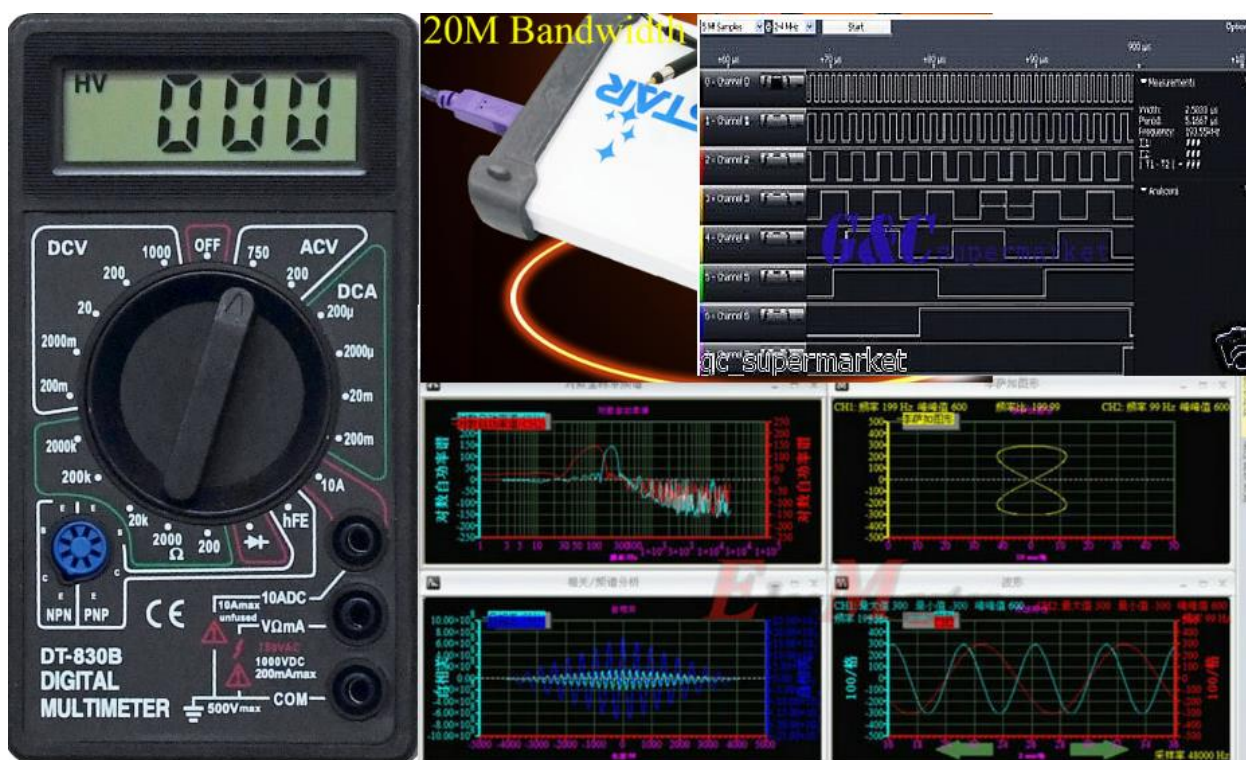


В.Н. Гололобов

## Для начинающих

### История 7. Приборы и измерения



Москва -2016

**Оглавление**

Глава 1. Мультиметр .....	3
Дополнения.....	4
Расширение пределов измерения переменного напряжения .....	4
Измерение ёмкости конденсатора .....	6
Глава 2. Осциллограф.....	8
Глава 3. Микроконтроллер .....	11
Глава 4. Измерения .....	13
Усилитель .....	13
Измерения параметров на постоянном токе.....	13
Измерение усиления по напряжению.....	14
Измерение амплитудно-частотной характеристики .....	14
Измерение нелинейных искажений .....	15
Генератор .....	16
Глава 5. Несколько замечаний по измерениям.....	17

Самый первый рассказ я начал с мультиметра. Даже самый дешёвый мультиметр сегодня представляет собой прекрасный универсальный прибор. С него начнём и этот рассказ.

## Глава 1. Мультиметр

Вот о каком мультиметре пойдёт речь.



Рис. 1.1. Мультиметр

Режимы работы прибора отмечены на панели. DCV – это режим измерений постоянного напряжения. Начинайте с наибольшего напряжения 1000 В, если не уверены, какое постоянное напряжение вы измеряете.

ACV – это режим измерения переменного напряжения. Подразумевается, что точность измерения определена для синусоидального напряжения с частотой, указанной в паспорте прибора.

DCA – режим измерения постоянного тока в диапазоне от 200 мА и меньше. Для измерения тока до 10 А служит отдельное гнездо. Не забывайте переключать щупы перед тем, как перейти на этот диапазон измерения постоянного тока.

При измерении сопротивления прибор показывает «1», если значение сопротивления больше, чем диапазон, показываемый переключателем. Падение напряжения на измеряемом резисторе не более 0.5 В, поэтому для проверки диодов (и переходов транзистора) используется специальный режим, отмеченный на панели графическим изображением диода. В этом случае падение напряжения на диоде определяется его напряжением открывания. Однако некоторые диоды, например, некоторые стабилитроны и светодиоды, требуют большего напряжения, чем может дать мультиметр в режиме проверки диодов. Если светодиод показывает «обрыв», то есть, на дисплее высвечивается «1», не спешите делать выводы, попробуйте добавить сопротивление последовательно с диодом и подключить его к батарее, скажем 9 В.

В режиме hFE измеряется коэффициент усиления по току биполярного транзистора в режиме с общим эмиттером. Транзистор вставляется в гнездо в соответствии с типом (p-n-p или n-p-n) транзистора и его цоколёвкой. Для проверки мощных транзисторов потребуется какая-то переходная колодка.

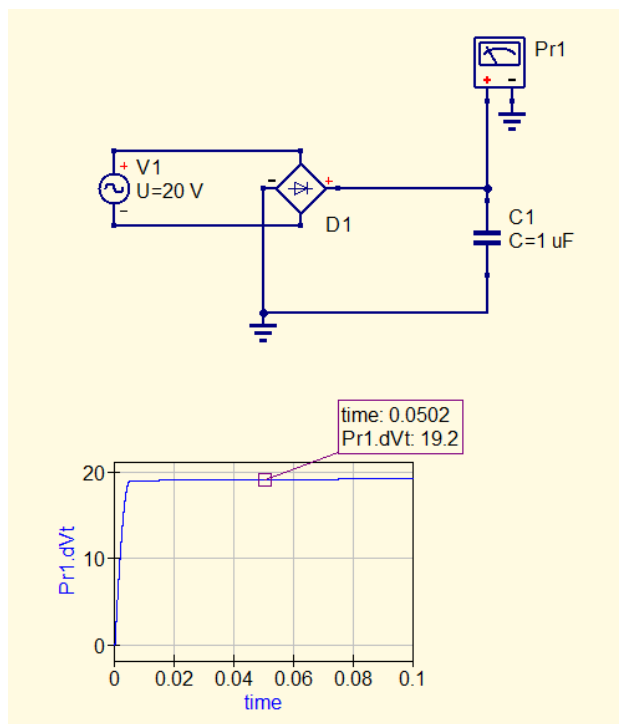
Точности прибора, за редким исключением, вам хватит. Так что вы можете вполне доверять измерениям исправного мультиметра.

При любых измерениях мультиметром обязательно соблюдайте правила техники безопасности. Лучше всего, если до тех пор, пока вы не наберётесь опыта, вы будете использовать напряжения не более 12 В. Как правило, электроника, особенно современная, не работает с большими напряжениями, но это следует знать наверняка, если вы пытаетесь что-то ремонтировать. Так современные блоки питания могут начинаться выпрямителем сетевого напряжения, амплитуда которого более 300 В.

## Дополнения

### Расширение пределов измерения переменного напряжения

Вас может огорчать тот факт, что есть мультиметры, которые измеряют переменное напряжение в более широком диапазоне. Это можно исправить простыми дополнительными устройствами. Не так уж часто вам придётся их использовать. Начнём с добавления диапазона 20 В.



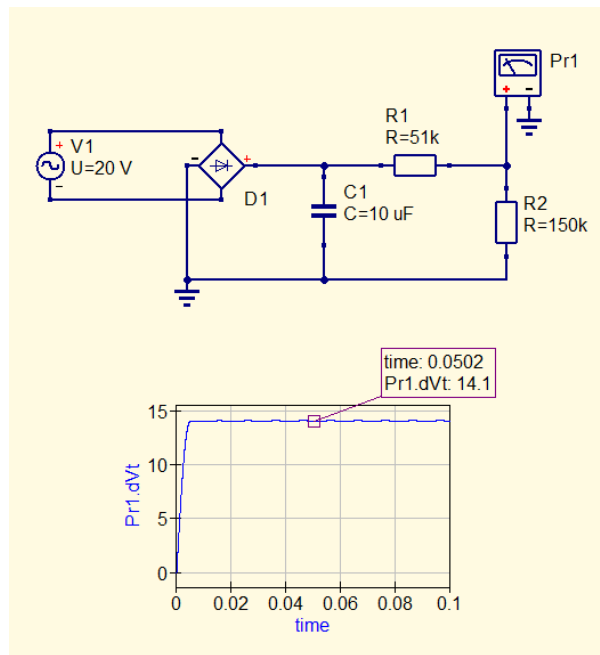
Диодный мост выпрямляет переменное синусоидальное напряжение почти до амплитудного значения, почти из-за падения напряжения на диодах.

Между амплитудой переменного напряжения (синусоидального) и действующим значением, которое измеряет мультиметр, есть связь. Коэффициент преобразования равен 1.41.

Достаточно добавить делитель напряжения после моста с коэффициентом деления 1.41, чтобы можно было измерять напряжение постоянного тока, которое будет соответствовать действующему значению переменного тока.

Рис. 1.2. Выпрямитель для диапазона 20 В переменного напряжения

Проверим это, добавив делитель (попутно увеличим значение ёмкости).



Значение резисторов делителя можно рассчитать, а можно подобрать в программе моделирования.

Рис. 1.3. Добавление делителя напряжения

Решив проблему добавления предела 20 В для измерения переменного напряжения, можно на этом остановиться. Решение достаточно простое, и реализовать его не составит труда.

Но, увы, это решение не подойдёт, если вы хотите продолжить расширять диапазон. Вы можете проверить это, уменьшив амплитуду переменного напряжения в программе моделирования до значения 2 В.

Можно решить и эту проблему «в лоб», если добавить операционный усилитель с коэффициентом усиления 10. Вот вид этого решения.

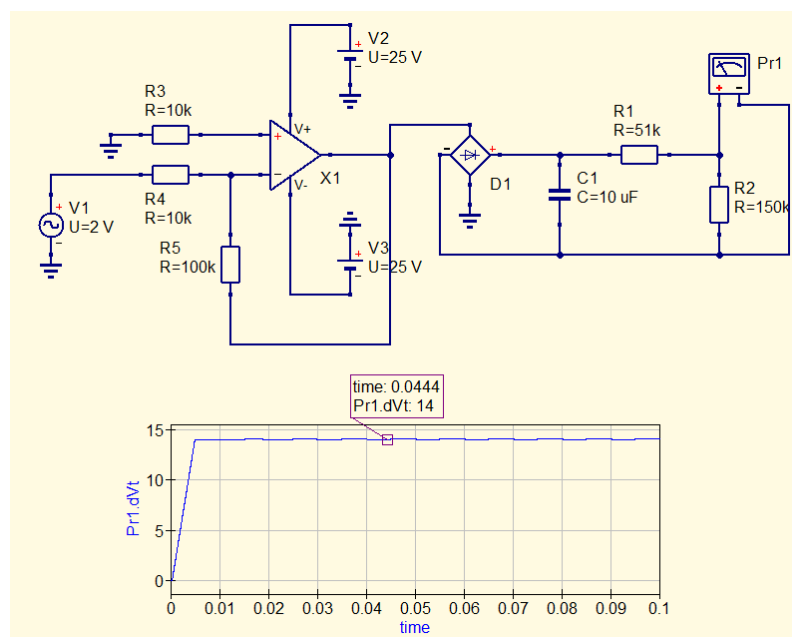


Рис. 1.4. Добавление усилителя

У такого «лобового» решения есть преимущество – усилитель можно использовать и для других целей, если вам потребуется усиление (как часто это будет?). И есть существенный недостаток – необходимость двухполярного питающего напряжения. Питающее напряжение, если использовать операционный усилитель, потребуется в любом случае, но можно, например, воспользоваться схемой усилителя-выпрямителя, применяемой во многих мультиметрах.

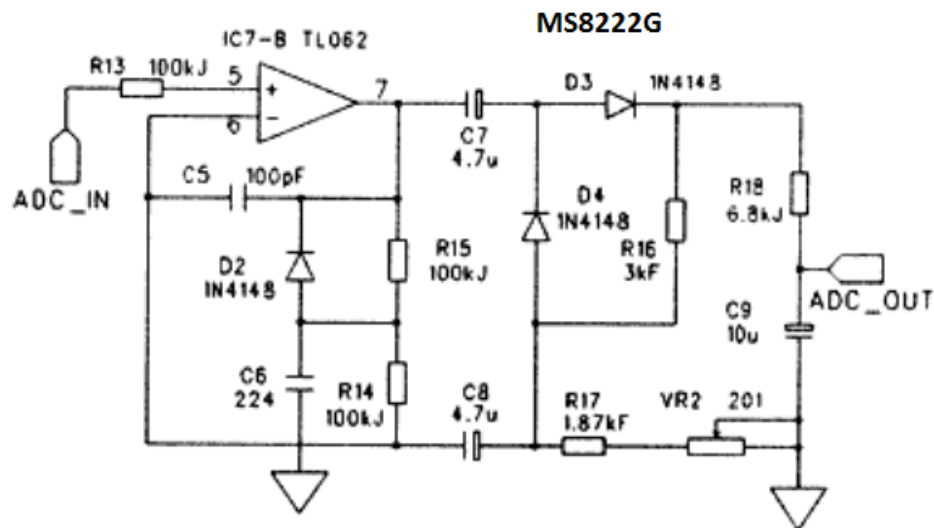


Рис. 1.5. Схема выпрямителя мультиметра MS8222G

Не самая сложная схема, но следует вначале подумать, как часто вам понадобится эта схема, расширяющая пределы измерения переменного напряжения.

### Измерение ёмкости конденсатора

Признаться, я не задумывался над тем, как работают мультиметры, имеющие функцию измерения ёмкости. Не приходилось.

Сейчас, рассуждая о расширении функций простейшего мультиметра, я перебираю те способы измерения ёмкости, которые мне известны, и нахожу, что схема, используемая в мультиметрах, похоже, самая удачная. Вот схема:

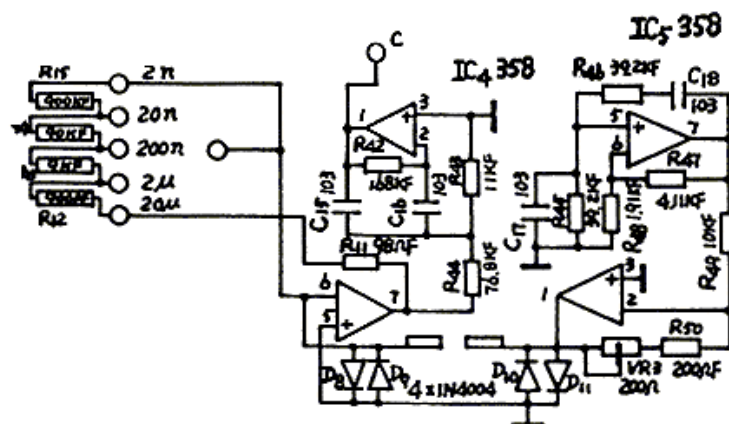


Рис. 1.6. Схема измерения ёмкости, применяемая в разных мультиметрах

Попробуем разобраться в схеме. Начинается схема с генератора с мостом Вина. Ранее мы говорили о том, как читать схемы. Но в данном случае я не «прочитал», а узнал схему, с которой был знаком ранее.

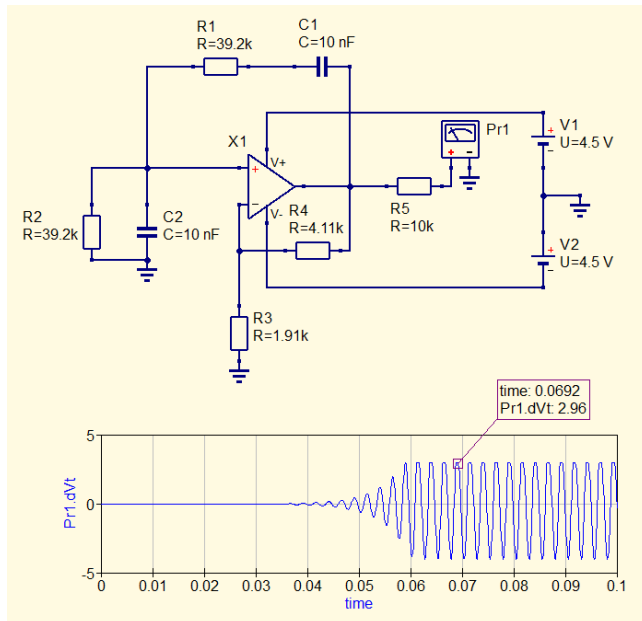


Рис. 1.7. Схема генератора на операционном усилителе

Цепь положительной обратной связи с элементами R1C1 и R2C2 приводит к самовозбуждению усилителя на частоте, определяемой значениями резисторов и конденсаторов. Цепь отрицательной обратной связи стабилизирует амплитуду сигнала на выходе. В итоге мы получаем в данном случае синусоидальный сигнал с амплитудой порядка 3 В и частотой 400 Гц.

Сигнал от генератора поступает на следующий операционный усилитель, к выходу которого подключается измеряемый конденсатор. Второй конец конденсатора соединён с входом ещё одного ОУ. Нарисуем эту часть схемы, заменив рассмотренный ранее генератор на операционном усилителе источником переменного напряжения.

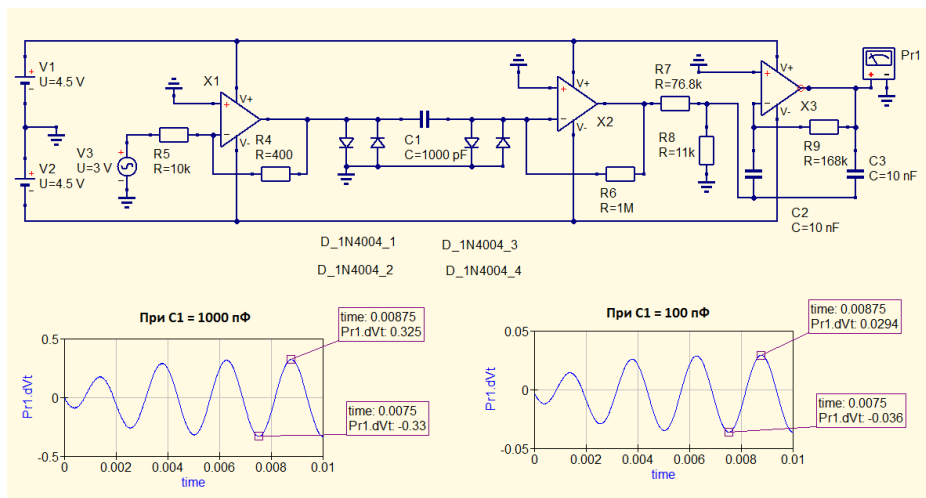


Рис. 1.8. Продолжение моделирования схемы измерения ёмкости



Измеряемый конденсатор C1, резистор R4 подстроечный, а сопротивление резистора R6 меняется при переключении диапазонов измерения ёмкости. Последний каскад на операционном усилителе – это фильтр, настроенный на частоту 400 Гц.

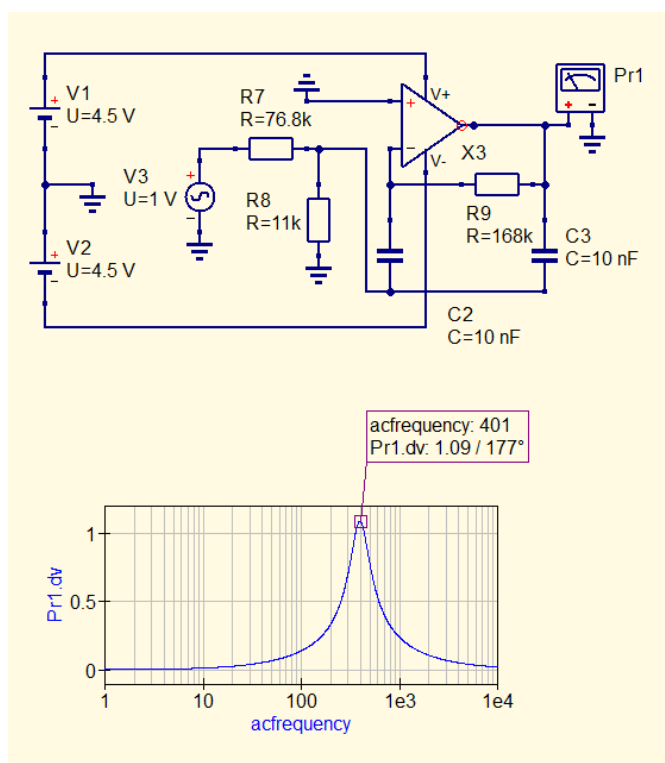


Рис. 1.9. Амплитудно-частотная характеристика фильтра

При изменении ёмкости конденсатора в десять раз амплитуда меняется пропорционально. Схема тоже не самая сложная для повторения, но вновь возникает вопрос – как часто вы будете измерять ёмкость конденсаторов? Как правило, ёмкость конденсатора наносится на корпус, а покупая конденсатор в магазине, вы точно знаете, что вам нужно. Добавьте и тот факт, что купить прецизионные резисторы и конденсаторы, указанные на схеме (R1-R4, C1-C2 рис. 1.7 и т.д.), будет не так просто.

## Глава 2. Осциллограф

Осциллограф очень важный прибор при создании, ремонте и настройке электронных устройств. Для самых начинающих будет достаточно осциллографа на основе модуля Arduino. Но, если вы намерены продолжать работу с электроникой, вам следует задуматься о покупке этого прибора. Здесь всё зависит от ваших финансовых возможностей. Я не думаю, что самый дорогой осциллограф способен удовлетворить любые ваши запросы, потому советую поискать прибор разумной стоимости. Например, сегодня можно купить на Алиэкспресс достаточно хорошую приставку к компьютеру за 4-7 тысяч рублей.





Рис. 2.1. Осциллограф-приставка к компьютеру

В линейке этих моделей есть возможность выбора и по цене, и по функциональным свойствам, в частности, можно приобрести модель со встроенным функциональным генератором. Я в последнее время пользуюсь подобной, но более скромной моделью, что вполне перекрывает все мои потребности.

Вот, например, как выглядит сигнал на входе измеряемого конденсатора при его ёмкости 330 нФ в схеме измерения ёмкости, показанной выше.

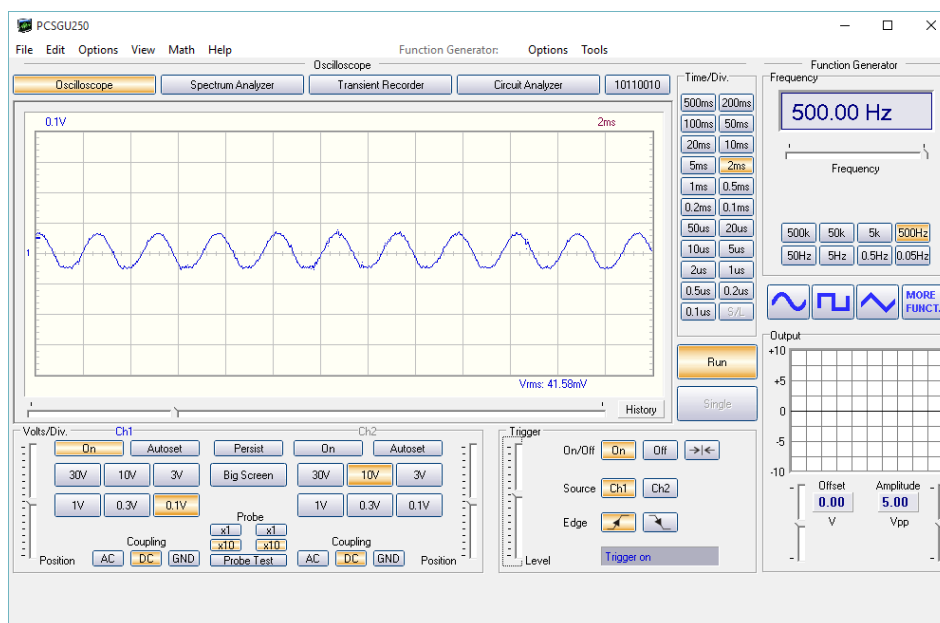


Рис. 2.2. Вид сигнала на входе измеряемого конденсатора

Но ещё большую важность приобретает ряд функций такого осциллографа, когда вы работаете с микроконтроллером, когда возникают сомнения или что-то не получается. Вот сигналы на шине 1-wire обмена информацией между контроллером и датчиком DS18B20.

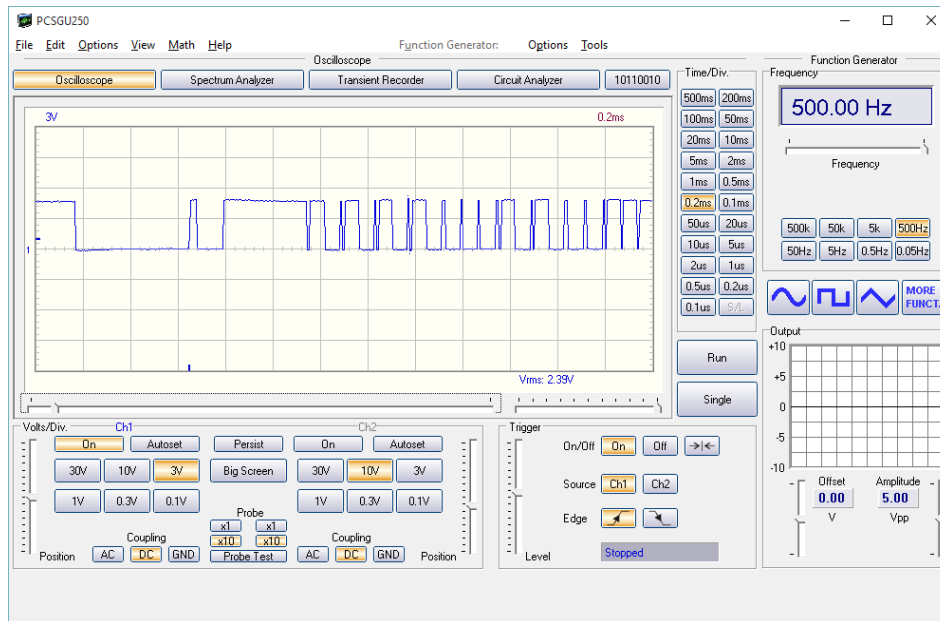


Рис. 2.3. Сигналы при считывании температуры

Перемещая мышкой изображение, можно разобрать все байты информации, чтобы сравнить их с описанием работы датчика температуры. Я сомневаюсь, что смог бы проделать это всё, используя обычный осциллограф. Он, конечно, позволяет синхронизироваться каким-то импульсом, чтобы увидеть сигнал, возникающий одновременно с этим импульсом, но не в данном случае.

Не менее важным при разных видах настройки и разработки электронных устройств является генератор. Но я начал рассказ с осциллографа по той причине, что ряд моделей приставок имеют и встроенный функциональный генератор. Как и с осциллографом, не думаю, что он удовлетворит все ваши запросы, но уверен, что со случаями, когда вам не хватает диапазона частот вашего генератора, вы столкнётесь крайне редко.

Если вы приобрели модель осциллографа без встроенного генератора, пусть вас это не огорчает. Генератор можно собрать самостоятельно. Особенно это относится к генератору прямоугольных импульсов, который можно собрать, например, на микросхеме таймера 555.

Если вас не в полной мере устраивает работа с прямоугольными импульсами, вы можете из прямоугольных импульсов с помощью фильтра выделить синусоидальный сигнал. Покажем на примере моделирования этого процесса, используя фильтр, показанный на рисунке 1.9, как это работает.

Собрав несколько таких фильтров для нескольких частот, вы можете получить достаточное количество сигналов, например, для работы с усилителем низких частот.

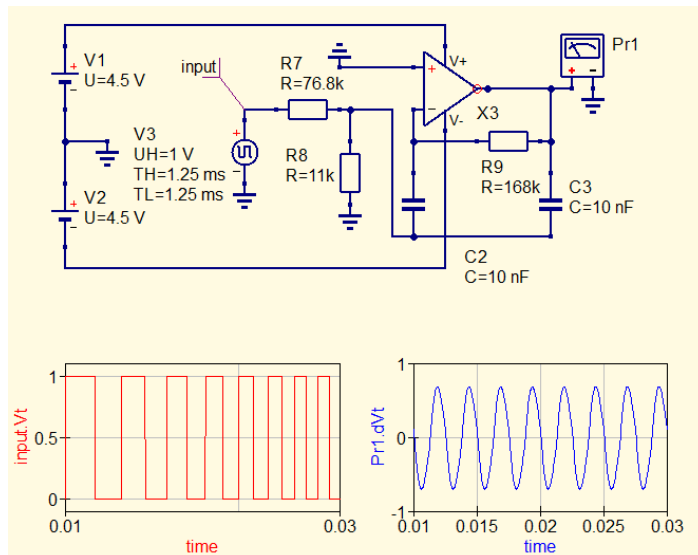


Рис. 2.4. Выделение синусоидального сигнала из сигнала прямоугольных импульсов

### Глава 3. Микроконтроллер

Начинающие любители, порой, начиная изучение микроконтроллера, стремятся купить микросхему «на вырост», чтобы хватило надолго. Сейчас модными микроконтроллерами стали ARM-контроллеры. Однако следует помнить, что с ростом мощности контроллера растёт объём информации, которую следует осознать, понять и помнить, чтобы работать с подобным микроконтроллером.

Мультиметр и осциллограф – это приборы общего назначения. Без них вы не обойдётесь при работе с любым электронным устройством. Но есть приборы специализированные. Так измеритель нелинейных искажений нужен при работе с высококачественными усилителями звуковой частоты. При работе с цифровыми устройствами может быть полезен логический анализатор. На Алиэкспресс сегодня можно найти такой прибор за 500-800 рублей.



Рис. 3.1. USB логический анализатор

Используя четыре из восьми каналов анализатора, удобно наблюдать за общением, например, микроконтроллера по интерфейсу SPI.

Но микроконтроллер и сам, как можно было убедиться на примере с модулем Arduino, является прибором (основой прибора).

Когда-то, приступая к сочинению рассказа для радиолюбителей, я остановил свой выбор на микроконтроллере PIC16F628A. Доступный по цене, имеющий ряд встроенных модулей, этот контроллер удобен для начала работы ещё и тем, что есть подробная справка, переведённая на русский язык. Аналогично, если вы предпочитаете микроконтроллеры фирмы Atmel, лучше начать работу с модулем Arduino, который вдобавок не требует отдельного программатора.

Программатор – это специализированный прибор для работы с микроконтроллерами. Без программирования микроконтроллер работать не будет. Для AVR микроконтроллеров на Алиэкспресс можно приобрести недорогой внутрисхемный USB программатор. От вас потребуется собрать дополнение с панелькой для микросхемы и выводами для подключения программатора.

Более опытные радиолюбители могут собрать программатора сами, но есть некоторые проблемы. Ряд программаторов имеют в основе микроконтроллер, который нужно запрограммировать с помощью программатора. Есть, правда, простое решение в виде нескольких резисторов и разъёма Centronics. Но и в этом случае есть проблема – ваш компьютер должен иметь параллельный порт для подключения принтера (LPT), а современные ноутбуки этого порта не имеют.

Для работы с PIC-контроллерами я часто привожу схему простого программатора JDM. Но и он требует подключения к COM-порту, которого тоже нет у ноутбука. Мне было интересно, но я не пробовал, будет ли работать такой программатор с переходником USB-COM. Когда такая возможность появилась, то я не смог заставить программатор работать. Увы. И есть ещё одна особенность – если вы настраиваете микроконтроллер на работу с внешним кварцем, вам следует позаботиться о том, чтобы при работе с программатором JDM обеспечить тактирование микросхемы в дальнейшем, иначе вы не сможете запрограммировать микроконтроллер. Так что, и в этом случае лучше зайти на Алиэкспресс и заказать недорогой программатор.



Рис. 3.2. Недорогой программатор для PIC-контроллеров

Программатор, пожалуй, единственный необходимый прибор для работы с микроконтроллером. И, как ни странно, хорошим прибором оказывается хорошая отладочная программа. В этом особенность микроконтроллера.

Я знаю несколько хороших программ, но они достаточно дорогие. Это, например, Flowcode и Proteus. Обе программы позволяют отлаживать программу для микроконтроллера при использовании внешних компонентов. Есть ещё программа KTechlab для Linux, но она работает на старых версиях ОС, поддерживает только пару PIC-контроллеров, хотя для начинающих вполне подойдёт. Это относится к отладке программы при наличии внешних компонентов. Если же вы используете сложную программу, работающую внутри контроллера, но мало использующую внешние компоненты, то любая среда разработки предоставляет вам хорошие отладочные средства для проверки программы.

Из выше сказанного я готов сделать вывод, что для начинающих самым удобным способом изучения программирования микроконтроллера станет покупка недорогого модуля Arduino. Не обязательного самого «навороченного», но достаточно дешёвого. Когда вы «подрастёте», вы можете использовать его в каком-нибудь полезном устройстве, например, как программатор для программирования других AVR микроконтроллеров.

## Глава 4. Измерения

### Усилитель

#### Измерения параметров на постоянном токе

Если вы собираете электронное устройство, взяли вы готовую схему или придумали свою, начинать отладку следует с проверки питающего напряжения и потребляемого тока. Но до подключения питающего напряжения следует тщательно проверить монтаж, не лишним будет проверить сопротивление всей схемы в точках подключения питания. И начинать измерение лучше с проверки потребляемого тока, включив мультиметр на измерение максимального тока. Слишком большой потребляемый ток может свидетельствовать о неправильной работе схемы. Но слишком большой ток – это только слова. Используя готовую схему, вы должны знать ток, потребляемый устройством. Если этого нет в описании работы схемы, то вам следует «прикинуть» этот параметр. Если вы, следуя моим уговорам, начинаете с моделирования работы схемы в какой-нибудь программе, то не поленитесь проверить ток потребления, чтобы сравнить его с реальным.

Для усилителей на транзисторах следует проверить рабочие точки каждого из транзисторов. Они не должны очень отличаться от тех, что указаны для схемы (в предположении, что вы собираете готовую схему, для которой эти напряжения указаны). При симметричном сигнале на выходе каскада усиления в несколько сотен милливольт или в несколько вольт на коллекторе транзистора, как правило, должна быть половина напряжения питания. Для слабых сигналов, например, в несколько милливольт выбор рабочей точки может быть иным. Но проверка напряжений на вводах транзисторов позволит вам определить, правильно ли собрана схема. При этом при напряжении питания 9 В половина напряжения питания не обязательно равна 4.5 В. Если вы получили значение в 4 В, то это ещё не означает, что схема не будет работать правильно. И,

повторюсь, речь идёт об усилении симметричных сигналов, таких как синусоидальное напряжение.

При работе с усилителем вам может понадобиться измерение коэффициента усиления, полосы пропускания и величины нелинейных искажений.

### **Измерение усиления по напряжению**

Для этого измерения вам понадобится генератор синусоидального напряжения и вольтметр переменного напряжения. Если ваш мультиметр имеет только два диапазона измерения переменного напряжения, то вам может понадобиться измерительный усилитель, например, на операционном усилителе с усилением в десять раз.

Приступая к измерению, вы, очевидно, предполагаете, каково может быть усиление измеряемого усилителя. Поэтому вы можете выбрать входной сигнал такой величины, чтобы на выходе получить максимальный сигнал. Используя осциллограф, вы можете обойтись без вольтметра. Не думаю, что вам нужно точнейшее значение этого параметра, поэтому достаточно той точности определения амплитуды выходного сигнала, которую обеспечит осциллограф. На входе и выходе при использовании генератора и вольтметра должны быть переходные конденсаторы, от правильного выбора ёмкости которых может зависеть результат измерения. Эти значения следует уточнить перед проведением измерения.

Частота, на которой будет работать генератор, зависит от назначения усилителя, но можно использовать низкочастотный диапазон, если вы предполагаете равномерную частотную характеристику (АЧХ) в полосе пропускания.

Если у вас осциллограф-приставка со встроенным генератором, это очень упростит вашу задачу.

### **Измерение амплитудно-частотной характеристики**

Для начинающих радиолюбителей, у которых нет измерительного оборудования для проведения измерений в области высоких частот, я могу посоветовать довериться программе моделирования. И только тогда, когда есть основания подозревать наличие проблем, следует использовать непосредственные измерения. Воспользуйтесь генератором прямоугольных импульсов, который проще собрать, и осциллографом. Если на выходе усилителя сигнал достаточно большой, можно попробовать выпрямить его с помощью диода и провести измерение на постоянном напряжении. В любом случае, если вы используете генератор прямоугольных импульсов, убедитесь, что сигнал на выходе уменьшается при уменьшении входного сигнала, что позволит избежать ряда ошибок в оценке усиления.

Для низкочастотных усилителей, как правило, вам нужно измерить выходное напряжение на средней частоте полосы пропускания и повторить измерение на граничных частотах (или близких к ним), чтобы убедиться в том, что граничные частоты укладываются в полосу пропускания.

Если вы проверяете усилитель мощности, не следует переоценивать значение такого параметра как верхняя граничная частота. Достаточно качественный усилитель может иметь полосу пропускания 30 – 15000 Гц. Создание более качественных усилителей мощности может оправдываться только стремлением к изучению подобных усилителей, поскольку для практического применения всех достоинств такого усилителя вам потребуются не только знания, не только приборы, но и очень качественные источники звука, громкоговорители, а хуже всего то,



что вам понадобится и помещение для воспроизведения, скажем, музыки. И учтите, что отличить очень хорошее качество воспроизведения от просто хорошего качества могут далеко не все.

Сложнее обстоит дело со специализированными усилителями, например, с активными фильтрами или корректирующими усилителями. Здесь помощь приставки к компьютеру (USB- осциллограф с генератором) неоценима.

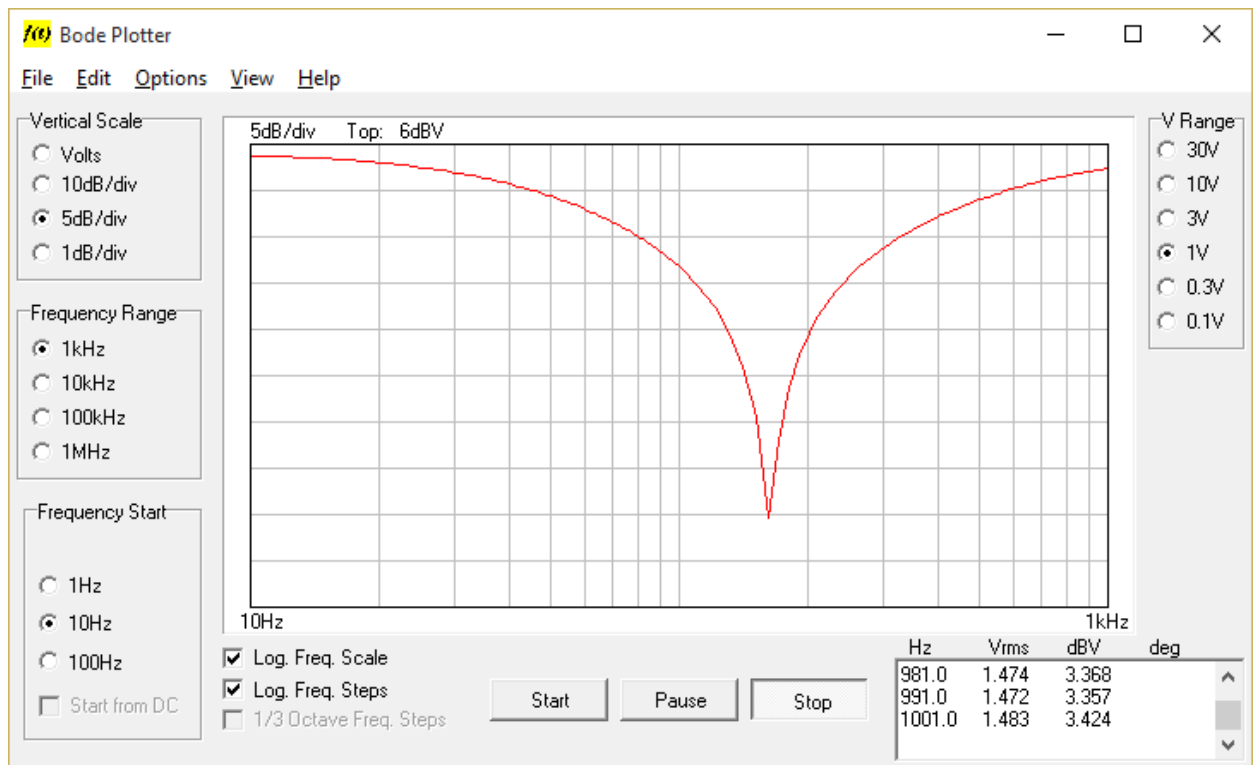


Рис. 4.3. АЧХ двойного Т-образного фильтра

Чем точнее будут подобраны компоненты фильтра, тем ярче будет выражено подавление частоты настройки, а, значит, подобный фильтр можно будет использовать для оценки нелинейных искажений. Правда, если у вас мультиметр с минимальным напряжением измерения 200 В переменного тока, то понадобится усилитель для повышения чувствительности мультиметра.

### Измерение нелинейных искажений

Чаще всего в усилителях источником нелинейных искажений оказывается оконечный каскад. Получить представление о вносимых им искажениях можно с помощью режима спектрального анализа осциллографа-приставки.

Другим методом можно воспользоваться при наличии милливольтметра, генератора с малыми нелинейными искажениями и хорошего заграждающего фильтра, настроенного на основную частоту измерения. В этом наборе наибольшую сложность представляет генератор синусоидального напряжения с малыми искажениями. Например, если качественный усилитель звука должен иметь коэффициент нелинейных искажений порядка 0.1%, желательно иметь генератор, искажения которого на порядок ниже.

Измеряя переменное напряжение на выходе усилителя после режекторного фильтра, вы получите представление о нелинейных искажениях, вносимых усилителем. При сигнале в несколько вольт



на выходе усилителя вы можете оценить величину переменного напряжения после подавления основной частоты.

Есть ещё один метод измерения нелинейных искажений, который не требует генератора со сверхмалыми нелинейными искажениями. Если вы вычтете (обратив фазу исходного сигнала) из выходного сигнала входной той же амплитуды, то остаток даст вам представление о том, что вносит в сигнал усилитель.

Осциллограф со встроенным генератором имеет режим анализа спектра.

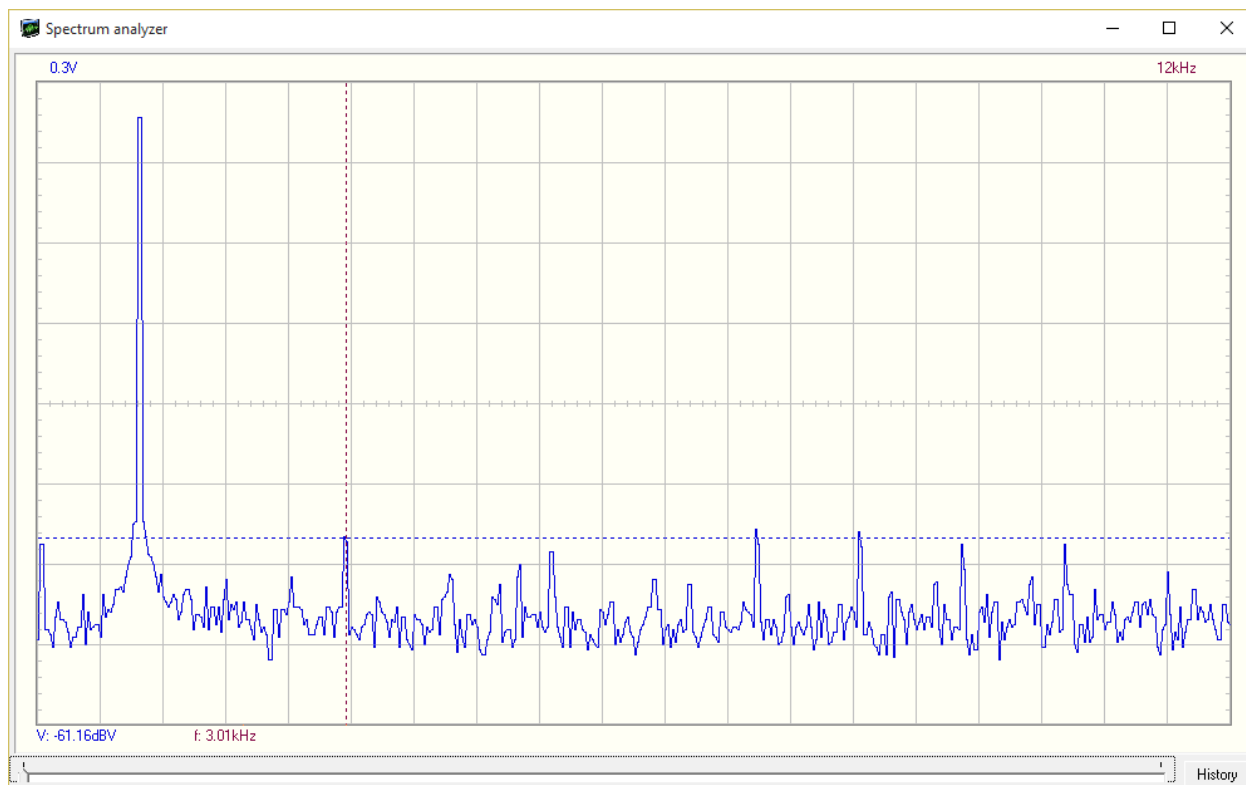


Рис. 4.4. Анализ спектра синусоидального сигнала 1 кГц

Искажения сигнала усилителем не ограничиваются только нелинейными искажениями устоявшегося режима работы. Есть ряд других искажений, которые труднее выявлять и измерять. Но их влияние на качество воспроизведения не менее значимо, чем то, что можно легко измерить. Например, шумы усилителя. Вдобавок максимальные искажения могут вносить громкоговорители, а бороться с этими искажениями труднее, чем с искажениями в усилителе. Поэтому начинающим любителям браться за решение задачи очень качественного воспроизведения звука следует только тогда, когда это единственная цель, которая заставила его стать радиолюбителем. Предстоит много работы по изучению вопроса качественного воспроизведения звука.

## Генератор

Генераторы применяют при наладке электронных устройств, при ремонте электронного оборудования, при изучении электроники. Как и с осциллографом, сегодня перекрыть все нужды в сигналах покупкой одного генератора едва ли получится. Если вы обзавелись осциллографом-приставкой со встроенным функциональным генератором, вам надолго хватит его возможностей.

Если же вы остановили свой выбор на осциллографе с модулем Arduino, то и этого вам хватит для начального освоения, поскольку в рамках звуковых частот вы сможете узнать многое из того, что вам необходимо знать о работе с сигналами.

Когда-то приобретение генератора низкой частоты и генератора стандартных сигналов перекрывало все нужды радиолюбителя. Но эти времена давно прошли. Сегодня частотный диапазон переменных напряжений, используемых на практике, простирается от долей герц до десятков гигагерц. В этом смысле практическая работа с сигналами звукового диапазона и работа с программой моделирования гораздо удобнее погони за универсальным решением в части покупок.

Самый простой генератор, который может собрать даже самый начинающий радиолюбитель, это генератор прямоугольных импульсов. Он позволит вам определить параметры усилителей, проверить работу аналоговых устройств. До частоты в 100 кГц можно собрать генератор на базе таймера 555. Если нужен генератор более высоких частот, можно использовать цифровые микросхемы.

При проверке работы цифровых устройств генератор прямоугольных импульсов можно использовать в качестве тактового генератора. При этом в ряде случаев оказывается удобнее выбирать эту тактовую частоту много ниже оригинальной. Но у цифровых устройств при проверке их работоспособности есть ряд особенностей. Так все микросхемы имеют общее питающее напряжение. При включении питания все микросхемы принимают (правильное или нет) некое состояние. Что не позволяет, например, проверить отдельную микросхему, подав импульсы от обычного генератора прямоугольного напряжения. Есть решение, позволяющее обойти это, но его следует применять с большой осторожностью, чтобы не вывести из строя микросхему, усложнив ситуацию вместо решения проблемы.

При использовании генератора в настройке усилителя есть проблема измерения малых напряжений с помощью мультиметра. Его возможности ограничены частотным диапазоном измеряемых напряжений даже в том случае, когда мультиметр имеет достаточно широкий диапазон измеряемых напряжений. В этом случае можно применить выпрямление переменного напряжения при достаточно большом напряжении сигнала, а при его малом значении применить измерительный усилитель с последующим выпрямлением переменного напряжения.

Для начинающего радиолюбителя самым разумным было бы определиться со сферой его интересов, чтобы подготовить необходимые приборы, собрав, например, генератор, делители напряжения и измерительный усилитель.

## Глава 5. Несколько замечаний по измерениям

При измерениях, выполняемых с помощью приборов, будь то покупные или самодельные, старайтесь беречь их от поломок. Никогда не оставляйте мультиметр включённым, если не измеряете напряжение, ток или сопротивление. Начинайте измерения с самого «грубого предела», например, измерение напряжения с предела 1000 В. Хотя я очень настоятельно рекомендую начинающим любителям не иметь дело с напряжениями большими, чем даёт батарейка. Для работы с большими напряжениями следует изучить, помнить и применять правила техники безопасности. И никогда не путайте измерение тока с измерением напряжения. И ещё –

не забывайте, что мультиметр имеет собственное сопротивление и при измерении напряжения, да, большое, но не бесконечное, и при измерении тока, да, маленькое, но не равное нулю. Возможное влияние прибора на схему всегда следует учитывать.

Очень полезно выработать привычку начинать работу не с измерений, а с проверки правильности монтажа, с определения порядка измерений и тех точек схемы, где вам нужно получить какие-то измеренные величины. Очень полезно, если вы скопировали схему из Интернета на компьютер, распечатать эту схему, указать «контрольные точки», где проставить напряжения и токи, подлежащие проверке, записать вид и параметры сигнала, если вы собираетесь наблюдать сигналы с помощью осциллографа.

Перед включением генератора обязательно проверьте, скажем, мультиметром сопротивление «нагрузки» генератора – те точки, куда будет подключаться выход генератора. И продумайте, не будет ли генератор перегружен, если вы подключаете его через конденсатор, который, конечно, не покажет сопротивления при измерении с помощью мультиметра. Отсутствие короткого замыкания ещё не повод для включения генератора. Если есть сомнения, то не поленитесь включить генератор через резистор или конденсатор небольшой ёмкости, чтобы убедиться, что вы не испортите прибор.

Если вы используете осциллограф, то учитывайте влияние соединительного кабеля, имеющего ёмкость. Это не так важно при звуковых частотах, но на высоких частотах влияние ёмкости щупов осциллографа может привести к искажению сигнала или срыву генерации, если вы «осциллографируете» осциллятор.

Каждый прибор, как правило, имеет технические параметры, которые вам следует знать, чтобы правильно использовать прибор. Прочитайте паспорт прибора, затеяв измерение, ещё раз ознакомьтесь с таблицами параметров – иной раз память подводит, а после того, как неверные измерения заставили вас долго искать причину плохого результата при наладке, вы будете очень разочарованы собственной небрежностью.

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что для начинающего радиолюбителя достаточно иметь в своей лаборатории мультиметр (даже самый дешёвый) и осциллограф. Последний на начальном этапе можно заменить модулем Arduino Uno, который может работать в качестве осциллографа с небольшими возможностями, но достаточными для начального этапа освоения. И модуль Arduino позволит вам начать изучение микроконтроллеров. Используя программы моделирования и макетную плату, сравнивая полученные результаты, вы можете во многих случаях обойтись без дорогостоящего оборудования. А в ряде случаев, может быть, не во всех, вы можете дополнить свои приборы самодельными устройствами, расширяющими возможности покупного оборудования. Сама сборка таких расширений, если она выполнена не бездумно, а осмысленно, поможет вам лучше и больше узнать об электронике. А без знаний, без экспериментов и опыта никакие самые дорогие и современные приборы вам не помогут.