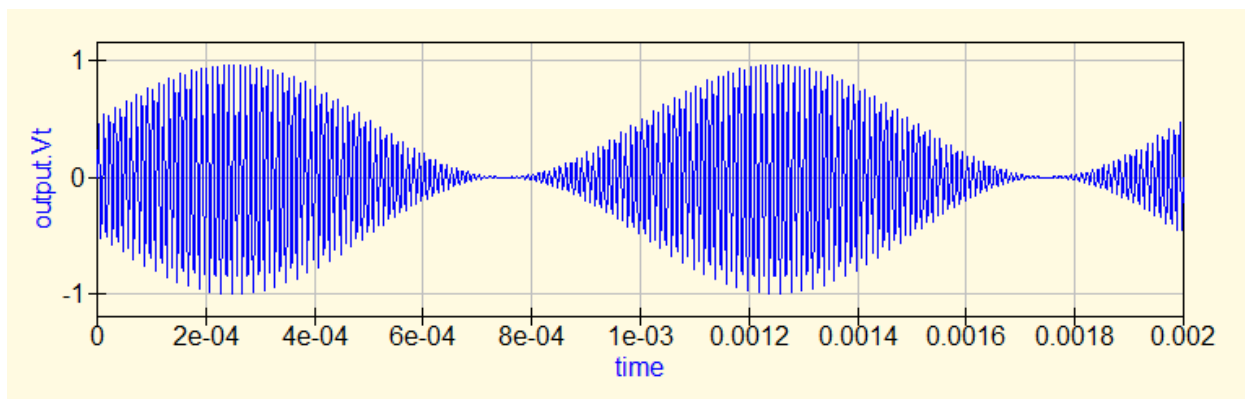


Рис. 7. Амплитудно-модулированный синусоидальный сигнал

В вашем мобильном телефоне сигнал преобразуется в цифровой вид, а только после этого модулируется высокой несущей частотой.

Когда сигналы периодические, как это бывает со многими испытательными сигналами, их легко наблюдать на экране обычного осциллографа. Но тот же звуковой сигнал явно будет непериодическим. Если вы намерены посмотреть, что происходит с этим сигналом, вам полезнее осциллограф, который записывает наблюдаемый сигнал. Иногда это единственная возможность понять проблему. Вспоминая личный опыт, я могу сказать, что запись наблюдаемого сигнала существенно облегчила бы жизнь. Вместе с тем, и «поломать голову» над решением задачи, тоже полезно.

Глава 5. Электрическая схема и осциллограф

Осциллограф довольно давно приобрёл черты универсального прибора – вы можете проверить постоянные напряжения в схеме, можете увидеть сигналы. Современные осциллографы могут выводить результаты на дисплей в цифровом виде.

Но даже самый дорогой осциллограф не заменит вам знаний. Подключая прибор, вы должны предполагать, что вы увидите на экране. Если увиденное не отвечает вашим ожиданиям, то пришло время задуматься, виною ли тому неисправность или не завершённая наладка или вы не достаточно хорошо разобрались в схеме.

Почему я считаю полезным для начинающих использовать звуковую карту компьютера, соблюдая меры предосторожности, чтобы не повредить её, или осциллограф-приставку к компьютеру?

Потому что вы можете сделать снимок экрана.

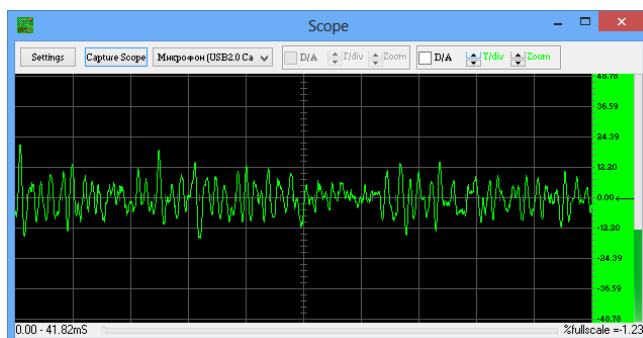


Рис. 8. Осциллограмма программы, использующей звуковую карту компьютера

Описывая в отчёте (очень полезно вести такой отчёт для себя) ожидаемый вид сигнала, вы можете прикрепить его реальный вид, чтобы, сравнив, получить представление о собственном понимании происходящего процесса. Чем лучше вы понимаете электрическую схему, тем ближе окажутся вашим предположения к реальности. Вдобавок, пусть вас не смущает узкий диапазон рабочих частот осциллографа со звуковой картой, некоторые ваши находки пригодятся позже. А что до работы в звуковом диапазоне частот – многие процессы, многие параметры имеют свойство масштабироваться. Если ваша схема работает на звуковых частотах, есть большая вероятность, что она будет работать и на более высоких частотах. Хотя, чем выше рабочая частота, тем больше особенностей может встретиться в работе устройства. Но эти особенности можно учесть, перенося рабочую частоту.

Глава 6. Что можно увидеть на экране осциллографа-приставки?

То, о чём пойдёт речь в этой главе, можно увидеть и с помощью звуковой карты. Итак.

Разумеется сигналы, входящие в рабочую полосу частот. Не следует забывать, что цифровые сигналы, скажем, прямоугольные импульсы, с частотой, не выходящей за пределы рабочей полосы пропускания осциллографа, могут искажаться. Выше упоминалось, что продукты нелинейных искажений – это гармоники, частоты кратные основной частоте. Прямоугольные импульсы имеют очень большое количество гармоник. Частота гармоник может в сотни раз превышать основную частоту. Поэтому ограничение частотного диапазона приведёт к искажению формы сигнала.

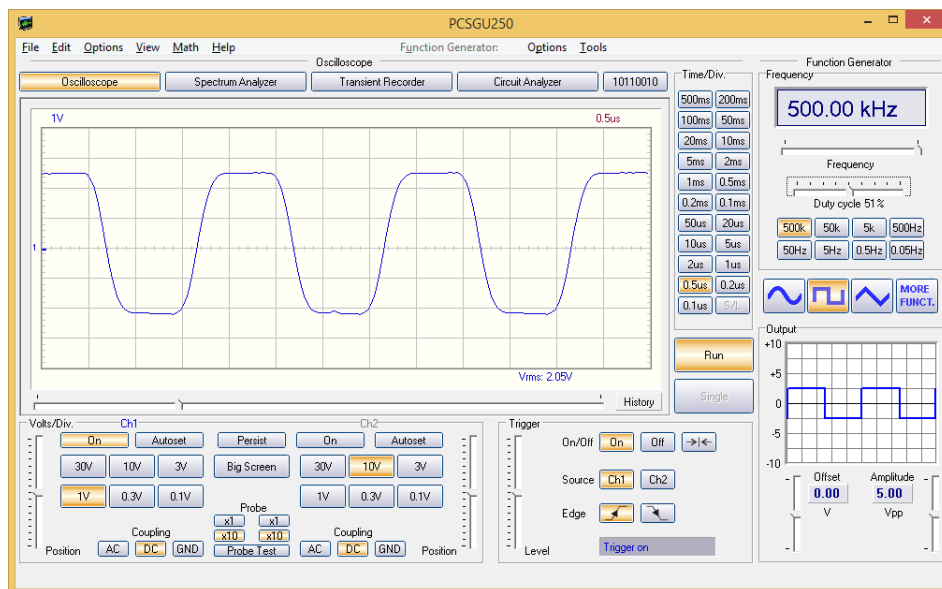


Рис. 9. Искажение формы прямоугольных импульсов из-за низкой верхней рабочей частоты

Прямоугольные импульсы с частотой 500 кГц на экране осциллографа не имеют «прямоугольной» формы. Оба фронта импульса затянуты. Иногда это важно, но часто достаточно убедиться в наличии импульсов, убедиться в том, что амплитуда импульсов имеет должную величину.

Кроме сигнала на экране можно увидеть спектр сигнала. И оценить нелинейные искажения. Оценить вклад отдельных гармоник, что может дать информацию о причине возникновения нелинейных искажений.

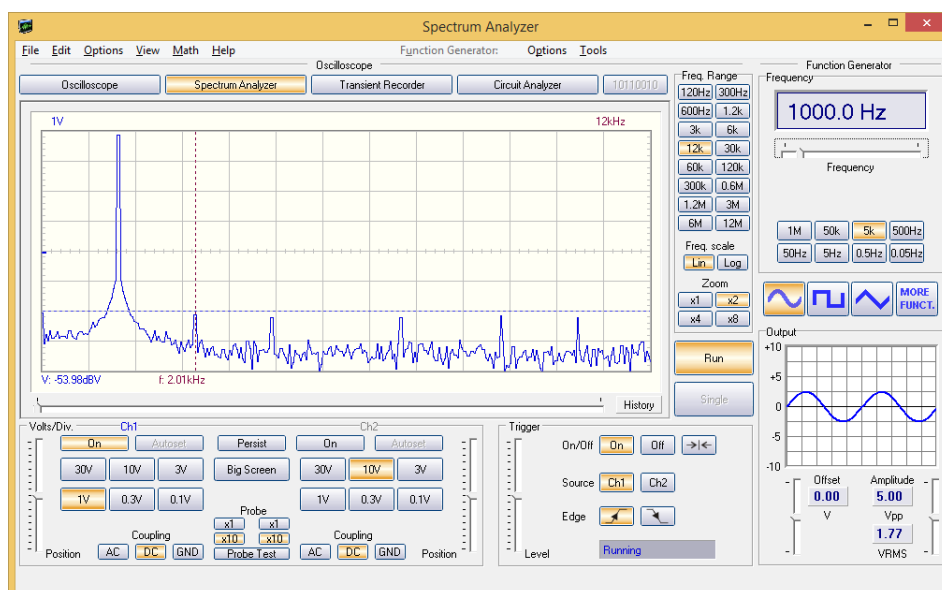


Рис. 10. Спектр сигнала с частотой 1 кГц

Очень полезно посмотреть амплитудно-частотную характеристику устройства или электрической цепи, особенно, когда имеешь дело с фильтром.

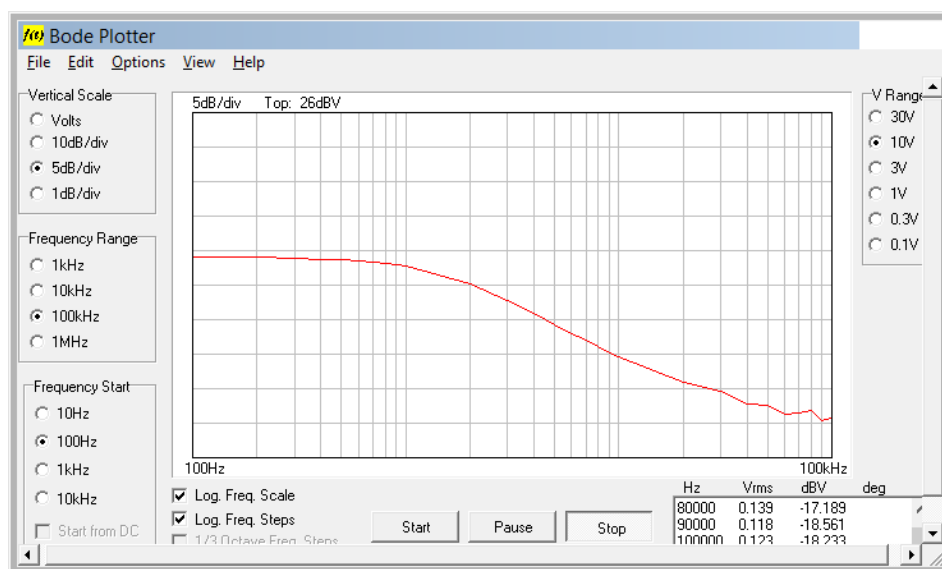


Рис. 11. АЧХ электрической цепи

Глава 7. Реальное устройство и осциллограф

Случилось так, что занялся я ремонтом мультиметра UT30F. Схемы, конечно, нет, а проблема в измерении переменного напряжения. С постоянным напряжением всё хорошо, а при переходе с предела 200 В переменного напряжения на предел 500 В, когда измеряемое напряжение 100 В, значение изменяется чуть ли не в два раза.

Как правило, в этом я не раз убеждался, схемы мультиметров очень схожи. То есть, схема выпрямления должна быть похожа на ту, что применена, скажем, в приборе М890.

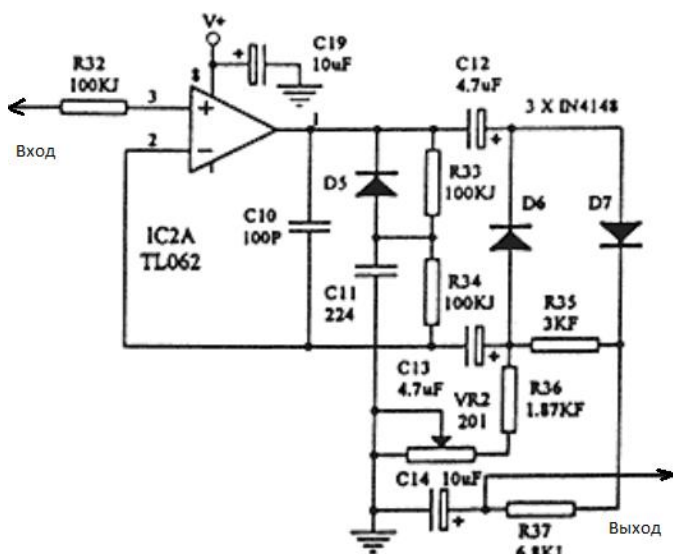


Рис. 12. Выпрямитель мультиметра М890D

Преодолев своё заблуждение – напряжение на входе не меняется – я решил посмотреть, что получается на выходе операционного усилителя при подаче напряжения 50 Гц, 1 В (на пределе 2 В). Осциллограмма меня несколько смутила, поэтому я решил повторить схему в программе TINA-TI. Полученный при моделировании результат повторил увиденное мною ранее.

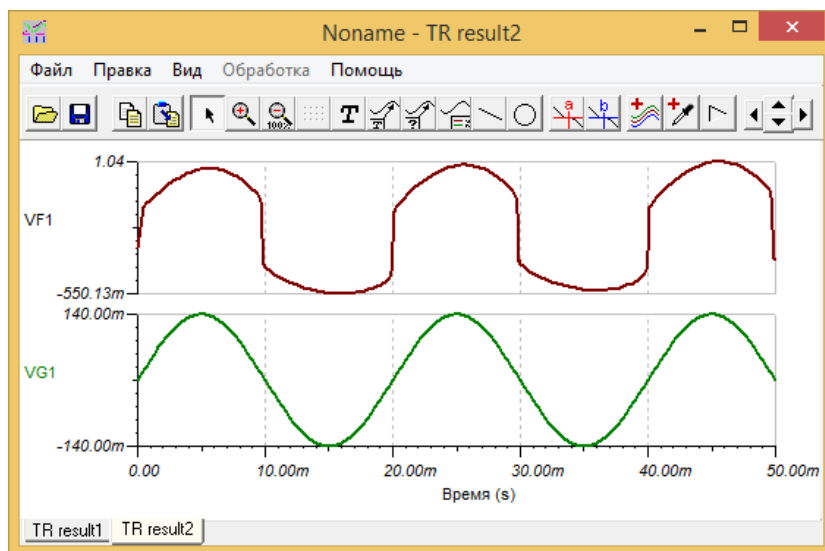


Рис. 13. Моделирование схемы выпрямителя в программе TINA-TI

Входное напряжение 100 мВ переменного тока 50 Гц на выходе явно искажалось. При уменьшении входного напряжения в 10 раз (переход на другой предел измерения), картина при моделировании менялась незначительно.

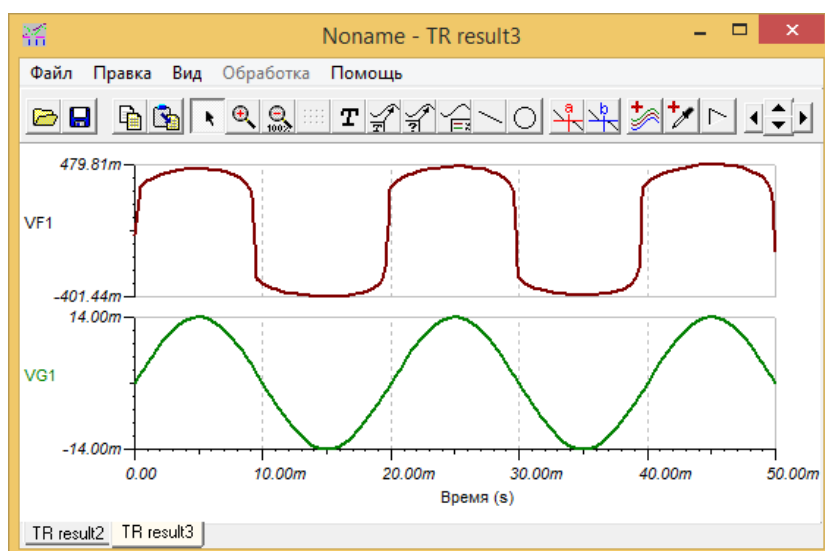


Рис. 14. Моделирование выпрямителя при снижении напряжения на входе в десять раз

Но сигнал на экране осциллографа был почти синусоидальным. Поскольку все остальные элементы схемы были исправны, оставалось заменить ОУ, что и дало положительный результат. Мультиметр стал показывать правильное напряжение переменного тока.

Я затрудняюсь сказать, что произошло с операционным усилителем, что стало причиной сбоя в работе прибора, но хочу ещё раз подчеркнуть, что использование приборов нужно и полезно, но не заменит ни знаний, ни необходимости думать, ни необходимости использовать все доступные вам инструменты.

Заключение

В своей работе мне приходилось сталкиваться с разными способами контроля и диагностики, с разными приборами. Источник питания, мультиметр, генератор и осциллограф, это моё мнение, самые важные приборы в любительской лаборатории. Но ни самые современные, самые дорогие инструменты не заменят вам знаний, опыта и стремления разобраться в сути проблемы. Поэтому могу только повторить крылатую фразу: «Любите книгу – источник знаний!».