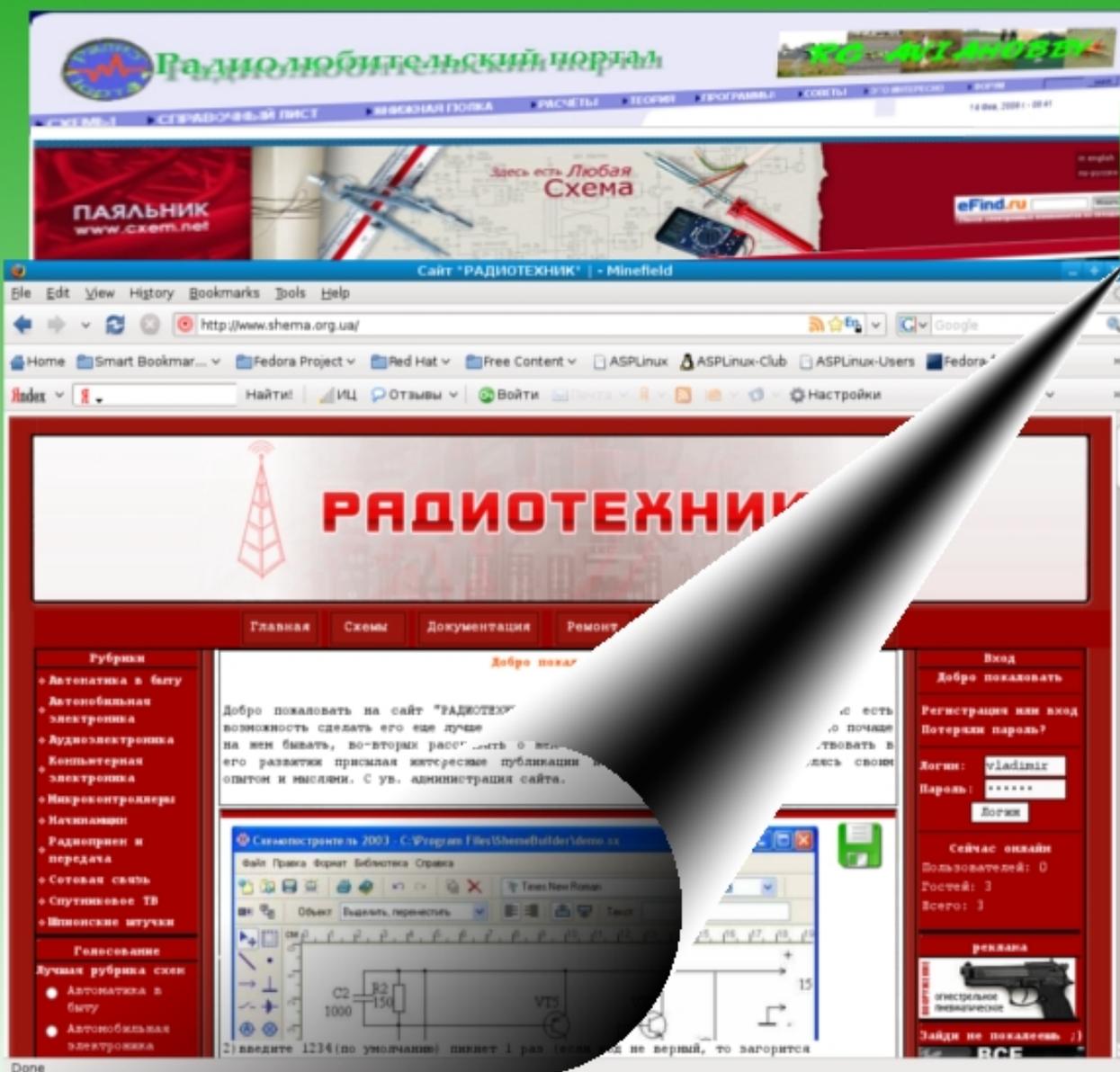


В.Н. Гололобов

## От сайта к сайту



Москва 2008

## Оглавление

Как выбрать и проверить схему?.....	3
Автоматика в быту — регулятор сетевого напряжения.....	4
Пробуем разобраться.....	6
Автоматика в быту — удлинитель ПДУ.....	18
Разборка «полетов».....	19
Автомобильная электроника — устройство оповещения с радиоканалом.....	28
Начинающим — введение.....	34
Аудиоэлектроника — тонкомпенсированный регулятор громкости.....	41
Компьютерная электроника — сигнализатор неисправности кулера.....	47
Разберем работу устройства.....	48
Микроконтроллеры — Адаптер двухканального светового шнура.....	52
Загружаем файлы, и дальше.....	53
Как выбрать и проверить схему?.....	59

## **Как выбрать и проверить схему?**

Как правило и начинающие, и опытные любители, следуя практике профессионалов, предпочитают создавать свои схемы, базируясь на тех, что находят в книгах, журналах, а сегодня и в Интернете на многочисленных радиолюбительских сайтах. Схем много. Как выбрать ту, что нужно, и убедиться в отсутствии досадных опечаток, способных разочаровать конечным результатом?

На примере разных схем, которые я собираюсь взять на сайте «Радиотехник», я хочу рассказать, как я подошел бы к выбору схемы. Это нисколько не означает, что я лучше других знаю, как это сделать. Это не значит и, что если вы иначе подходите к выбору, то вы неправы. Здесь каждый волен поступать, как находит нужным, как ему удобнее, как ему «уютнее». Радиолюбителя окружают любимые книги и журналы, приборы, которые не с неба упали, а были куплены на совсем не лишние деньги, и интересы, которые могут меняться, а могут и сохраняться длительное время. Все это и создает тот уютный мирок, где любитель чувствует себя «дома». И не стоит пополнять свой арсенал, пусть и новыми, но вызывающими напряжение и дискомфорт средствами. Особенно тогда, когда результаты нововведений настолько неразличимы, насколько это вообще возможно.

Так что, все, о чем я хочу рассказать, относится только к моему подходу, и совсем никому не обязательно. Мне так удобнее, вот и все.

Первое, с чего я начал бы выбор схемы — постарался понять, как работает каждая из подходящих по названию и описанию. Или должна работать. Лично мне помогает до покупки деталей и изготовления печатной платы рассмотреть работу схемы за компьютером. Не все может получаться в этом процессе. Не всегда программа полностью дает ответы на все вопросы. Но, работая с программой, вольно или невольно задумываешься о деталях, прежде упущенных.

Схемы, о которых пойдет речь ниже, подобраны достаточно случайно, выбор обусловлен, порой, настроением и погодой, а не продуманной методикой. Я не буду сравнивать разные схемы, решающие одну и ту же задачу, для сравнения обязательно должен быть конкретный набор «вводных», конкретный перечень условий, которым должно удовлетворять решение. А таких наборов в разных случаях может быть очень много. Так что я воздержусь от сравнения и оценки, а если в порыве негодования позволю эмоциям выплеснуться наружу, так это только эмоции. Не более того.

## Автоматика в быту — регулятор сетевого напряжения

С сайта *sxem.net*

В. Янцев, Моделист-Конструктор №4, 1990 г., стр.21

В последнее время в нашем быту все чаще применяются электронные устройства для плавной регулировки сетевого напряжения. С помощью таких приборов управляют яркостью свечения ламп, температурой электронагревательных приборов, частотой вращения электродвигателей.

подавляющее большинство регуляторов напряжения, собранных на тиристорах, обладают существенными недостатками, ограничивающими их возможности. Во-первых, они вносят достаточно заметные помехи в электрическую сеть, что нередко отрицательно сказывается на работе телевизоров, радиоприемников, магнитофонов. Во-вторых, их можно применять только для управления нагрузкой с активным сопротивлением — электролампой или нагревательным элементом, и нельзя использовать совместно с нагрузкой индуктивного характера — электродвигателем, трансформатором.

Между тем все эти проблемы легко решить, собрав электронное устройство, в котором роль регулирующего элемента выполнял бы не тиристор, а мощный транзистор.

Транзисторный регулятор напряжения содержит минимум радиоэлементов, не вносит помех в электрическую сеть и работает на нагрузку как с активным, так и индуктивным сопротивлением. Его можно использовать для регулировки яркости свечения люстры или настольной лампы, температуры нагрева паяльника или электроплитки, скорости вращения электродвигателя вентилятора или дрели, напряжения на обмотке трансформатора.

Устройство имеет следующие параметры: диапазон регулировки напряжения — от 0 до 218 В; максимальная мощность нагрузки при использовании в регулирующей цепи одного транзистора — не более 100 Вт.

Регулирующий элемент прибора — транзистор VT1 (рис.1.1).

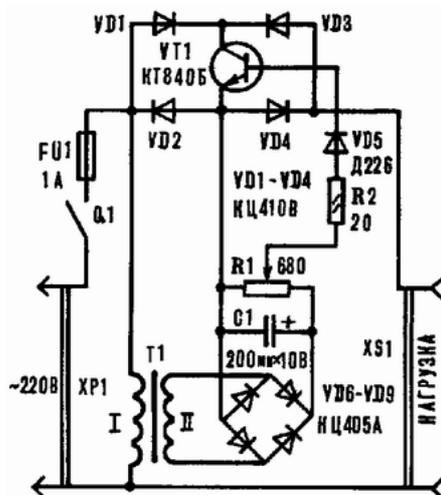


Рис. 1.1

Диодный блок VD1-VD4 в зависимости от фазы сетевого тока направляет его на коллектор или эмиттер VT1. Трансформатор T1 понижает напряжение 220 В до 5-8 В, которое выпрямляется диодным блоком VD6-VD9 и сглаживается

конденсатором  $C1$ . Переменный резистор  $R1$  служит для регулировки величины управляющего напряжения, а резистор  $R2$  ограничивает ток базы транзистора. Диод  $VD5$  защищает  $VT1$  от попадания на его базу напряжения отрицательной полярности. Устройство подсоединяется к сети вилкой  $XP1$ . Розетка  $XS1$  служит для подключения нагрузки.

Регулятор действует следующим образом. После включения питания тумблером  $Q1$  сетевое напряжение поступает одновременно на диоды  $VD1$ ,  $VD2$  и первичную обмотку трансформатора  $T1$ . При этом выпрямитель, состоящий из диодного блока  $VD6$ - $VD9$ , конденсатора  $C1$  и переменного резистора  $R1$ , формирует управляющее напряжение, которое поступает на базу транзистора и открывает его. Если в момент включения регулятора в сети оказалось напряжение отрицательной полярности, ток нагрузки протекает по цепи  $VD2$  - эмиттер-коллектор  $VT1$ - $VD3$ . Если полярность сетевого напряжения положительная, ток протекает по цепи  $VD1$  - коллектор-эмиттер  $VT1$ - $VD4$ . Значение тока нагрузки зависит от величины управляющего напряжения на базе  $VT1$ . Вращая движок  $R1$  и изменяя значение управляющего напряжения, управляют величиной тока коллектора  $VT1$ . Этот ток, а следовательно, и ток, протекающий в нагрузке, будет тем больше, чем выше уровень управляющего напряжения, и наоборот. При крайнем правом по схеме положении движка переменного резистора транзистор окажется полностью открыт и "доза" электроэнергии, потребляемая нагрузкой, будет соответствовать номинальной величине. Если движок  $R1$  переместить в крайнее левое положение,  $VT1$  окажется закрытым и ток через нагрузку не потечет.

Управляя транзистором, мы фактически регулируем амплитуду переменного напряжения и тока, действующих в нагрузке. Транзистор при этом работает в непрерывном режиме, благодаря чему такой регулятор лишен недостатков, свойственных тиристорным устройствам.

Теперь перейдем к конструкции прибора. Диодные блоки, конденсатор, резистор  $R2$  и диод  $VD6$  устанавливаются на монтажной плате размером  $55 \times 35$  мм, выполненной из фольгированного гетинакса или текстолита толщиной 1-2 мм (рис. 1.2).

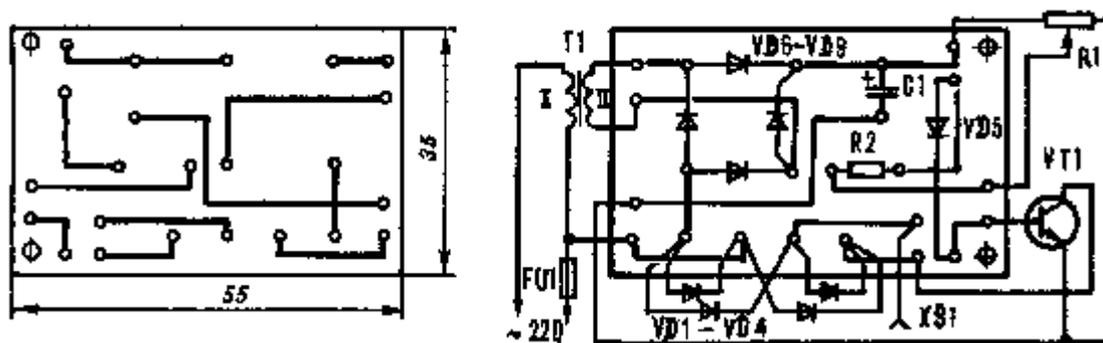


Рис. 1.2

В устройстве можно использовать следующие детали. Транзистор -  $KT812A(Б)$ ,  $KT824A(Б)$ ,  $KT828A(Б)$ ,  $KT834A(Б,В)$ ,  $KT840A(Б)$ ,  $KT847A$  или  $KT856A$ . Диодные блоки:  $VD1$ - $VD4$ - $KЦ410В$  или  $KЦ412В$ .  $VD6$ - $VD9$  -  $KЦ405$  или  $KЦ407$  с любым буквенным индексом; диод  $VD5$  - серии  $D7$ ,  $D226$  или  $D237$ . Переменный резистор - типа  $СП$ ,  $СПО$ ,  $ППБ$  мощностью не менее 2 Вт, постоянный -  $BC$ ,  $МЛТ$ ,  $ОМЛТ$ ,  $C2-23$ . Оксидный конденсатор -  $K50-6$ ,  $K50-16$ . Сетевой трансформатор -  $ТВ3-1-6$  от ламповых радиоприемников и усилителей,  $ТС-25$ ,  $ТС-27$  — от телевизора "Юность" или любой другой маломощный с напряжением вторичной обмотки 5-8 В.

*Предохранитель рассчитан на максимальный ток 1 А. Тумблер - ТЗ-С или любой другой сетевой. ХР1 — стандартная сетевая вилка, ХS1 - розетка.*

*Все элементы регулятора размещаются в пластмассовом корпусе с габаритами 150x100x80 мм. На верхней панели корпуса устанавливаются тумблер и переменный резистор, снабженный декоративной ручкой. Розетка для подключения нагрузки и гнездо предохранителя крепятся на одной из боковых стенок корпуса. С той же стороны сделано отверстие для сетевого шнура. На дне корпуса установлены транзистор, трансформатор и монтажная плата. Транзистор необходимо снабдить радиатором с площадью рассеяния не менее 200 см<sup>2</sup> и толщиной 3-5 мм.*

*Регулятор не нуждается в налаживании. При правильном монтаже и исправных деталях он начинает работать сразу после включения в сеть.*

*Теперь несколько рекомендаций тем, кто захочет усовершенствовать устройство. Изменения в основном касаются увеличения выходной мощности регулятора. Так, например, при использовании транзистора КТ856 мощность, потребляемая нагрузкой от сети, может составлять 150 Вт, для КТ834 - 200 Вт, а для КТ847-250 Вт. Если необходимо еще больше увеличить выходную мощность прибора, в качестве регулирующего элемента можно применить несколько параллельно включенных транзисторов, соединив их соответствующие выводы. Вероятно, в этом случае регулятор придется снабдить небольшим вентилятором для более интенсивного воздушного охлаждения полупроводниковых приборов. Кроме того, диодный блок VD1-VD4 потребует заменить на четыре более мощных диода, рассчитанных на рабочее напряжение не менее 250 В и величину тока в соответствии с потребляемой нагрузкой. Для этой цели подойдут приборы серий Д231-Д234, Д242, Д243, Д245-Д248. Необходимо будет также заменить VD5 на более мощный диод, рассчитанный на ток до 1 А. Также больший ток должен выдерживать предохранитель.*

## **Пробуем разобраться**

Не то, чтобы были сомнения, отнюдь, и статья достаточно подробно описывает работу схемы, но прежде, чем приступать к подбору деталей и пайке, хочется получше понять, как все происходит в устройстве. У меня есть несколько программ, которые должны помочь с этим, если меня не устроит одна из них, я использую другую, и даже интересно посмотреть, как работает каждая из них с одной и той же схемой.

Рассмотрев схему, я припоминаю, что очень давно встречал похожую, которая использовалась в качестве электронного предохранителя. При исправной нагрузке транзистор полностью включался и к нагрузке поступало полное сетевое напряжение, а когда устройство слежение за током нагрузки обнаруживало существенное превышение этого тока над заданным значением, транзистор закрывался, принимая все напряжение «на себя». Схема была призвана заменить обычный предохранитель, или дополнить обычный предохранитель. Смысл такого дополнения в том, что обычный предохранитель предназначен для защиты сетевых проводов от перегрузки, а вас от неприятностей, связанных с коротким замыканием в питающей сети, при неисправности устройства, телевизора или радиоприемника. В задачу предохранителя не входит защищать само устройство, поэтому предохранитель выходит из строя (срабатывает, перегорает) не сразу, а через некоторое время. Тогда как, в устройстве, а уже тогда использовалось много транзисторов и микросхем, в устройстве при перегрузке транзисторы могут выходить из строя очень быстро. Чтобы этого не произошло, следует ускорить работу предохранителя, что и было предложено разработчиком схемы. Особенно

удобен такой быстродействующий предохранитель в учебных заведениях, где проводятся лабораторные работы с электрическими схемами, которые собираются учащимися. Ошибки в монтаже схемы могут повлечь за собой выход из строя лабораторного оборудования даже при наличии автоматов отключения потребителя, а электронный ключ предотвращает такой исход. Вернемся к схеме. Мне удобнее трансформировать схему, как это показано далее.

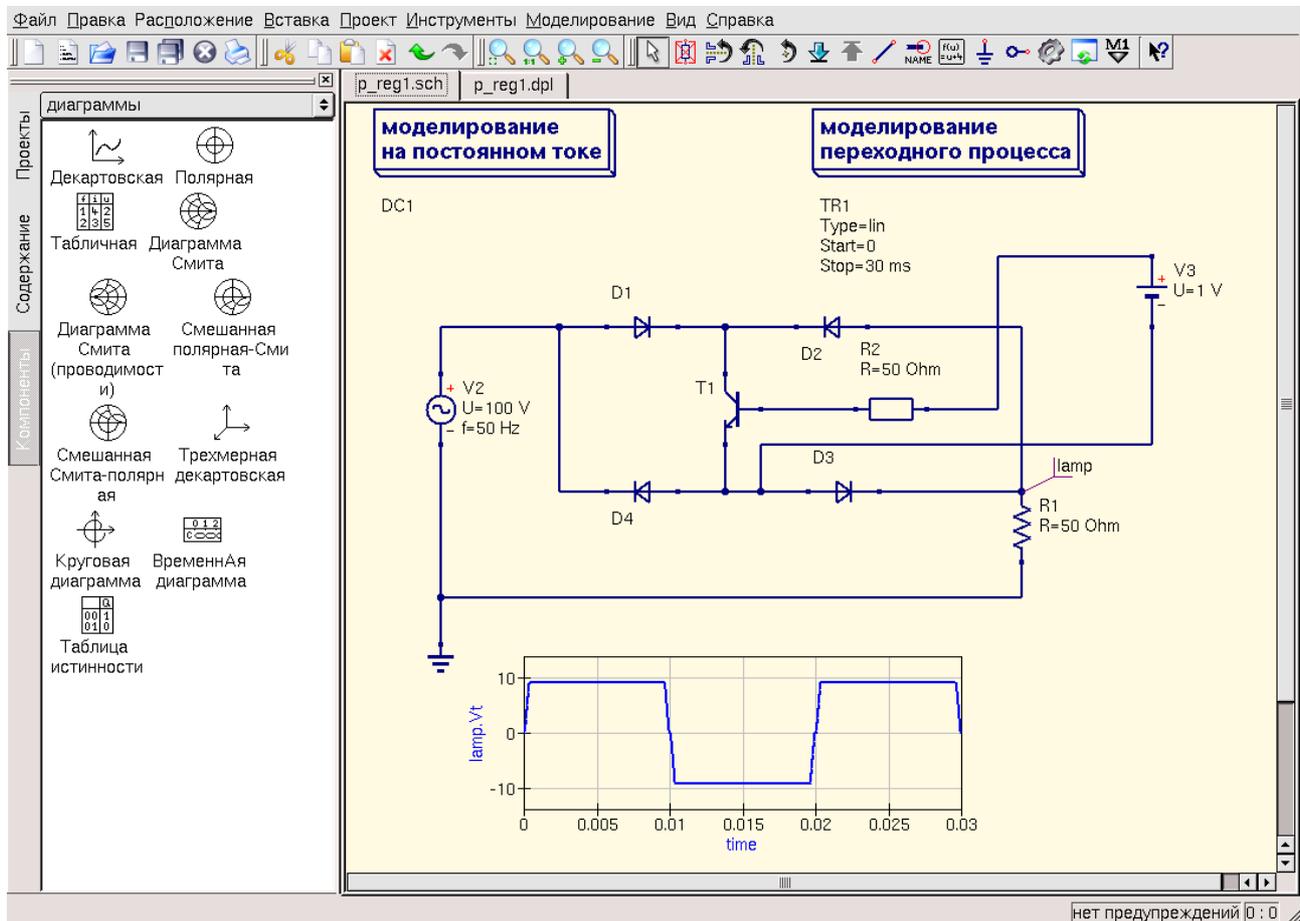


Рис. 1.3. Повторение схемы в Qucs

Напряжение на «лампочке» (R1) при напряжении батарейки  $V3 = 1$  В получается 10 В. Но, изменяя напряжение  $V3$ , можно получить другой результат.



Рис. 1.4. Напряжение на лампочке при напряжении  $V3 = 1.5$  В

Таким образом, транзистор T1 играет роль управляемого сопротивления, чем больше напряжение на его базе (чем больше ток базы), тем меньше сопротивление, тем больше напряжение в нагрузке. То, что биполярный транзистор элемент токовый, и удобнее рассматривать ток базы, а не напряжение на базе, можно подчеркнуть, заменив источник

постоянного напряжения V3 на источник постоянного тока. В этом случае можно отказаться от сопротивления R2, задача которого ограничить ток базы. Источник постоянного тока (не напряжения, а тока) имеет достаточно большое внутреннее сопротивление и обеспечивает заданный ток базы, независимо от сопротивления нагрузки.

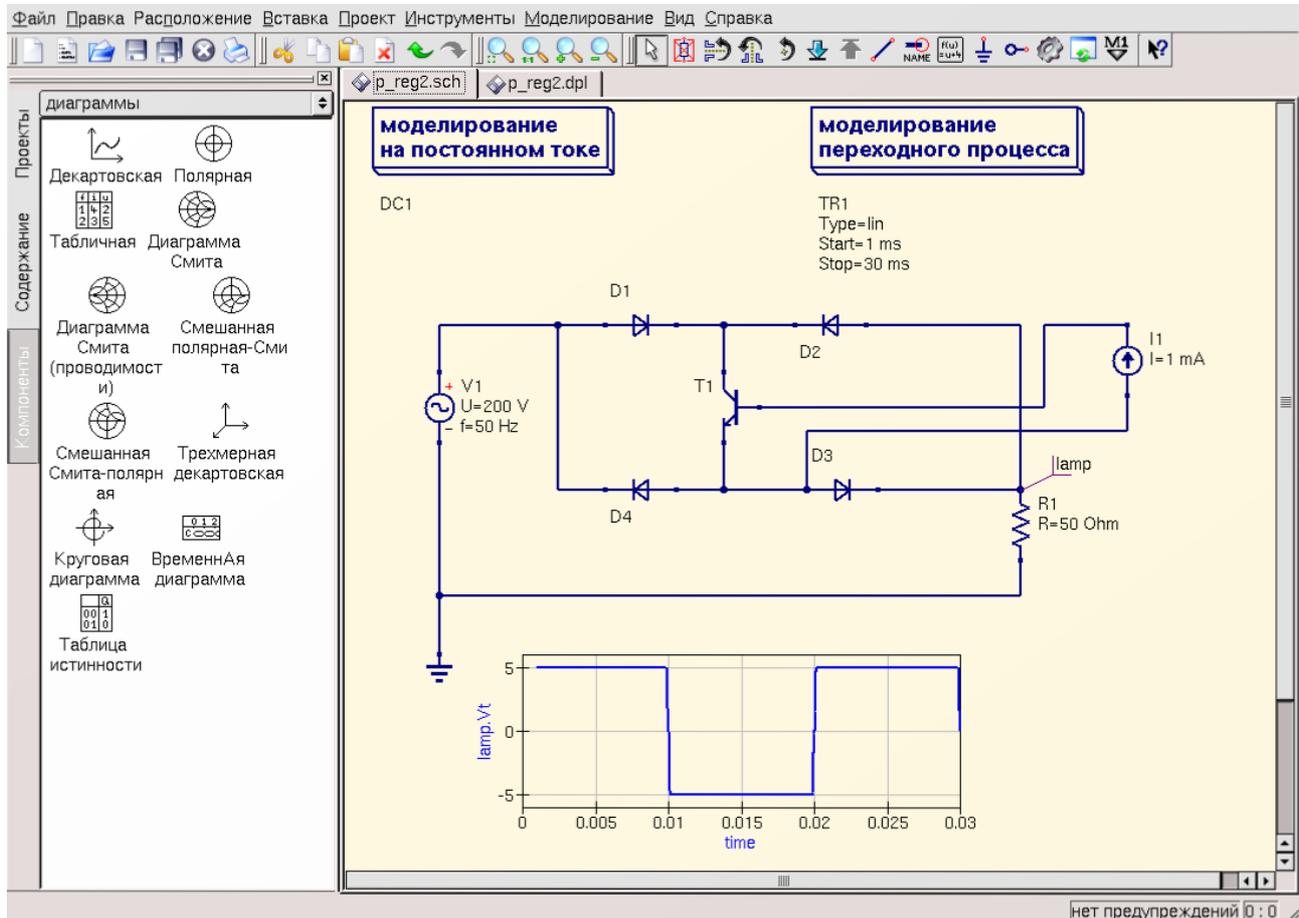


Рис. 1.5. Замена источника напряжения в базовой цепи на источник тока

Аналогично предыдущему опыту можно изменить значение тока источника I1 до 100 мА и получить напряжение на выходе другой величины.

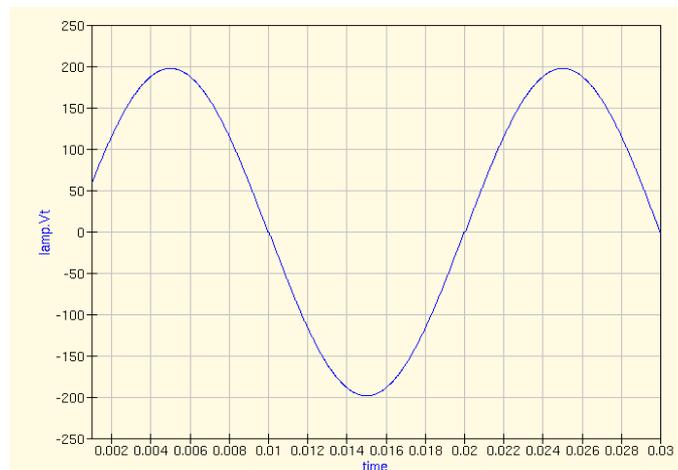


Рис. 1.6. Результат изменения тока базы регулирующего транзистора

К моделированию схемы в программе Qucs мне остается добавить, что в свойствах моделирования переходного процесса я убрал начальную инициализацию на постоянном токе (параметр initialDC можно поставить в состояние yes и no, в последнее я его и

перевозу).

Меня немного смущает вид переменного напряжения на всех диаграммах, кроме последней. Синусоидальный сигнал либо обрезается, либо превращается в прямоугольные импульсы, как на рисунке 1.5. Можно проверить это в другой программе, что я и намерен сделать. Мои сомнения относятся к базе многих программ при симуляции работы электрической схемы SPICE. Разные программы используют разные версии этого универсального симулятора, используют свои алгоритмы. Вначале пусть будет SwCAD III.

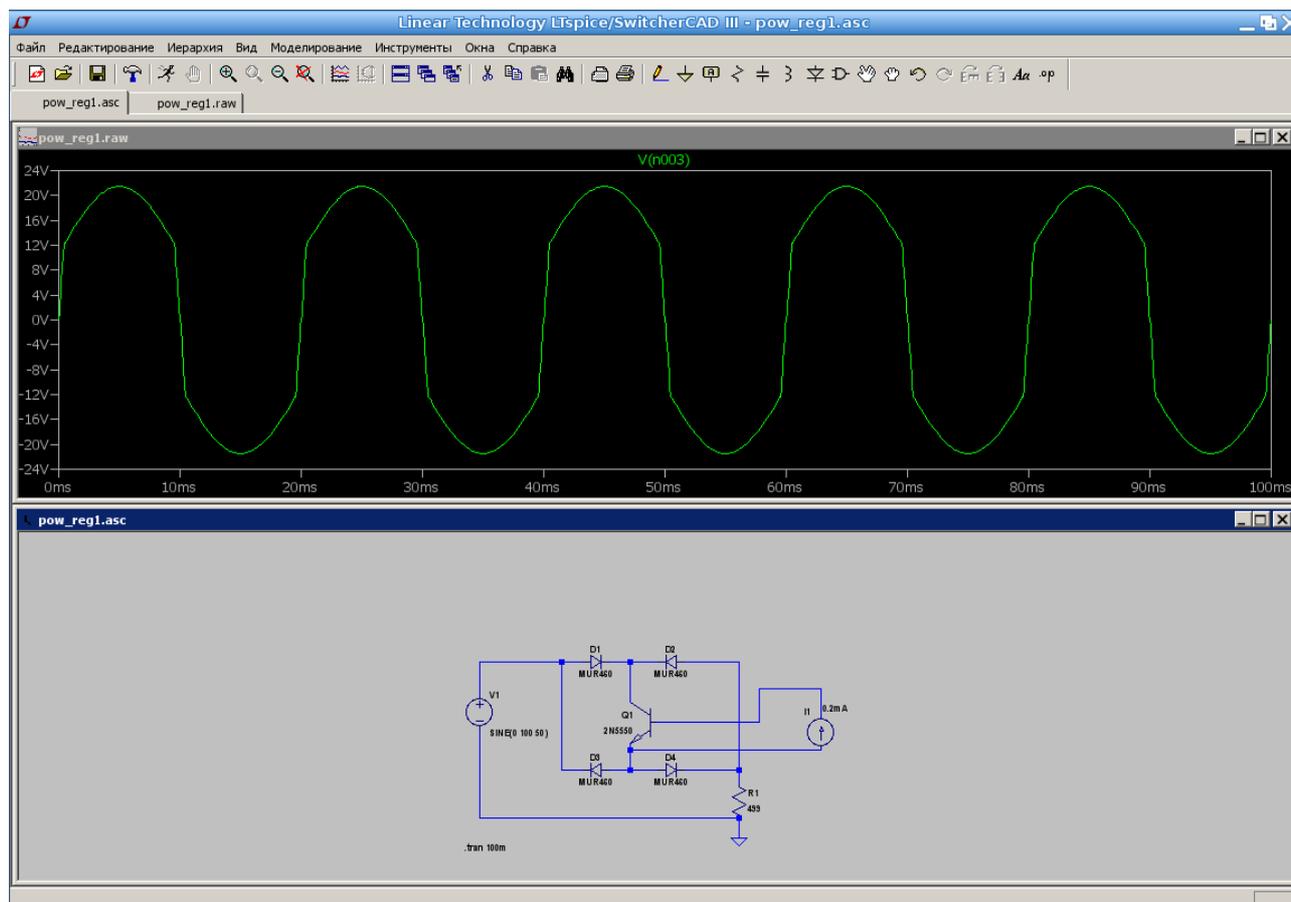


Рис. 1.7. Повторение предыдущего эксперимента в программе LTspice (SwCAD III)

При токе источника  $I_1$  равном 0.2 мА искажения тоже имеют место, хотя я постарался выбрать транзистор с допустимым напряжением эмиттер-коллектор равным 150 В, а амплитуду переменного напряжения ограничил 100 В. При токе в 2 мА характер напряжения меняется.

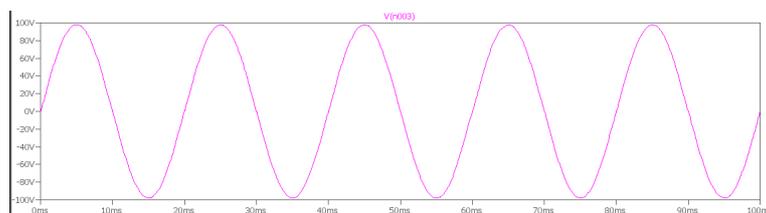


Рис. 1.8. Характер напряжения при управляющем токе 2 мА

Таким образом, когда транзистор полностью открыт, а разные токи полного открывания транзистора могут зависеть от статического коэффициента усиления, тогда напряжение практически синусоидально, иначе его форма искажена. Но характер искажений в двух программах различен. Зависит ли это от моделей транзисторов, от программ или эти

искажения появятся и в реальной схеме? Самый простой способ выяснить это — собрать схему на макетной плате. Но мне хотелось бы выяснить все до сборки, тем более, что я не люблю работать с напряжениями больше 5-12 В. Не люблю, хотя и приходится иногда.

Попробуем разрешить эти сомнения, собрав схему еще в одной из программ, Proteus.

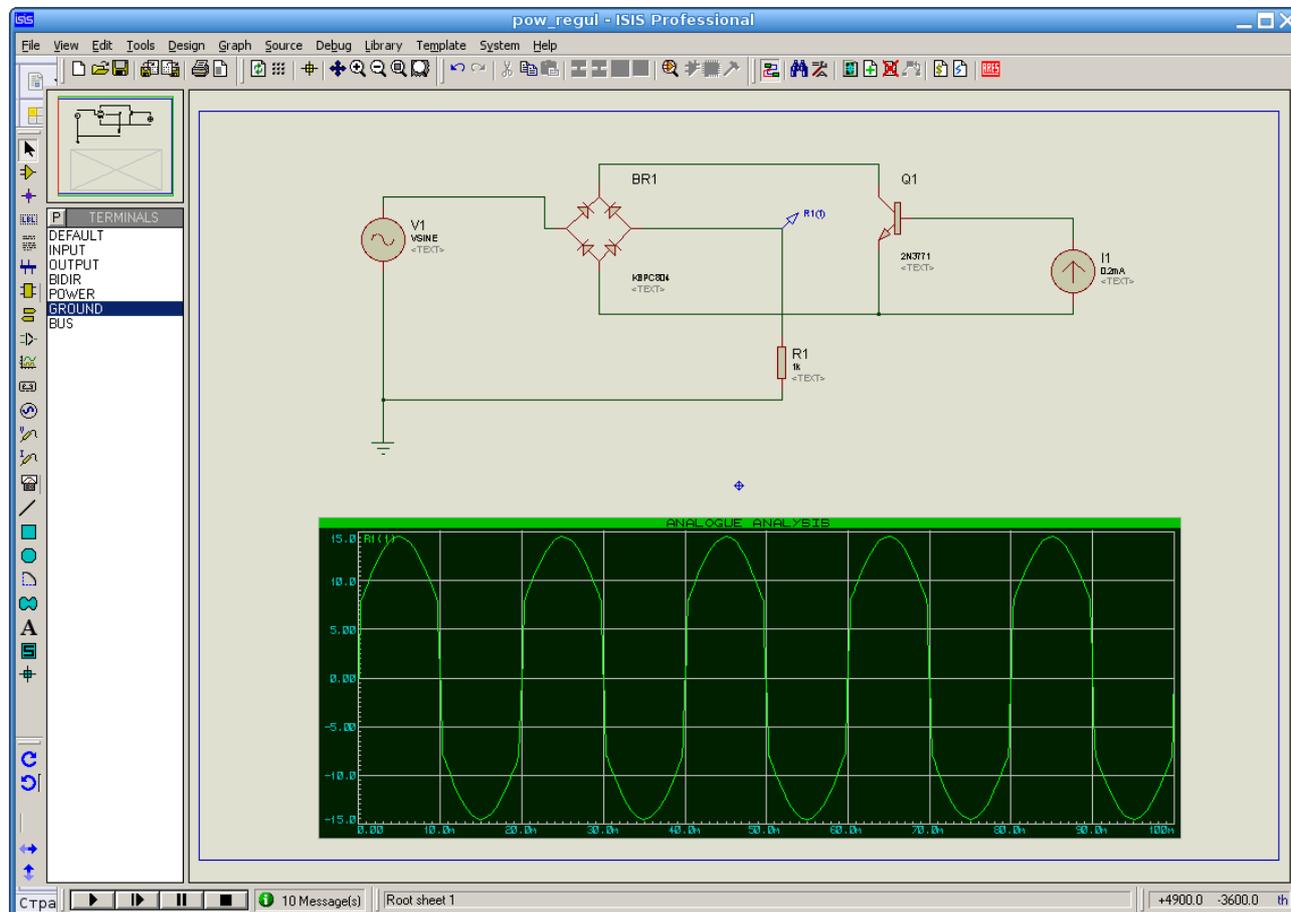


Рис. 1.9. Работы схемы в программе Proteus при управляющем токе 0.2 мА

Видимые искажения могут быть обусловлены тем, что управляющий транзистор, все-таки, не резистор, и его свойства могут зависеть от напряжения на коллекторе, определяемого регулируемым напряжением источника V1. Окончательная проверка возможна только на макетной плате, но я вполне готов довериться программам.

Собственно, зачем программы и схемы? Мне хотелось бы немного поговорить о том, что не так бывает с устройствами, со схемами, которые повторяешь или разрабатываешь сам. Обычно, начиная с макетной платы, ты проходишь тот же путь, который я хочу пройти с программами симуляции электрических цепей.

Очень часто транзисторы выходят из строя так, что перестает работать переход эмиттер-база. Если проверить этот переход с помощью мультиметра, то он ведет себя в точности так, как ведет себя сопротивление величиной в несколько ом (или десятков ом). Попробуем заменить переход транзистора сопротивлением в несколько ом, удалив источник базового тока.

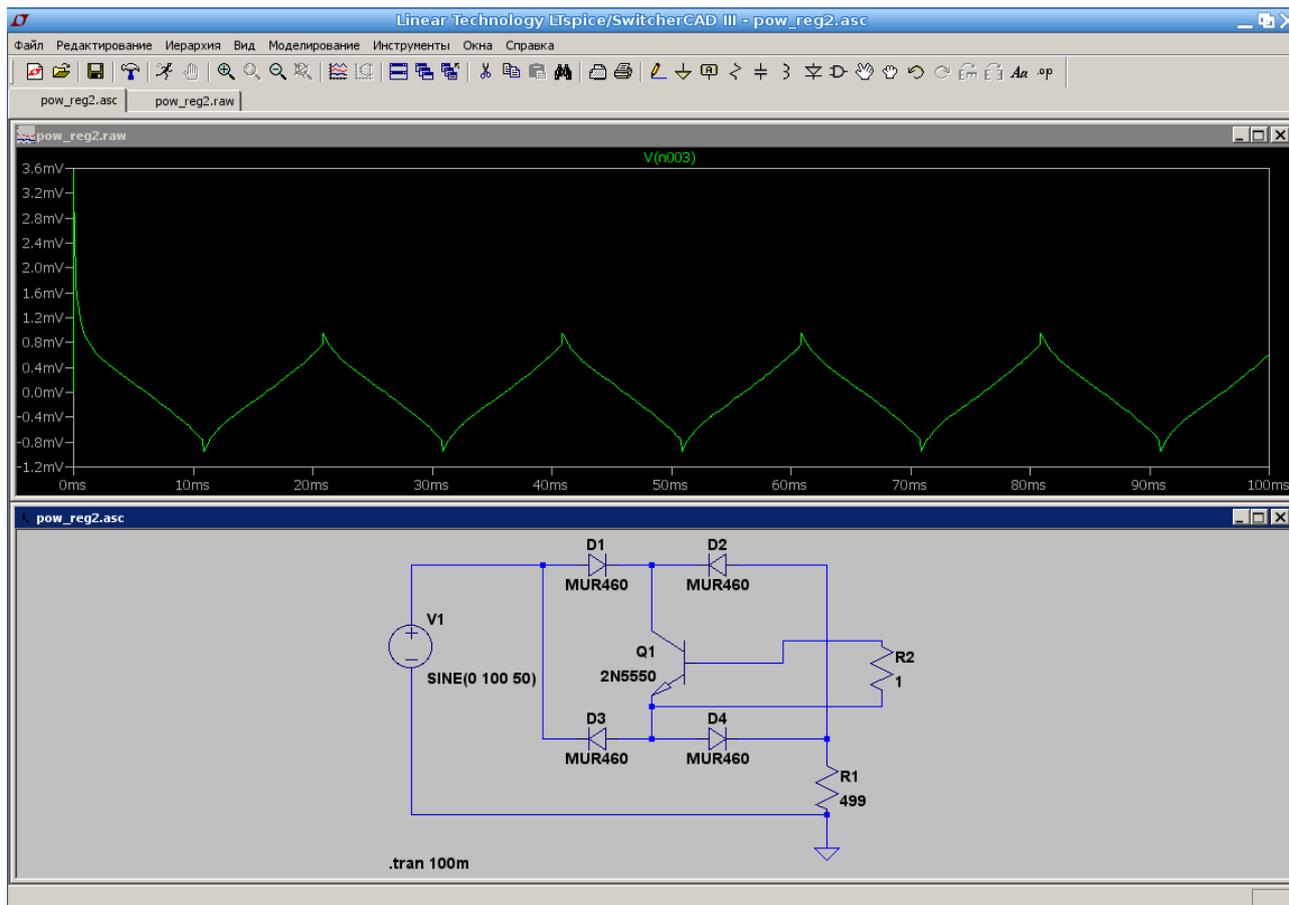


Рис. 1.10. Работы схемы при выходе из строя базового перехода транзистора

Что же, ток в «лампочке» будет определяться токами утечки транзистора, будет очень мал, а, следовательно, и напряжение на нагрузке будет очень мало. В реальной схеме (рис. 1.1) положение регулятора, резистор R1, не будет влиять на яркость свечения лампы, она не будет светиться.

Кстати похожая картина будет наблюдаться при неисправности цепи, создающей базовый ток управляющего транзистора, не будет напряжения на резисторе R1 (рис. 1.1), не будет напряжения на нагрузке. Если неисправность питающего блока вызовет уменьшение управляющего напряжения, то это приведет к уменьшению базового тока и уменьшению напряжения на нагрузке.

Еще одним из часто встречающихся повреждений транзистора бывает пробой эмиттер-коллектор, когда мультиметр показывает сопротивление в несколько десятков или сотен ом при проверке транзистора, и величина этого сопротивления не меняется при смене полярности подключения выводов к прибору. Чтобы увидеть результат такого повреждения заменим транзистор резистором  $R2 = 100 \text{ Ом}$ .

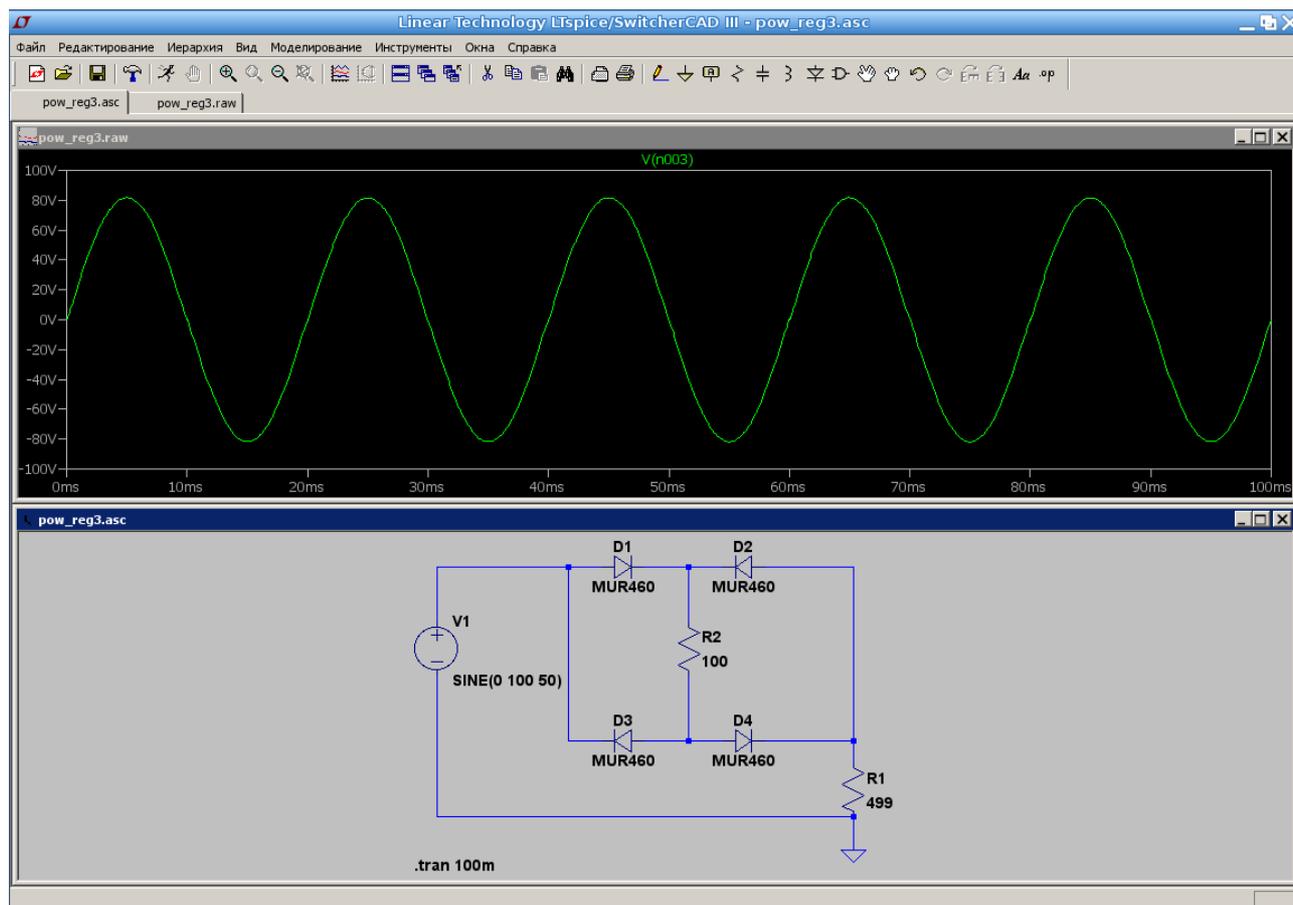


Рис. 1.11. Осциллограмма напряжения на нагрузке при пробое транзистора

При такой неисправности лампочка может светиться, но ее яркость перестанет управляться, свечение лампочки обусловлено соотношением величин сопротивления пробитого транзистора и лампочки. Если сопротивление лампочки много меньше, чем пробитого транзистора, то лампочка и светиться не будет.

Если диоды моста D1-D4 выбраны неправильно, то они тоже могут выйти из строя, и будут вести себя подобно пробитому транзистору. Заменяем два из диодов в схеме резисторами сопротивлением в 100 Ом. Выбор именно этих диодов ничем не обусловлен и случаен. Можно перебрать все варианты и увидеть, как ведет себя схема в каждом случае. Некоторые программы позволяют в свойствах заданные неисправности, но это не меняет сущности происходящего, а выгода от использования программы только в том, что нет необходимости, скажем, производить намеренную поломку компонента, или проверять мощность необходимого для «подмены» резистора.

Но если вас интересует, или есть необходимость, проверка всех возможных случаев выхода из строя компонентов устройства, есть смысл составить предварительный список, который в дальнейшем и будет проверен. При этом можно учесть не только один вид неисправности, но все виды, скажем, и пробоя диода, приводящего к тому, что он превращается в резистор, и пробоя, приводящего к обрыву диода. Поведение устройства может оказаться различным при разных характерах повреждения.

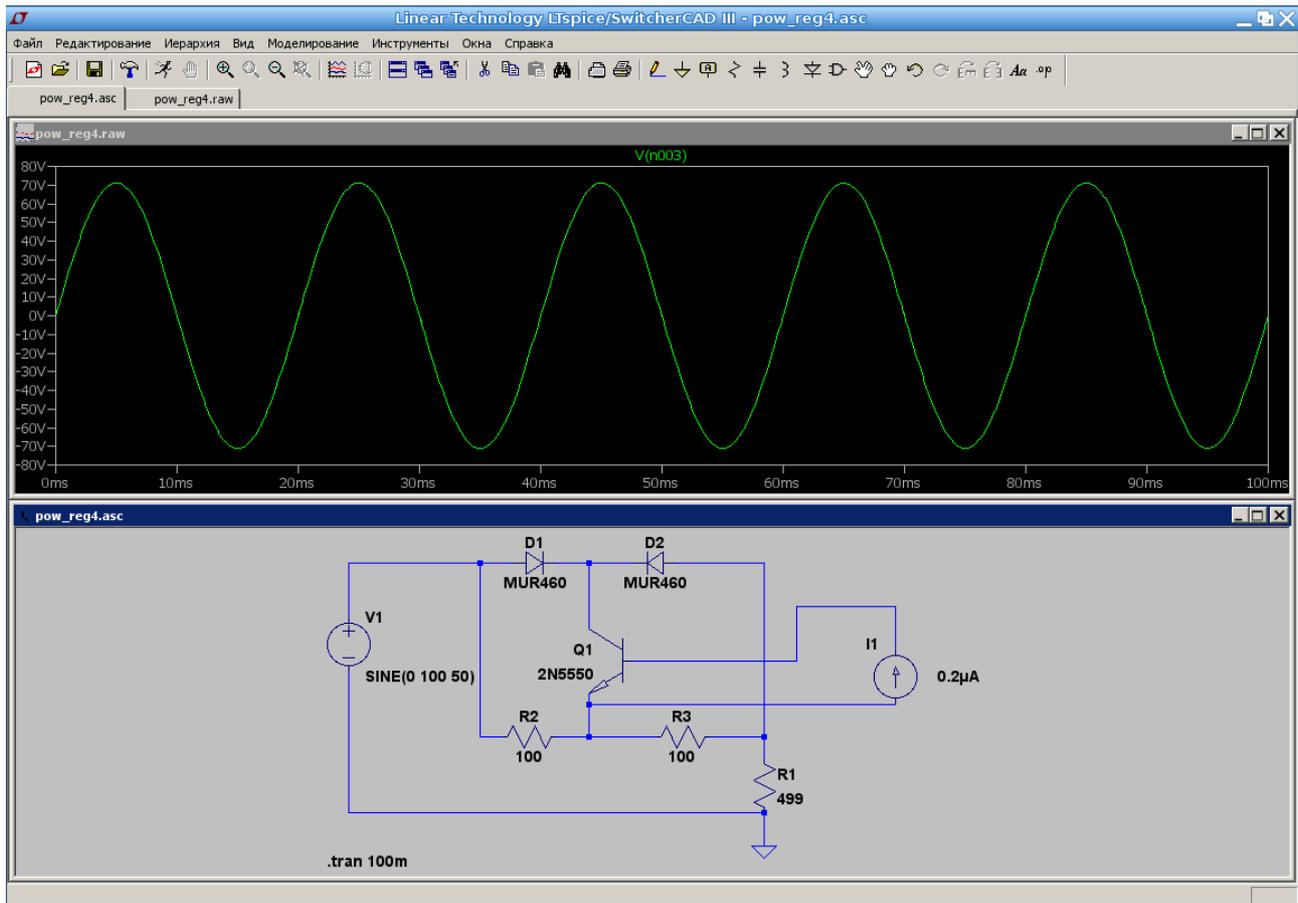


Рис. 1.12. Поведение схемы при пробое диодов

Как видно из осциллограммы, ток от источника переменного напряжения обходит управляющую цепь, а напряжение на резисторе нагрузки R1 определяется соотношением сопротивления нагрузки и пробитых диодов. Внешне результат может выглядеть аналогично предыдущим экспериментам, то есть, «лампочка» может гореть (или нет, это зависит от сопротивления), но регулировка отсутствует.

Можно продолжить эксперименты по проверке поведения устройства при возникновении неисправностей, но меня больше интересует еще один аспект — регулировка яркости «лампочки» связана с рассеиваемой на транзисторе мощностью. Выделяемое тепло отводится радиатором. А как велика эта мощность? Тем более, что в разных режимах, при разных положениях регулятора R1 (рис. 1.1), эта мощность, видимо, различна.

Программа Qucs позволяет легко добавить измерители тока и напряжения к интересующим меня элементам электрической цепи, позволяет дополнить эти измерения уравнением, которое перемножит полученные значения тока и напряжения. Результат этого действия можно отобразить на диаграмме. Вот модификация схемы.

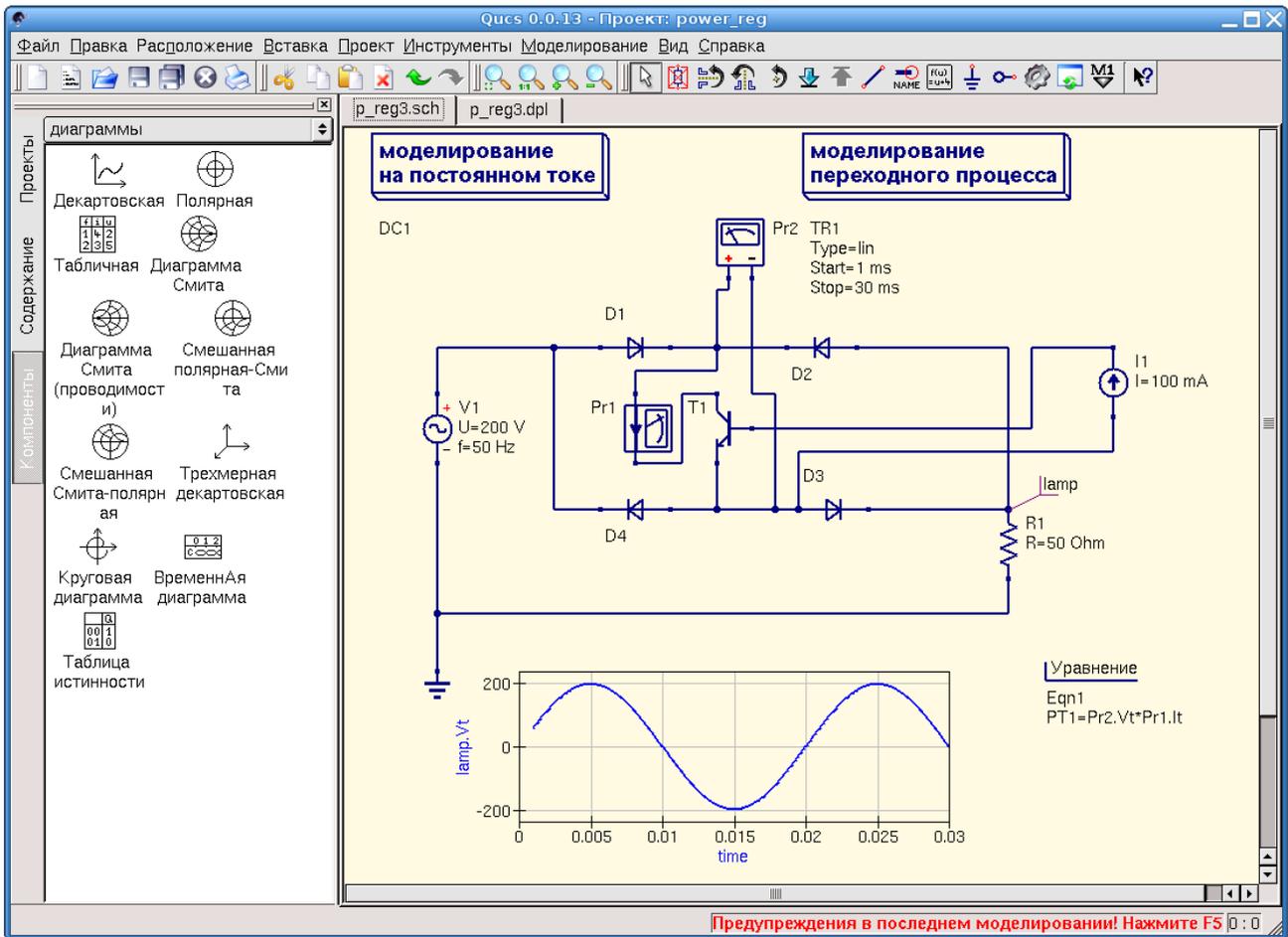


Рис. 1.13. Модификация схемы в программе Qucs для наблюдения за рассеиваемой на транзисторе мощностью

А так выглядят осциллограммы напряжения, тока и мощности на управляющем транзисторе.

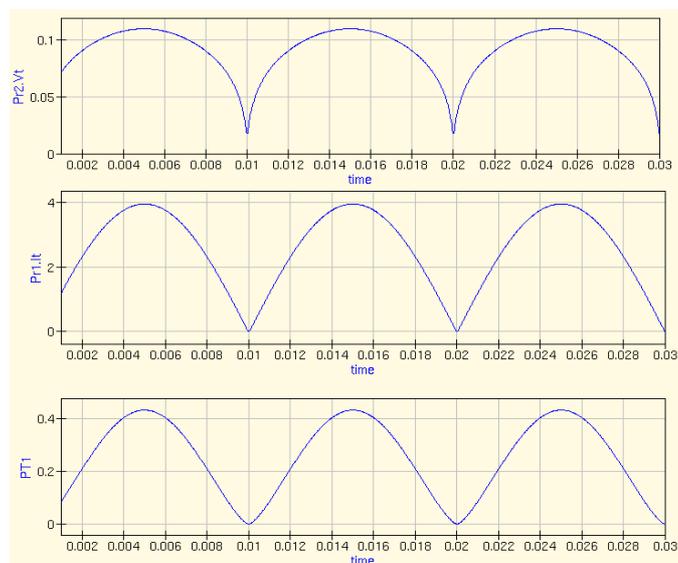


Рис. 1.14. Осциллограммы предыдущей схемы

Нижняя осциллограмма относится к мощности, рассеиваемой на транзисторе T1. По этой осциллограмме можно определить максимальную рассеиваемую мощность или среднюю за период. Максимальная мощность при таком положении регулятора R1 (рис. 1.1) не превышает 0.5 Вт, то есть, мощность, которую легко «переживет» мощный транзистор даже без теплоотвода. Но ситуация существенно изменится, если мы «пригасим» лампу: при уменьшении амплитуды переменного напряжения на нагрузке до 50 В осциллограммы, аналогичные предыдущим выглядят уже иначе. Для этого достаточно изменить ток источника I1 до 10 мА, слегка «закрыв» транзистор T1.

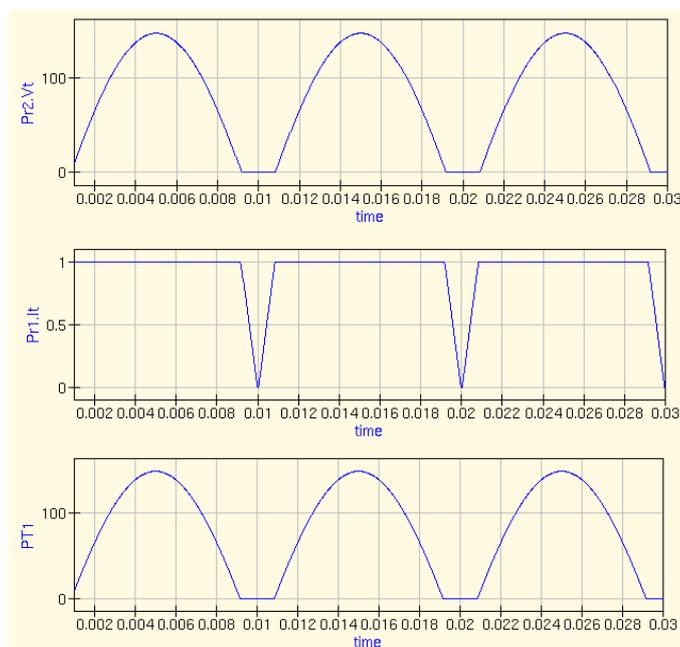


Рис. 1.15. Осциллограммы при уменьшении управляющего тока до 10 мА

Если предыдущие эксперименты меня интересовали больше в качественном плане, я мог использовать «ненадлежащие» значения резисторов, транзистор с неопределенными параметрами, то максимальная мощность рассеивания на транзисторе 150 Вт должны заставить меня задуматься.

В первую очередь это относится к сопротивлению нагрузки, «лампочке», которая будет светиться. При мощности близкой к реальной ее сопротивление должно быть около 1 кОм. Затем следовало бы позаботиться о применении диодов, способных выдержать обратное напряжение при заданном напряжении источника питания. И, наконец, следует подобрать транзистор с допустимым напряжением коллектор-эмиттер, которое не меньше, чем амплитуда напряжения источника V1.

Все необходимые компоненты в программе Qucs можно найти в разделе «Библиотека компонентов» пункта «Инструменты» основного меню. Не все компоненты имеют развернутый список параметров, но выбрать нужные из длинного списка доступных вполне возможно.

После замены значения резистора R1 приходится немного изменить свойства еще одного компонента — «Моделирование переходного процесса», который я несколько раз менял в предыдущих случаях. А заканчивается процесс настройки симуляции подбором управляющего тока источника I1, в данном случае я остановился на значении 1 мА.

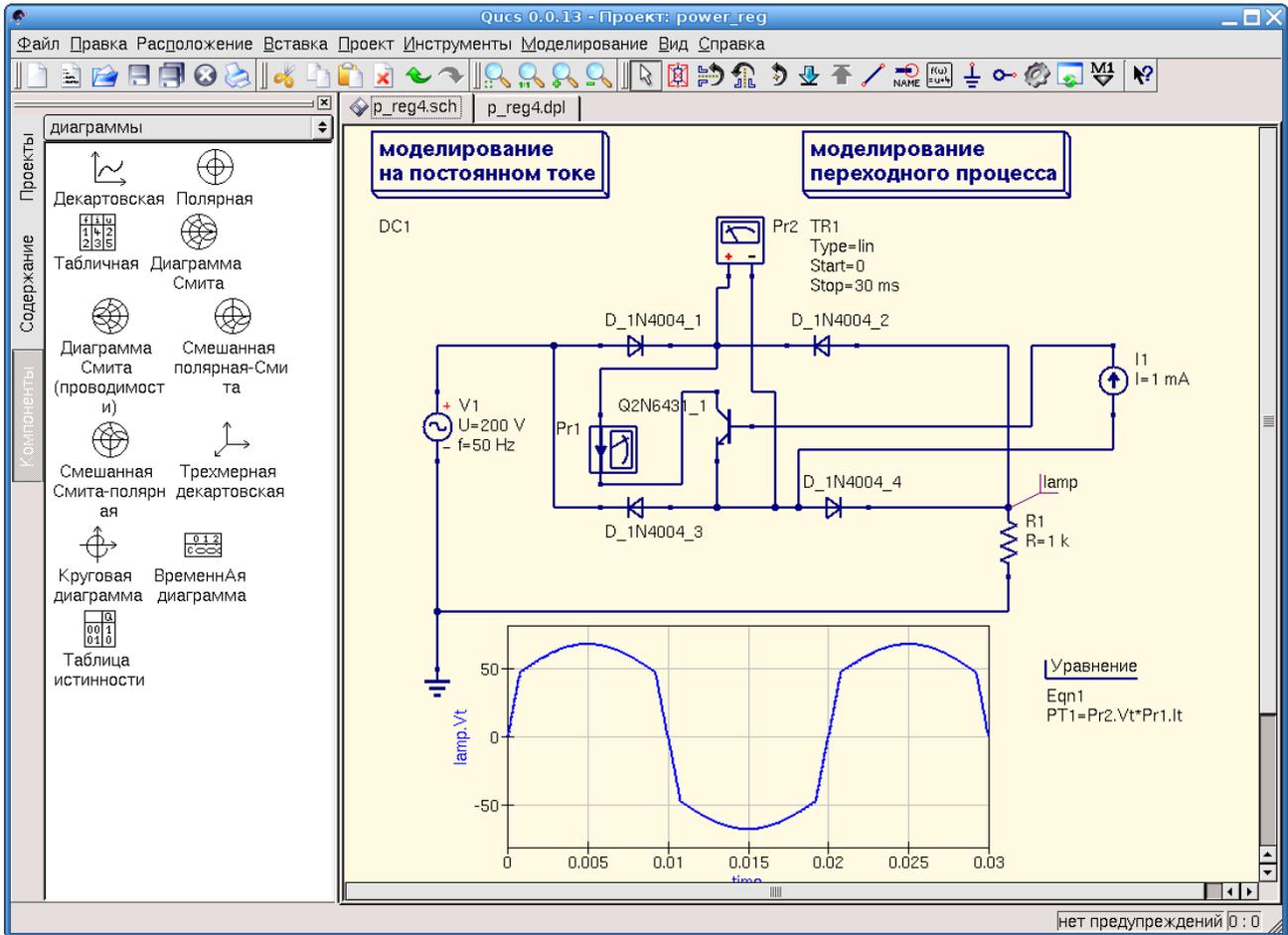


Рис. 1.16. Схема регулятора напряжения после проведенных замен

Диаграмма показывает, что напряжение на нагрузке около трети питающего напряжения, что, в свою очередь, может означать слабое свечение «лампочки» и вполне ощутимое рассеивание мощности на транзисторе. Диаграммы (сверху-вниз) напряжения, тока и мощности, рассеиваемой на транзисторе Т1, выглядят теперь следующим образом.

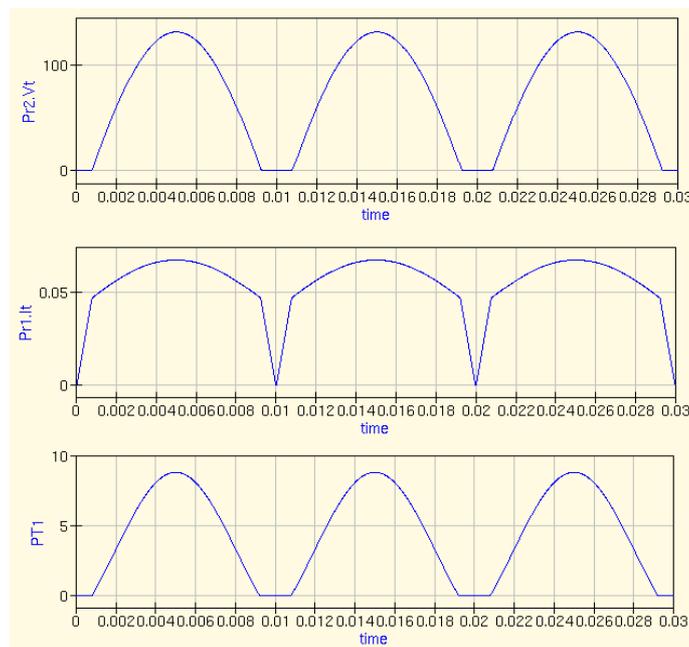


Рис. 1.17. Осциллограммы напряжения, тока и мощности транзистора Т1

Эти диаграммы должны снять беспокойство по поводу рассеиваемой на транзисторе мощности. Теперь максимальная мощность не превышает 8-9 Вт, а такую мощность можно рассеять с помощью обычного радиатора. Дополнительно вид напряжения на нагрузке становится похож на полученный в других программах, что означает — нужно позаботиться о правильном выборе всех элементов схемы, если хочешь получить правильные результаты. Впрочем, это было ясно с самого начала.

Итак, можно сказать, что выигрыш от применения транзистора вместо тиристора в регуляторе напряжения делает габариты устройства больше, но в настоящее время есть тенденция помещать подобные устройства, если говорить именно о регулировке яркости света, в силовых шкафах, где габариты не столь важны, да и фильтры, которые могут потребоваться в случае тиристорного управления, могут сблизить габариты обоих устройств.

Дальнейшие эксперименты с устройством можно было бы обозначить в следующих направлениях: замена трансформатора для получения управляющего напряжения чем-то менее габаритным, замена управления током базы транзистора с помощью потенциометра чем-то более компактным и надежным и т.д. Но это скорее интересные эксперименты, чем необходимые. Схема такая, какая она есть, и совершенствовать ее особой необходимости нет.

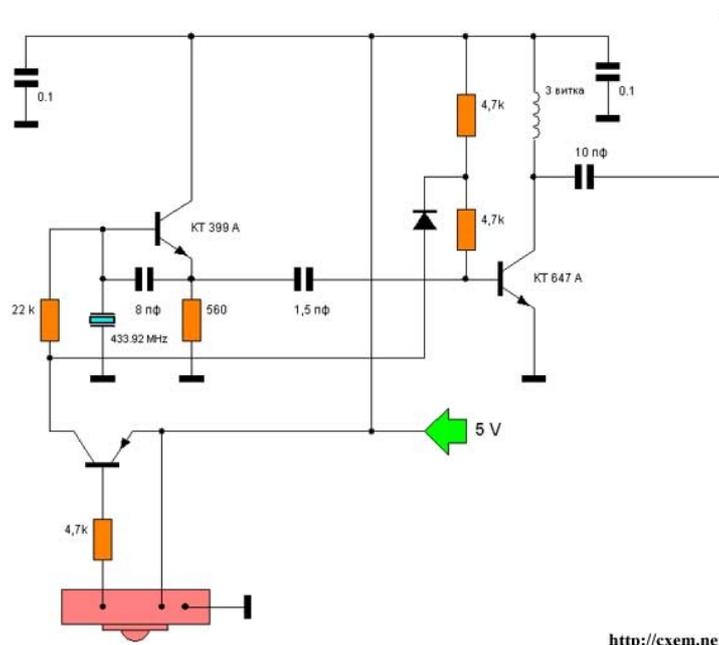
## Автоматика в быту — удлинитель ПДУ

С сайта [schem.net](http://schem.net)

Прислал Сергей, г.Кременчуг

Устройство предназначено для управления спутниковым тюнером из другой комнаты. Эта проблема возникает, когда тюнер один, а телевизоров два или больше в разных помещениях.

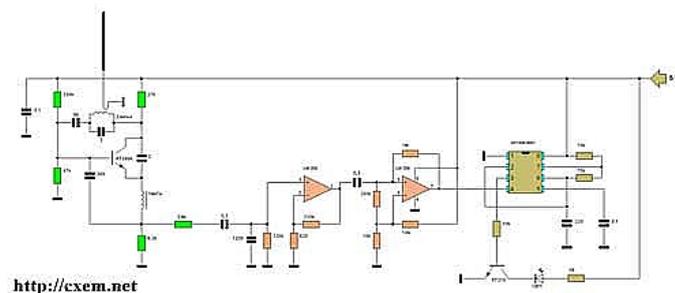
Приемную часть оставляют возле спутникового тюнера, направляя светодиод в окошко его ИК приемника, а передающую вместе с дистанционным управлением уносят в другую комнату, где стоит телевизор.



<http://cxem.net>

Рис. 2.1

Передатчик управляется ИК приемником промышленного производства типа TSOP со встроенным демодулятором несущей (36 кГц). При передаче используется 100% АМ. То есть, если 1 (несущая есть), передатчик включен, если 0 (несущей нет), передатчик выключен. Оконечный каскад передатчика приоткрыт в режиме молчания током 15 мА. Антенны приемника и передатчика — четвертьволновые отрезки провода (16 см).



<http://cxem.net>

Рис. 2.2

Приемник – сверхрегенератор с весьма хорошей повторяемостью (изготовлено 3 экземпляра совершенно без проблем на частоты 433,92 и 418 МГц на СМД элементах) и отличной чувствительностью. Его настройка сводится к подбору емкостей между коллектором и эмиттером транзистора и емкости и индуктивности колебательного контура и катушки связи с антенной. Контролировать сигнал, принятый приемником, можно с выхода первого ОУ (1 вывод LM 358), подключив вход контрольного УНЧ. Второй ОУ, входящий в состав микросхемы – пороговое устройство, с него на таймер идет уже цифровой сигнал. Таймер восстанавливает по приходу высокого уровня несущую частоту 36 кГц и управляет транзистором, зажигающим ИК светодиод.

## Разборка «полетов»

Первый шаг не блещет оригинальностью — если вы можете разобрать что-то на рисунке 2.2, то я могу только догадываться, что на схеме изображены транзисторы, операционные усилители микросхемы LM 358 и таймер 555. Ни номиналы резисторов, ни типы транзисторов мне не доступны. Поэтому первый шаг — обращение на сайт schem.net. И этот шаг успеха не приносит. Изображение точно такое же. Приходится искать оригинал, который обнаруживается на стр. 12 в журнале «Радио» №6 за 2007г. в статье С. Петруся «Радиодлинитель ИК ПДУ спутникового тюнера». Результат не столь красив, но зато можно прочитать схему.

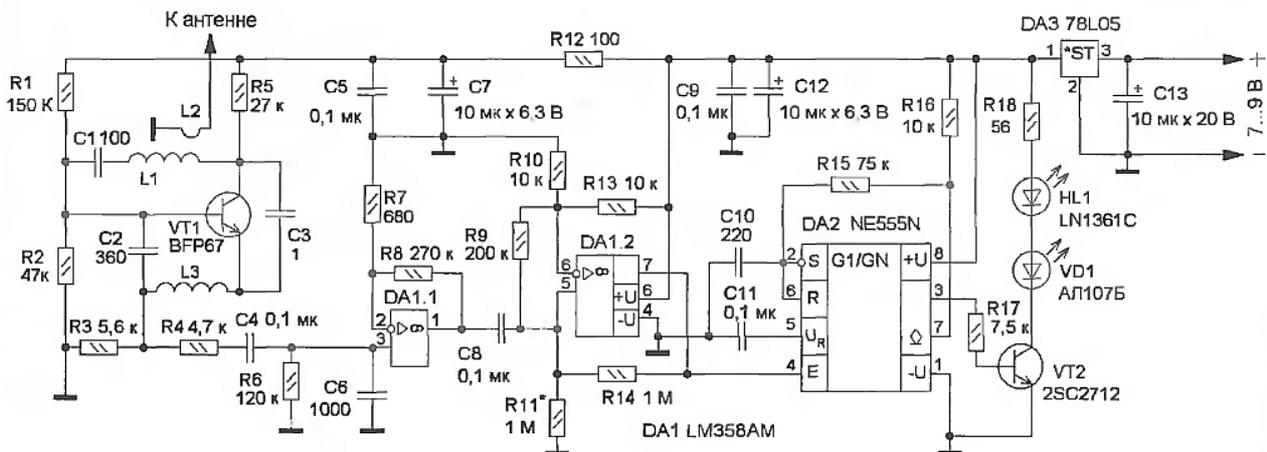


Рис. 2.3. Улучшенное изображение предыдущей схемы

Начнем с приемника ИК сигналов. Микросхема TSOP1736, если она исправна, принимает ИК сигналы, преобразуя их в однополярные прямоугольные импульсы с амплитудой 5 В, ее легко заменить при моделировании источником прямоугольных импульсов. А вот задающий генератор... Далеко не всегда эта схема поддается моделированию, далеко не все программы EDA имеют кварцевые резонаторы, а если и имеют, то мне кажется, скорее для использования их при разводке печатной платы, чем при симуляции, а резонаторы на поверхностных акустических волнах я не встречал ни в одной из программ. Думаю, в отношении задающего генератора лучше полностью доверится автору статьи, который в этом хорошо разбирается, а в программе заменить его источником переменного напряжения, что более всего отвечает логике работы программы. В этом случае модель приемника ИК сигналов должна выглядеть как-то так.

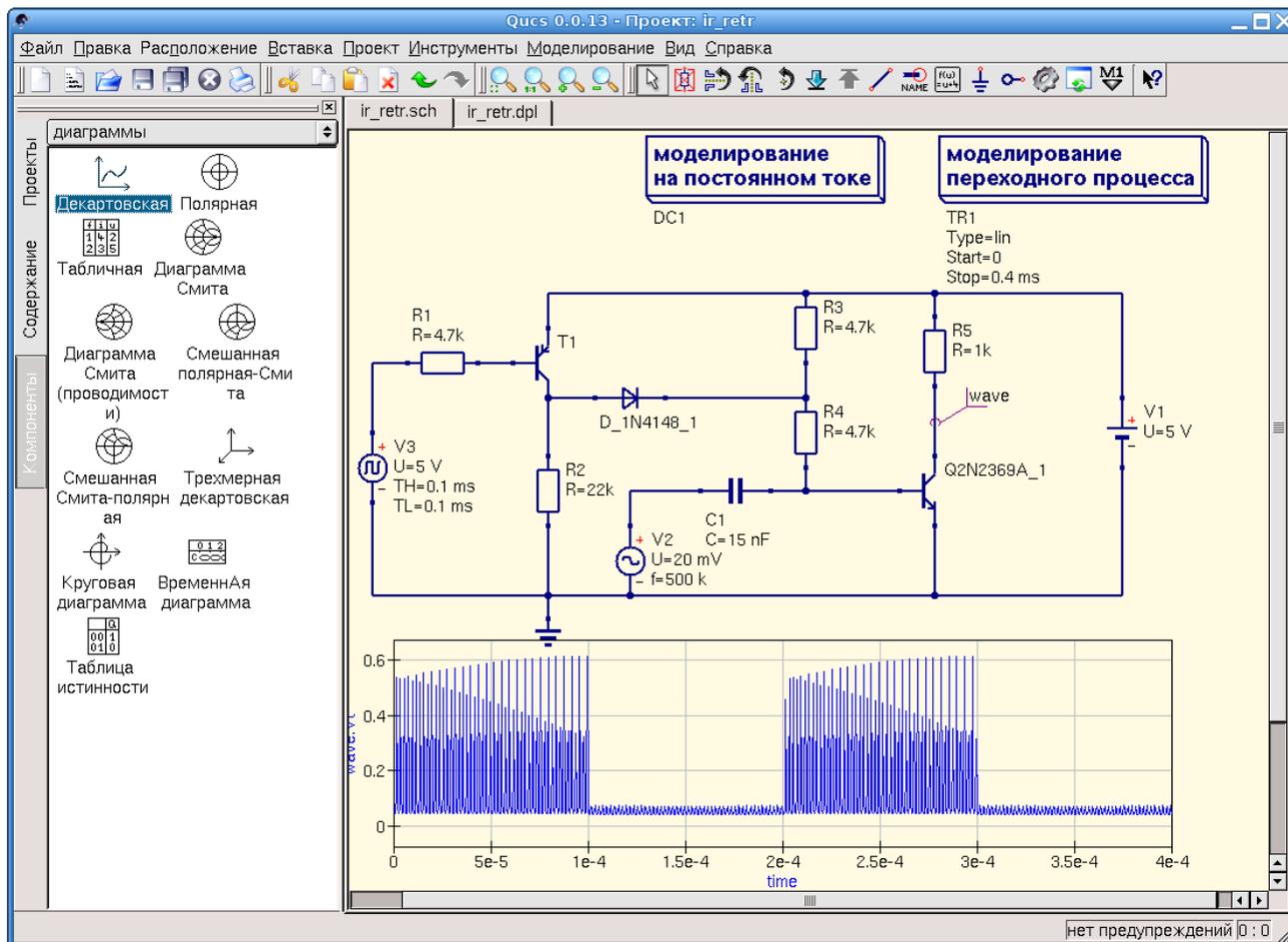


Рис. 2.4. Приемник ИК сигналов в программе Qucs

Чтобы оживить моделирование пришлось внести столь существенные изменения, что модель получилась очень далекой от исходной. Частота задающего генератора уменьшилась до 500 кГц (это с 434 МГц!), частота ИК импульсов увеличилась, вдобавок, если в исходной схеме транзистор Т1 включал задающий генератор, то в модели он только меняет режим работы выходного каскада усиления. Не думаю, что такое моделирование дает больше, чем простое разглядывание схемы, но не думаю, что у любителя есть возможность использовать и должны измерительные приборы, чтобы измерить и увидеть все процессы исходной схемы. По этой причине хотелось бы извлечь максимум пользы из процесса моделирования. Если с низкочастотной (ИК) частью схемы все более или менее ясно, если задающий генератор приходится принимать таким, каков он есть, то с каскадом усиления выходного сигнала можно, все-таки, провести несколько экспериментов по моделированию.

Убрав из схемы все лишнее, вернув частоту задающего генератора к значению 434 МГц, можно проверить, как схема будет работать с резистивной нагрузкой, и что произойдет при замене резистора катушкой индуктивности. А если учесть, что индуктивность этой катушки мы не знаем, то моделирование уже приобретает некоторый смысл. В первом эксперименте попробуем сравнить выходной сигнал при сопротивлении нагрузки 1 кОм и при использовании катушки индуктивности, имеющей такое же индуктивное сопротивление.

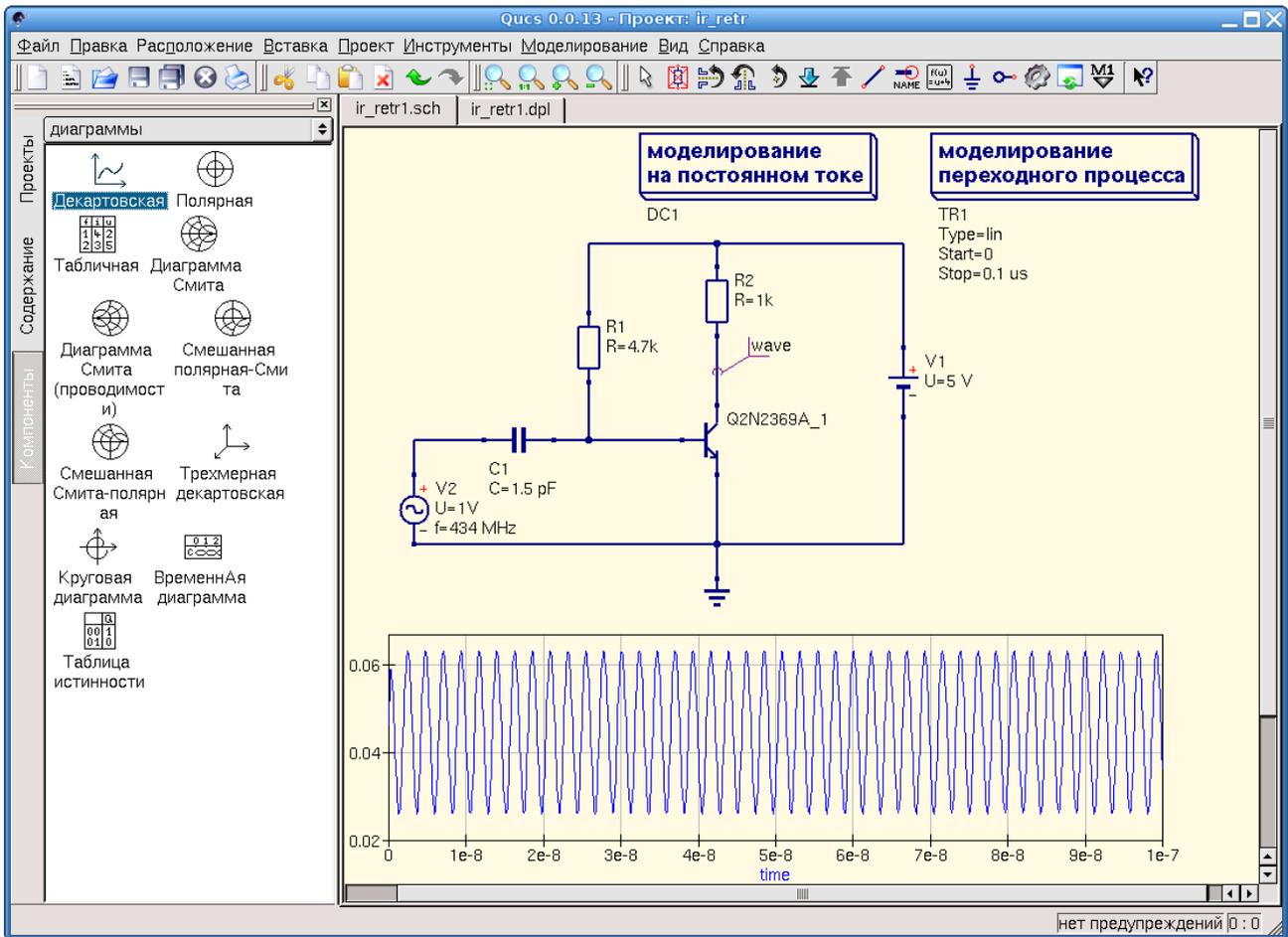


Рис. 2.5. Проверка выходного усилителя при нагрузке 1 кОм

Осциллограмма той же схемы при замене резистора индуктивностью 0.4 мкГн.

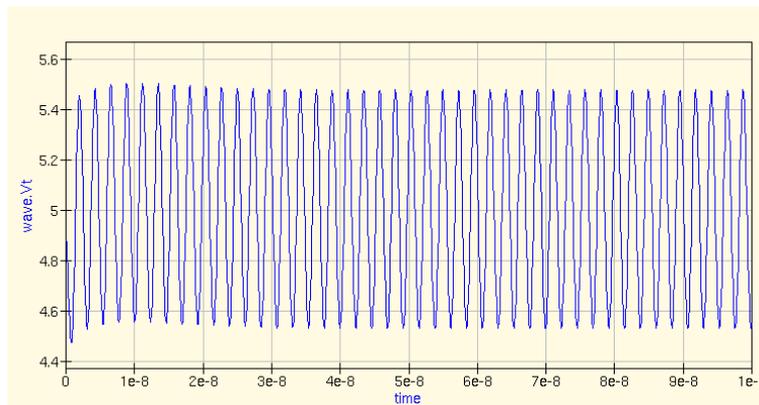


Рис. 2.6. Осциллограмма работы усилителя при индуктивной нагрузке 0.4 мкГн

Еще более ощутимая разница возникает при замене транзистора 2N2369A, имеющего граничную частоту усиления 600 МГц, на транзистор 2N2222 с граничной частотой 300 МГц.

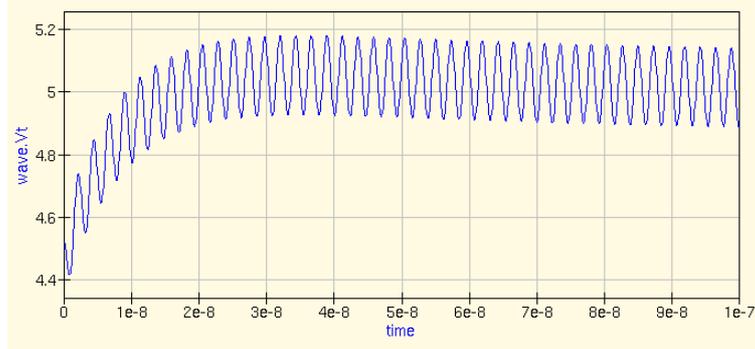


Рис. 2.7. Осциллограмма работы усилителя при замене транзистора

Конечно, если собирать схему, то подобные отступления от рекомендаций автора устройства по выбору элементов не должны иметь место, но не думаю, что любой из тех, кто повторит схему, имеет возможность наблюдать, к чему могут привести непродуманные изменения. Еще один полезный эксперимент можно провести, изменив вид моделирования.

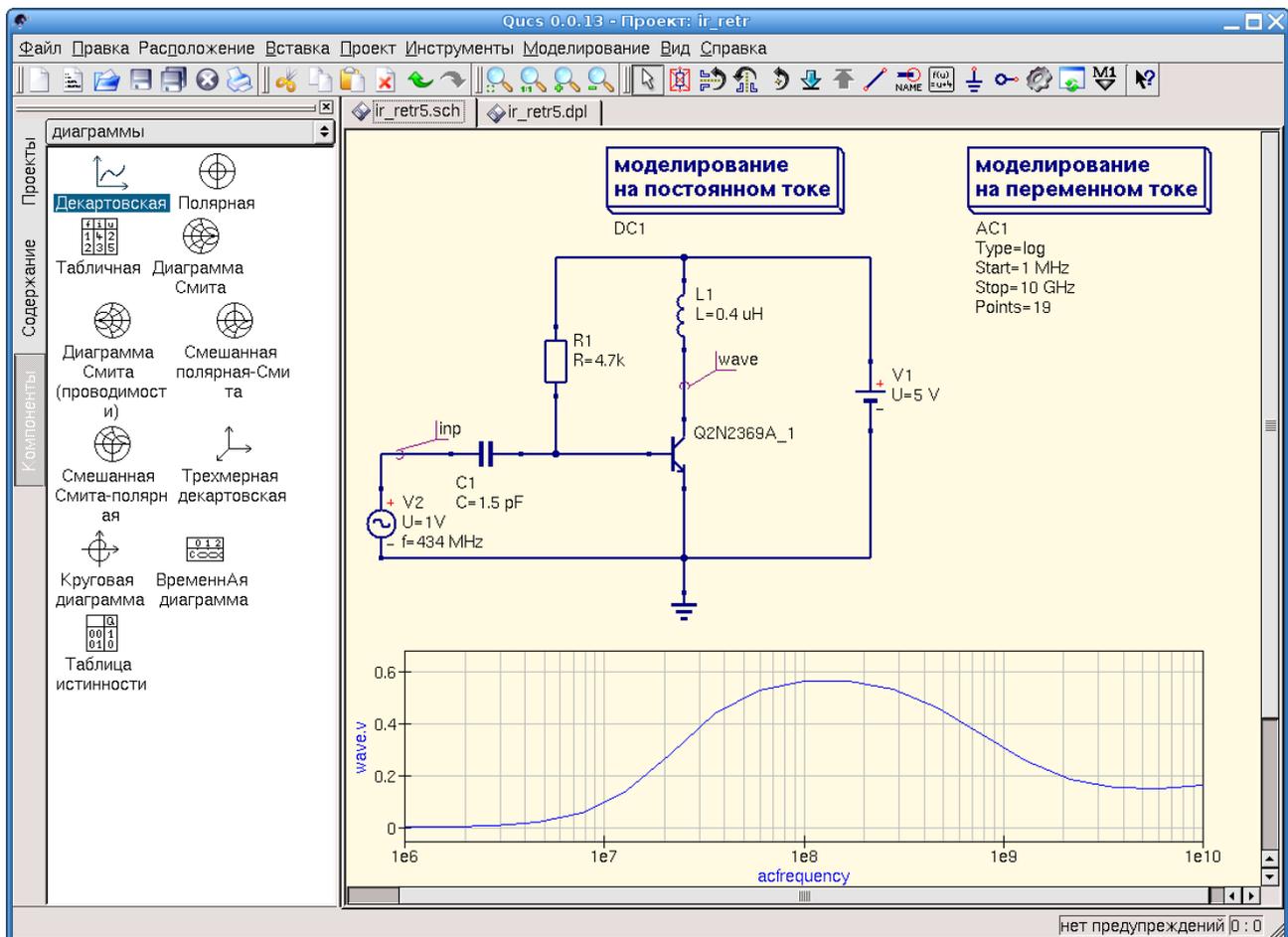


Рис. 2.8. Получение амплитудно-частотной характеристики усилителя

Все сделанные эксперименты не слишком наглядно демонстрируют работу схемы, но попытка повторить схему на макетной плате может привести к не менее «ненаглядным» результатам. Дело в том, что на радио частоте работы устройства его лучше проверять именно с теми элементами, о которых говорится в описании, а собирать макет, используя резисторы и конденсаторы для поверхностного монтажа, более того, без рекомендованной

печатной платы, это тоже не самое остроумное решение, поскольку паразитные емкости и индуктивности проверенной автором платы, и аналогичные не проверенной макетной или обычных конденсаторов и резисторов, могут очень сильно исказить результаты проверки. Например, емкость всего в несколько пикофард между коллектором транзистора и землей может изменить амплитудно-частотную характеристику усилителя.

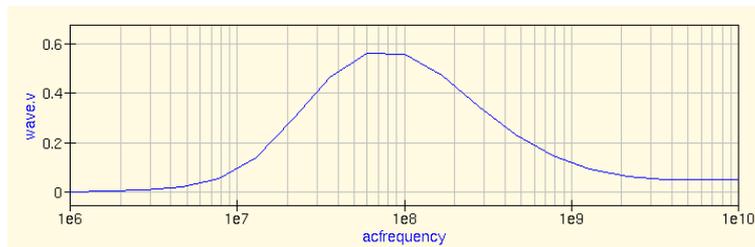


Рис. 2.9. Изменение АЧХ каскада при появлении паразитной емкости

Разница между этим и предыдущем случаем на частоте 400 МГц по напряжению, примерно, в два раза, а это существенно. Емкость, добавленная в схему между коллектором и землей — 5 пФ. Не так уж много. Но, поскольку я не проверяю это на реальной макетной плате, все эти эксперименты за компьютером кажутся бессмысленными даже мне. Если...

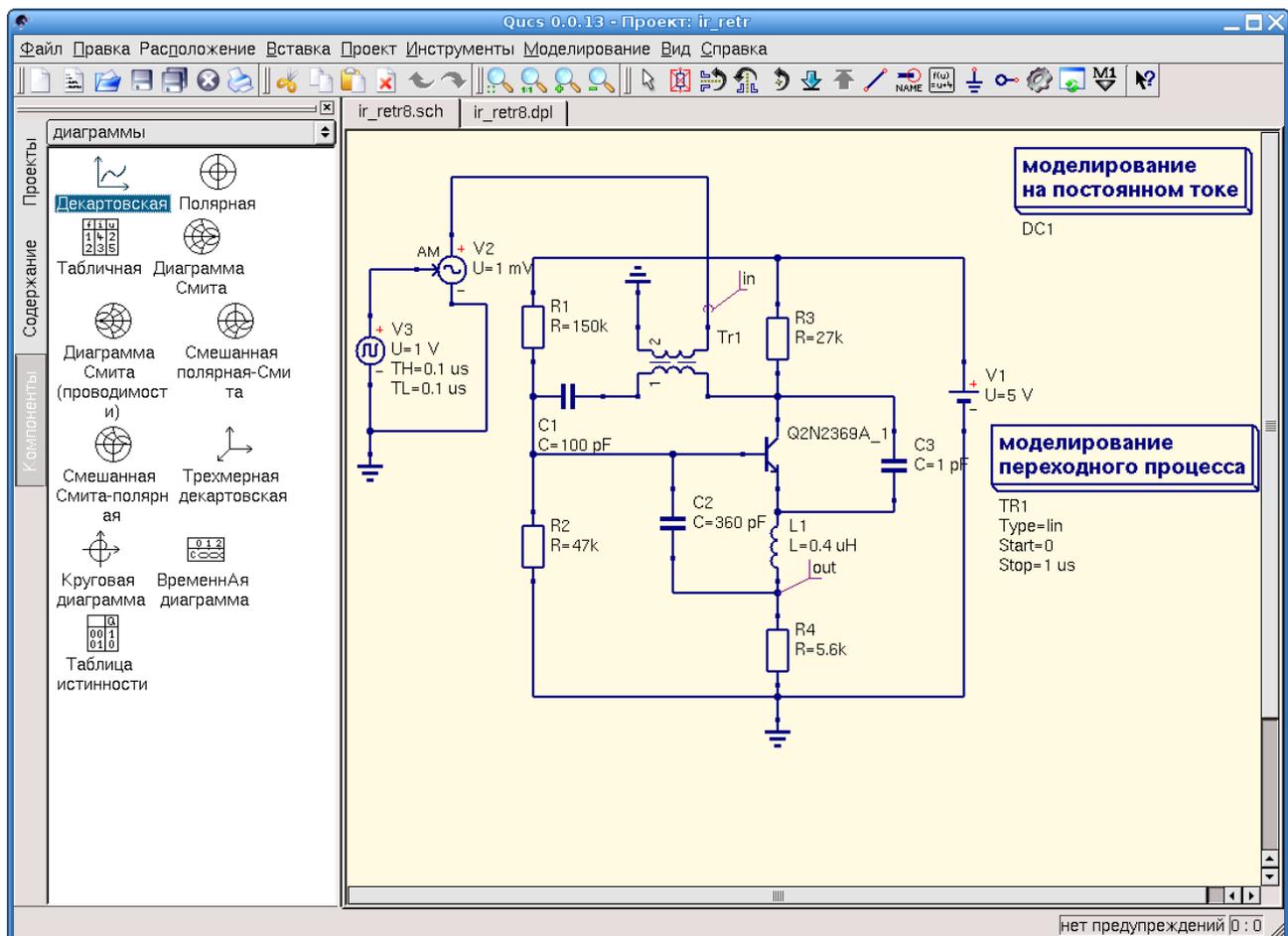
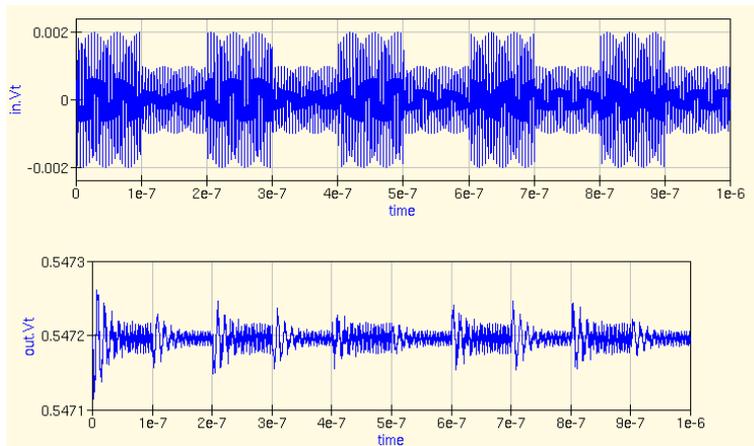


Рис. 2.10. Схема радиоприемника ИК удлинителя

Посмотрим, что мы получаем из «эфира» (комбинация источника прямоугольных импульсов V3 и амплитудно-модулированного V2), и что появится на выходе (метка *out*).

Рис. 2.11. Осциллограммы точек *in* и *out* предыдущей схемы

Такие осциллограммы не производят хорошего впечатления. В первую очередь я не уверен в выборе индуктивности катушек трансформатора Tr1. Но, чтобы не гадать, можно попробовать получить амплитудно-частотную характеристику каскада.

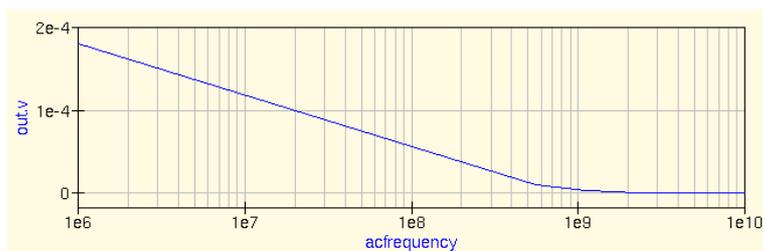


Рис. 2.12. Амплитудно-частотная характеристика каскада

Усиление на частоте 400 МГц очень мало. Изменив значения индуктивности, можно получить другую АЧХ.

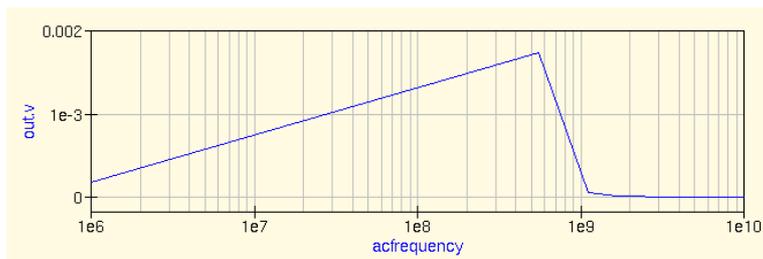


Рис. 2.13. АЧХ после изменения индуктивности Tr1

Эта АЧХ получена при значении  $L1 = 0.1$  мкГн и  $L2 = 0.05$  мкГн. Моделирование схемы при таких значениях дает гораздо лучший результат.

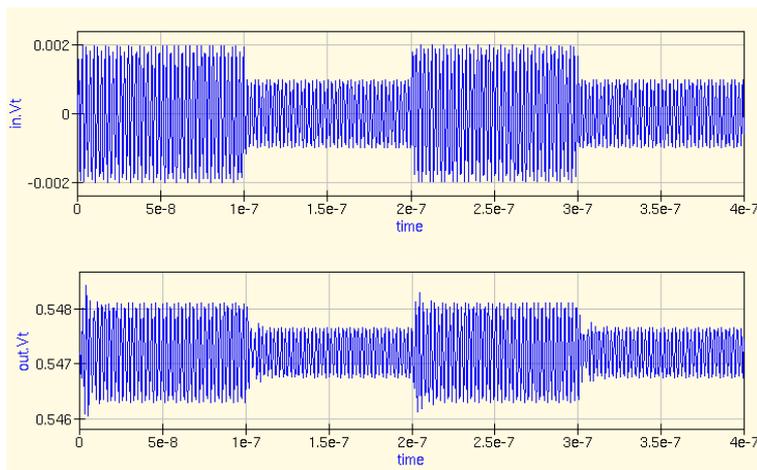


Рис. 2.14. Осциллограммы после изменения индуктивности

Я вновь не могу посмотреть это на осциллографе, но эти эксперименты лишней раз убеждают меня в необходимости точно соблюдать рекомендации, а если даже при соблюдении всех рекомендаций что-то не получается, есть возможность сделать разумные предположения о причинах неудачи.

Для определения индуктивности катушек L1, L2 и L3 рассчитаем их значения: L1 = 0.01 мкГн, L2 = 0.002 мкГн, L3 = 0.11 мкГн. Как видно, я ошибался при подстановке значений, но проверка при правильных значениях индуктивности уже не меняет ни качественной, ни количественной картины наблюдений. Все полезное, что можно было извлечь из прямого моделирования схемы, похоже, было сделано. А меня интересует продолжение схемы.

Причина такого интереса отсутствие привычного для меня детектора в приемниках амплитудно-модулированного сигнала. С выхода первого каскада сигнал через некоторый фильтр приходит на микросхему операционного усилителя. В описании говорится, что сигнал после прохождения через приемный каскад усиливается. Насколько я знаю, LM358A не будет усиливать сигнал на частоте 434 МГц. С другой стороны, фильтр, состоящий из R4C4R6C6 (рис. 2.3), должен существенно «подавить» эту частоту. Или нет?

Проще всего посмотреть амплитудно-частотную характеристику этой части схемы.

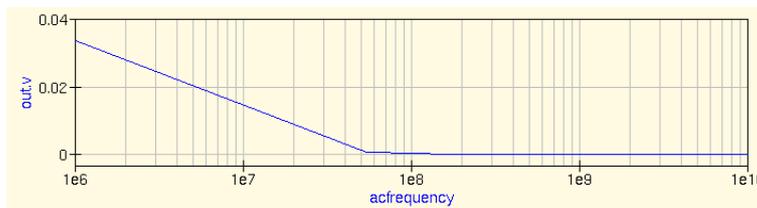


Рис. 2.15. АЧХ цепи связи приемного и усилительного каскада

Как я и предполагал, к частоте 50 МГц на выходе цепи сигнал снижается до нуля. Эта цепь явно служит для подавления несущей частоты. Тогда, что же усиливает операционный усилитель?

Единственное разумное предположение, которое я могу сделать (хотя проще было бы заглянуть в журнал «Радио» №2 за 2007г., где есть еще одна статья автора схемы, касающаяся именно радио-модулей), что при наличии несущей частоты ток, потребляемый первым каскадом существенно отличается от тока в отсутствие частоты (или наоборот, что не столь пока существенно).

К сожалению моделирование не подтверждает этого предположения, что либо связано с моделированием, либо с тем, что предположение неверно. Остается либо предположить, что каскад на первом транзисторе играет роль и первого каскада приемника, и детектора, либо обратиться к статье, в которой подробнее рассказывается о свойствах приемника. Второй вариант мне нравится больше.

Но и он не приносит больше информации, чем есть на схеме. Единственное подтверждение, которое удастся найти в статье — ток первого каскада приемника около 120 мкА, при моделировании он получался равным 122 мкА. Что ж, я сделал все, что мог, пусть другие сделают больше. Хотя, можно рассмотреть работу компаратора на второй половине микросхемы LM358A и работу генератора несущей частоты ИК сигнала. В программе Qucs нет готового компонента таймера 555, его можно собрать и использовать как подсхему, но я использую другую программу, а в Qucs рассмотрим работу компаратора по причине того, что модели LM358A не оказалось ни в одной из доступных мне программ.

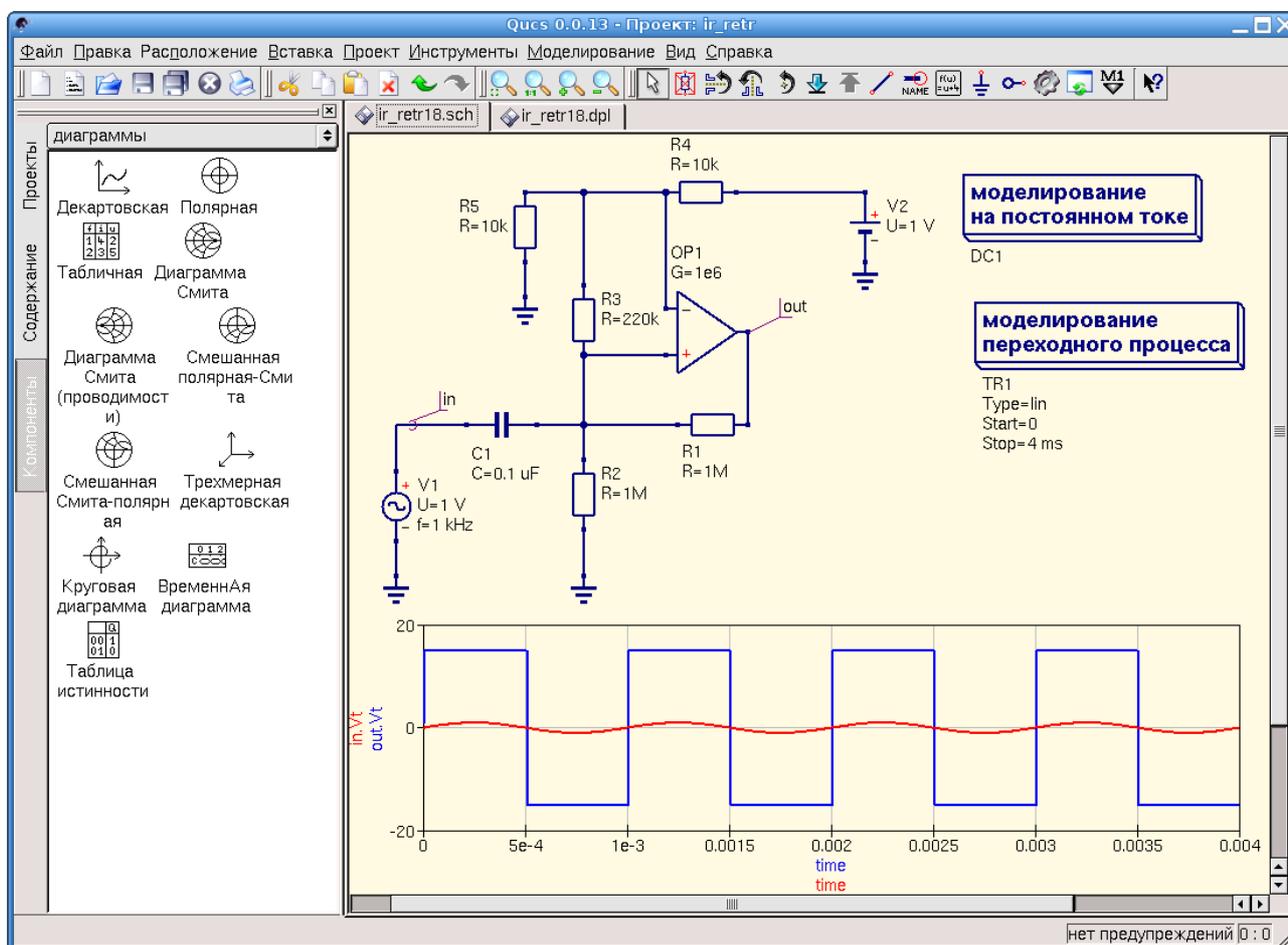


Рис. 2.16. Компаратор схемы приемника на ОУ

Чтобы «ярче» выделить существо процесса, я использую на входе источник синусоидального сигнала. Схемы подобные этой применяются достаточно часто, так что совсем не обязательно рассматривать конкретную модель операционного усилителя, хотя некоторые особенности могут быть. Итак. Операционный усилитель не имеет цепи отрицательной обратной связи, то есть, работает с максимальным усилением. Инверсный вход подключен к питающему напряжению через делитель. Как только сигнал на прямом входе примет значение, при котором на входах появляется разностное положительное напряжение, на выходе операционного усилителя устанавливается максимальное

положительное напряжение. Положительная обратная связь через резисторы R1 и R2 способствует ускорению переключения. При изменении полярности разностного сигнала на выходе устанавливается максимальное отрицательное напряжение. При одно полярном питании ОУ этому отвечает напряжение равно нулю на выходе. Словом, единственное, что мне хотелось выделить, это превращение сигнала не прямоугольного вида в прямоугольный. И, наконец, генератор на таймере 555.

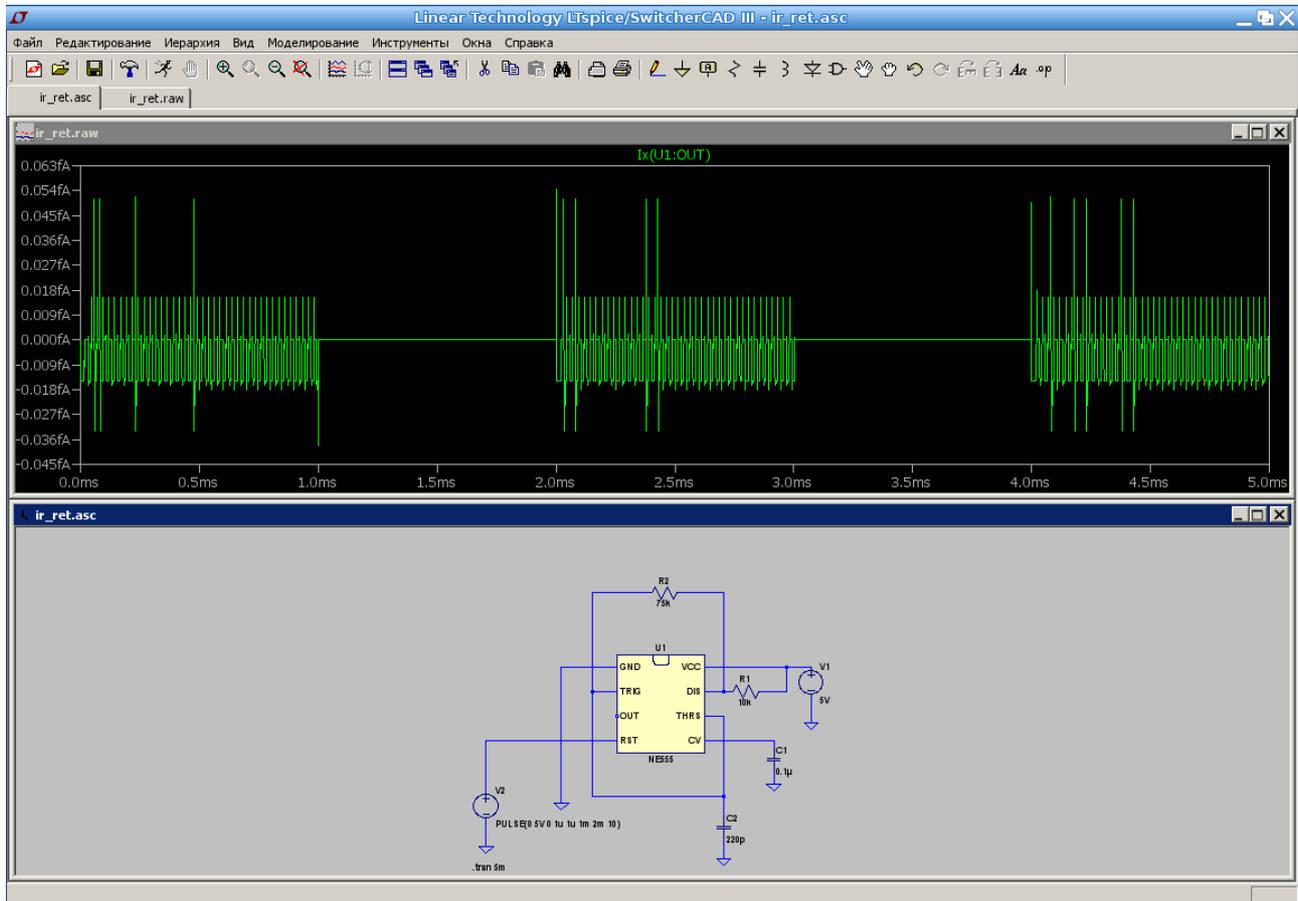


Рис. 2.17. Генератор несущей частоты ИК сигнала

Это моделирование выполнено в программе SwCAD III. В качестве источника сигнала, приходящего на вход RST таймера 555 использован генератор меандра с периодом 2 мс. Сигнал наблюдается на выходе OUT, как и положено. При высоком значении напряжения на входе начинается процесс генерации несущей частоты ИК сигнала, при низком несущая частота выключена.

Мне остается только добавить, что использование таймера 555 — самое простое и удобное решение, а при проверке макета можно попробовать в качестве излучающего светодиода обычный красный индикаторный светодиод типа АЛ307, который легче найти в запасниках, чем ИК светодиод. При размещении рядом с приемным окном управляемого устройства этот светодиод вполне может оказаться работоспособным.

## Автомобильная электроника — устройство оповещения с радиоканалом

Предыдущая схема показалась мне очень полезной для разного рода применений в любительской практике. Но остался осадок от того, что работу задающего генератора не удалось посмотреть. Да и частота 434 МГц... Ее часто используют в разных устройствах, я сам пользовался пультом управления, работающим с этой частотой, но для домашних экспериментов, как мне кажется, можно использовать радиоканал на частоту близкую к 27 МГц. На этой частоте работают радиоуправляемые модели, и, надеюсь, государственные органы надзора не слишком отслеживают использование этой частоты.

По выше приведенным причинам хочу рассмотреть работу еще одной схемы с сайта «Радиотехник». Статья очень подробная, есть много полезных рекомендаций, но всю статью приводить не буду — при необходимости ее можно найти на сайте. Мне же интересно попытаться счастья с моделированием другого задающего генератора, и немного поговорить об использовании передатчика для целей не обозначенных в статье.

С сайта [cxem.net](http://cxem.net)

Для работы охранных устройств с оповещением по радиоканалу Государственным комитетом по радиочастотам выделена фиксированная частота 26,945 МГц. А чтобы обеспечить для передатчика ее высокую стабильность в широком температурном диапазоне (-40...+60°C), необходимо использовать кварцевую стабилизацию частоты.

Передатчик собран по классической схеме. Высокочастотный сигнал с автогенератора на транзисторе VT1 через промежуточный усилитель на VT2 подается на оконечный усилитель VT4. У промежуточного усилителя коллекторный контур настраивается с помощью сердечника катушки L2 на первую гармонику задающего генератора. Катушка L2 имеет неполное включение, что увеличивает добротность контура. Усилитель на VT2 позволяет уменьшить влияние изменения режима оконечного каскада на работу задающего автогенератора, а также обеспечивает достаточный уровень сигнала для работы усилителя мощности.

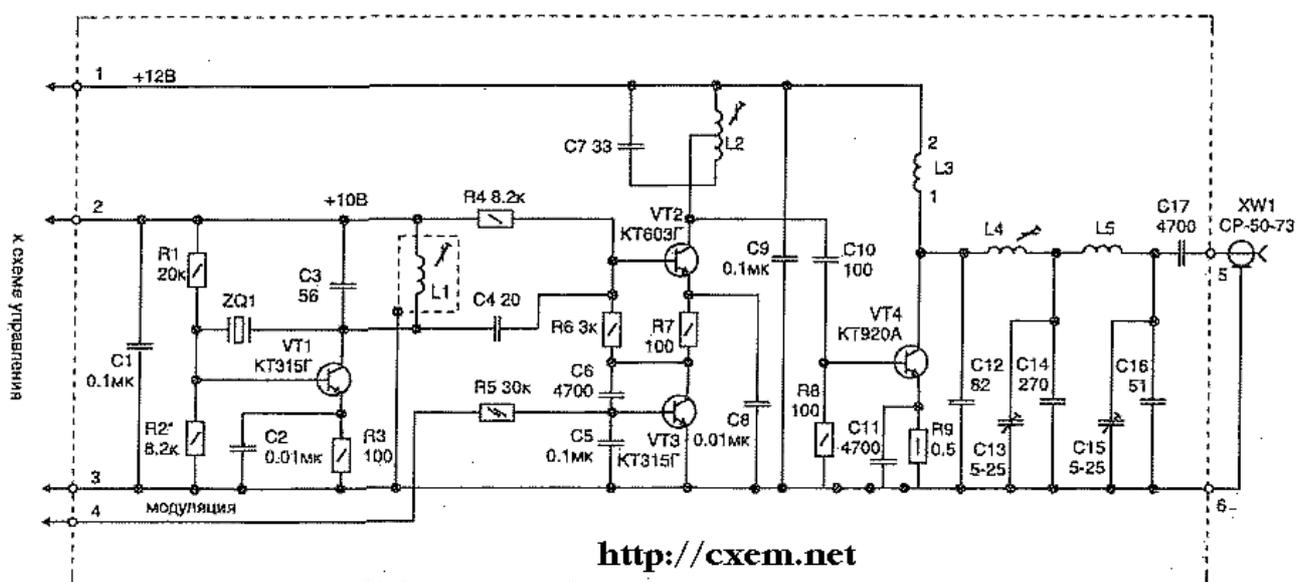


Рис. 3.1. Схема передатчика на 27 МГц

В первую очередь для моделирования (возможно безуспешного) работы задающего генератора следует определить индуктивность катушки L1. Расчетное значение оказалось равным 0.6 мкГн, что заставило меня подозревать о наличии ошибки в моих вычислениях. Можно проверить, однако.

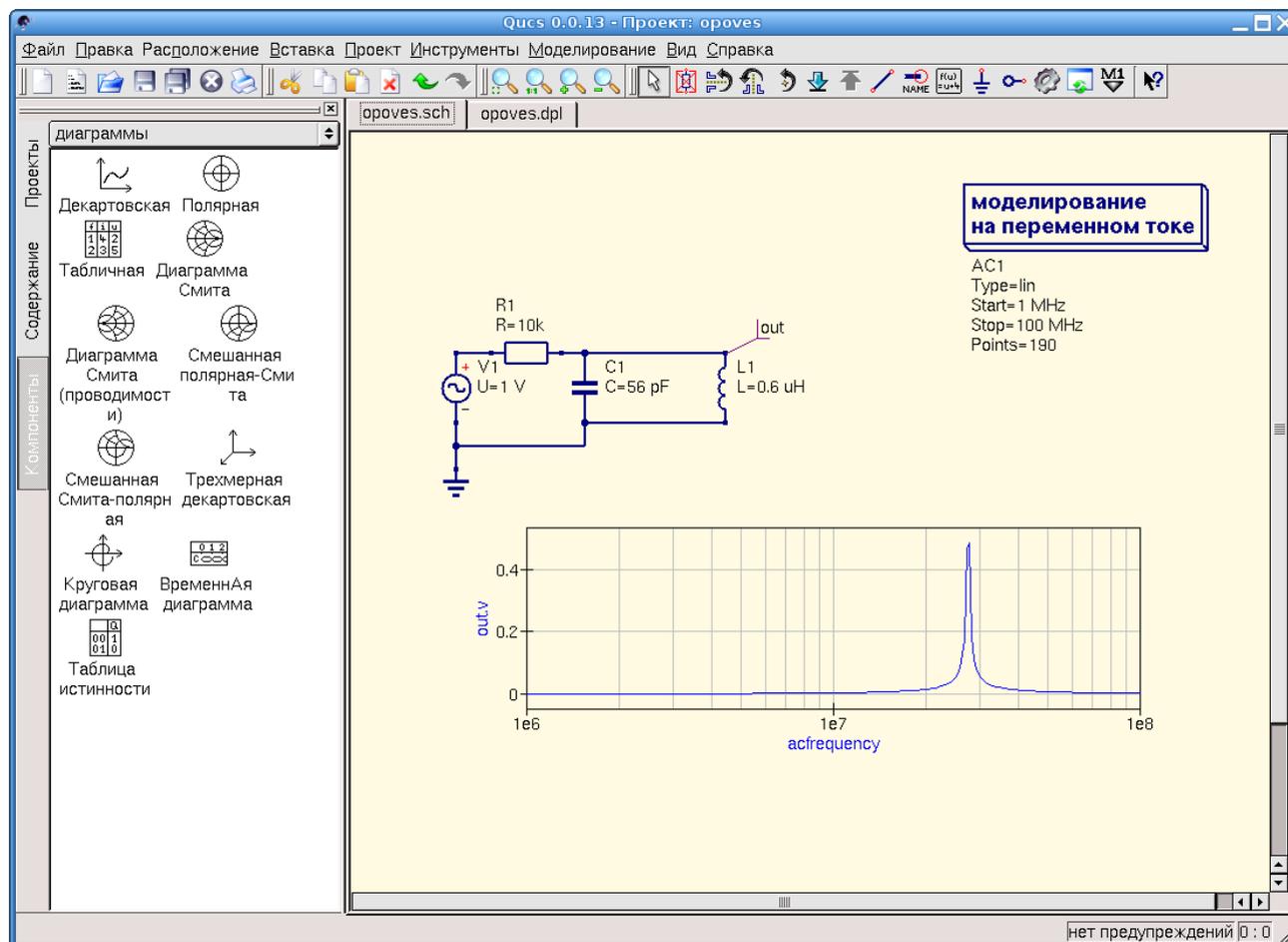


Рис. 3.2. Проверка колебательного контура

Амплитудно-частотная характеристика контура похожа на требуемую, резонанс приходится на частоту 27 МГц, видимо, зря я засомневался в расчетах.

Предыдущая попытка моделирования задающего генератора на кварцевом резонаторе не увенчалась успехом. Когда-то, работая с процессорным устройством, когда под рукой не оказалось подходящего кварца для тактового генератора, я использовал LC контур. Позже, после замены контура на кварцевый резонатор я не мог избавиться от впечатления, что LC контуром устройство работало лучше. Но это впечатление.

Со студенческих времен я помню, что для стабилизации частоты используются кварцевые резонаторы. Однако в перестроечные годы, мучимый бездельем и молодостью, а это было время, о котором я всегда говорил, что рабочие места еще сохранились, а работы не стало, так вот, в те времена я решил проверить работу нескольких «кварцованных» генераторов. Термокамеры для испытаний при разных температурах не было, а изменение питающего напряжения не оставляло частоту неизменной. Это не были эксперименты в чистом виде, скорее пробы, и, возможно, не без ошибок. Вместе с тем, если не требуется высокая стабильность частоты при разных температурах, то и LC контур вполне справится с работой. Я имею в виду, что применение радиоканала в домашних условиях, а именно для этих целей

мне и хотелось бы рассмотреть работу схемы, происходит при небольших перепадах температур.

Как может выглядеть схема задающего генератора?

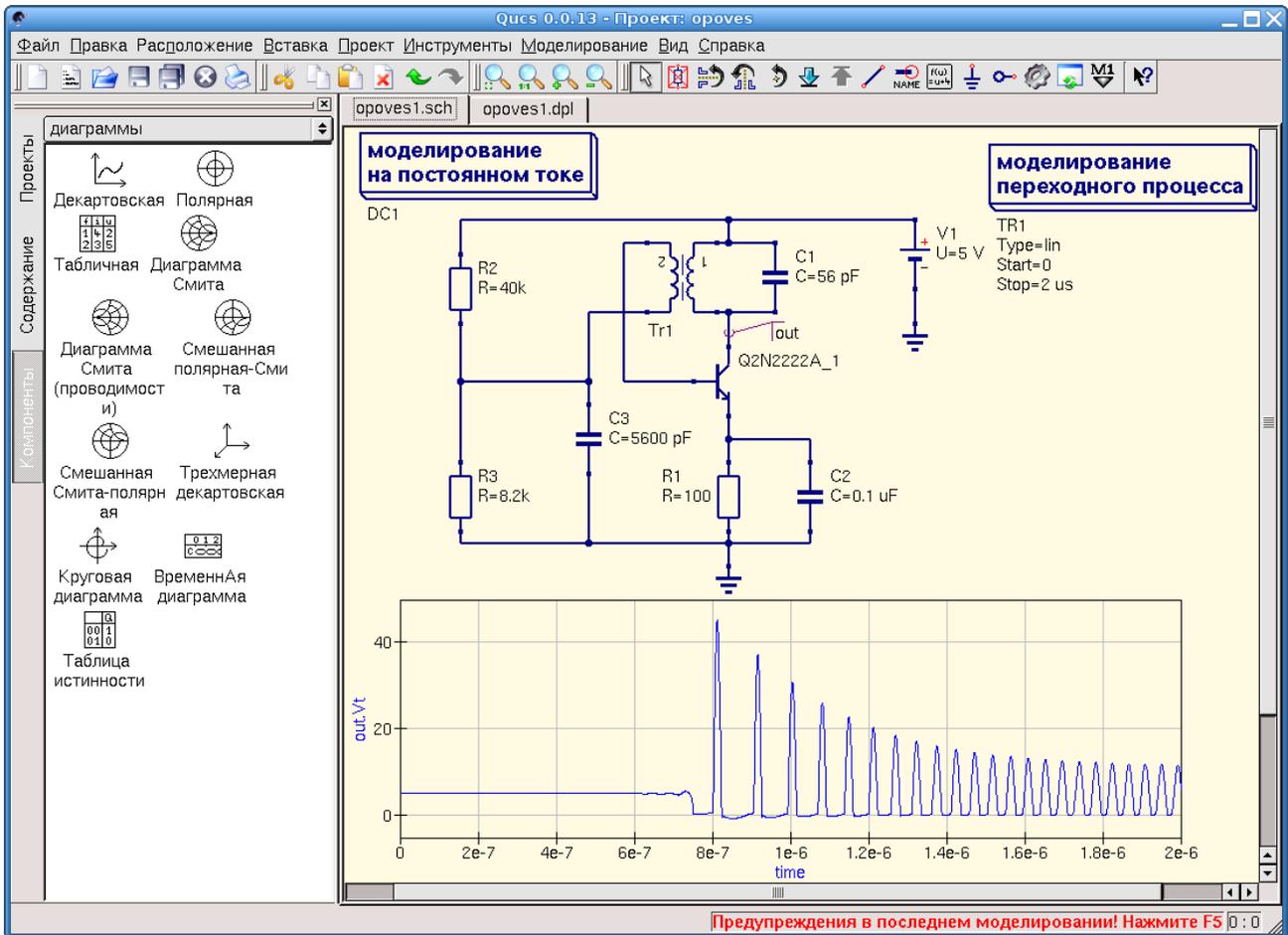


Рис. 3.3. Задающий генератор без кварцевого резонатора

Но обычно задающие генераторы не такие. Со студенческих времен мне запомнилось сочетание слов — «емкостная трехточка». И что же это такое?

Из статьи Андреевской Т.М., РЭ, МГИЭМ: «Обобщенную схему автогенератора гармонических колебаний с использованием в качестве активного элемента биполярного транзистора можно представить в виде:»

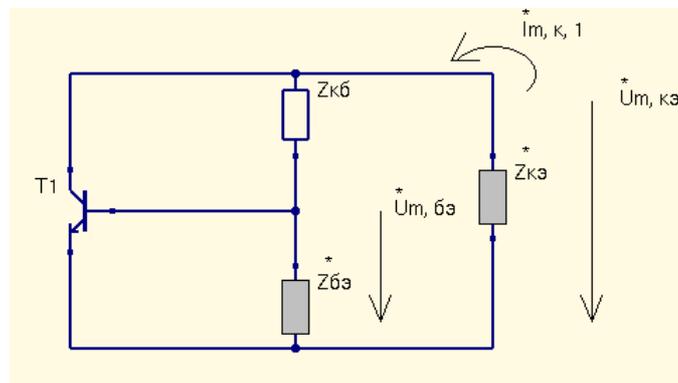


Рис. 3.4. Обобщенная схема (из статьи Андреевской)

Если выделенные заливкой элементы  $Z_{кэ}$  и  $Z_{бэ}$  — емкости, а  $Z_{кб}$  — индуктивность (все эти величины комплексные), то схема называется емкостной трехточкой, если наоборот, то индуктивной; и в первом приближении элементы принимаются чисто реактивными:  $Z_c = -jX_c$ ,  $Z_L = jX_L$ . Здесь  $X_c = 1/2\pi fC$ , а  $X_L = 2\pi fL$ . При определенных условиях, баланса амплитуд и фаз на частоте генерации, в схеме возникают колебания.

Не буду пересказывать статью, выкладки лучше посмотреть в оригинале, перескажу только, что колебательный контур будет образован всеми элементами схемы. И не буду «умничать», а просто перерисую эту обобщенную схему в конкретном виде.

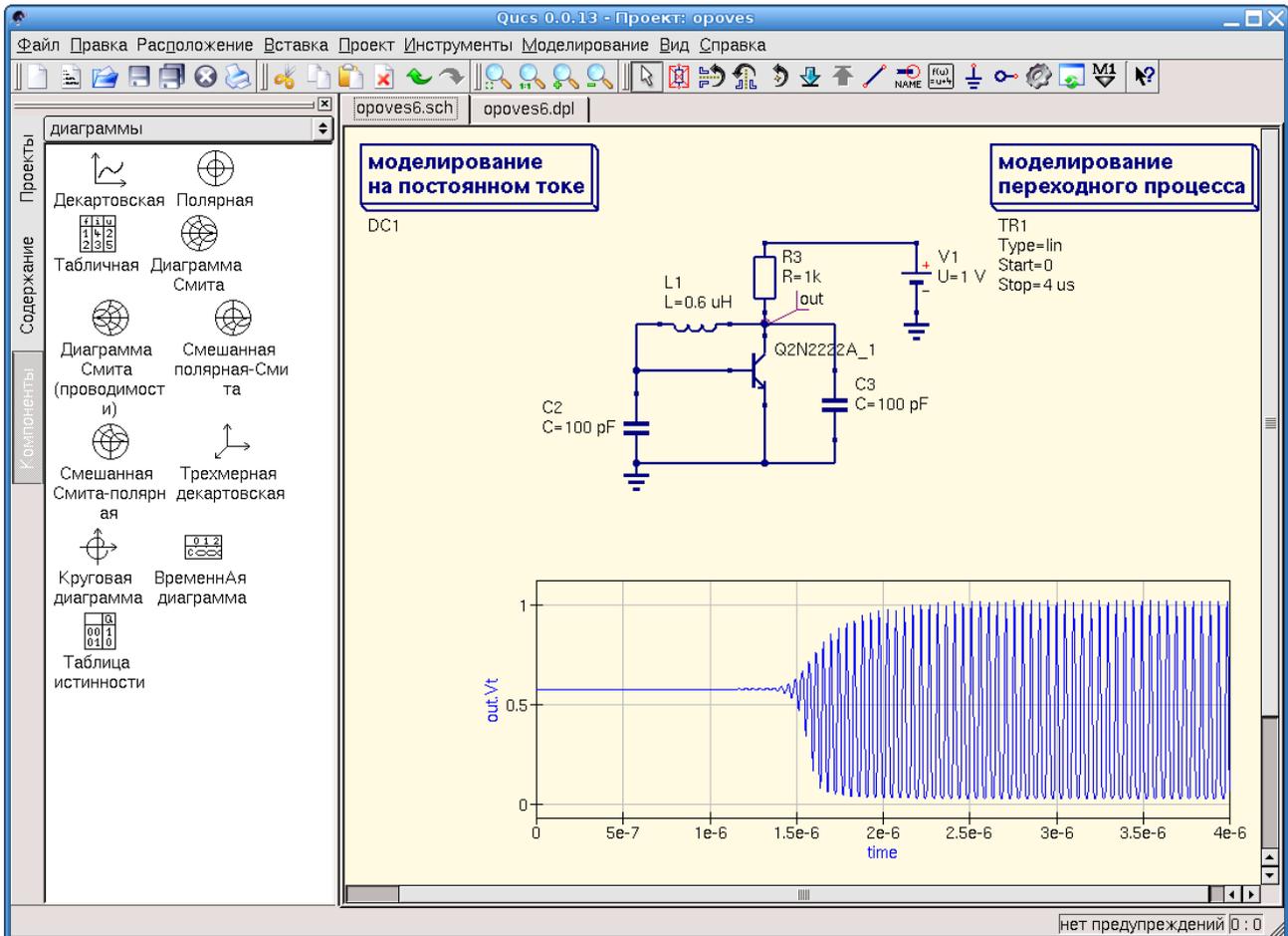


Рис. 3.5. Конкретизация емкостной трехточки

Если вы готовы мне поверить, то я сам удивлен, что против обыкновения моделирование генерации прошло успешно.

Не всегда получалось у меня и с моделированием амплитудной модуляции сигнала. Повторив ту часть схемы, которая отвечает за модуляцию, я использую в качестве модулирующего сигнала прямоугольные однополярные импульсы, длительность которых выберу такой, чтобы не затягивать время моделирования. А выбор прямоугольных импульсов, скажем так, навеян предыдущей схемой. Или, например, такими соображениями: предлагаемая схема предназначена к использованию в качестве модуля охранного устройства. В этом случае в качестве сигнала может выступать некоторый код, который будет впоследствии расшифровываться приемным модулем. Это позволит избежать ошибок срабатывания в условиях работы многочисленных радиопередатчиков — это и телефонные

аппараты, и пульты управления игрушками, и многочисленные служебные радиостанции. Не думаю, что вам хотелось бы, оснатив свой автомобиль или гараж охранным устройством, без конца бегать на улицу ночью. Если система будет срабатывать только при получении специального кода, вам реже придется просыпаться от сигнала тревоги.

На рисунке ниже источник модулирующего сигнала имеет период 4 мкс и начальную задержку (Td) 2 мкс. Выбор этих времен повлиял на выбор конденсаторов C10 и C11, которые очень отличаются от оригинальных. Но выбор значений этих конденсаторов диктуется параметрами модулирующего сигнала.

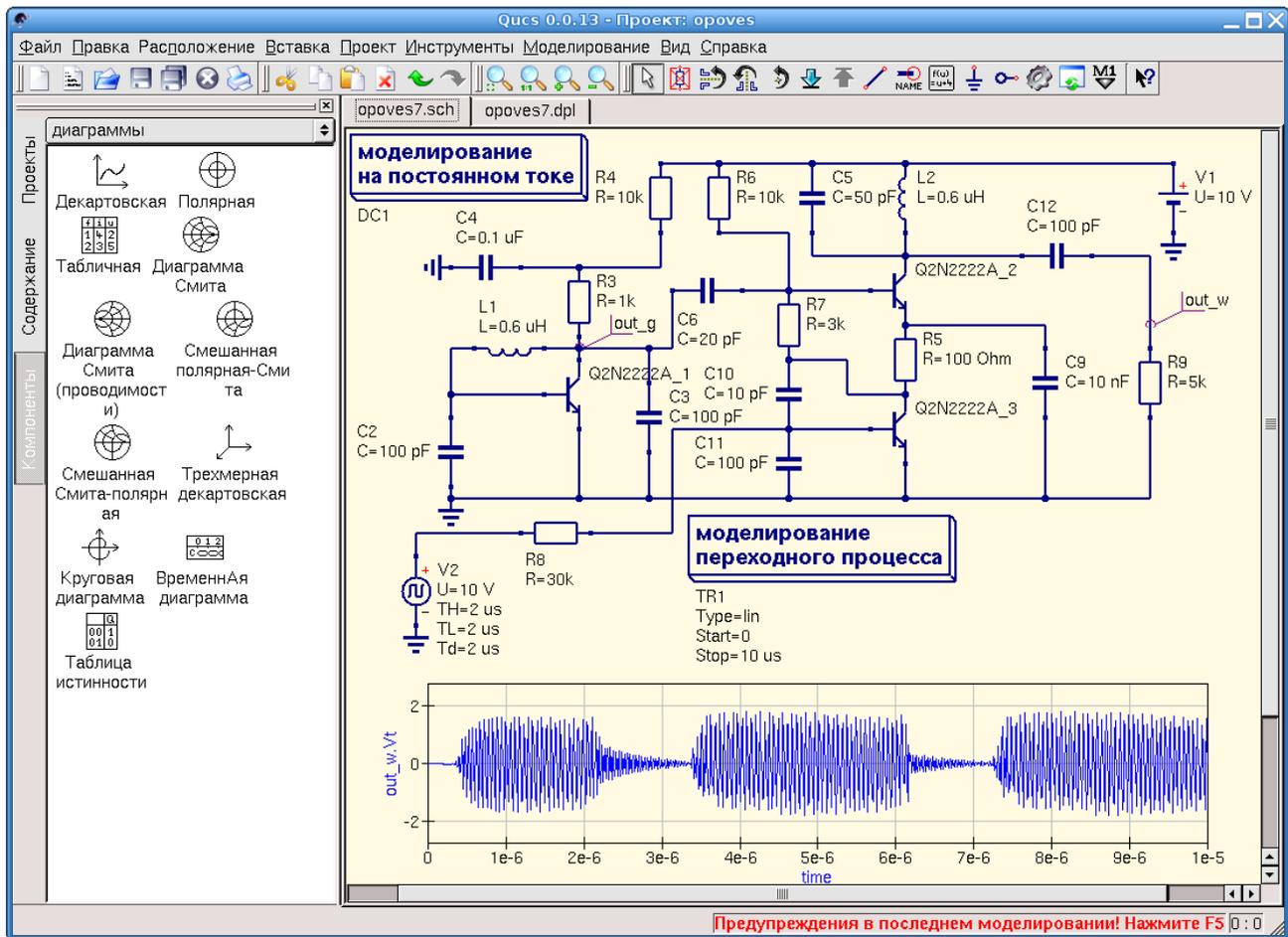


Рис. 3.6. Модуляция несущей прямоугольными импульсами

Хотя частота генератора 27 МГц я не уверен, что увидел бы сигнал на своем осциллографе, много раз выручавшем меня, поскольку полоса пропускания у него 12 МГц. А наблюдая сигнал, например, становится понятно, зачем в приемной части устройства может быть компаратор. Цепь R8C11 — типичный пример заряда-разряда конденсатора — будет искажать фронты импульсов, а компаратор превратит полученные импульсы в прямоугольные.

Сейчас очень часто в разного рода устройствах применяют микроконтроллеры. Многие из моделей имеют встроенный USART — устройство для работы с сетью. А сеть, естественно, можно организовать проводную, но можно использовать и радиоканал. Если в «макетных» экспериментах проводное соединение достаточно удобно, то для проверки работы схем в условиях, приближенных к реальным, «разбрасывание» проводов по дому не всегда находит понимание у домашних. В этом случае можно подумать о беспроводном канале связи.

Статья, схему передатчика которой я использовал, очень подробно описывает и работу, и наладку, и элементную базу. Даже если вы не собираетесь повторять схему, будет полезно ее прочитать.

## **Начинающим — введение**

Все, что написано выше, и все, что будет написано дальше, предназначено для любителей и, в основном, для начинающих. Поэтому сайты, любительские форумы, привлекают мое внимание именно разделами для начинающих. Мне очень хочется понять, что интересно начинающим, что им непонятно, что хотели бы создать те, кто знает об электронике «по наслышке». Многие радилюбительские сайты помогают начинающим овладеть и приемами работы с электронными устройствами, и рассказывают о том, как они устроены, и предлагают схемы, которые легко и быстро можно собрать, чтобы почувствовать себя гораздо увереннее. На форумах всегда есть опытные специалисты, готовые помочь начинающим с возникающими проблемами. У одних специалистов терпение не беспрельдно, у других его хватает на бесконечные повторения в разных вариантах ответов на одни и те же вопросы. И это хорошо — если у начинающих хватает терпения задавать одни и те же вопросы, то должно же у кого-то хватать терпения на них отвечать.

Я не отношу себя к терпеливым учителям. Я не способен ответить на любой вопрос. И не способен повторить ответ, если однажды уже отвечал на подобный вопрос. Видимо по этой причине я всегда настоятельно рекомендую начинающим кроме макетной платы, паяльника и приборов использовать программы САПР (EDA). Сегодня у многих есть компьютер. Сегодня есть много доступных программ. А компьютер (и программа) никак не сравнится ни с одним человеком по терпимости к любым вопросам и способности бесконечно повторять одно и то же. И как мне кажется, компьютер может формировать у начинающего одно из главных умений — умение задавать вопросы. Любой хорошо заданный вопрос содержит в себе «зародыш» ответа. Чтобы разглядеть его, нужно присмотреться, а что как ни программа позволяет безнаказанно экспериментировать с любыми своими предположениями?

В качестве иллюстрации я хочу выбрать одну статью из раздела «Начинающим» и показать, как эта статья выглядит за компьютером. Я не знаю, насколько удачно у меня это получится, но попробовать стоит.

*Любой символ информации в цифровых устройствах кодируют в двоичном коде, поэтому сигналы могут принимать только два значения: высокий или низкий уровень напряжения, наличие или отсутствие импульса напряжения и т.д. Обязательным условием при этом является возможность уверенного распознавания элементами цифровых схем двух значений сигналов, соответствующих символам 0 и 1, в условиях изменения температуры окружающей среды, напряжения источника питания, воздействия других дестабилизирующих факторов...*

*Эта статья взята с сайта «Паяльник» [www.cxem.net](http://www.cxem.net), а написана одним из модераторов форума — GIG.*

И на сайте «Паяльник», и на сайте «Радиотехник» есть целый цикл статей, написанных этим автором для начинающих. Советую почитать.

А поскольку в статьях достаточно подробно рассказывается о цифровых устройствах, нет нужды повторяться. Вместе с тем, если представить, что перед нами стоит задача из «подручных средств» собрать нечто, что пригодно для работы с цифровыми устройствами, а такое иной раз случается, то задача может оказаться интереснее, чем можно предположить. А именно такой процесс происходит в голове у начинающего, если он больше склонен проверять, чем доверять. Если он не принимает на веру все, что читает, а такое тоже бывает, у него появляется много вопросов, связанных скорее не существом цифровых устройств, а с существом его личного восприятия прочитанного или увиденного.

Те, кому уже приходилось наблюдать работу цифровых или процессорных устройств,

знают, как выглядят сигналы, если подключиться, например, к тактовому генератору.

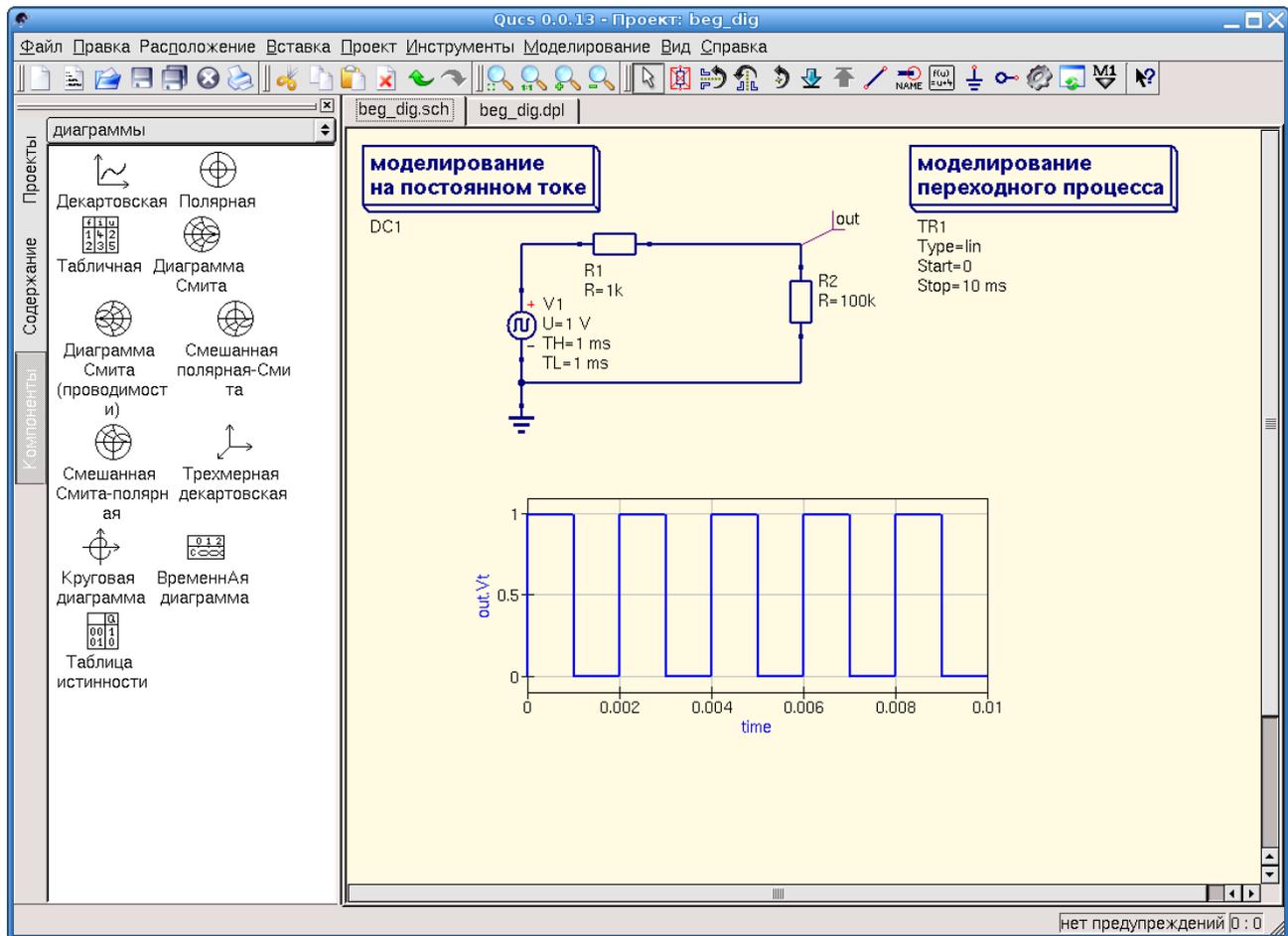


Рис. 4.1. Вид сигнала на выходе тактового генератора

Но так ли этот сигнал выглядит в действительности, если его создавать вне схемотехники цифровых устройств? Или он выглядит так?

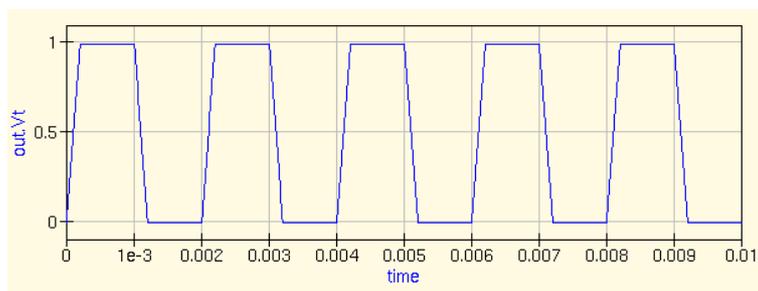


Рис. 4.2. Вид прямоугольных импульсов с затянутыми фронтами

В принципе, любой сигнал в цифровой технике будет иметь такой вид при определенных условиях. И именно по этой причине в статье, с которой был начат этот раздел, говорится об уверенном распознавании двух уровней напряжения.

В одной из предыдущих своих историй, рассказывая о сигналах, я посетовал (или собирался это сделать), что в программе Qucs нет источника треугольных импульсов. Я настолько привык к тому, что прямоугольные импульсы — это прямоугольные импульсы, настолько редко задумываюсь, да и то, если речь идет о достоверности считывания цифровой

информации, о «составной» природе этих импульсов, что даже не попытался получить нечто в этом роде.

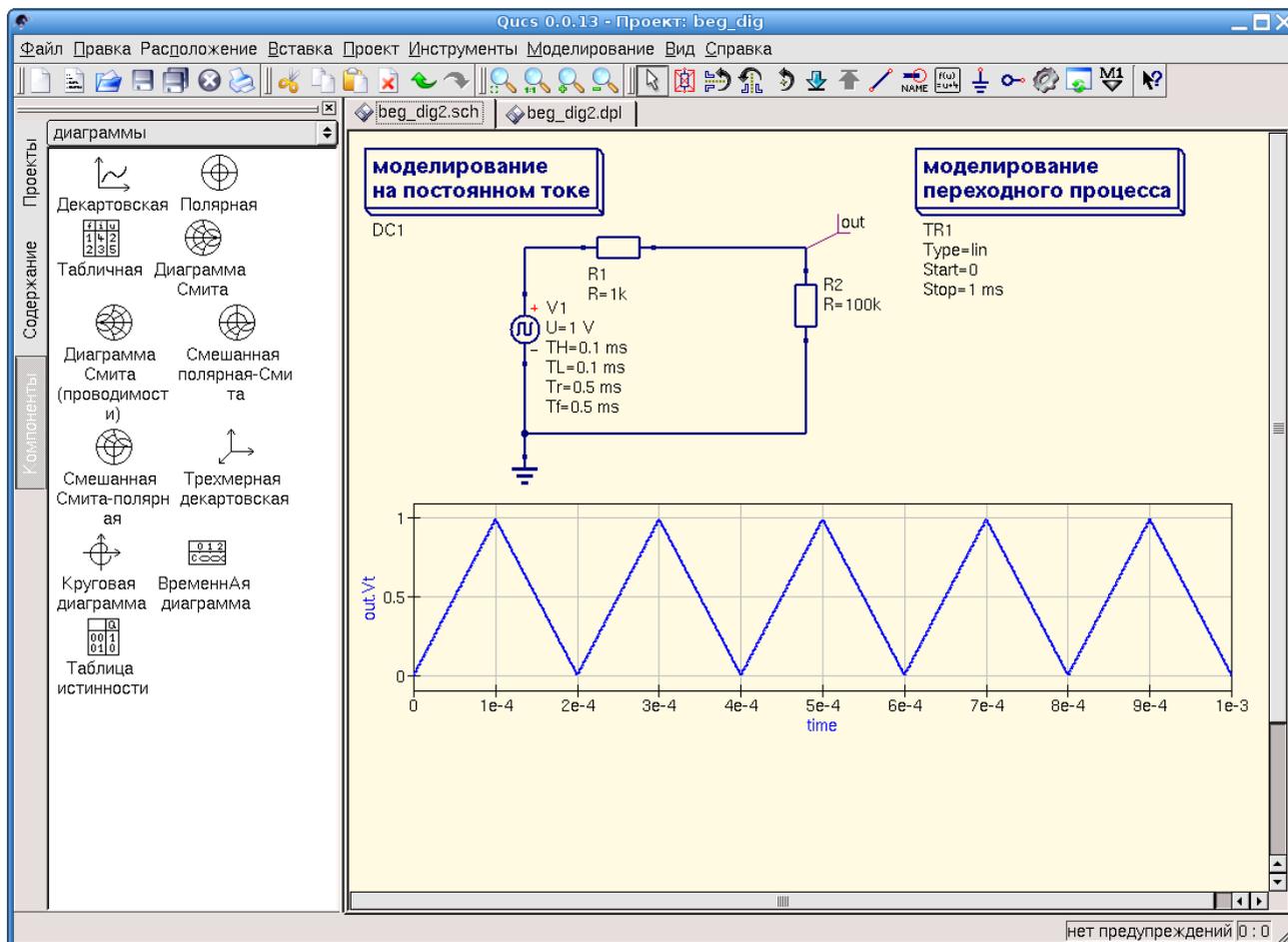


Рис. 4.3. Прямоугольные импульсы с очень затянутыми фронтами

И в цифровой технике, и особенно в процессорной, о существовании фронтов обязательно нужно помнить. Предположим, что мы придумали цифровой элемент, который называется инвертором. Схема такого элемента очень проста. Мы можем его использовать, скажем в тех случаях, когда все вентили цифровых микросхем уже использованы, а нам очень нужно инвертировать сигнал.

На практике в подобных случаях поступают, что называется «по месту», иногда добавляют еще одну микросхему, неиспользуемые вентили которой, например, «заземляют» по входу, а иногда действительно добавляют транзистор для инверсии сигнала. В каждом случае есть свои «за» и «против», которые принимаются во внимание при выборе решения.

Предположим, однако, что мы только начинаем работу с цифровой техникой, но немного знакомы и с транзисторами, и с усилителями, и что на нашем складе нет ничего подходящего. Поставки новых комплектующих начнутся после полочки, а ее еще ждать и ждать.

Зная, что транзистор, включенный с общим эмиттером, инвертирует входной сигнал, мы легко рисуем схему цифрового инвертора. Подключив его к тактовому генератору мы можем даже убедиться в том, что полученное решение это инвертор, сигналы на входе и выходе находятся в противофазе, а сигнал на выходе прямоугольный, в чем нет никаких сомнений.

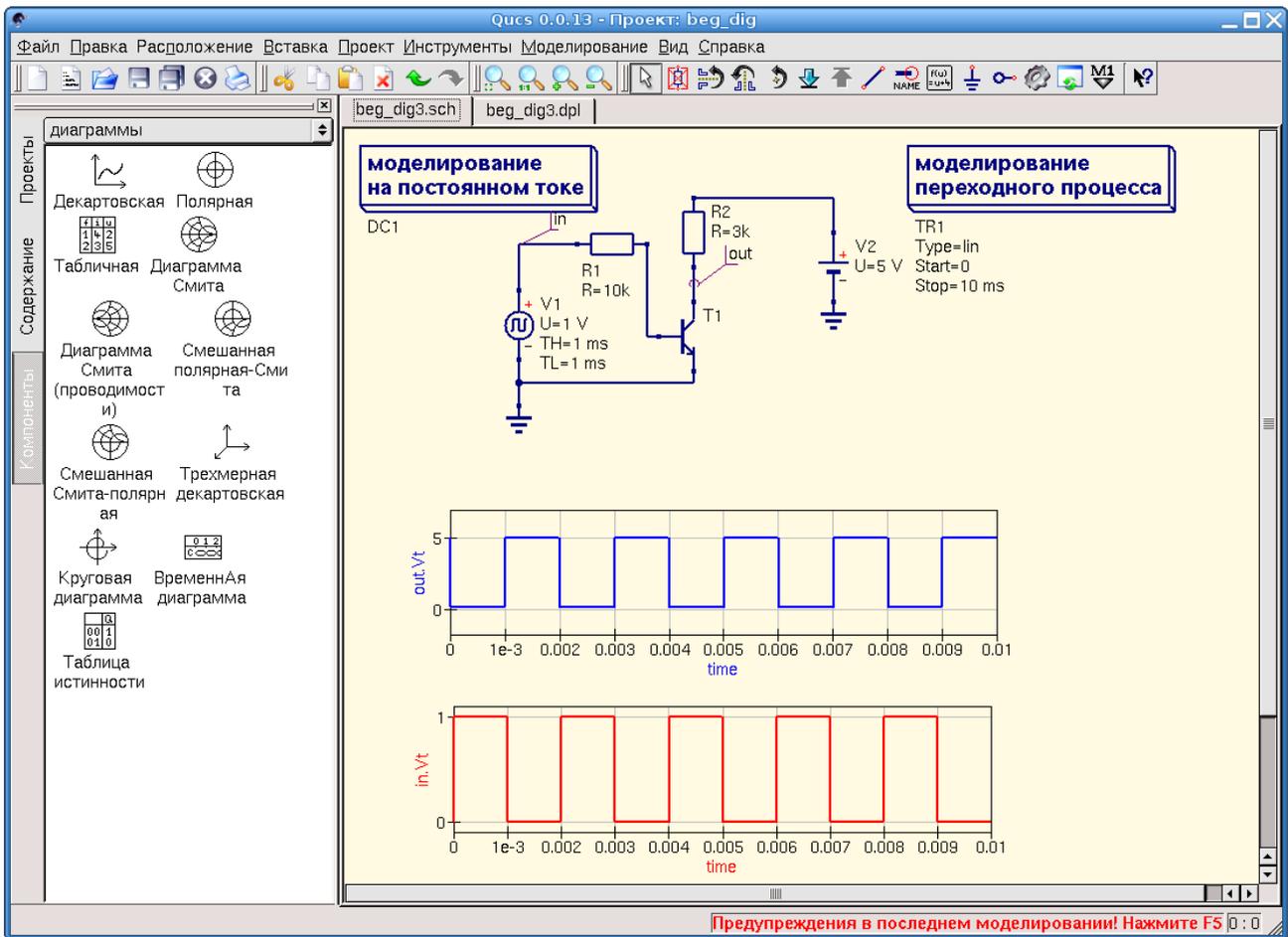


Рис. 4.4. Цифровой инвертор на одном транзисторе

Сомнения должны появиться, если транзистор подключить к источнику треугольных импульсов.

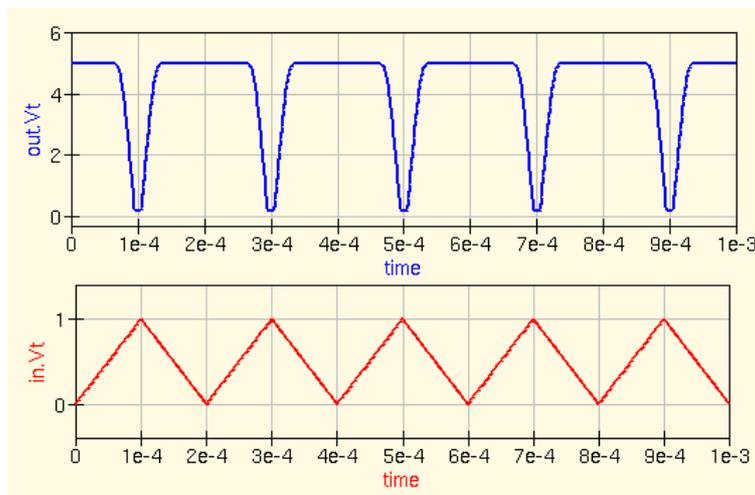


Рис. 4.5. Сигнал при треугольных входных импульсах

В транзисторно-транзисторной логике (ТТЛ), если напряжение ниже 0.5 В, то это логический ноль, а если напряжение выше 2.4 В, то логическая единица. Любое напряжение

между этими значениями не существует. Но не в природе. Чтобы приблизиться к природе, попробуем добавить еще один транзистор.

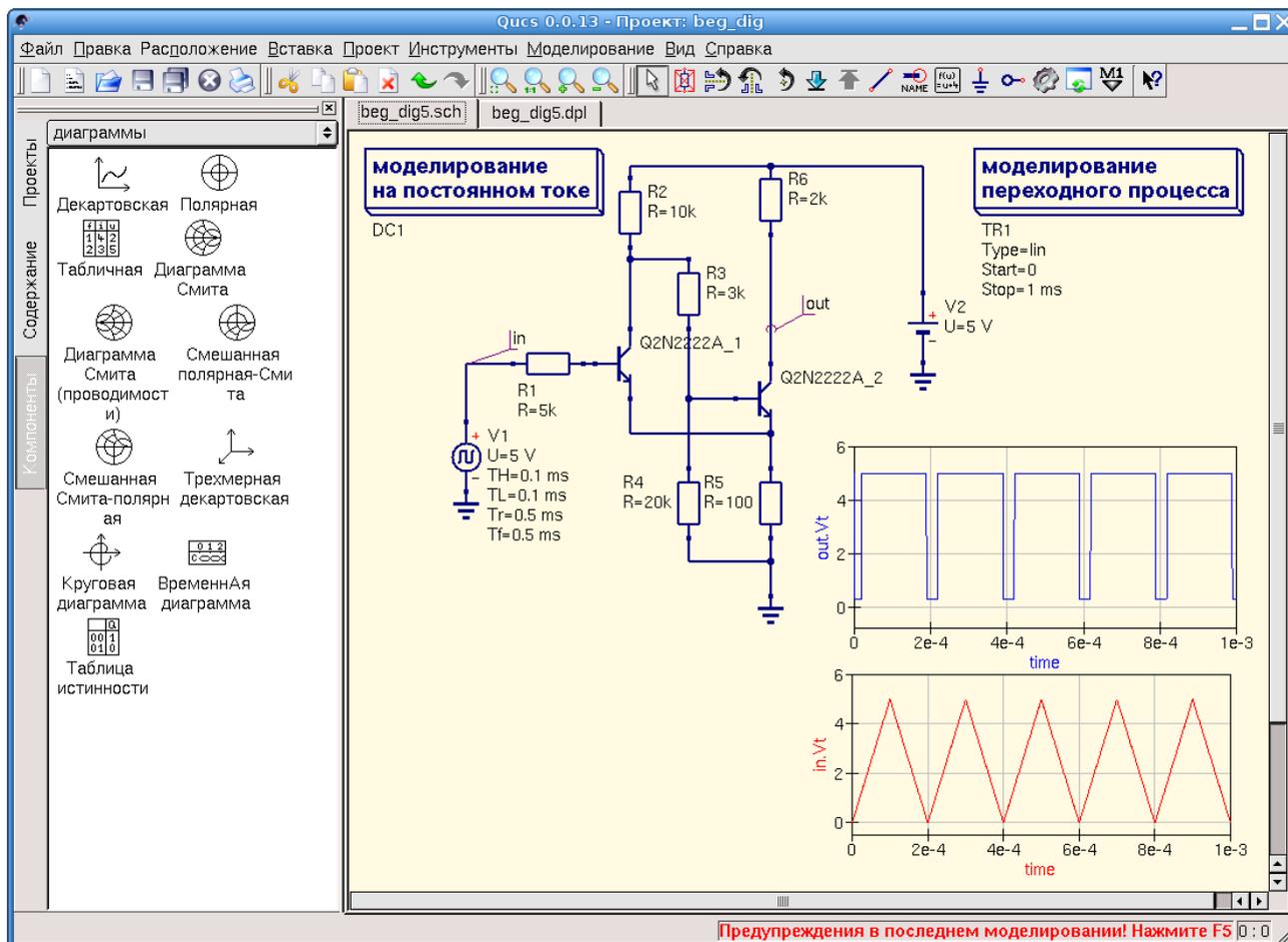


Рис. 4.6. Использование триггера Шмидта для формирования импульсов

Даже столь простая цифровая микросхема, как инвертор, внутри устроена сложнее. Входное напряжение между 0.5 В и 2.4 В считается неопределенным, при разработке цифровых микросхем стараются уменьшить эту неопределенность за счет большой скорости установления логических уровней. Но, как бы ни была она велика, она остается конечной. Мало того, входной сигнал появляется на выходе с некоторым запозданием, длительность которого называется временем распространения сигнала. Без учета этих особенностей работы цифровых микросхем в сложных схемах могут появляться ошибки, проявляющиеся достаточно прихотливо. Программа Qucs позволяет изменить время задержки распространения сигнала, чтобы, зная это время для конкретного типа цифровой микросхемы, можно было проверить работу устройства с учетом этого времени.

Без учета времени задержки, например, можно ошибиться в записи данных, поскольку сигнал записи может появиться до того, как на входе данных будут установлены «правильные» данные (правильный логический уровень).

Посмотрим, как выглядят сигналы на входе и выходе инвертора вначале без учета задержки:

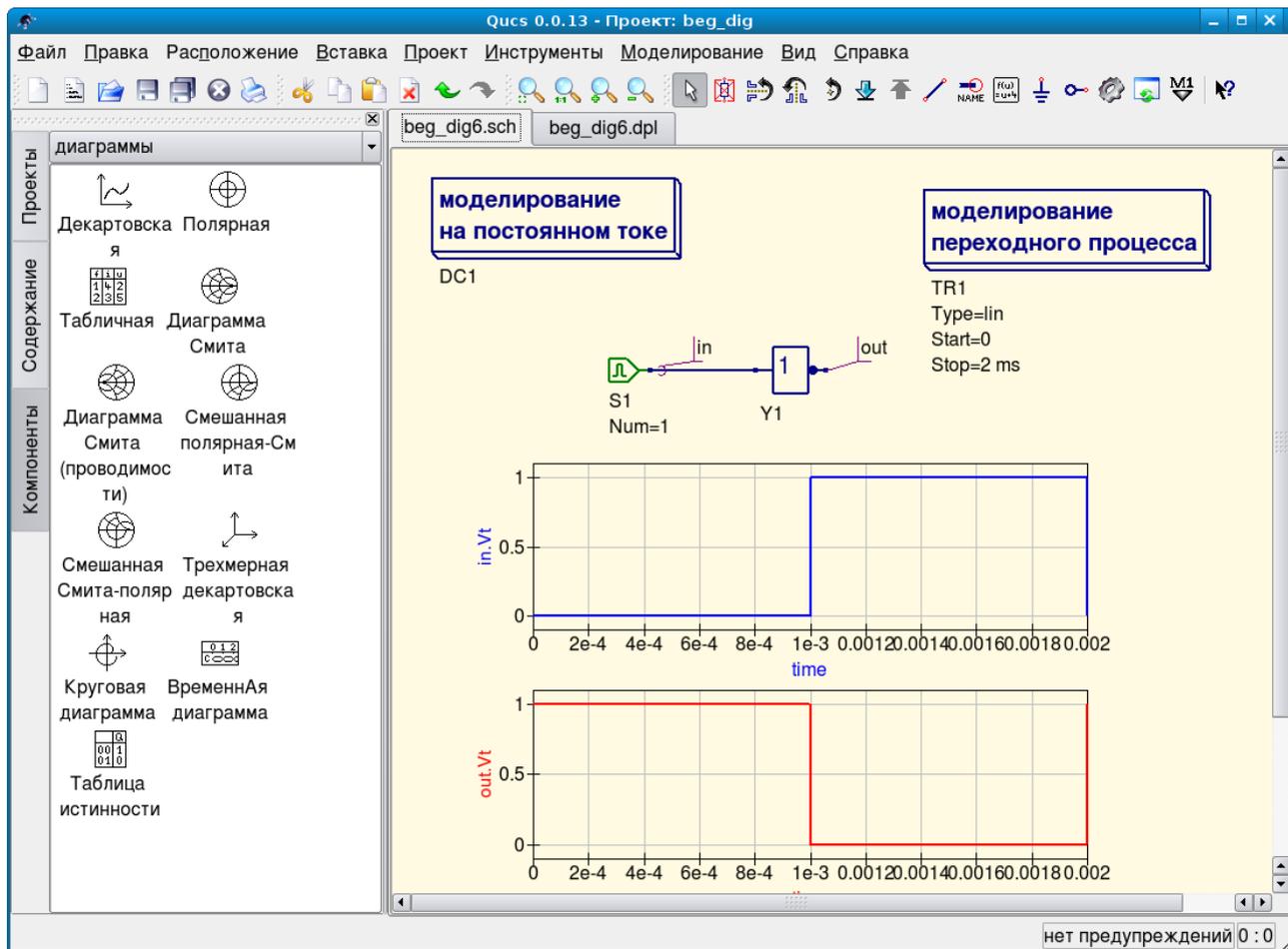


Рис. 4.7. Прохождение сигнала через инвертор без учета задержки

Сигнал на верхней диаграмме — это сигнал от генератора на входе инвертора. Нижняя диаграмма показывает сигнал на выходе микросхемы. А вот как будут выглядеть эти сигналы, если время задержки установить равным 0.1 мС.

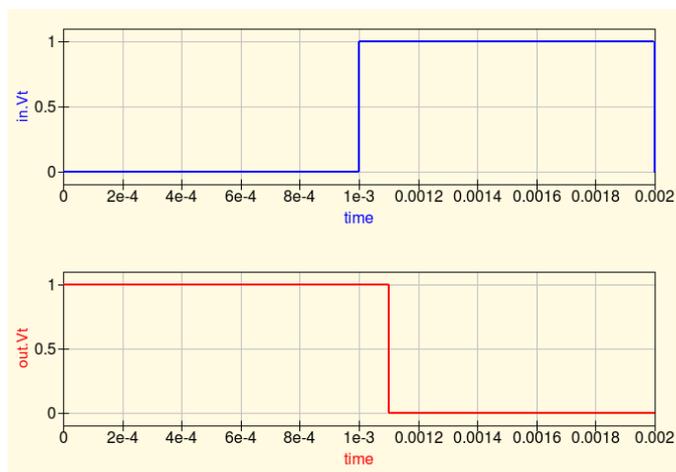


Рис. 4.8. Прохождение сигнала с учетом задержки

На диаграмме видно, что если сигнал переписи данных будет совпадать по времени с сигналом на входе инвертора, а зафиксировать мы хотим сигнал на выходе (принимающий уровень логического нуля), то ошибка неизбежна.

С помощью программ САПР можно изучать работу и простых цифровых устройств, и достаточно сложных схем, и, что мне кажется важным, можно попытаться понять, в чем ошибка, если собранное устройство не работает. В программе можно быстрее менять параметры схемы, чем на макетной плате, можно быстрее модифицировать схему, чем это получается с паяльником, и, возможно, быстрее задать вопрос, который уже содержит в себе ответ.

## **Аудиоэлектроника — тонкомпенсированный регулятор громкости**

Часто для построения тонкомпенсированного регулятора громкости использовали специальные потенциометры с несколькими отводами. Не знаю, можно ли сегодня найти такие переменные сопротивления, сегодня есть другие решения, поэтому попробую выбрать схему, использующую обычные потенциометры без отводов...

Увы, на сайте есть название, есть описание схемы, но нет самой схемы. Попробуем найти где-нибудь еще... и я нашел подходящую на [www.radio-portal.ru](http://www.radio-portal.ru).

Сам по себе вопрос о тонкомпенсации регулятора громкости очень интересен. Из-за отсутствия компенсации большинство любителей музыки включают свои устройства почти на максимальную громкость, добываясь «верного» звучания любимых музыкальных произведений. При этом они забывают, что от громкого звука они сами быстро устают, и тогда любое музыкальное произведение будет звучать отнюдь не так, как следует. Но это слишком длинный разговор о верности звучания, затрагивающий весь круг вопросов аудиоэлектроники. Вернемся к конкретной схеме.

Несколько слов о том, зачем она нужна. Дело в том, что при разных уровнях громкости человеческое ухо по-разному слышит низкие, средние и высокие частоты. Чтобы скомпенсировать эту особенность нашего восприятия к обычному регулятору громкости «пристраивают» что-то, что с уменьшением громкости увеличивает разрыв между громкостью низких, высоких и средних частот в пользу пограничных частот.

Начинающий любитель, которого заинтересует этот вопрос, в начале пути столкнется с выбором схемы из множества предлагаемых. Чаще всего на радиолюбительских сайтах, стараниями их администраторов, схемы сопровождаются описанием. Но не всегда удается соблюсти в точности все предложения автора схемы, и в итоге схема может работать далеко не так, как она задумана ее разработчиком. Для проверки ее работы приходится вкладывать много труда, не столько, может быть, при сборке, сколько при проверке, я говорю о схеме тонкомпенсированного регулятора — для проверки нужно составить таблицы напряжения входного и выходного сигналов на нескольких частотах звукового диапазона и при разных положениях потенциометра.

Чтобы проверить работу нескольких таких схем, надо действительно любить то, чем занимаешься. И мне кажется, что использование компьютера при выборе схемы, может уменьшить количество неудач.

Ниже для всех схем резисторы R1 и R2 — это регулятор громкости. Прежде, чем переходить к количественной оценке схемы, мы проверим качественно ее работу.

Первая схема построена на двух резонансных контурах. На первый взгляд все верно. В описании сказано, что последовательные резонансные контуры C1L1 и C2L2 формируют необходимые характеристики, при этом резонансные частоты соответственно 30 Гц и 18 кГц. Для моделирования необходимо значение индуктивности для катушек L1 и L2, которые в описании не приведены. Можно поступить двояко: рассчитать значение индуктивности по резонансной частоте или рассчитать значение индуктивности по точным данным, которые в описании приведены. Можно попробовать оба варианта.

Для резонансной частоты 30 Гц и конденсатора 1 мкФ  $L1 = 28$  Гн. Это меня несколько обескуражило, признаться, либо я ошибся в расчетах, либо какая-то ошибка в схеме. Для начала нарисуем схему и проверим расчет.

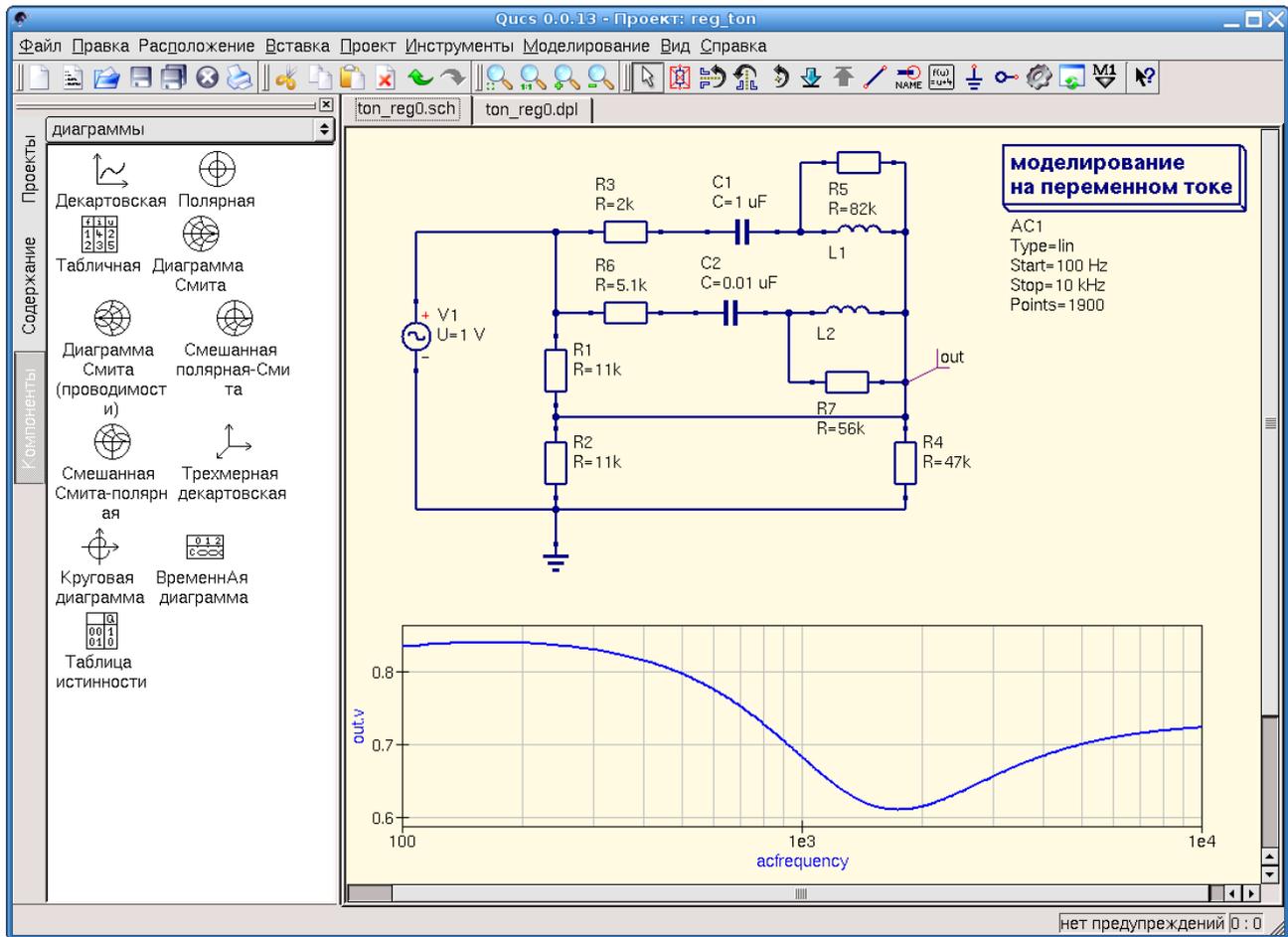


Рис. 5.1. Схема тонкомпенсированного регулятора громкости

Для проверки расчета я хочу использовать программу Qucs, но прежде попробуем рассчитать индуктивность по намоточным данным. На ферритовом кольце 2000НМ 17,5x8x5 проводом ПЭЛ 0.08 наматывается 2000 витков. Формула для расчета индуктивности  $L = (\mu_d * S_c * \omega^2) * (7.8 * 10^4 * l_{cp})$ , здесь сечение и длина в сантиметрах (сечение в квадратных, естественно), а  $\omega$  — количество витков. Индуктивность при этом получается равной 6 Гн. Порядок величины похож. Хотя мне казалось, что получить такую большую индуктивность достаточно трудно. Сказывается малый опыт работы с индуктивностями.

Первую схему проверки для расчета по резонансной частоте можно использовать и для выяснения частоты резонанса при условии, что индуктивность меньше расчетной в 4 раза (если она действительно после намотки окажется меньше).

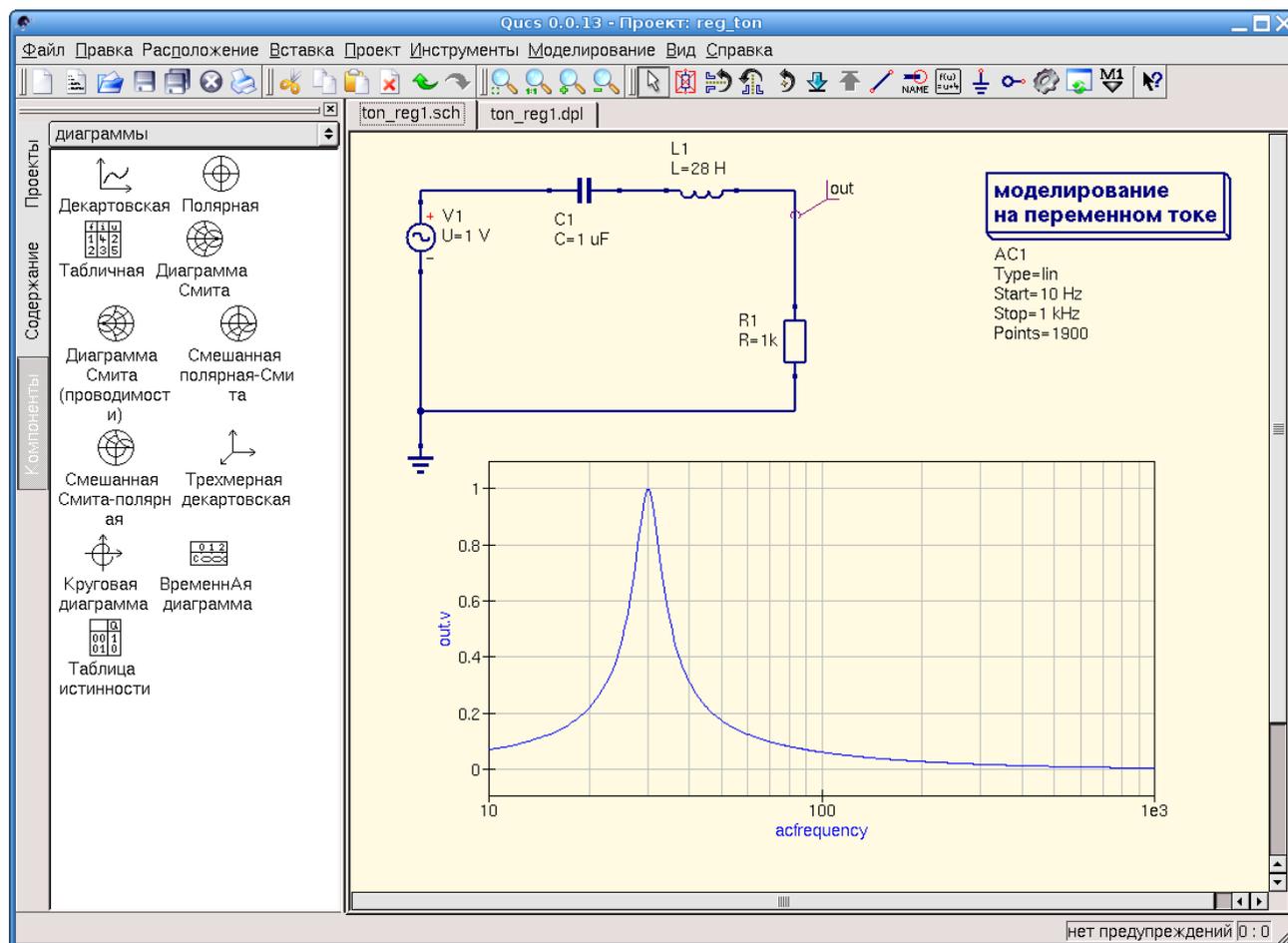


Рис. 5.2. Схема проверки резонансной частоты контура L1C1

Расчет индуктивности по резонансной частоте подтверждается, а изменение частоты резонанса при использовании индуктивности 6 Гн (65 Гц) можно компенсировать увеличением емкости конденсатора до 4.7 мкФ, или оставить резонансную частоту в районе 60 Гц.

Я пока отложу решение этого вопроса на некоторое время и займусь вторым резонансным контуром L2C2. Если мой расчет по намоточным данным не слишком плох, то изменение количества витков в 10 раз в сторону уменьшения должно в 100 раз уменьшить индуктивность катушки. Таким образом, индуктивность  $L2 = 0.06$  Гн или 60 мГн.

Проверяя правильность числа витков второй катушки я обращаюсь к описанию схемы, убеждаюсь, что вторая катушка имеет 200 витков провода ПЭЛ-0.27, и... никогда не надо спешить, а описание следует читать внимательно... выяснив вопрос с количеством витков второй катушки, я вижу следующий текст: «Конденсатор C1 - неполярный типа K50-6. Его можно заменить двумя полярными конденсаторами емкостью 20 мкФ, соединив их встречно-последовательно».

На схеме конденсатор C1 имеет емкость 1 мкФ, а два последовательно соединенных конденсатора по 20 мкФ дадут результирующую емкость 10 мкФ! Хотя резонансная частота не становится при индуктивности 6 Гн равной 30 Гц, но она становится равной 20 Гц! А это заставляет меня поверить, что индуктивность катушки по моточным данным я рассчитал достаточно «близко к тексту». Осталось выяснить, что получится со вторым контуром.

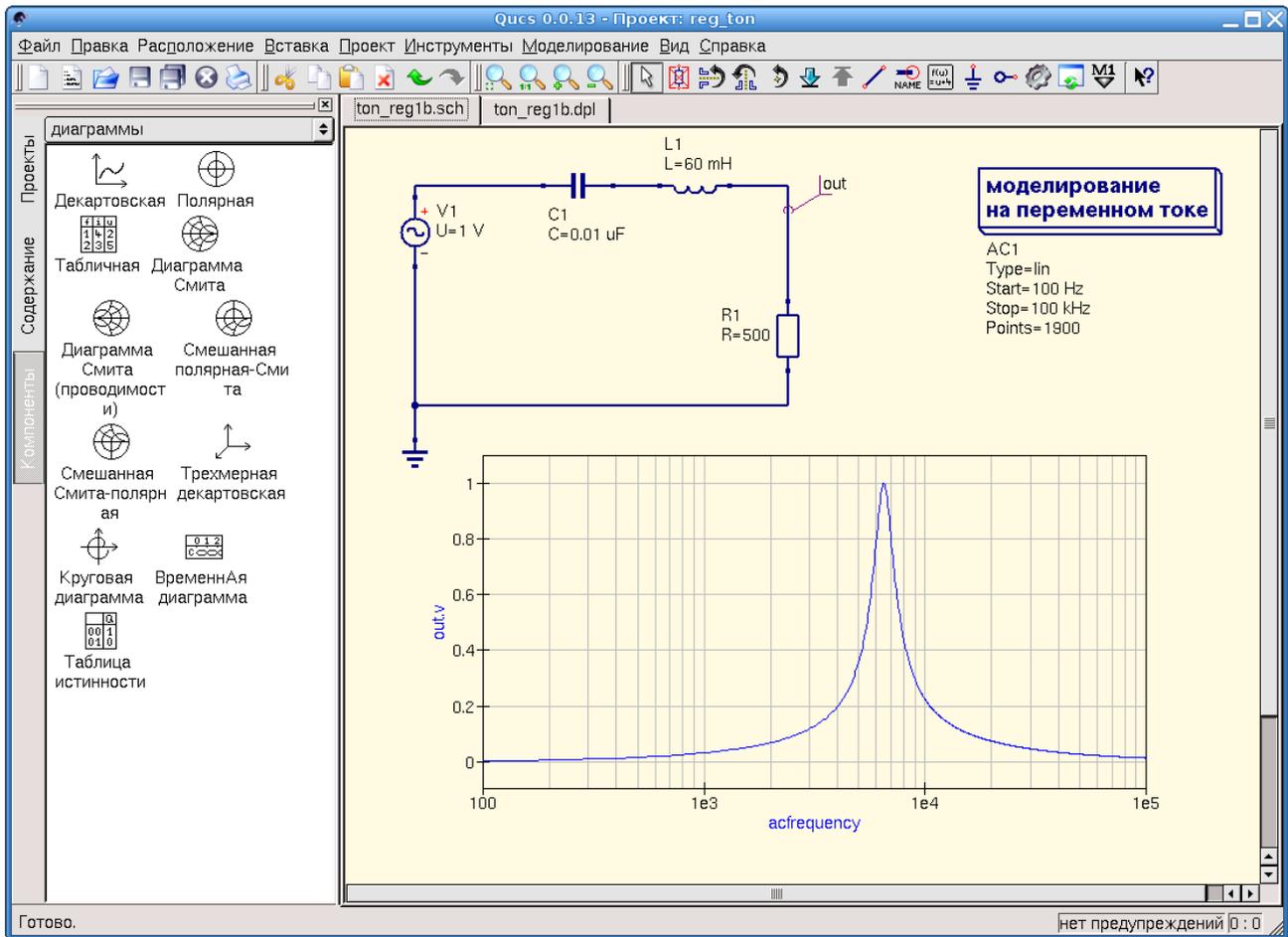


Рис. 5.3. Второй контур L2C2 схемы регулятора

Явно не 18 кГц. Но уменьшив конденсатор до значения 1500 пФ можно получить близкое значение (например, подбирая это значение в Qucs). Осталось посмотреть, как полученные результаты повлияют на общую картину тонкомпенсации.

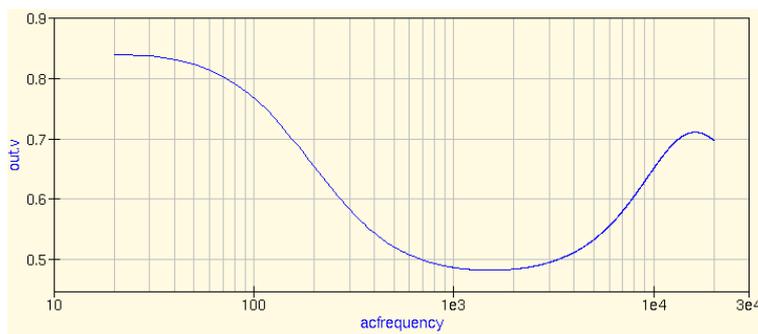


Рис. 5.4. Частотная характеристика регулятора при среднем положении движка

Не скажу, что это точное воспроизведение кривых равной громкости, но регулятор вполне обеспечивает тонкомпенсацию, этого может хватить для проведения экспериментов, может быть, кого-то устроит и как окончательный вариант, есть некоторая вероятность, что при реальной проверке он будет выглядеть еще лучше, и, наконец, если этой тонкомпенсации окажется недостаточно, можно перейти к более сложным решениям. В любом случае предварительное исследование схемы послужит к более точному пониманию вопроса. Что и требовалось доказать?

Иногда в подобной работе возникаю сомнения в самой программе. Достаточно ли корректно она описывает результат проверки. Я и сам чуть выше написал: «... *есть некоторая вероятность, что при реальной проверке он будет выглядеть еще лучше...*». Самый лучший способ разрешить такие сомнения — собрать устройство на макетной плате и проверить его работу с приборами. Но есть и другой вариант, в данном случае не менее интересный, сравнить результаты, полученные в разных программах.

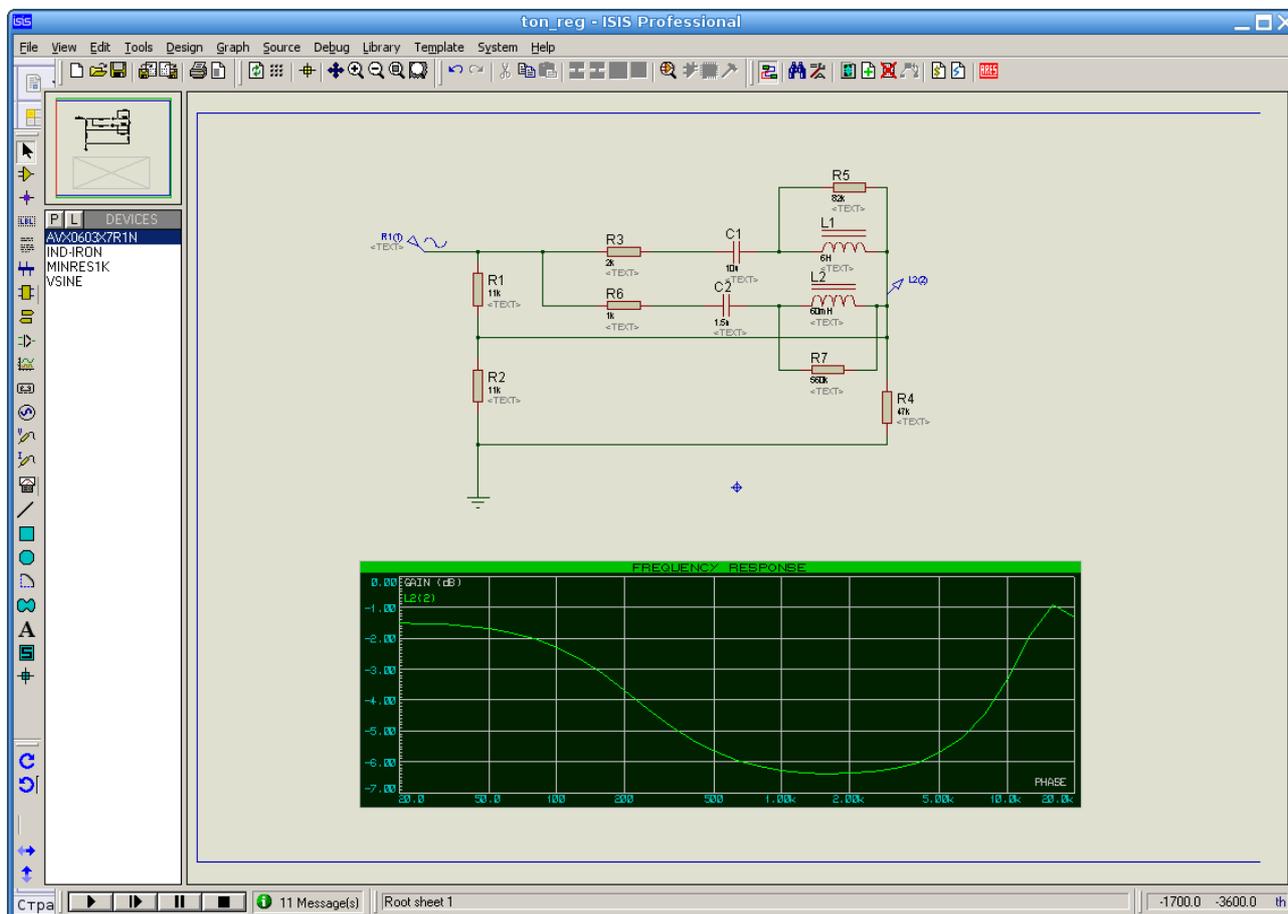


Рис. 5.5. Тот же эксперимент в программе Proteus

С учетом того, что в данном случае результат в децибелах, пожалуй, похоже.

Есть еще программы, с помощью которых можно получить амплитудно-частотную характеристику. Я редко обращаюсь к возможностям программы Multisim, программа дорогая, не всем доступна, но сейчас, разыскав старую версию, которая работает в Linux, хочу провести проверку в этой программе, благодаря которой давным-давно я заинтересовался программами EDA.

Сегодняшняя версия Electronic Workbench, думаю, много богаче, чем одна из первых, но и та могла дать ответы на очень многие вопросы, позволяла проверить работу многих схем. Вот как она воспроизводит АЧХ тонкомпенсированного регулятора.

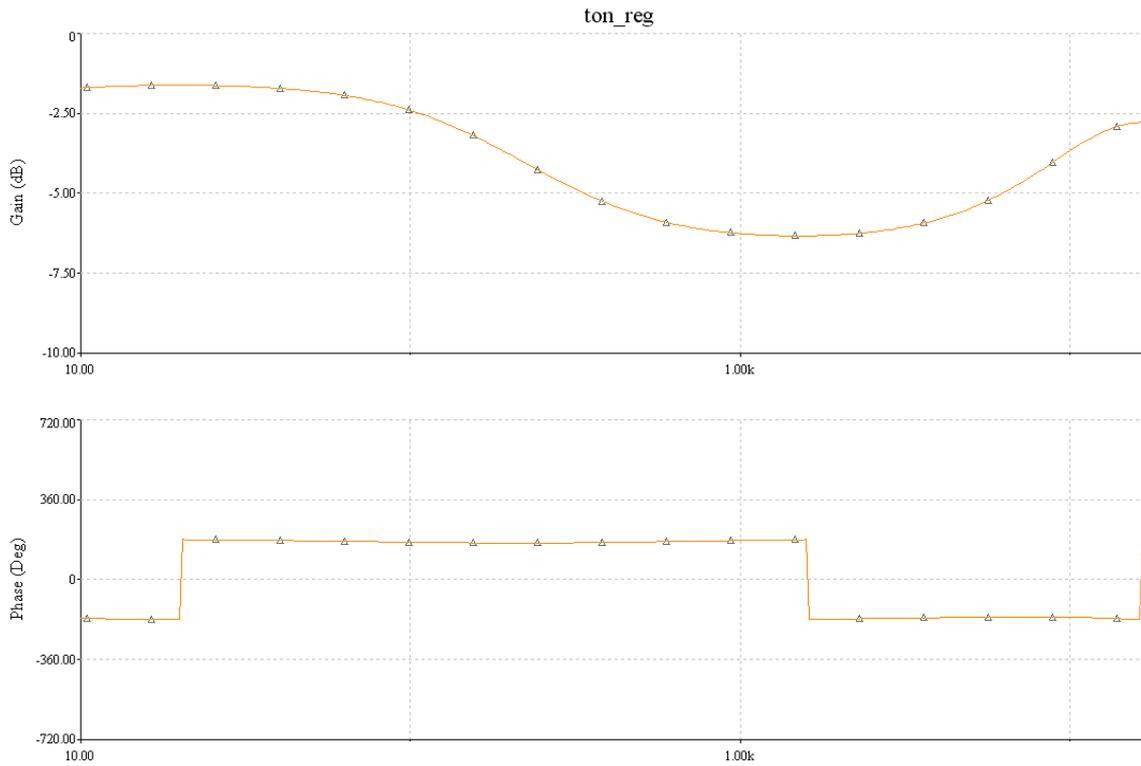


Рис. 5.6. Амплитудно-частотная характеристика в EWB

## Компьютерная электроника — сигнализатор неисправности кулера

А.Яновский

Источник ([cxem.net](http://cxem.net))

Устройство предназначено для подачи звукового сигнала при остановке вентилятора, охлаждающего центральный процессор ПК (т.е. кулера). Сигнализатор включается в разрыв кабеля питания кулера, размеры печатной платы 40x32.5 мм (умещается в спичечном коробке).

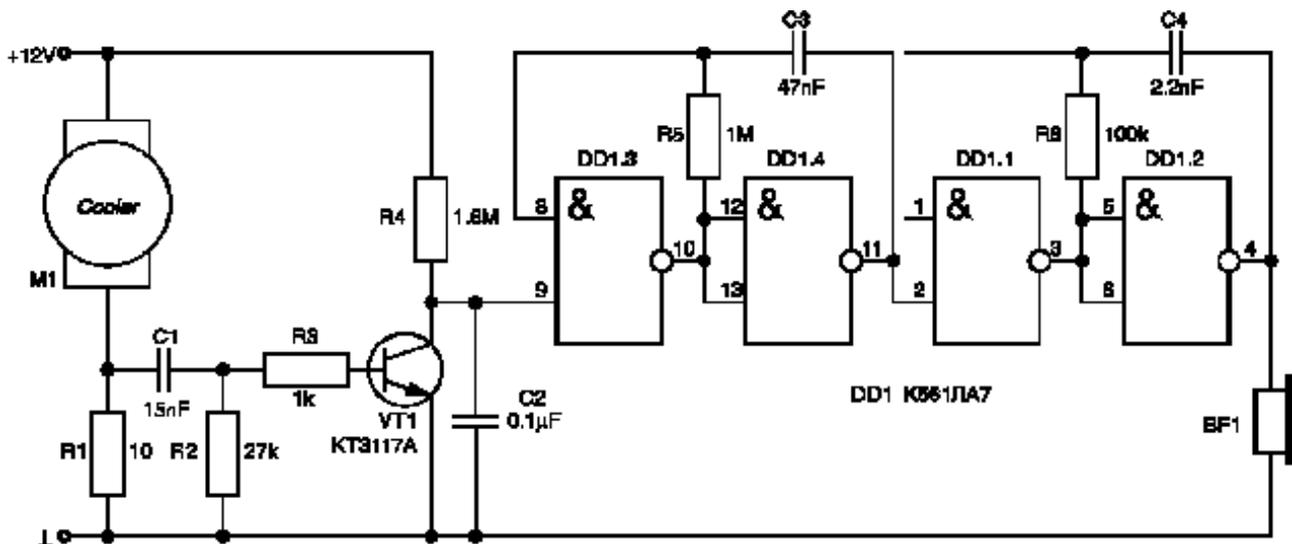


Рис. 6.1. Схема устройства

Работа устройства основана на особенности формы потребляемого кулером тока. С резистора R1 снимается напряжение, пропорциональное току через кулер, с амплитудой импульсов около 2В.

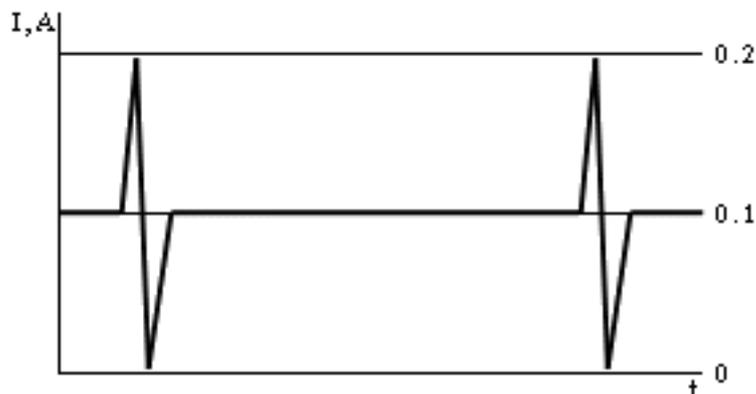


Рис. 6.2. Вид сигнала, снимаемого с датчика R1

Фильтр C1R2 подавляет постоянную составляющую сигнала, чтобы в отсутствие импульсов транзистор VT1 был полностью закрыт. Каждый импульс тока (один оборот кулера) на короткое время открывает транзистор VT1, разряжая конденсатор C2. После окончания импульса транзистор закрывается, конденсатор

*C2 начинает постепенно заряжаться через R4, но при нормальной работе кулера к моменту прихода следующего импульса он успевает зарядиться незначительно, на входе 9 DD1 постоянно присутствует низкий уровень. При обрыве, заклинивании или замыкании кулера импульсы тока прекращают поступать на вход сигнализатора, транзистор VT1 постоянно закрыт, и конденсатор C2 заряжается (сопротивление резистора R4 подбирается так, чтобы установившееся напряжение на C2 уверенно распознавалось микросхемой как высокий уровень). Высокий уровень на входе 9 DD1 разрешает работу генератора, собранного на вентилях DD1.1-DD1.4 и формирующего прерывистый звуковой сигнал. Частота звука зависит от C4 и R6 (приведенные на схеме номиналы соответствуют приблизительно 2 кГц), частота прерывания звука - с помощью C3 и R5 (по схеме 9-10 Гц). В качестве излучателя звука можно использовать пьезоэлектрический капсюль (подобный используемым в электронных будильниках и телефонных аппаратах).*

*Настройка сигнализатора выполняется в два этапа. Сначала подбором R1 и C1 необходимо добиться устойчивого открывания транзистора VT1 положительными импульсами тока кулера. Затем подбором R4 и C2 устанавливается допустимый интервал между импульсами, по истечении которого включается сигнализация. Желательно контролировать форму напряжения на конденсаторе C2 с помощью осциллографа.*

## **Разберем работу устройства**

Мне не приходилось наблюдать вид тока, проходящего через кулер. Здесь можно положиться только на автора статьи. Если у кого-то остаются сомнения, то их можно разрешить с помощью кулера, резистора и осциллографа. И добавлю, что у меня нет сомнений и в работе самого устройства. Единственное мое желание — лучше понять работу всех узлов схемы.

Для всех, и любителей и профессионалов, работа с любой схемой должна приносить новые знания, обогащать личный опыт. Можно много читать, быть в курсе последних решений в сфере своих интересов, и это обязательно нужно делать, но очень важно применять полученные знания на практике.

Чем внимательнее вы рассматриваете работу устройства, тем больше замечаете деталей, которые впоследствии могут оказаться решающими при принятии окончательного решения, подходит вам схема или нет? Эти же детали помогут вам найти причину неудачи при налаживании схемы, помогут определиться в выборе компонент при их вынужденной замене.

Первое затруднение связано с получением нужной формы импульсов в программе. То, что легко получить — это прямоугольные импульсы. Но они никак не соответствуют тем, что на рисунке выше. Попробуем продифференцировать прямоугольные импульсы, изменив скважность.

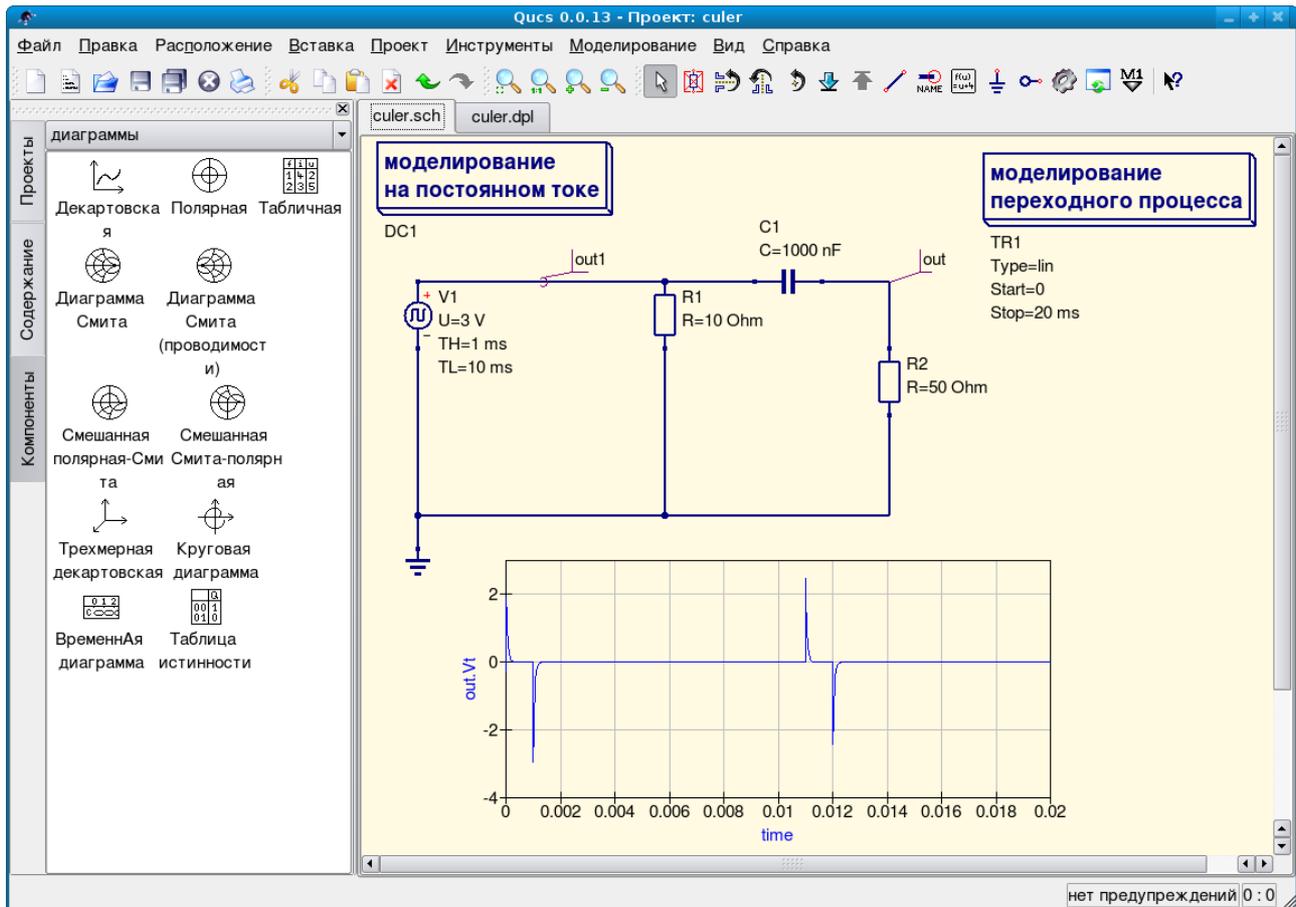


Рис. 6.3. Получение нужных импульсов в программе Qucs

Такие импульсы больше похожи на приведенные автором схемы. И следующим шагом будет добавление к схеме транзистора с конденсатором на выходе. Поскольку управляющим напряжением будет напряжение на конденсаторе, мы сможем определить по виду этого напряжения дальнейшее поведение схемы.

Можно предварительно посмотреть, как поведет себя напряжение на конденсаторе при отсутствии импульсов от датчика R1. Схема этой проверки получается совсем простой — к резистору R4 (основная схема) подключаем конденсатор C2 и все это присоединим к источнику ступенчатого напряжения (источник импульсного напряжения с начальным нулевым и конечным 12 В напряжением).

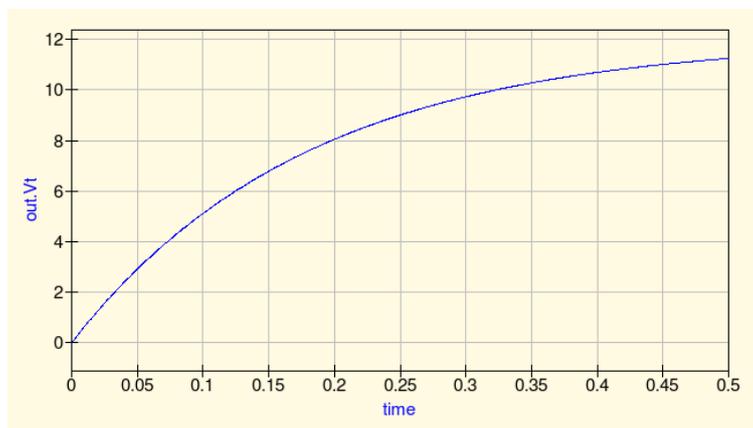


Рис. 6.4. Цепь R1C2 при отсутствии импульсов от датчика

Кривая показывает заряд конденсатора через резистор, через пол-секунды напряжение почти достигает напряжения питания, а цифровой элемент, подключенный к конденсатору, скорее всего, еще раньше почувствует наличие единицы на входе. Но при наличии импульсов напряжение на конденсаторе поддерживается на уровне логического нуля.

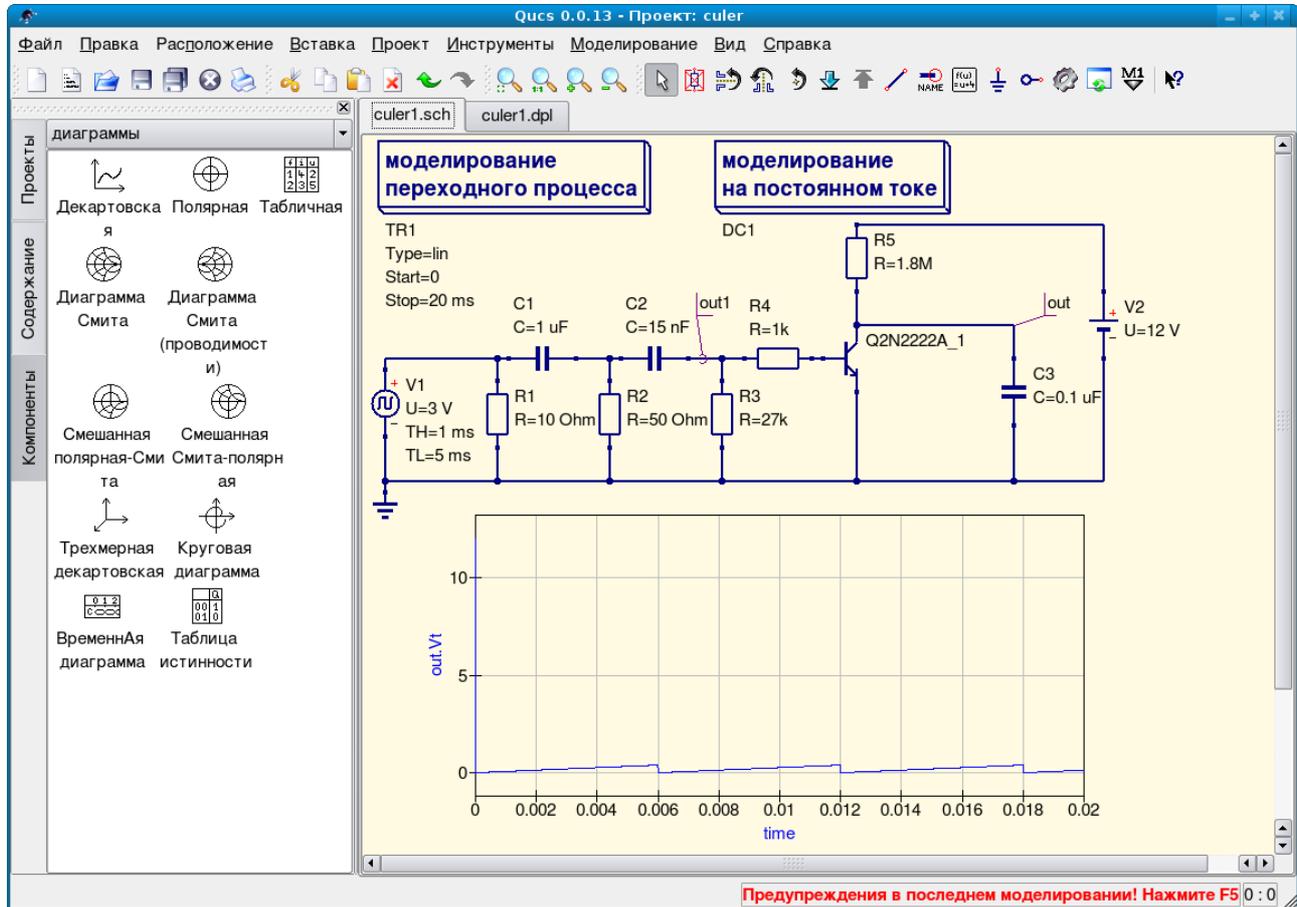


Рис. 6.5. Напряжение на конденсаторе C2 (основная схема) при наличии импульсов

Остается проверить работу цифровой части устройства, если это кому-то нужно. Впрочем, еще раз более внимательно посмотрев на оригинальную схему, я могу сказать, что имеет место нечто похожее на «опечатку». Вывод 1 микросхемы D1.1 и точка соединения резистора R6 с конденсатором C4 как-то «подвисают» в воздухе. То ли они соединяются с выходом предыдущего каскада, то ли соединены только между собой...

По крайней мере, если вы решите сразу рисовать самостоятельно печатную плату (хотя она есть в описании), то следует решить, как сделать это соединение.

Программа Qucs не желает легко решить вопрос с работой этих двух цифровых генераторов, но есть возможность «собрать» схему в Proteus. В старой версии EWB я даже не хочу пытаться это делать, насколько мне помнится, она тоже не любила смешение логики и аналоговых процессов. Так что, в Proteus.

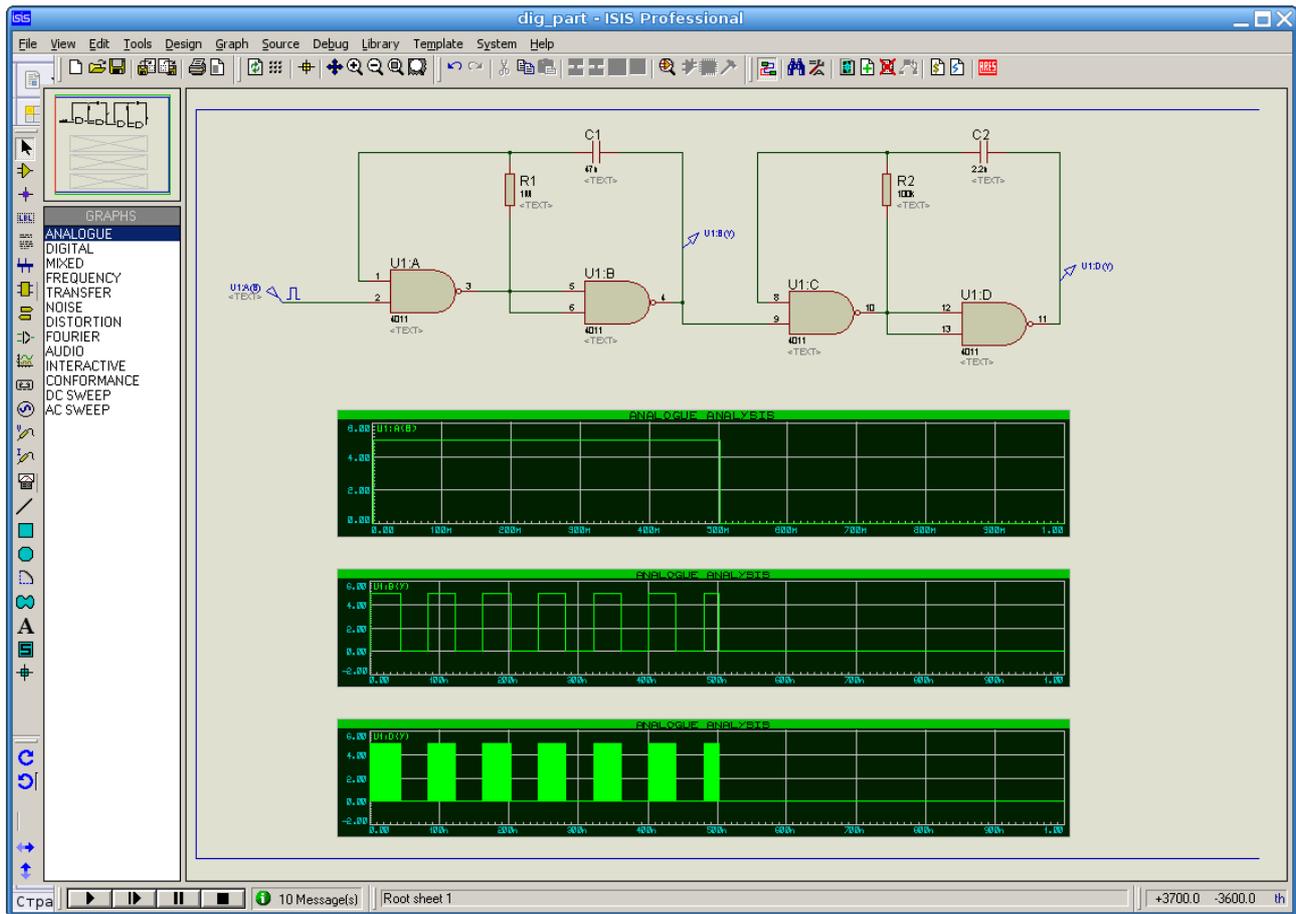


Рис. 6.6. Работа цифровой части схемы в Proteus

Вот, собственно, и все. Можно подобрать режим сигнала и тон, меняя значения резисторов и конденсаторов, но...

Я не уверен, что все любители сочтут необходимым обзавестись таким устройством. А напрасно. То что кулер процессора перестал работать может обнаружиться на сразу, хорошо, если сам процессор при этом не пострадает, а понять, что компьютер «виснет» из-за плохой работы кулера, можно только имея печальный опыт. Порой, когда открываешь системный блок, пока его открываешь, кулер умудряется «прийти в себя» (или понимает, что неправ) и начинает крутиться, как ни в чем ни бывало. И тебе не остается ничего другого, как собрать системный блок, решив, что неправ ты, приставая к компьютеру с какими-то необоснованными подозрениями. И не остается ничего другого, как ждать следующей серии странностей в работе компьютера.

Словом, очень полезное устройство.



- 2 — *перемигивание*
- 3 — *плавно разгорается и резко гаснут (по очереди)*
- 4 — *плавно гаснут и резко разгораются(по очереди)*
- 5 — *один канал горит постоянно, а второй резко разгорается и плавно гаснет.*

*Вы можете загрузить следующие файлы, относящиеся к проекту:*

*flash\_light.hex — файл прошивки микроконтроллера*

*flash\_light.obj — объектный файл программы*

*flash\_light.asm — исходник управляющей программы*

## **Загружаем файлы, и дальше...**

Выбирая схему для этого рассказа, я столкнулся с некоторыми неожиданностями. Одна из схем дополнена hex-файлом прошивки в виде картинки. Не столь трудно создать из нее загрузочный файл, но я знаю себя, ошибок будет больше, чем правильных данных. Другая схема снабжена бинарным файлом, с которым надо разбираться и разбираться, но только тогда, когда это очень важно для тебя. Большая часть схем подразумевает использование контроллеров AVR, и я подумал, что несправедливо отношусь к программе Multisim (сегодня под эгидой National Instruments), которая тоже поддерживает работу с микроконтроллерами. Однако после загрузки пробной 10 версии я не нашел в списке поддерживаемых устройств подходящих микроконтроллеров. Словом, не сложилось.

Но один из вопросов, заданных на форуме, заставил меня пересмотреть ряд схем на сайте «Радиотехник», как возможных ответов на заданный вопрос, и в итоге я остановил свой выбор для раздела «Микроконтроллеры» на схеме, приведенной выше.

Для знакомства с ней можно сразу нарисовать ее в программе Proteus (пока есть такая возможность, и программа поддерживает работу с контроллером AT90S1200). А можно проверить ее работу «частями». Например, судя по описанию, после нажатия на кнопку **ON** и прохождения импульса сброса должно включиться реле P1 и своими контактами P1/1 блокировать кнопку **ON**. Чтобы в этом убедиться даже не нужно реле, достаточно проверить состояние вывода PB5 микроконтроллера. Если вывод принимает состояние высокого логического уровня, то этот этап работы со схемой можно будет завершить. После чего меня интересует поведение вывода PB4 при наличии сетевых (50 Гц) импульсов синхронизации, сформированных соответствующими цепями. Более глубокой проверки я пока не планирую.

Итак. Файлы прошивки и исходного кода загружены. Рисуем цепь сброса в программе Proteus, предварительно выбрав микроконтроллер и с помощью диалога свойств этой микросхемы добавив hex-файл из загруженного набора. Мне не вполне ясно то, как организована цепь сброса. Насколько я понимаю, активный сигнал для ввода RESET микросхемы — низкий логический уровень. Традиционно самым простым образом этот процесс формируется RC цепью. Если микросхема требует высокого качества импульса, определенной длительности или крутых фронтов, добавляется цепь формирования, скажем, в виде одного или двух вентилях. В данном случае использовано обратное включение диода. Может быть и так, хотя не очень понятно зачем? Я не готов к ответу на этот вопрос, но готов использовать вместо диода обычный резистор. Кроме того, я знаю, что многие программы «плохо относятся» к RC цепи, подключенной к плюсу питания, отчего я заменяю эту часть схемы генератором ступенчатого напряжения (VPULSE программы), в свойствах которого величину высокого уровня установлю 5 В, период 1000 секунд и ширину импульса 100 секунд, что должно обработать интересующий меня промежуток времени.

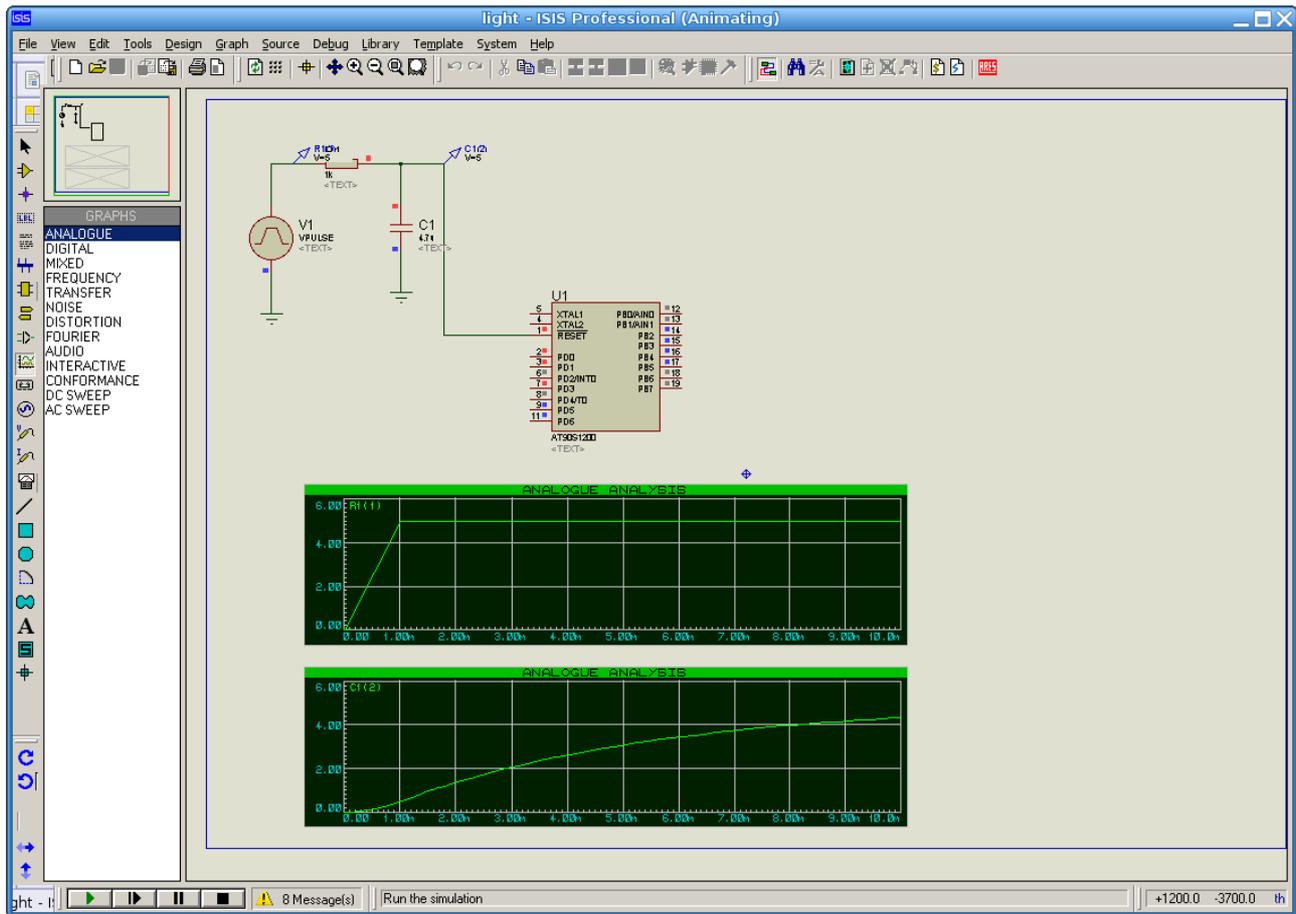


Рис. 7.2. Начало проверки работы схемы

Да, вход RESET имеет первоначально низкий логический уровень, а затем принимает высокий, но ожидаемый мною высокий уровень на выводе PB5 так и не появляется. Или я что-то делаю не должным образом, или...

Есть путь, который мне представляется разумным – проверить работу микроконтроллера, используя исходный файл программы на ассемблере. Доступны две программы для работы с микроконтроллером AVR, это VMLab и AVR Studio. Обе предназначены для работы в среде Windows, но VMLab ничего не имеет против использования в Linux.

Заменяв файл шаблона VMLab на исходный текст программы, после первой попытки я сталкиваюсь с небольшой проблемой – трансляция не проходит с сообщением о повторном объявлении регистра r30.

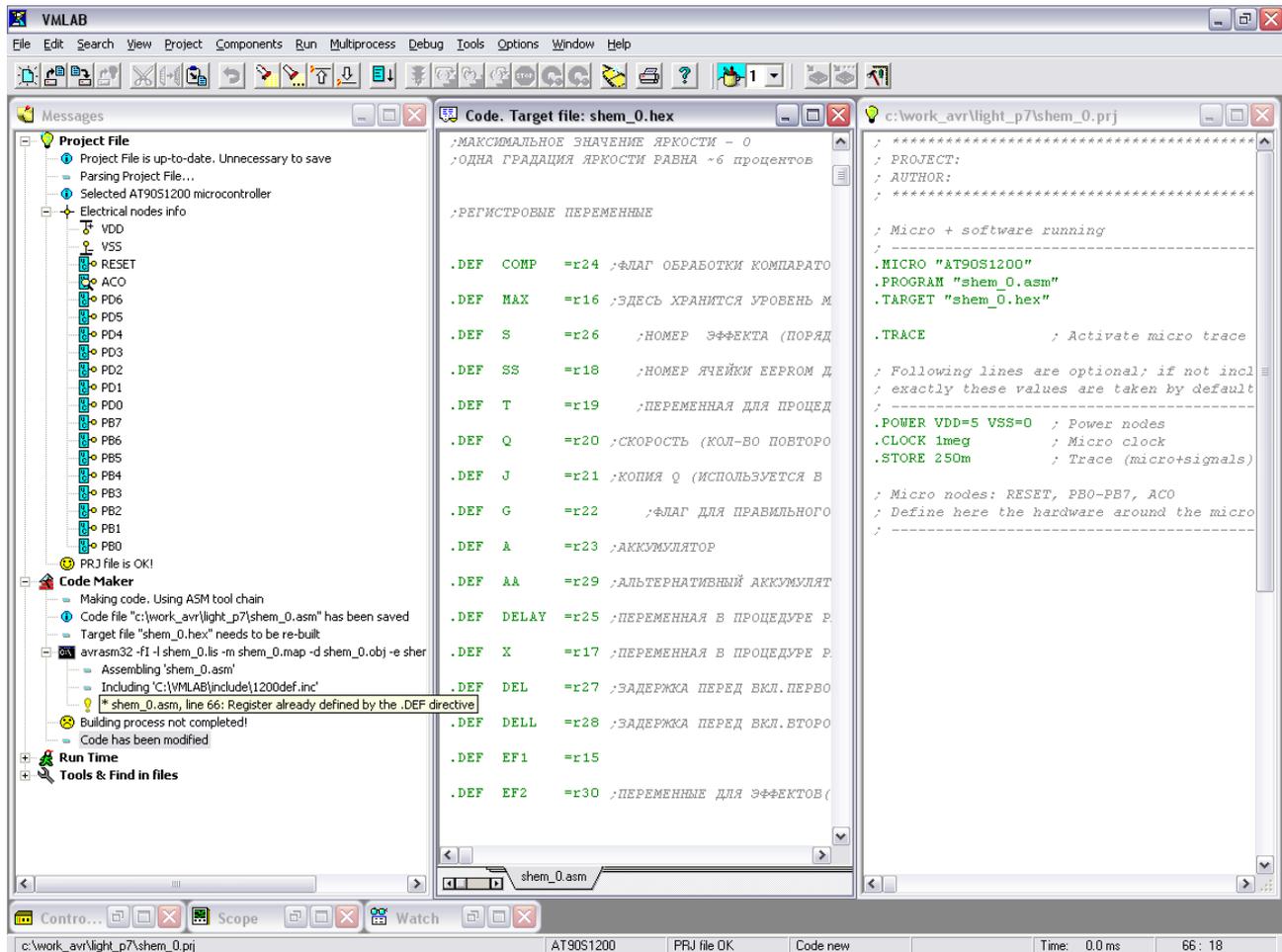


Рис. 7.3. Первая попытка трансляции исходного кода в программе VMLab

Копаться в своих программах и схемах я не люблю, а в чужих и подавно. Возможно, что программа написана и отлажена в AVR Studio?

Мне приходилось сталкиваться с тем, что схожие по назначению среды разработки, трансляторы или симуляторы, ведут себя не всегда одинаково. Такое поведение может на некоторое время озадачить, порой вызывает эмоциональный взрыв, когда хочется все бросить. В дни таких неудач все, кажется, против тебя.

Для работы с AVR Studio требуется сменить операционную систему. А это отодвигает работу на день, когда появится возможность провести проверку на другом компьютере. С другой стороны, если успокоиться, то день не «сделает погоды»...

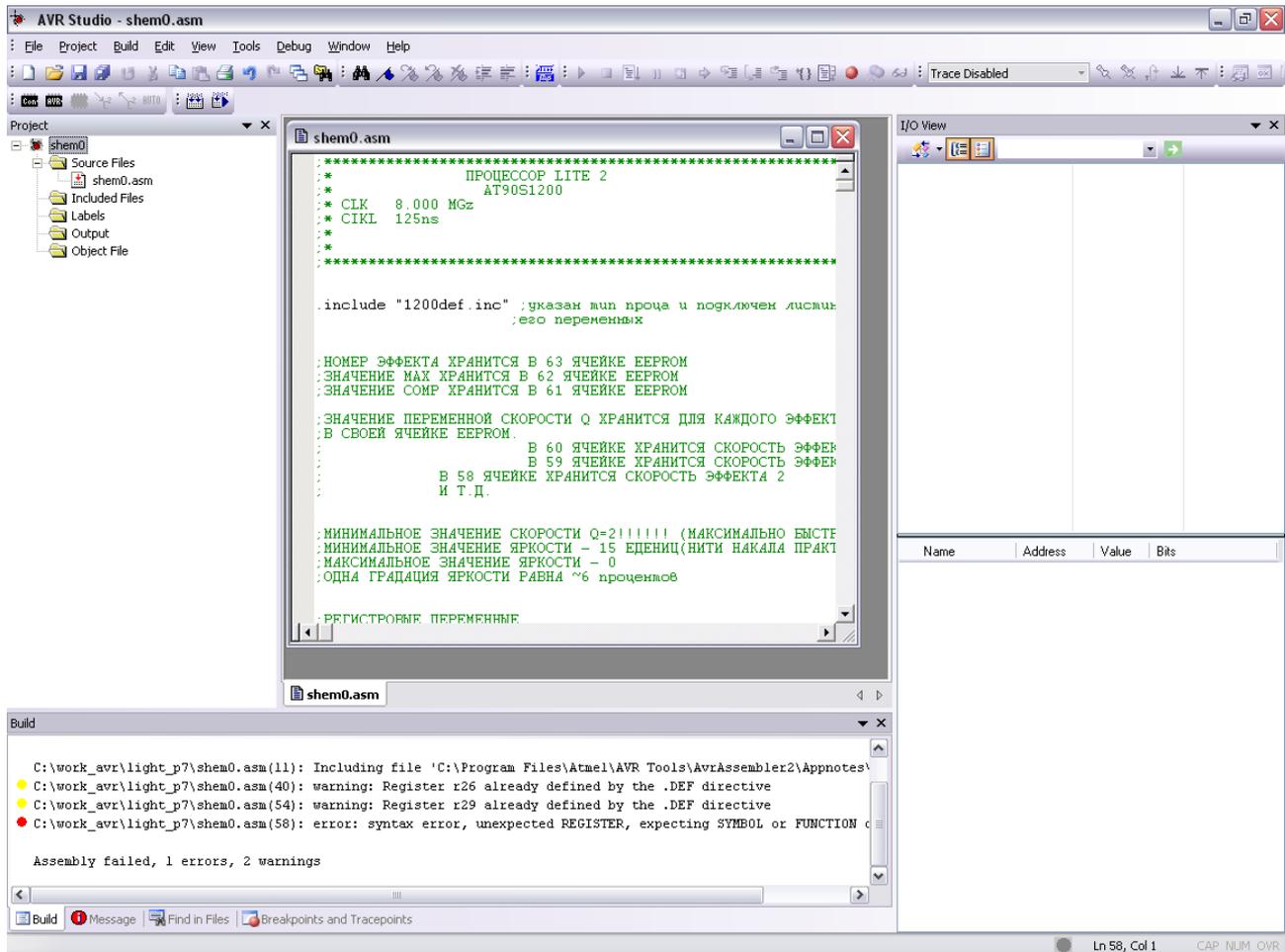


Рис. 7.4. Вторая попытка трансляции исходного кода в программе AVR Studio

И здесь ошибки. Увы. Приходится с этим считаться. Не понравилась переменная `X`, пришлось поменять на `_X`. Не понравилось название меток `Y` и `out`, что справедливо – слово `out` зарезервировано. После всех правок остались только предупреждения о повторном определении регистров, они уже определены в файле микроконтроллера `1200def.inc`, но с этим я пока готов мириться, поскольку трансляция проходит. А так как в программе есть отладчик, можно его запустить.

Как и ожидалось, запущенная программа останавливается на проверке состояния вывода `RESET`, а затем переходит к проверке перехода фазы через ноль, и пока этого не произойдет, программа не продвигается дальше.

Возвращаясь к программе `VMlab`, исправив все, что ей не нравилось для успешной трансляции, я убеждаюсь, что после имитации сигнала `RESET` и синхронизации с напряжением 50 Гц программа включает реле на выходе `PB5`.

Теперь можно вернуться в `Proteus`. Я выяснил, какие сигналы мне нужны, в какой последовательности программа их опрашивает, теперь появилась надежда, что с этим этапом проверки покончено.

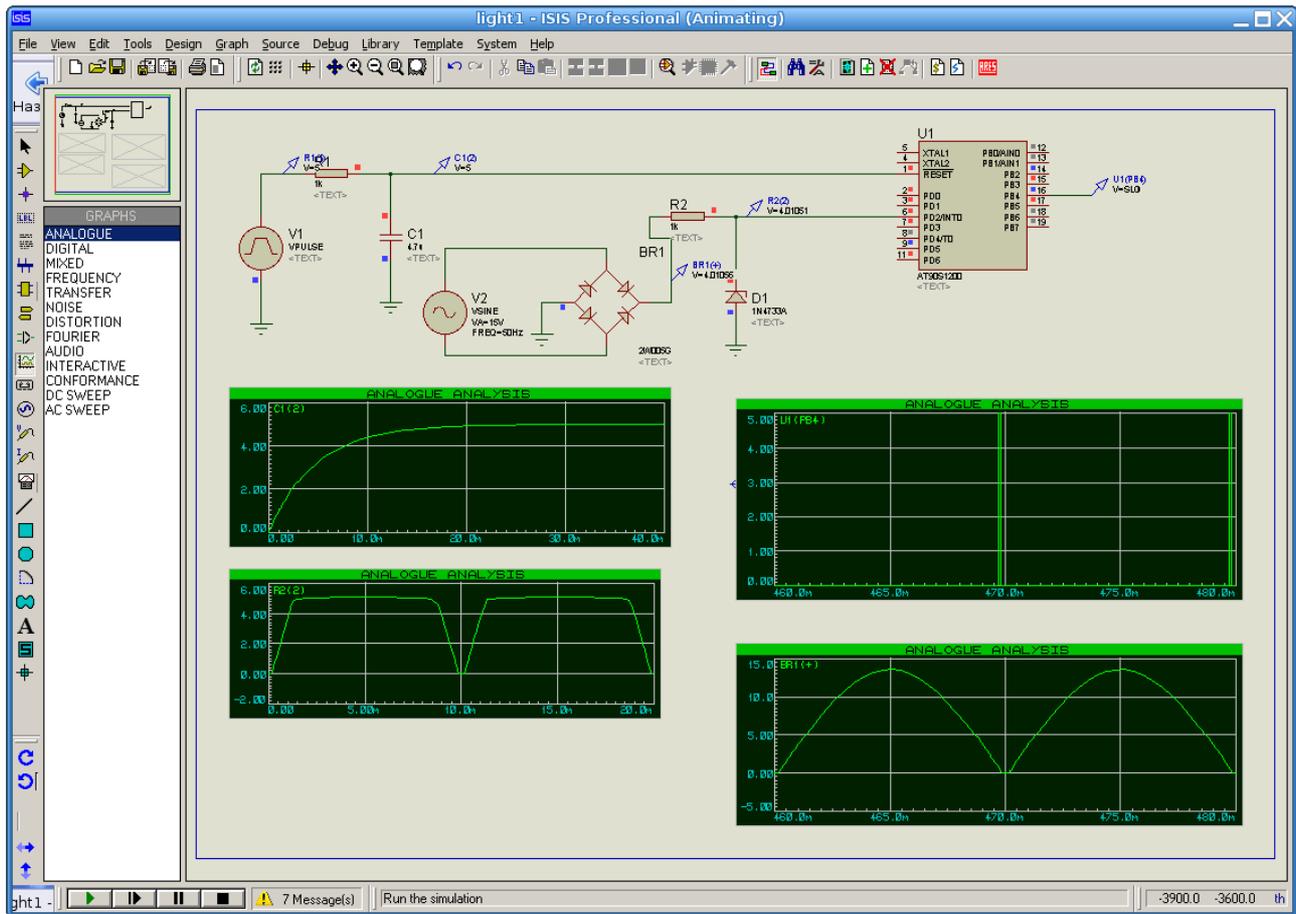


Рис. 7.5. Завершение первого этапа проверки схемы

И это так. На выводе PB5 микроконтроллера появляется сигнал логической единицы, включающий реле P1, которое своими контактами блокирует клавишу включения и подает питающее напряжение на схему. Мало того, на выводе PB4, управляющем одной из нагрузок схемы, есть управляющие импульсы. На рисунке они показаны во временном промежутке 460-480 мс, а ниже в том же промежутке времени выпрямленное сетевое напряжение. Можно видеть, что моменты включения приходятся на близкие к нулю значения сетевого напряжения, что соответствует минимальной яркости ламп нагрузки. Так и должно быть.

Дальнейшее развитие событий зависит от вашей уверенности в собственных силах. Я готов отправиться за покупкой всех необходимых деталей, уверенный, что благодаря автору схемы я могу повторить ее и наладить, могу модифицировать, приспособив к собственным нуждам, могу написать новую версию программы микроконтроллера, все необходимое есть, если работа схемы должна очень сильно отличаться от предложенной автором.

Если вы впервые приступаете к работе с микроконтроллерами, то можно продолжить рассмотрение схемы, например, проверив, что изменится в работе схемы спустя некоторое время. Для этого достаточно изменить временной промежуток симуляции, скажем, выбирая интервал от 10 с до 10,04 с.

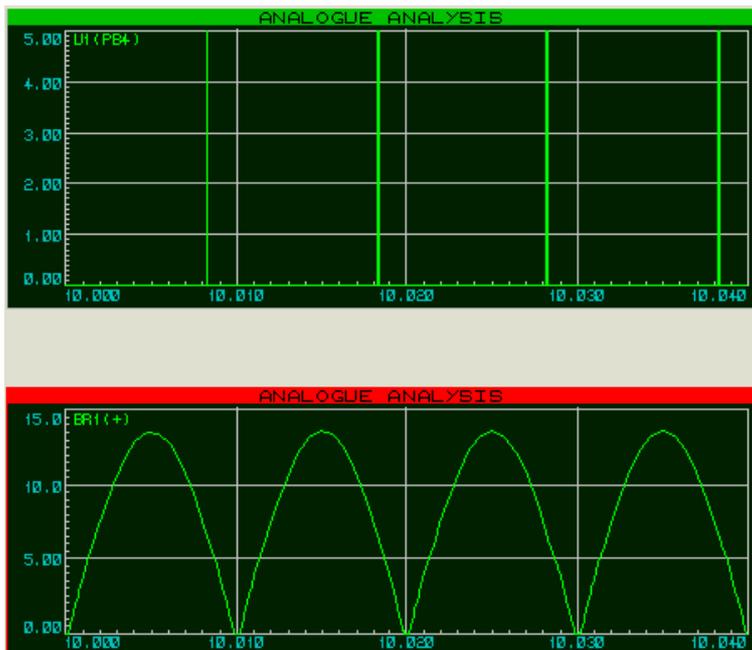


Рис. 7.6. Диаграммы работы управляющего вывода в другом временном интервале

На диаграмме видно, как управляющие импульсы сдвигаются, открывая триак все раньше и раньше, что должно увеличивать яркость свечения ламп.

В программе Proteus можно проверить и это, используя триак. Словом, дальнейшая работа зависит от ваших намерений и возможностей, но главное вы сделали — убедились, что схема работает.

### ***Как выбрать и проверить схему?***

Описанный мною подход к выбору схемы позволяет не только избежать ненужных ошибок, но и дает предварительный опыт в последующей работе с макетной платой или готовым устройством.

Многие конструкции сегодня рассчитаны на применение микросхем. Когда микросхем мало, можно на макетной плате установить панельки для микросхем. Или можно купить микросхемы именно для создания макетной платы, а когда макет продемонстрирует завершенность и работоспособность устройства, обновить всю элементную базу. Но даже, если у вас есть такая возможность, хватит ли у вас терпения много раз менять при наладке резисторы и конденсаторы, отпаивать выводы, чтобы проверить ток, и, главное, всегда ли вы будете успевать проверить это или, как часто встречаешь в разговорах на форумах, придется многократно менять сгоревшие детали, прежде чем будет выявлена причина их выхода из строя.

Конечно, вы можете обладать богатейшим опытом и великолепной памятью, когда одного взгляда на схему достаточно, чтобы увидеть ее работу в целом, увидеть все детали и частности, и сразу без проб и ошибок собрать любое устройство. Если это так, то забудьте все о чем я говорил, это не ваш путь. Если нет, то, возможно, что-то полезное в моих рассказах для себя вы и обнаружите.

Удачи вам и терпения, если вы только начинаете знакомство с электроникой. Пройдет совсем немного времени, и вы поймете, что цель почти всегда достижима, а путь, проделанный к ней, при правильном движении может доставить не меньше удовольствия, чем осознание того, что цель достигнута.