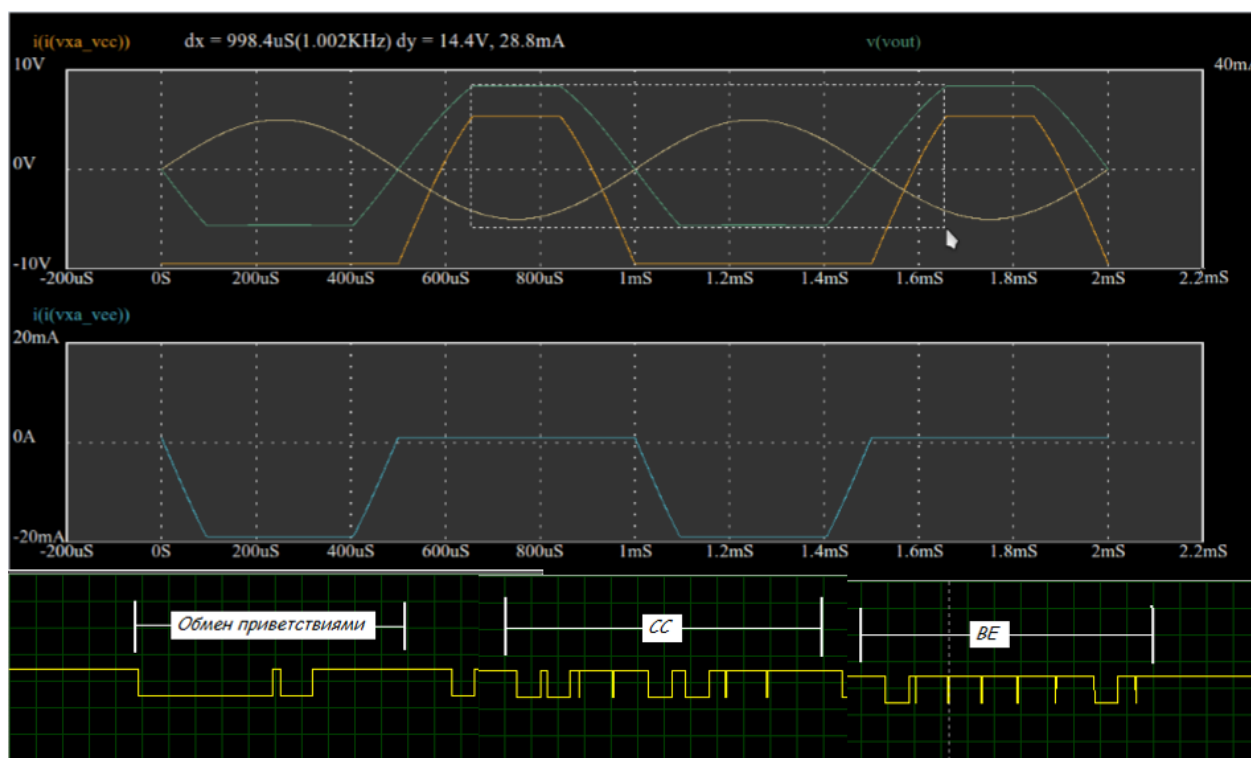


В.Н. Гололобов

Для начинающих

История 5. Сигналы



Москва -2016

Оглавление

Глава 1. Синусоидальный сигнал	3
Глава 2. Преобразование Фурье	6
Глава 3. Что ещё происходит в электронных устройствах?	8
Глава 4. Сигналы в программе моделирования	12
Глава 5. Импульсные сигналы и информация	15
Глава 6. Подводные камни в путешествии сигналов	18
Глава 7. Преобразование сигналов.....	19

Пытаясь представить себе устройство, в котором используется только постоянное напряжение или ток, я вспоминаю только карманный фонарик и шуруповерт, больше ничего не вспоминается. Всё остальное – это царство сигналов, переменного тока и напряжения различной природы и формы.

Глава 1. Синусоидальный сигнал

Синус – это элементарная функция, которую нельзя разложить на более простые функции. Возможно, поэтому в резонансном контуре, «выведенном из состояния покоя», возникают синусоидальные колебания.

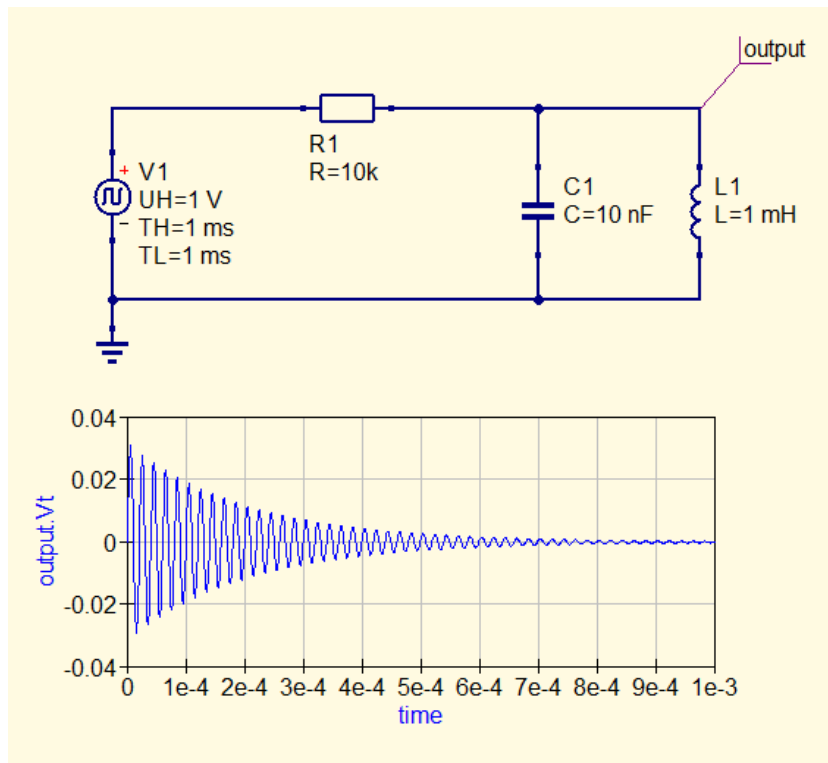


Рис. 1.1. Колебания в резонансном контуре

Резонансный контур – это пара электронных компонентов, соединённых вместе и обладающих реактивным сопротивлением, то есть, ёмкость и индуктивность.

О реакции этих компонентов мы говорили ранее, говорили и о том, что их сопротивление переменному току зависит от частоты. Частота, на которой реактивные сопротивления ёмкости и индуктивности равны, будет частотой резонанса. При параллельном соединении этих компонентов говорят о параллельном резонансном контуре. В этом случае сопротивление этой цепи на частоте резонанса максимально (относительно других частот). Это утверждение мы можем промоделировать так:

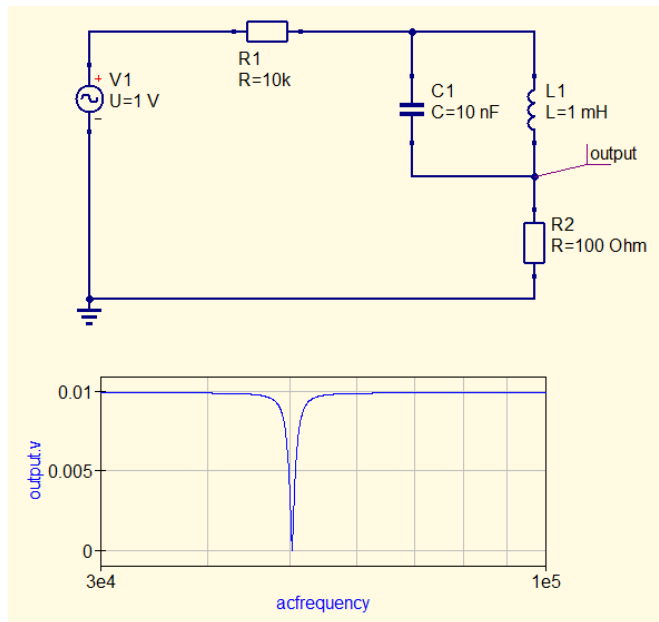


Рис. 1.2. Амплитудно-частотная характеристика параллельного резонансного контура

Резонанс, как было сказано выше, возникает на частоте, где реактивные сопротивления ёмкости и индуктивности равны. Но это означает и равенство по величине токов, протекающих через них. Поэтому параллельный резонанс называют ещё *резонансом токов*.

Мы можем и это промоделировать:

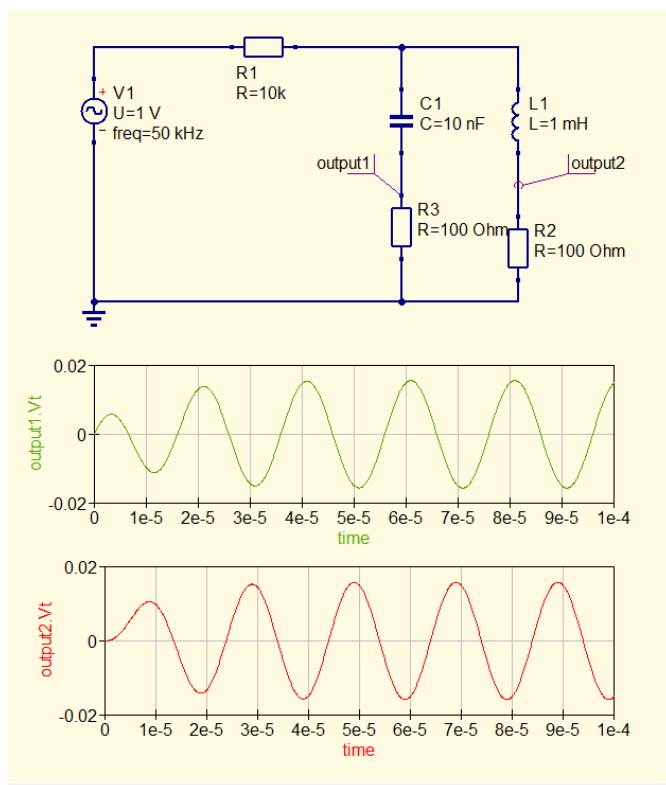


Рис. 1.3. Резонанс токов в параллельном колебательном контуре

Но обратите внимание, токи в ветвях контура равны по величине и противофазны.

Что означает противофазны?

Фаза – это состояние колебания в данный момент. В момент времени $5 \cdot 10^{-5}$ падение напряжения на резисторе R3 минимально, а падение напряжения на резисторе R2 максимально. Это и означает, что изменения токов находятся в противоположных фазах. Сумма таких токов в любой момент времени минимальна, а сопротивление, следовательно, максимально. На других частотах сумма токов будет больше.

Колебательный контур в предыдущем случае образован параллельным соединением ёмкости и индуктивности. Но что будет, если мы соединим их последовательно?

А что мешает нам проверить это?

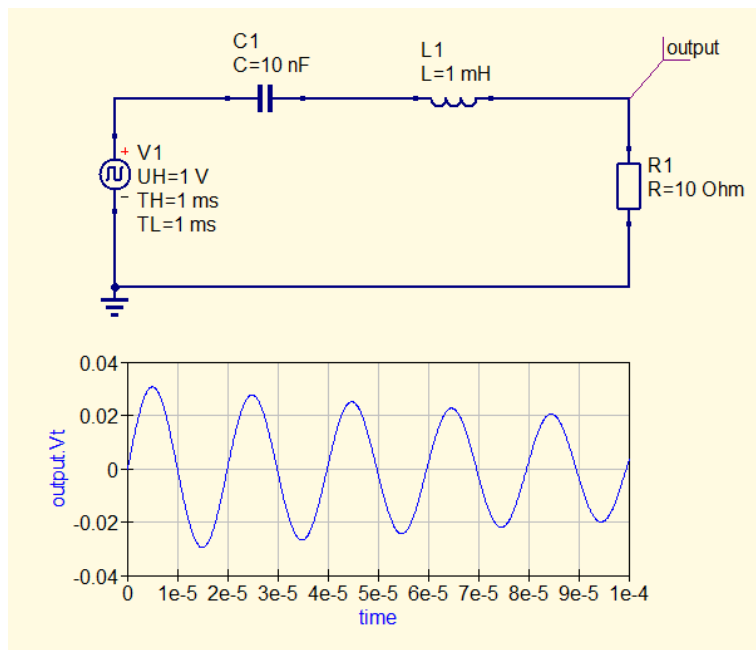


Рис. 1.4. Последовательный колебательный контур

В последовательном колебательном контуре тоже возникают колебания на частоте резонанса, когда реактивное сопротивление конденсатора $X_C = 1/2\pi fC$ и реактивное сопротивление индуктивности $X_L = 2\pi fL$ равны. Если вы приравняете их, то можете получить зависимость частоты резонанса от величины ёмкости и индуктивности.

При равенстве сопротивлений падение напряжения на ёмкости и индуктивности равны, поэтому последовательный резонанс называют ещё и резонансом напряжений.

Вы можете повторить моделирование АЧХ и посмотреть фазовые соотношения падений напряжения в случае последовательного резонанса. И можете убедиться, что сопротивление цепи в этом случае будет минимально. Если у вас есть осциллограф, работающий на частоте 50 кГц, вы можете повторить эти опыты на макетной плате, используя значения ёмкости и индуктивности, показанные выше. Но в том случае, когда вы используете модуль Arduino в качестве осциллографа, вам нужно будет рассчитать новые значения для более низкой частоты резонанса.

И в параллельном колебательном контуре, и в последовательном колебательном контуре синусоидальные колебания, возникающие под действием внешнего фактора, затухающие. На

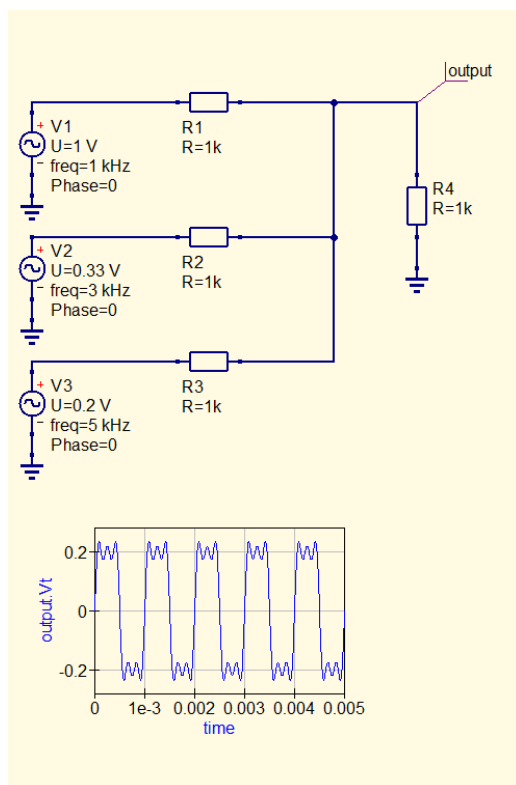
время затухания колебаний сильно влияют сопротивления. Это, например, сопротивление провода, которым наматывается катушка индуктивности. Чем меньше это сопротивление, тем более длительным будет колебательный процесс. В этом случае говорят о том, что *добротность* колебательного контура выше.

Благодаря своим свойствам, синусоидальный сигнал часто используется на практике, в частности, в качестве испытательного сигнала.

Глава 2. Преобразование Фурье

Французский математик и физик Фурье доказал, что периодические функции можно представить в виде бесконечного ряда элементарных ортонормированных функций кратных частот. Поскольку функции синуса и косинуса отвечают условию преобразования, а функция косинуса отличается от синуса фазовым сдвигом, можно понять, почему синусоидальный сигнал заинтересовал нас в первую очередь. Оценка всех составляющих, представленных синусоидальными функциями с разными амплитудами, кратными частотами и соответствующими фазами, называется *гармоническим спектральным анализом*.

Как правило, на форму сигнала оказывает сильное влияние конечное число составляющих. Когда-то я приводил один из опытов, подтверждающих тот факт, что сигнал несинусоидальной формы можно представить суммой синусоидальных сигналов. Недавно, переводя руководство к программе QucsStudio, я наткнулся на похожий пример, который и хочу привести.



Используя три источника синусоидального сигнала, два из которых с частотой кратной основной частоте (в три и пять раз большей, соответственно), мы получили сигнал, форма которого близка к форме прямоугольных импульсов.

Увеличивая число гармоник, мы будем все ближе приближаться к форме импульсов, которые называем прямоугольными.

Рис. 2.1. Сложение трёх синусоидальных сигналов

И прежде чем продолжить рассказ, посмотрим на то, как выглядит спектр прямоугольных импульсов с частотой 1 кГц и амплитудой 1В в диапазоне до 12 кГц.

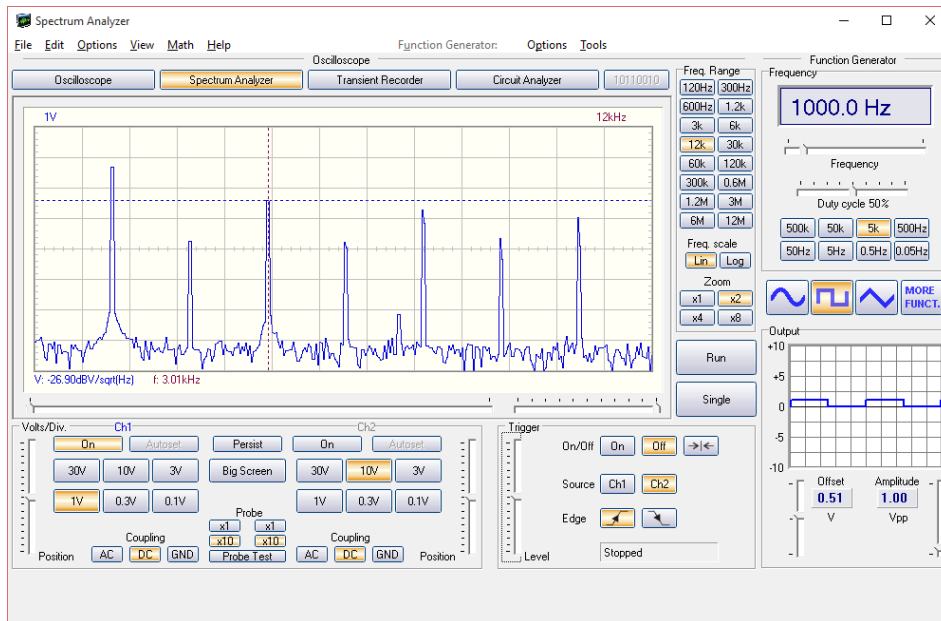


Рис. 2.2. Спектрограмма прямоугольных импульсов

Как можно видеть, даже до 12 кГц составляющих (гармоник) много. Каждый пик на осциллограмме – это амплитуда гармоник. Поэтому, используя только три гармоники, мы получили не столь впечатляющее сходство с прямоугольными импульсами при моделировании.

Для сравнения можно посмотреть спектр испытательного синусоидального сигнала.

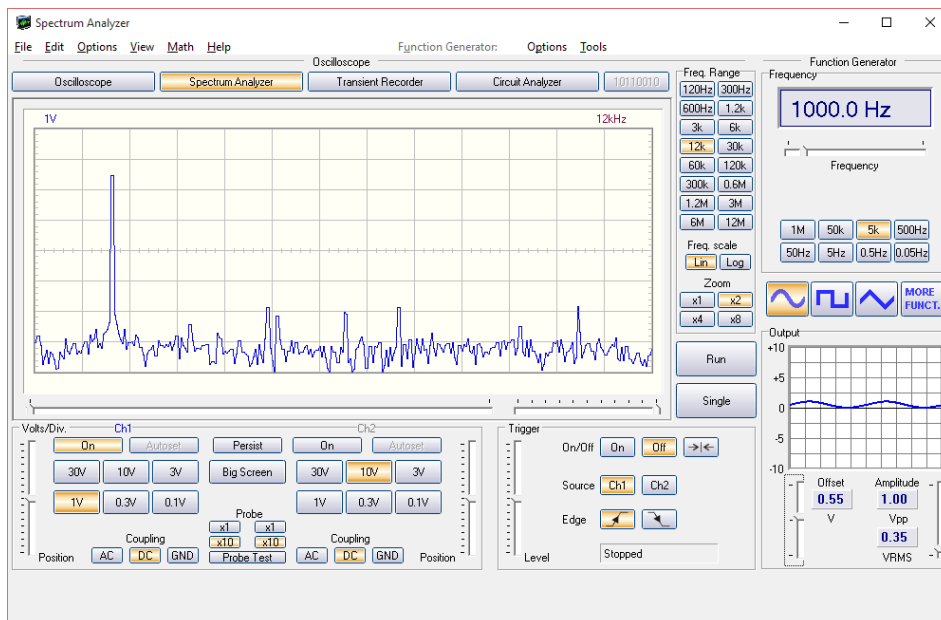


Рис. 2.3. Спектр синусоидального испытательного сигнала

Синусоидальный сигнал, используемый в устройствах, чаще всего проходит ряд нелинейных элементов (чаще всего транзисторов). Это может приводить к искажениям сигнала, что может сказываться в усилителях звуковых частот появлением призвуков, а для радиосигналов означает зашумление радиочастот, мешающее приёму радиопередач. Поэтому устройства, использующие синусоидальные сигналы, проверяют на появление нелинейных искажений.

Зная, насколько искажён синусоидальный испытательный сигнал, а он, конечно, не идеален, можно оценить искажения, вносимые проверяемым устройством. На практике это можно сделать с помощью заграждающего фильтра, который подавит частоту основного сигнала, а измеренное напряжение будет своим существованием обязано гармоникам, появившимся в результате нелинейных искажений.

Глава 3. Что ещё происходит в электронных устройствах?

В электронных устройствах происходит много интересного. Но нас интересует пока не всё, а только то небольшое, что мы можем рассмотреть, используя наш опыт.

С точки зрения пользователя нас интересуют не сигналы, а та информация, которую эти сигналы несут. В одних случаях информация содержится в изменениях сигналов, в других случаях само наличие сигнала – это интересующая нас информация. Так изменение тока в громкоговорителе, вызывающее изменение звукового давления, это то, что мы ждём от музыкального центра. А «верещание» пожарного датчика предупреждает нас о проблемах с огнём или дымом.

С момента обнаружения электромагнитных волн их приспособили для передачи информации на большие расстояния. Но электромагнитные волны, несущие информацию, порождаются переменными электрическими токами. Устройства, генерирующие эти информационные электромагнитные волны, называются радиопередатчиками. Вначале они использовали наличие или отсутствие сигнала для передачи информации. Вспомните азбуку Морзе.

Позже появилась возможность «нагрузить» радиочастоту более сложными сигналами, несущими информацию. Например, амплитудная модуляция может переносить звуковые сигналы, обеспечивая нас музыкой или новостями в любом месте на планете.

Эффективная генерация и распространение электромагнитных волн требуют достаточно большой частоты, которую называют *несущей частотой*. Это она переносит сигнал информации. В моделировании этого процесса ниже мы используем удобную для наблюдения несущую частоту, а в качестве информационного сигнала используем синусоидальный сигнал.

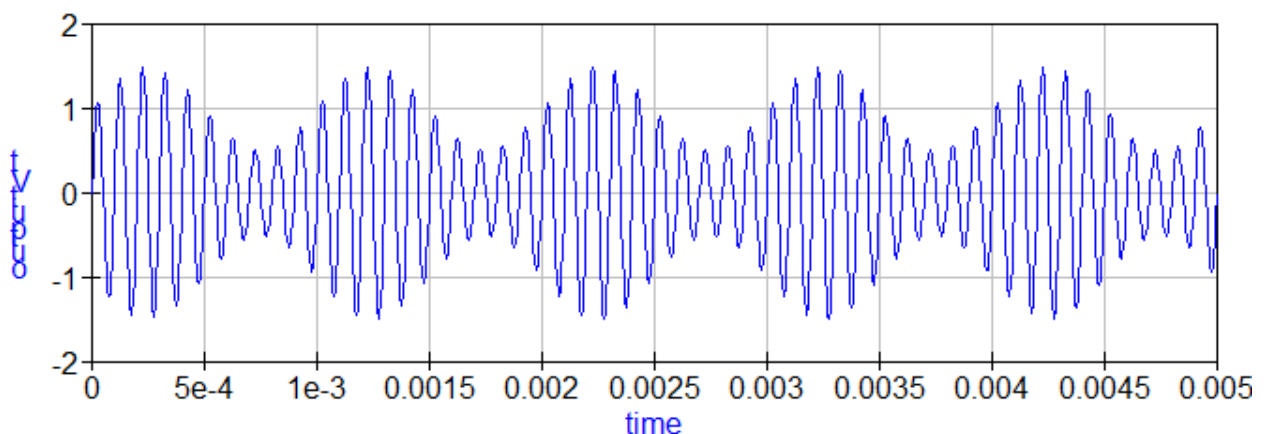


Рис. 3.1. Амплитудная модуляция

При амплитудной модуляции несущая частота, а она значительно выше, чем частота информационного сигнала, как бы «прошупывает» информационный сигнал, меняя свою

амплитуду, когда встречается информационный сигнал. В итоге амплитуда несущей частоты меняется так, что *огибающая* этой меняющейся амплитуды соответствует переносимому сигналу.

На рисунке можно разглядеть «огибающий» синусоидальный сигнал, частота которого ниже частоты несущей.

Процесс формирования амплитудной модуляции, согласитесь, похож на то, как работает аналого-цифровое преобразование, о котором мы когда-то говорили.

Хорошо, мы переносим информационный сигнал на большое расстояние. Но амплитудная модуляция – это только метод передачи информации, а нас интересует сама информация. Что дальше происходит с сигналом в радиоприёмнике?

Вначале мы детектируем сигнал (выпрямляем с помощью диода), получая такой сигнал:

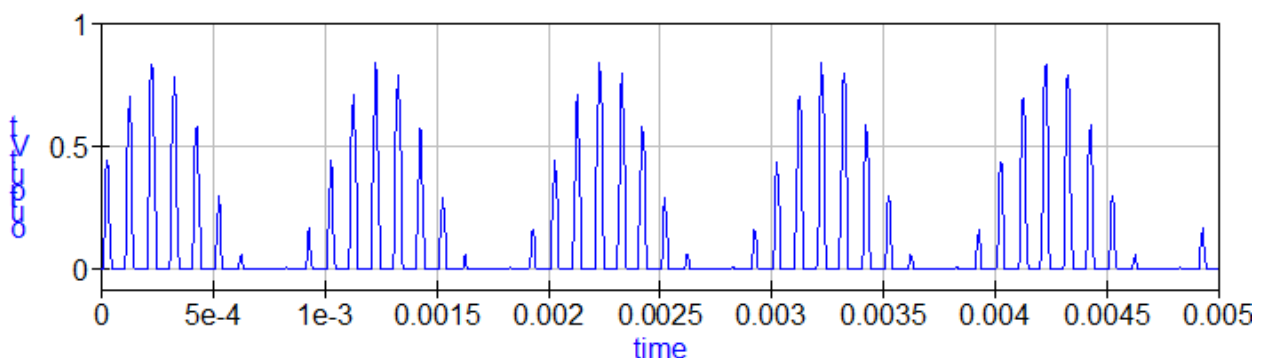


Рис. 3.2. Выпрямленный в приёмнике АМ сигнал

Затем мы постараемся удалить сигнал несущей частоты, который нам более не нужен, он принёс нам информацию, его задача выполнена.

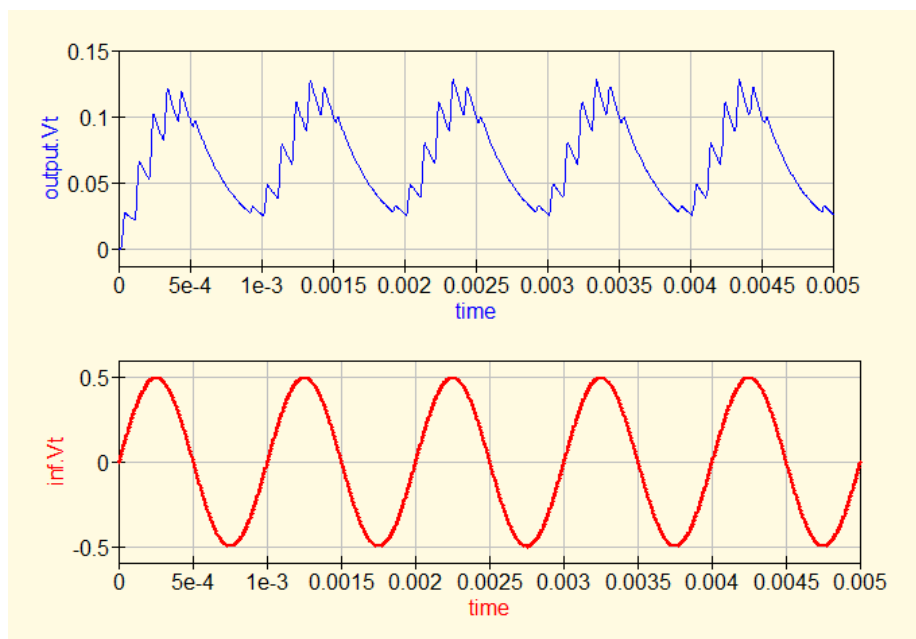


Рис. 3.3. Отфильтрованный информационный сигнал

Отфильтровали мы, положим, не лучшим образом (на нижней диаграмме показан исходный сигнал), но узнать информацию уже, согласитесь, можно. И, согласитесь, использовать в качестве информационного синусоидальный сигнал было не такой плохой идеей.

Почти все сигналы в электрических цепях подвергаются преобразованиям. Самое частое преобразование – это масштабное преобразование, то есть, усиление, когда меняется только величина сигнала, но не частота или форма сигнала. Из-за нелинейной природы активных компонентов в усилителях появляются искажения. Гармоники влияют на форму синусоидального сигнала. Однако во многих устройствах используются импульсные сигналы. И форма этих сигналов тоже важна для правильной работы устройства.

Искажения формы импульсного сигнала могут возникать, что называется, «на ровном месте».

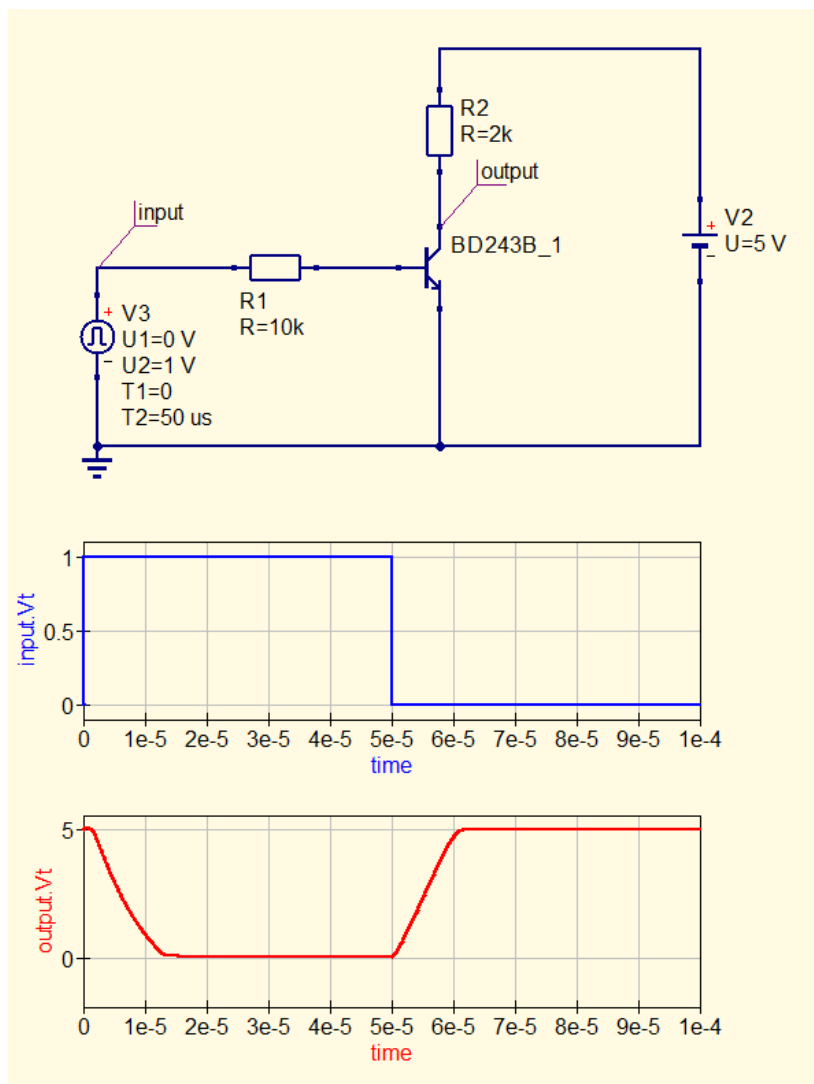


Рис. 3.4. Искажение импульсного сигнала

Сигнал на верхней диаграмме имеет крутые фронты, затягивающиеся при усилении сигнала, что показано на нижней диаграмме. Причина в неудачном выборе транзистора. Вот АЧХ приведённого выше каскада усиления.

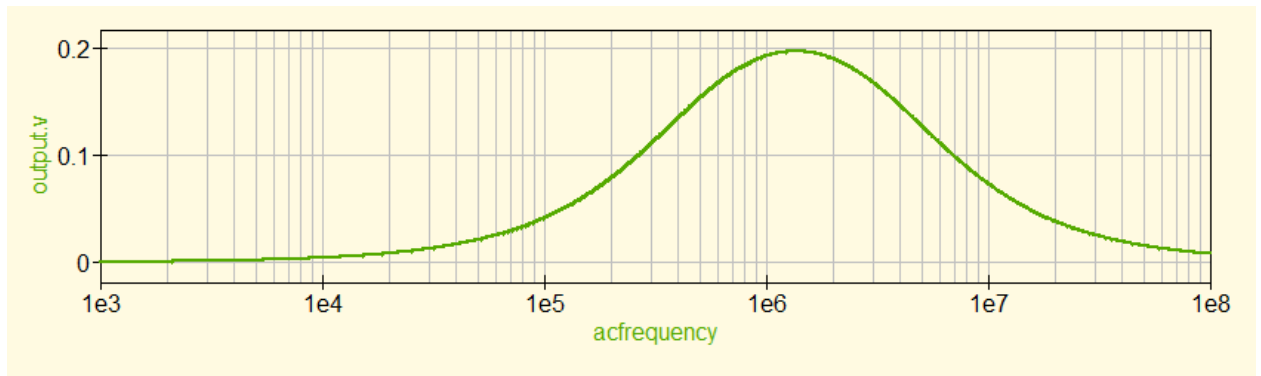


Рис. 3.5. Амплитудно-частотная характеристика усилителя импульсов

Если у вас нет возможности снять АЧХ, а проблемы в подобном случае обнаруживаются, выбирайте транзисторы с достаточно высокой граничной частотой.

На амплитудно-частотную характеристику любого каскада усиления влияют реактивные сопротивления компонентов. Если наличие конденсатора или индуктивности явно указывает на это, то обычный резистор, который считается активным сопротивлением, который явно не зависит от частоты, обычный резистор на высоких частотах может проявлять свойства реактивных сопротивлений, о чём не следует забывать.

Выше мы говорили об амплитудной модуляции сигнала, но кроме неё существуют другие виды модуляции, в частности это и частотная модуляция, и фазовая, и широтно-импульсная модуляция. Амплитудная и частотная модуляция ранее были ведущими в передаче аналоговых сигналов, но в последнее время на передний фронт выдвигаются цифровые методы передачи информации. Мы в предыдущих рассказах говорили о преобразовании аналогового сигнала в цифровую форму с помощью АЦП. Обратное преобразование осуществляют цифро-аналоговые преобразователи. Таким образом, аналоговый сигнал, преобразованный на одном конце линии связи в цифровую форму, на другом конце восстанавливается в своём первоначальном виде.

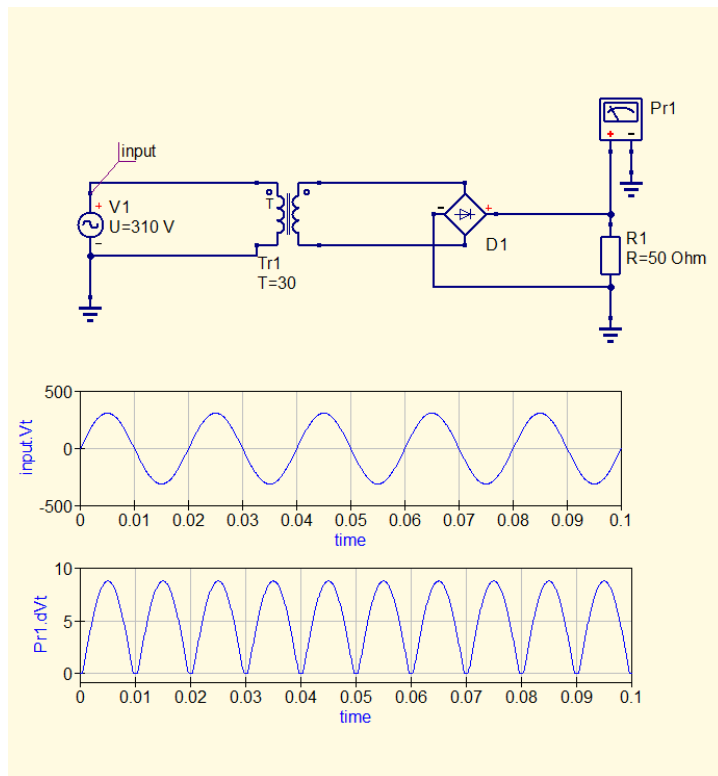
С появлением частотной модуляции начался рост рабочих частот, обусловленный тем, что частотная модуляция требует более широкой полосы частот для каждого канала. Сегодня цифровая передача данных, как правило, происходит на сверхвысоких частотах. Поэтому для радиолюбителя весьма затруднительно оснастить свою лабораторию приборами, способными перекрыть все мыслимые нужды в измерениях. Да и сами измерения, возьмём, например, наблюдение за сигналами на экране осциллографа, сами измерения могут представлять определённые трудности. Уменьшение размеров электронных компонентов на платах с поверхностным монтажом – это только одна из сторон этой проблемы. Каждое измерение требует контакта щупа со схемой, а щуп вносит свои изменения, которые нужно учитывать, если это можно сделать.

И именно в этом смысле я вижу большую пользу для начинающих в применении программ моделирования. Изучая с помощью недорогих приборов электрические цепи и сигналы в звуковом диапазоне, как с помощью программ моделирования, так и на макетной плате, можно лучше понять происходящее, чтобы применить эти знания там, где требуется и дорогое оборудование, и немалый опыт в работе.

Глава 4. Сигналы в программе моделирования

Большинство доступных любителям программ моделирования предлагает большой спектр источников переменного напряжения и тока. Рассмотрим некоторые из них.

Самый тривиальный, но самый, наверное, полезный источник – это источник синусоидального напряжения. Его можно использовать в качестве испытательного сигнала, а можно использовать и для моделирования, например, блока питания.



Простейший блок питания мы можем рассматривать и как преобразователь сигнала, хотя это и не совсем так.

Но исходное переменное напряжение источника V1 по части формы этого напряжения не более чем синусоида. А на выходе мы наблюдаем сигнал не похожий на синусоиду. Более того, трансформатор преобразует исходное напряжение 220 В (на рисунке видно пиковое значение) в напряжение порядка 10 В.

Рис. 4.1. Самый простой блок питания с постоянным напряжением на выходе

Добавим фильтр на выходе выпрямителя. Получим:

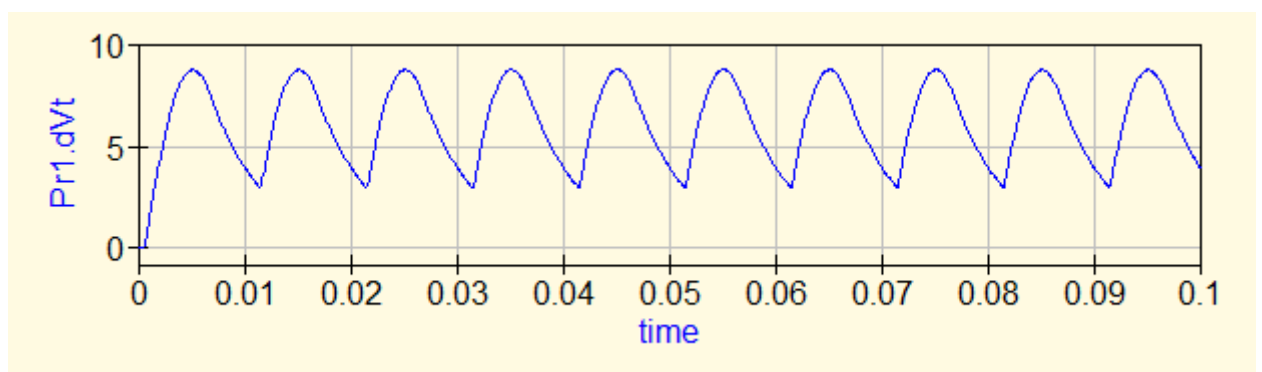


Рис. 4.2. Вид выходного «сигнала» с добавленным фильтром

Форма сигнала изменилась, что очевидно. И в этом смысле можно говорить о преобразовании исходного сигнала.

Но какие испытательные сигналы есть в программе моделирования?

Синусоидальный сигнал мы нашли. Вот источник прямоугольных периодических импульсов:

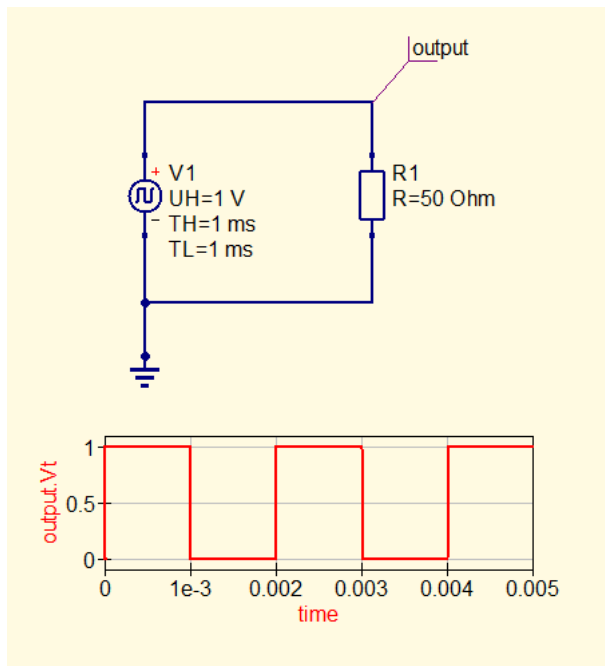


Рис. 4.3. Прямоугольные импульсы в программе QucsStudio

Что можно сказать о такой диаграмме?

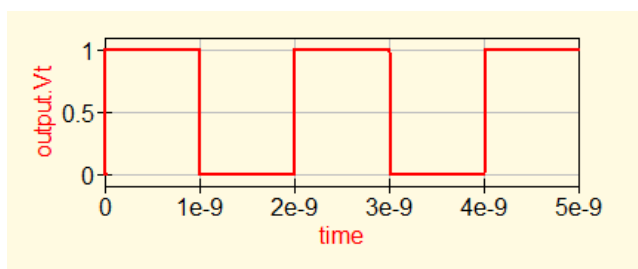


Рис. 4.4. Прямоугольные импульсы источника в QucsStudio

Казалось бы... и что? Такие же прямоугольные импульсы. Но... обратите внимание на частоту этих импульсов и их хорошую форму. Частота этих импульсов 1 ГГц, а форма сохраняется прямоугольной. Далеко не так просто получить в любительских условиях прибор, генерирующий такие импульсы, да и для наблюдения за ними не подойдёт любительский осциллограф.

Конечно, начинающим радиолюбителям и не следует пробовать свои силы в работе с устройствами СВЧ. Для этого будет время, когда появятся навыки работы с более простыми устройствами, но и изучение СВЧ устройств только «на бумаге» без проведения каких-либо опытов может оказаться не столь плодотворным. Читая учебник, мы далеко не всегда понимаем написанное, поскольку понимаем написанные слова. Но слова словами, а мысль ими выраженная может быть и неверно нами истолкована.

Но вот, что ещё может предложить этот источник прямоугольных импульсов:

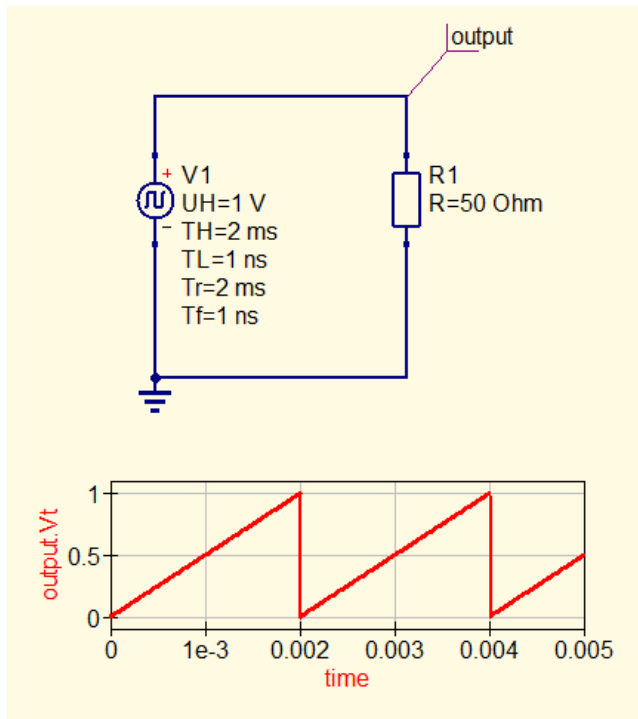


Рис. 4.5. Пилообразные импульсы

В каких случаях нас могут заинтересовать импульсы такой формы? Вот простейший пример:

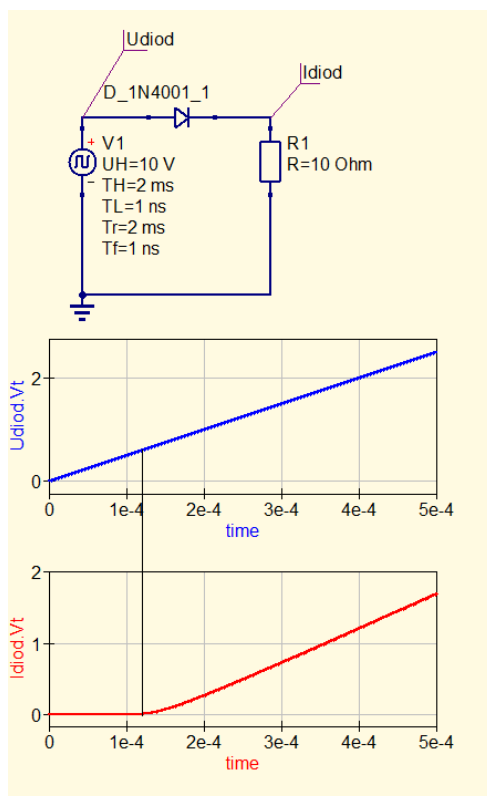


Рис. 4.6. Действие пилообразных импульсов на полупроводниковый диод

Более сложный пример генераторов импульсов пилообразной формы вы встретите в схемах осциллографов и телевизоров с электронно-лучевой трубкой. Это генераторы развертки. Но их

Получить сигнал такой формы можно настройкой параметров импульсов. Достаточно изменить времена, чтобы превратить прямоугольные импульсы в пилообразные.

Как настроить параметры, показано на рисунке.

На верхней диаграмме показано нарастающее напряжение на аноде диода, а на нижней диаграмме показан ток, протекающий через диод.

Можно видеть, что до некоторого напряжения ток через диод практически равен нулю.

Проводя подобный эксперимент на макетной плате, вы будете вынуждены иметь регулируемый источник постоянного напряжения с допустимым током в несколько ампер.

Мало того, диод вам лучше поместить на радиатор, поскольку на диоде может рассеиваться значительное тепло. А без радиатора вы рискуете «сжечь» диод.

напряжения с учётом частоты следования импульсов могут вывести из строя, скажем, стрелочный тестер.

Выше мы говорили об амплитудной модуляции, упоминали частотную модуляцию, но как выглядит частотно-модулированный сигнал?

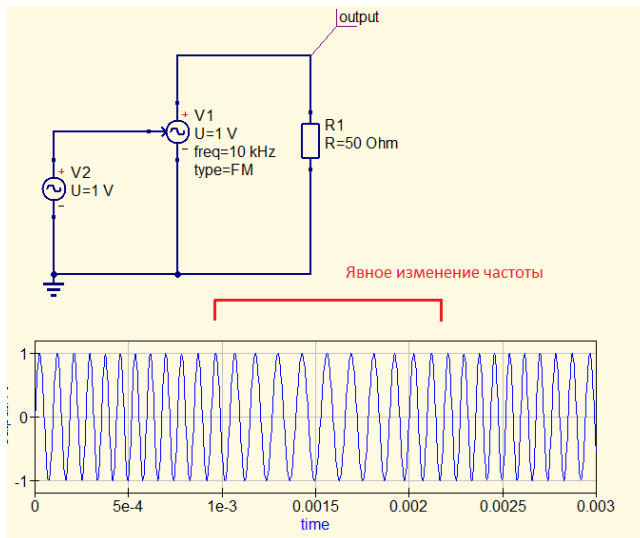


Рис. 4.7. Частотно-модулированный сигнал

Глава 5. Импульсные сигналы и информация

Область безраздельного господства импульсных сигналов – это цифровые устройства. В цифровых и микропроцессорных устройствах импульсы выполняют операции по передаче данных, операции по управлению процессами. Данные могут передаваться и в виде уровней напряжения, и с помощью импульсов.

Вспомним, как работает триггер-защёлка. Данные в виде уровня напряжения, высокого (единица) или низкого (ноль), подводятся к входу данных триггера, а фронтом импульса на входе записи эти данные «защёлкиваются» триггером.

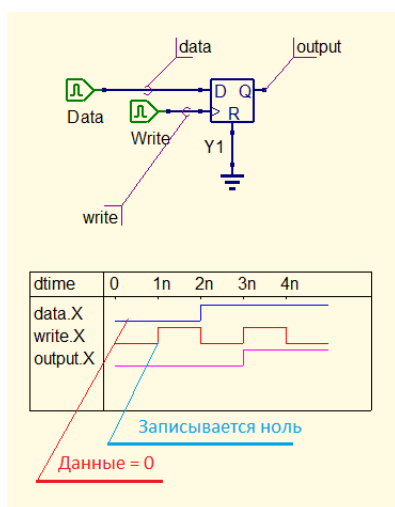


Рис. 5.1. «Защёлкивание» данных триггером

И мы говорили, что похожим образом работают регистры; похожим образом работает оперативная память, где данные переписываются сигналом записи.

Если бы мы могли заглянуть внутрь микроконтроллера с помощью осциллографа, мы увидели бы, что и управляющие сигналы, и данные представлены в виде импульсов. Но эти импульсы не имеют явно выраженного периодического характера. Поэтому для наблюдения за ними на экране осциллографа следует «привязаться» к какому-то сигналу управления. То есть, синхронизировать наблюдение за данным сигналом, например, сигналом записи или адресного селектора.

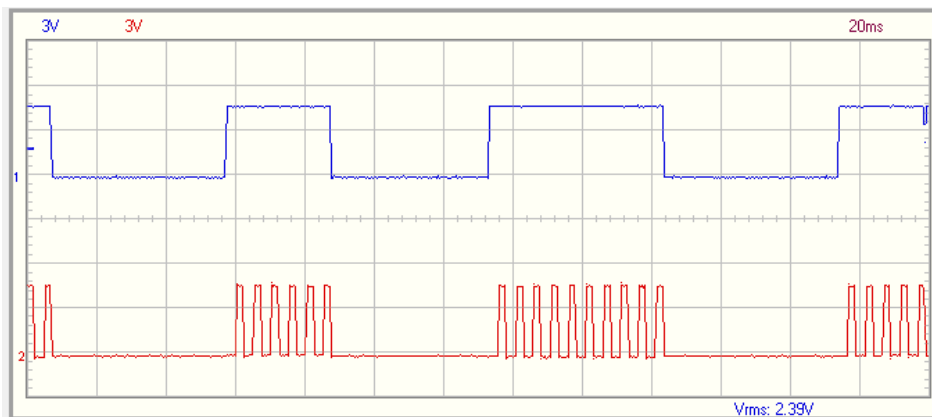


Рис. 5.2. Данные порта Arduino на экране осциллографа

Вывод данных в порт микроконтроллера – это одна из основных операций, связанных с «внешним миром». С помощью этого микроконтроллер осуществляет управление теми внешними устройствами, которыми он призван управлять; и, кроме того, он выводит информацию на дисплей или общается с другими микроконтроллерными устройствами.

Параллельное представление данных при подобном общении микроконтроллера с внешними устройствами характерно для вывода данных на индикаторы (дисплеи).

Для обмена данными с другими устройствами часто используют и последовательную передачу данных. То, как этот обмен происходит, определяется интерфейсом и протоколом обмена, которые задают вид и количество сигналов, порядок их формирования, способ соединения устройств. Одним из самых популярных интерфейсов до последнего времени был RS232. Его модификация, COM-порт, присутствовал у любого компьютера. Встроенный в микроконтроллер модуль последовательного обмена UART (или USART), конечно, не поддерживает полный протокол RS232, но принимает многое из него. Так модуль имеет выводы приёма (Rx) и передачи (Tx) данных. Передача побайтовая и начинается со стартового бита, затем следует байт данных, начинаясь младшим битом, а завершает всё стоповый бит. Как и для RS232 возможно добавление бита чётности и увеличение количества стоповых битов. Скорость обмена определяется заранее для передающей и принимающей стороны, и выбирается она, как правило, из ряда принятых скоростей. Стартовый бит инициирует начало обмена, заставляя приёмник сканировать импульсы передачи, чтобы определить байт информации.

На экране осциллографа байт на выводе Tx модуля Arduino выглядит так:

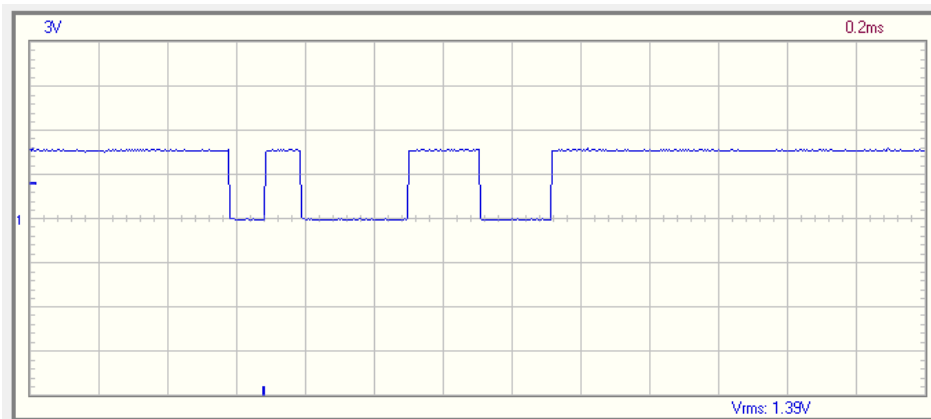


Рис. 5.3. Передача символа «1» через UART (двоичное значение 0011 0001)

Стартовый бит, имеющий низкий уровень, начинает передачу, затем следует младший единичный бит, следом три нулевых бита, два единичных и два нулевых бита; завершает передачу стоповый бит высокого уровня.

Но протокол RS232 не единственный популярный протокол последовательного обмена данными. Так микроконтроллер считывает информацию с карты SD, используя протокол SPI. Последний позволяет обращаться к нескольким устройствам, принимает и передаёт данные по разным линиям, а по отдельной линии передаёт тактовые импульсы.

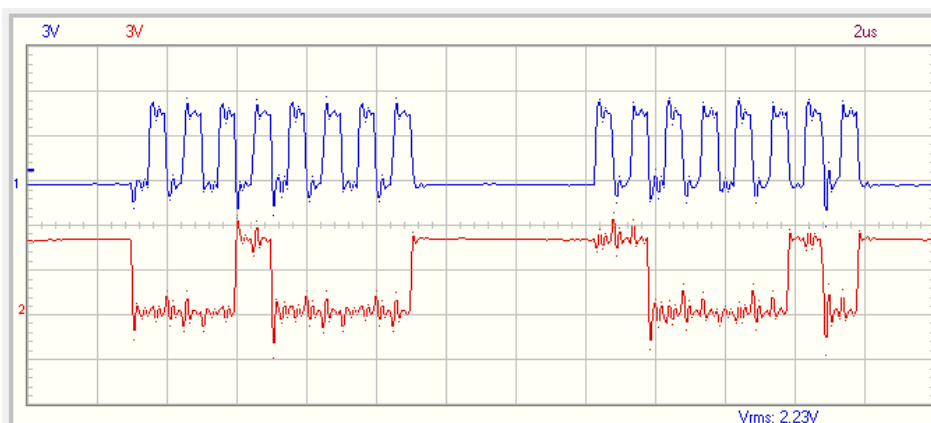


Рис. 5.4. Передача данных от ведущего устройства к ведомому

Верхний сигнал – это восемь тактовых импульсов для байта данных нижнего сигнала. С карты SD можно считывать рисунки или текст. Поэтому мы и говорим об обмене информацией.

Современные датчики (например, температуры или влажности), частые гости в мире контроллеров, тоже передают данные. И эти данные удобнее отправлять микроконтроллеру последовательным образом, используя, скажем, протокол 1-wire. Для физической реализации связи требуется один провод и для приёма, и для передачи, потому протокол и называется однопроводным. Поскольку, в отличие от SPI, выбор датчика, а их может быть несколько, происходит не по отдельному проводу, в протоколе 1-wire используется адресация. То есть, каждый датчик имеет свой адрес. Первым в передаче передаётся адрес, датчики «слушают сеть», и откликается тот датчик, чей адрес есть в сообщении.

Бурное развитие микроконтроллеров позволяет им сегодня использовать все способы передачи информации для обмена данными и между собой, и с внешними устройствами.

Глава 6. Подводные камни в путешествии сигналов

До недавнего времени провода для электрических сигналов и атмосфера для радиоволн были основными средами передачи. С появлением оптоволокну ситуация несколько изменилась. Но в любом случае среда распространения сигналов ослабляет их.

Для аналоговых сигналов важными препятствиями оказываются наводки и шумы. Импульсные сигналы малочувствительны к шумам. Что же мешает им?

Возьмём самый простой случай – с помощью проводов вы подключаете источник питания устройства. Не следует думать, что источник питания не может быть сигналом. Может же падение напряжения на резисторе датчика быть таковым! Впрочем, мы используем пример только для простоты рассуждений.

Итак, устройство на другом конце линии потребляет ток. Ток, протекая по проводам линии, приводит к падению напряжения на двух проводах. Таким образом, устройство «недополучает» напряжения питания. Конечно, мы можем несколько увеличить напряжение на передающей стороне, так поступают с силовыми сетями, но мы не можем отрицать того, что линии связи ослабляют сигнал.

Для быстрой передачи большого объёма информации увеличивают частоту сигналов. Однако любые провода, лежащие рядом, образуют ёмкость, влияние которой с ростом частоты растёт. Более того, провода имеют и некоторую индуктивность. Такую ёмкость и индуктивность соединительных линий называют распределёнными параметрами. Для уменьшения влияния этих параметров, стараются уменьшить сопротивление нагрузки.

Вместе с тем, когда линия связи имеет столь сложные свойства, её характеризуют определённым сопротивлением, называемым характеристическим или волновым. Если приёмник имеет входное сопротивление равное этому волновому сопротивлению, от передатчика к приёмнику передаётся максимум мощности сигнала. Более того, при отличии этого входного сопротивления от характеристического сопротивления линии связи наблюдаются отражения. Сигнал частично отражается от приёмника и возвращается к передатчику, вызывая искажения. Более того, отражаясь от передатчика, это «эхо» возвращается к приёмнику. Такой отражённый сигнал, например, на экране телевизора виден как лишний контур.

Разные соединительные линии имеют разное волновое сопротивление. Витая пара имеет сопротивление 120 Ом, антенный телевизионный кабель 75 Ом, а другие коаксиальные кабели имеют волновое сопротивление 50 Ом.

Чтобы соединительные провода не наводили помехи на соседние, чтобы они были не столь чувствительны сами к наводкам, применяют коаксиальный кабель, состоящий из центральной жилы и экрана. Роль экрана может играть и провод, обёрнутый вокруг другого. Но чаще витую пару используют с передатчиком разностного сигнала. Сигнала передаётся в виде разности двух напряжений, что даёт компенсацию электромагнитного поля вокруг проводников. Наводки на эти

два провода тоже компенсированы входом приемника, вычитающим наводку на один провод из наводки на другой.

Радиосигналам в помещении также мешают армированные металлом стены и металлические трубы. А передаче информации по радиоканалу мешают многочисленные источники радиосигналов: мобильные телефоны, wi-fi устройства и прочие, использующие радиоканал.

Таким образом, жизнь информации в электрической форме далеко не безоблачна. Помимо естественных преград, о которых говорилось выше, при передаче информации возникают и другие проблемы. Например, если в «беседе» участвует более двух устройств, если два устройства обмениваются информацией по одному каналу, возникает проблема: как сделать так, чтобы беседующие не перебивали друг друга?

Решают проблему по-разному, например, назначая одно устройство ведущим, которое обращается к остальным по очереди, задавая вопросы и передавая информацию от одного устройства к другому, если в этом возникает необходимость. При этом используют механизм адресации, когда каждому из устройств присваивается уникальный адрес. Вы, наверное, знаете, что ваш компьютер имеет уникальный адрес, по которому к нему обращаются другие компьютеры.

Чем выше скорость передачи, чем большие объёмы информации передаются, тем сложнее становятся правила обмена. Так для исключения искажения информации часто каждый блок информации сопровождают контрольной суммой. Принимающая сторона, сравнивая эту контрольную сумму с полученной при подсчёте принятого блока, подтверждает правильность передачи или сообщает об ошибке, требуя повторной передачи блока информации.

От информации сегодня зависит многое, поэтому сигналам, переносящим информацию, уделяется так много внимания.

Глава 7. Преобразование сигналов

Выше мы говорили об электрических сигналах. Но мы живём не в электрических цепях, поэтому всё, что нас интересует, происходит в нашем реальном мире, где нас может интересовать температура, давление или влажность, где есть движение и звуки, где мы летаем на самолётах и плаваем на кораблях.

Во многих случаях нашей обычной жизни происходит преобразование физических событий в электрические сигналы. Слушая новости по телевизору, мы не задумываемся о том, что звук голоса диктора преобразуется в электрическое напряжение, что изображение студии преобразуется в электрические сигналы, которые переносятся радиоволнами к нашему дому.

Многие преобразователи физических параметров в электрические сигналы поражают своей простой и изобретательностью. Микрофон преобразует звук в переменное напряжение, закон изменения которого повторяет закон изменения звукового давления. И это преобразование выполняет, например, катушка, перемещающаяся в поле магнита. Просто, но надёжно. Да, позже электрический сигнал преобразуется в более мощный с помощью усилителя. А на радиостанции ему предстоит «оседлать» несущую частоту, чтобы добраться до нашего приёмника, где он вновь преобразуется в низкочастотный сигнал, поступающий на громкоговоритель. Последний тоже

имеет катушку и магнит, но производит обратное преобразование: электрическое переменное напряжение превращается в переменное звуковое давление.

Задумываясь о простых примерах, я вспомнил – когда-то все телефонные аппараты имели дисковый номеронабиратель. Это очень простой, как мне кажется, пример того, как информация, нужная нам, преобразуется в электрические сигналы. Мы, перемещая диск до упора, определяем нужные нам числа адреса абонента. Когда мы отпускаем диск, механизм обратного движения диска номеронабирателя прерывает линию соединения с телефонной станцией ровно столько раз, сколько нужно для соответствия набранной цифре. Этим информация об адресе абонента передаётся в виде электрических сигналов телефонной станции.

Сегодня многие телефонные аппараты имеют тональный набор. Это более современный способ передачи (телефонного) адреса абонента. Каждое нажатие кнопки номеронабирателя генерирует двухчастотный сигнал присущий только этой кнопке (и набираемой цифре). На станции с помощью фильтров определяется цифра набранного номера (нажатой кнопки), собираясь в адрес (номер телефона). При этом нет необходимости обрывать линию связи с телефонной станцией, а станция может принимать номер абонента «на лету», что позволяет, например, продолжать общение со станцией и после соединения с абонентом. Вы слышите это каждый раз, когда вам говорят, что ваш звонок очень важен, но предлагают ещё набирать ноль, единицу и т.д.

Устройства, которые превращают сигналы внешнего мира в электрические сигналы, часто называют датчиками. Их много, а большое их количество и разнообразие объясняется разнообразием тех физических процессов и объектов, за которыми мы хотим наблюдать с помощью электроники.

Рассмотрим последнее утверждение на примере наблюдения за температурой. Температура, за которой производится наблюдение, может изменяться от температуры в открытом космосе до температуры внутри звёзд. В быту нам достаточно наблюдения за диапазоном температур, скажем, от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. С этим справляется уличный спиртовой термометр. Но, если нам нужно отмечать изменение температуры в течение дня? С этим лучше справится электронный термометр с компьютерной поддержкой. Чтобы преобразовать температуру в электрический сигнал, медленно меняющееся напряжение или импульсный цифровой сигнал, мы можем использовать ряд компонентов: терморезистор, термопару, диод, инфракрасный приёмник.

Что выбрать? Первым делом определимся с диапазоном температур. Для бытовых целей прекрасно подойдёт и терморезистор, и диод. Теперь следует определиться с тем, как мы будем считывать данные с датчика. В одном случае будет удобнее использовать терморезистор, в другом диод. И только тогда, когда становится ясна вся картина в целом, мы можем сказать, что для наших целей лучше именно это решение. Аналогично обстоят дела и с другими датчиками.

Конечно, начинающему радиолюбителю не следует пренебрегать опытом профессионалов. Но следует взвешивать возможности свои и профессионала, работающего на предприятии. Они могут слишком сильно разниться. И пусть профессионал отвергает ваш самый простой выбор, лучше осуществить его, чем остановиться на полпути в реализации сложного проекта.

Давайте, возвращаясь к измерению температуры, сравним несколько решений. Но это уже в следующей истории для начинающих.