

В. Н. Гололобов

Хобби - электроникс

Множество людей далеких от электрики, электроники и компьютерной техники, людей, порой, уже достигших вершин в своей области деятельности, которые за время моей работы обращались ко мне, будь то помощь или консультация, это великое множество энтузиастов заставило меня задуматься, как над природой притягательной силы электроники, так и над созданием книги, которая не была бы ни учебником - их много прекрасных, отечественных и зарубежных, ни увеселительной прогулкой по миру электричества - благо, и таких книг более чем достаточно, а, просто, рассказом для тех, кто далек от электроники о том, каким она может стать замечательным, хотя и дорогостоящим увлечением.

**Москва
2000**

Свою работу, удачна она получилась или нет, в течение более чем полугода «вечеров и выходных», я хочу посвятить тем, кого люблю и уважаю, без кого эта книга не была бы завершена, моим жене и сыну.

Содержание

[Список иллюстраций 5](#)

[Предисловие 7](#)

[Вступление к первому проекту, как продолжение предисловия 9](#)

[Проект первый «Елочная гирлянда» 11](#)

[Вступление ко второму проекту 26](#)

[Проект второй «Елочная гирлянда» 26](#)

[Вступление к третьему проекту 37](#)

[Проект третий «Простая задача» 37](#)

[Вступление к четвертому проекту 46](#)

[Проект четвертый «Приемник из детства» 46](#)

[Вступление к пятому проекту 58](#)

[Проект пятый «Радиопередатчик» 58](#)

[Вступление к шестому проекту 66](#)

[Проект шестой «Промышленные приемники, не амплитудная модуляция, сигналы, и что из этого следует» 66](#)

[Примечание по ходу дела, выделенное в несостоявшуюся главу: 85](#)

[Тайм-аут 88](#)

[Вступление к седьмому проекту 105](#)

[Проект седьмой «Автоматика электронная и нет» 105](#)

[Вступление к восьмому проекту 116](#)

[Проект восьмой «По рецепту Гекельберри Финна» 116](#)

[Наладка или Борьба с собственной «гениальностью» 141](#)

[«А если бы мы везли патроны?» 150](#)

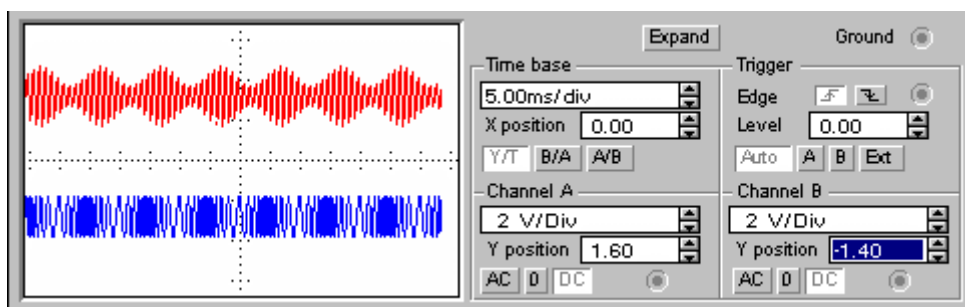
[Измерительные приборы 153](#)

[О компьютерах и некоторых программах 164](#)

[Завершая разговор 173](#)

[Алфавитный указатель 174](#)

[Список использованной литературы 176](#)



E-mail: vgololobov@mtu-net.ru

Список иллюстраций

| | |
|--|-----|
| Рис. 1. Типовая схема включения микросхемы TDA2030..... | 9 |
| Рис. 2. Общая модель проекта..... | 12 |
| Рис. 3. Типовой синхрогенератор..... | 13 |
| Рис. 4. Первая модель гирлянды..... | 14 |
| Рис. 5. Вторая модель гирлянды..... | 15 |
| Рис. 6. Модификация модели для трех гирлянд..... | 15 |
| Рис. 7. Модель с «бегущими огнями»..... | 17 |
| Рис. 8. Схема включения реальной гирлянды..... | 19 |
| Рис. 9. Простая модель на базе микроконтроллера..... | 27 |
| Рис. 10. Первый вариант управления тиристором..... | 38 |
| Рис. 11. Второй вариант управления тиристором..... | 39 |
| Рис. 12. Третий вариант управления тиристором..... | 40 |
| Рис. 13. Четвертый вариант управления тиристором..... | 41 |
| Рис. 14. Пятый вариант управления тиристором..... | 41 |
| Рис. 15. Шестой вариант управления тиристором..... | 41 |
| Рис. 16. Схема радиоприемника прямого усиления 2-V-2..... | 47 |
| Рис. 17. Схема опыта с колебательным контуром..... | 52 |
| Рис. 18. Осциллограмма к опыту с колебательным контуром..... | 52 |
| Рис. 19. Осциллограмма амплитудно-модулированного сигнала..... | 53 |
| Рис. 20. Осциллограмма радиосигнала после детектирования..... | 54 |
| Рис. 21. Осциллограмма влияния фильтра на выходе детектора..... | 54 |
| Рис. 22. Модификация приемника прямого усиления..... | 55 |
| Рис. 23. Схема передатчика для радиоуправляемых моделей..... | 59 |
| Рис. 24. Схема маломощного передатчика на 27 мГц..... | 60 |
| Рис. 25. Схема высокочастотной измерительной головки..... | 61 |
| Рис. 26. Схема индикатора поля..... | 63 |
| Рис. 27. Схема проведения эксперимента по смешиванию сигналов..... | 68 |
| Рис. 28. Схема высокочастотного генератора..... | 70 |
| Рис. 29. Первая осциллограмма к опыту по частотной модуляции..... | 71 |
| Рис. 30. Схема получения частотно-модулированного сигнала..... | 71 |
| Рис. 31. Вторая осциллограмма к опыту по частотной модуляции..... | 72 |
| Рис. 32. Третья осциллограмма к опыту по частотной модуляции..... | 72 |
| Рис. 33. Четвертая осциллограмма к опыту по частотной модуляции..... | 73 |
| Рис. 34. Напряжение на параллельном колебательном контуре..... | 75 |
| Рис. 35. Напряжение на последовательном колебательном контуре..... | 75 |
| Рис. 36. Сигналы разной формы, используемые в качестве испытательных..... | 76 |
| Рис. 37. Осциллограмма сигналов прямоугольной и пилообразной формы..... | 77 |
| Рис. 38. Синтезированный сигнал пилообразной формы..... | 78 |
| Рис. 39. Осциллограмма сигнала, полученного с помощью прямоугольных импульсов..... | 78 |
| Рис. 40. Вид синусоидального сигнала с нелинейными искажениями..... | 79 |
| Рис. 41. Схема проведения опыта по нелинейным искажениям..... | 81 |
| Рис. 42. Спектр гармонических составляющих сигнала..... | 83 |
| Рис. 43. Осциллограмма синфазных сигналов..... | 84 |
| Рис. 44. Осциллограмма противофазных сигналов..... | 84 |
| Рис. 45. Схема определения звонка..... | 91 |
| Рис. 46. Схема устройства удержания линии от разъединения..... | 92 |
| Рис. 47. Схема формирования сигнала удержания линии..... | 93 |
| Рис. 48. Схема формирования сигнала сброса..... | 94 |
| Рис. 49. Полная схема лайн-холдера..... | 96 |
| Рис. 50. Пример использования названий сигналов на схеме..... | 97 |
| Рис. 51. Пример объединения соединительных линий на схеме..... | 97 |
| Рис. 52. Расположение выводов некоторых микросхем..... | 102 |
| Рис. 53. Схема стабилизатора напряжения..... | 108 |
| Рис. 54. Осциллограмма реакции стабилизатора напряжения на изменение напряжения..... | 109 |

| | |
|---|-----|
| Рис. 55. Схемы включения фотодиодов..... | 111 |
| Рис. 56. Конструкция базы расположения датчиков..... | 120 |
| Рис. 57. Расположение датчика..... | 121 |
| Рис. 58. Схема датчика, формирователя сигналов и передатчика..... | 123 |
| Рис. 59. Схема приемника и дешифратора..... | 128 |
| Рис. 60. Схема контроллера и информационного табло..... | 131 |
| Рис. 61. Осциллограмма сигнала "Передача", показывающая ошибку..... | 141 |
| Рис. 62. Фрагмент схемы рис. 58, содержащий ошибку..... | 142 |
| Рис. 63. Осциллограмма исправленного сигнала..... | 143 |
| Рис. 64. Осциллограмма полного информационного сигнала..... | 143 |
| Рис. 65. Исправленная схема датчика, формирователя и передатчика..... | 145 |
| Рис. 66. Осциллограмма сигналов исправленного дешифратора..... | 146 |
| Рис. 67. Исправленная схема приемника и дешифратора..... | 147 |
| Рис. 68. Схема функционального генератора..... | 158 |
| Рис. 69. Схема логического пробника..... | 162 |
| Рис. 70. Основное окно программы AutoCAD LT..... | 165 |
| Рис. 71. Кольцо на инструментальной панели AutoCAD..... | 166 |
| Рис. 72. Кнопка редактирования текста на инструментальной панели..... | 166 |
| Рис. 73. Основное окно редактора программ для контроллера 8051..... | 167 |
| Рис. 74. Отладчик программ для микроконтроллеров..... | 168 |
| Рис. 75. Окно программы ULTcar..... | 169 |
| Рис. 76. Окно программы SpiceAge, система проектирования фирмы ULTmate..... | 170 |
| Рис. 77. Окно программы трассировки схемы..... | 171 |

Предисловие

Которое лучше прочитать вместе с послесловием, названным «Завершая разговор».

Наш мир, во многом, мир электроники, окружающей нас повсюду. Дома это - телефон, часы, телевизор, музыкальный центр, видеомаягнитофон, компьютер, записная книжка, стиральная машина, микроволновая печь, холодильник, маягнитола в автомобиле (и не только она), кондиционер. На работе – та же электроника и компьютерные сети, охранные и пожарные системы наблюдения, телефонные станции, ксероксы, устройства для уничтожения бумаг, телефаксы. На улице - светофоры, рекламные щиты, видеокамеры, домофоны.

В одном из фильмов голос за кадром отзывается о беседе двух разведчиков, как о непостижимой для непосвященных, сравнивая ее с разговором математиков. Вероятно, то же можно сказать и о беседе двух специалистов по электронике. Но так ли загадочен предмет их разговора - электроника?

И да, и нет.

Да, поскольку люди, пользуясь электричеством добрую сотню лет, по сей день не знают - что это такое?

И нет - среди посвящающих свой досуг ремонту соседских телевизоров и маягнитофонов, достаточно тех, кто не имеет специального образования, и, зачастую, не знает толком устройства того, что ремонтирует. Что помогает им?

Думаю, самое важное - они любят «повозиться» с электроникой. Они хотят знать, как устроено «внутри» электронное окружение нашего мира. Они с удовлетворением разгадывают загадки «забарахлившей» техники, с каждым устройством узнавая новое, обогащая свой опыт, расширяя кругозор. Они умеют превратить обыденный мир тревог и забот в волшебный мир, как делали это в детстве все, а сегодня лишь немногие.

Электроника, в своей сущности, достаточно прозрачна. Она понятна не менее чем управление автомобилем, а ездят и стар, и млад, и гений, и ординарность. Нельзя сказать, что все, связанное с электроникой, просто - это было бы совершенно несправедливо. Но то, чем стоит заниматься вне профессиональной деятельности, действительно, достаточно просто и ясно.

Многие проводят свой отдых в путешествиях. Движет ли ими необходимость сменить климат или иные гигиенические соображения? Едва ли. Оказавшись в незнакомом месте, человек ищет впечатлений, которые позже вернутся в виде воспоминаний. Он полагает, что именно воспоминания развлекут его в суе будней. Я не готов оспаривать, но почти уверен в существовании еще одного воздействия: в незнакомом, экзотическом месте человек, осознано или нет, видит себя со стороны иным, чем обычно. Это впечатление, может быть, главное впечатление, и есть альфа и омега, и есть тот эликсир молодости, что придает ему энергию и бодрость по возвращении.

В этом смысле занятия электроникой в часы досуга, когда вы погружаетесь в незнакомый вам мир, способны сделать то же, что путешествие в далекую страну.

Если вам, Вам лично, стало давно понятно, что нельзя уделять своей профессии все двадцать четыре часа в сутки, и если вам, лично Вам, нескончаемая череда «упражнений в отдыхе» кажется более утомительной, чем самая тяжелая работа, то, может быть, стоит

подумать о занятии электроникой для отдыха от своей работы и для отдыха от своего «отдыха»?

Вступление к первому проекту, как продолжение предисловия

Обыденная история. Знакомый просит порекомендовать какую-нибудь схему усилителя ватт на 10-15, но не для знакомства с электроникой, а чтобы «иметь усилитель». Самое разумное применить готовую микросхему (из 174 серии, к примеру). Кстати, вспоминаю, у меня осталось несколько микросхем TDA2030 после одной из незавершенных работ. Отдаю микросхему с рисунком типовой схемы включения и расположением выводов. Даю рекомендации по выбору напряжения питания, радиатора. Все выглядит достаточно просто.

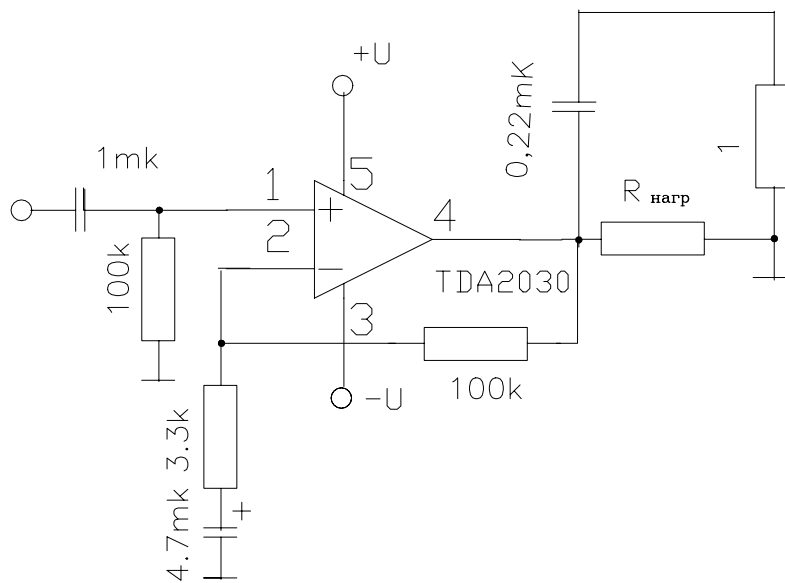


Рис. 1. Типовая схема включения микросхемы TDA2030.

Казалось бы, вопрос исчерпан, история окончена. Но через некоторое время знакомый просит объяснить, «что не так?» - микросхема греется, громкоговоритель «ревет». Даю стандартные рекомендации: проверить монтаж, измерить ток, встать осциллографом на выход усилителя, посмотреть, что там происходит. Но...

Нет осциллографа. Есть только авометр.

Остановимся на этом месте. В чем в данном случае проблема? В схеме?... В отсутствии опыта, приборов, знаний?... В отсутствии поддержки?

На мой взгляд, всего есть понемногу, но главная проблема, как мне кажется, в поставленной цели - иметь. Не исследовать, не разработать, не понять, не создать, а «иметь». Для достижения этой цели есть другие средства, другие пути. Прибегать к самостоятельной сборке чего-либо с целью «иметь» следует, на мой взгляд, только достаточно опытным любителям, да и то в тех случаях, когда купить это «нечто» по какой-либо причине невозможно, в противном случае лучше, все-таки, купить готовое изделие.

Именно в исследовании, в поиске решения поставленной задачи, преодолении возникающих трудностей, в выявлении несоответствия между тем, что должно быть и тем, что есть, как я считаю, раскрывается одна из наиболее притягательных сторон электроники как занятия для отдыха, как любимого развлечения многих, чья профессиональная деятельность не связана с электроникой.

Занятие электроникой всегда сопряжено с некоей тайной, загадкой, которую вам надо разгадать, будь то неисправность или ошибка, которые не очевидны, и потребуют от вас расследования, сродни детективному, или проект, видимый лишь в общих чертах.

Есть один аспект, я уже упоминал об этом - увлечение электроникой вне профессиональной деятельности достаточно дорогостоящее занятие: дорого стоят хорошие приборы, недешевы некоторые компоненты и т.д. Хотя, сразу же хочу возразить себе, а обязательно ли это так? Означает ли это, что людям, чьи средства ограничены, но влечение к занятию электроникой сильно, не следует и пытаться заниматься ею? Отнюдь. Отсутствие достаточных средств на организацию лаборатории может быть компенсировано дополнительными усилиями по изготовлению приборов, дополнительно затраченным временем на приобретение знаний, выбором разработок, не требующих дорогостоящей аппаратуры. Я имею в виду, что интерес могут представлять не только самые новейшие достижения в области электроники, требующие дорогостоящих технологий при создании устройств или исследовании. Если ваш интерес именно в новейшей технике, а средства ограничены, то лучше заняться электроникой профессионально. В плане же любительском целью занятий следует выбрать получение удовлетворения результатами работы, а конкретную разработку определять в соответствии с теми средствами, которыми вы располагаете. Не следует думать, что задача на вид простая решается быстро и просто, а сложная на вид - нет. Многие сложные задачи имеют штатное решение, не требующее ни выдумки, ни фантазии, ни, подчас, даже хороших знаний, да и почти все сложные задачи разбиваются на более простые подзадачи. В то же время, решение простых задач может потребовать от вас неординарных качеств.

На мой взгляд, важно и следующее. Выбрав в качестве хобби занятие электроникой, постарайтесь выработать определенные навыки - последовательность, методичность, внимательность, наблюдательность. Они не только помогут вам преодолеть возникающие трудности, но и избавят от разочарований. Приступая к очередной работе, составьте описание проекта - его цель, пути достижения цели, перечень необходимых средств. Обязательно составьте план работы. Реализуя проект, старайтесь записывать в рабочей тетради все шаги по его реализации, все мысли, которые появляются при работе и кажутся вам значимыми. Делайте записи языком понятным вам, не стараясь его «опрощенить». Впоследствии, анализируя свои рабочие записи, вы найдете ряд новых интересных исследований, базирующихся на уже проделанной работе, и, следовательно, имеющихся средствах.

И, наконец, последнее. Многие, встретив ниже неточное или неправильное с их точки зрения определение, могут испытать чувство дискомфорта. Мой совет - выпишите на листе подходящего формата правильное определение и вклейте его в книгу. А если чувство дискомфорта будет возникать слишком часто, то лучше расстаться с книгой, чем с вашим увлечением. Книг по предмету, повторюсь, много, как отечественных, так и переводных зарубежных.

После призывов к последовательности было бы логично начать с определений, физики процессов, с азбуки чтения схем, правил монтажа и т.п. Однако многие согласятся, это скучновато. Попробуем иначе, будем обращаться к необходимым пояснениям «по ходу дела».

Так получилось, что сейчас, когда я начал писать книгу, преддверие новогодних праздников, и поскольку я не вижу разницы, с чего начать, я начну разговор с тривиальной темы переключения елочных гирлянд.

Проект первый «Елочная гирлянда»

Цель проекта - ознакомиться со схемами переключения елочных гирлянд, исследовать некоторые решения, выбрать одно из них для реализации, и разработать на основе выбранной схемы свое решение. Разобьем проект на несколько этапов.

Первый этап. Создание модели.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Первый проект «Елочная гирлянда».

2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором и программой, позволяющей легко рисовать электрические схемы (например, AutoCAD).

Второй этап. Рассмотрение разных решений.

Необходимые средства: они будут зависеть от выбранной модели и определяться после завершения первого этапа проекта.

Третий этап. Выбор конкретной реализации.

Необходимые средства: они будут зависеть от результатов второго этапа.

Четвертый этап. Модификация выбранной реализации.

Необходимые средства: будут зависеть от предыдущих этапов, и ими определяться.

Приступим к **первому** этапу работы.

Поразмышляем:

Елочная гирлянда, как правило, это цепочка из некоторого числа одинаковых лампочек накаливания. Каждая из них рассчитана на определенное напряжение. Гирлянду мы включаем в бытовую электросеть с напряжением 220 вольт. Если лампочка из гирлянды рассчитана на напряжение 22 вольта, то таких лампочек должно быть 10. Тогда на долю каждой (220 разделить на 10) приходится как раз 22 вольта.

Что мы ожидаем от гирлянды? Что она будет «гореть» на елке.

Что мы, в простейшем случае, могли бы добавить к этому? Сделать так, чтобы гирлянда «мигала».

Обычная гирлянда имеет сетевую вилку, которую мы включаем в розетку, зажигая огни елки, и вынимаем из розетки, чтобы погасить огни.

Итак, мы имеем гирлянду, источник тока (электросеть), коммутатор (сетевую вилку).

Значит для нашей модели тоже нужно: собственно гирлянду, коммутатор (в данном случае это уже не будет вилка, которую мы включаем и выключаем), источник

питания, и добавим нечто, что будет управлять коммутатором, включая и выключая гирлянду.

Создадим модель.

В качестве гирлянды используем в модели индикаторный светодиод. Все перечисленные выше устройства изобразим прямоугольниками и покажем связи между ними линиями.



Рис. 2. Общая модель проекта.

Так в общем виде будет выглядеть наша модель.

В нашей модели гирлянда и модуль управления питаются от одного источника тока. Модуль управления связан с ключом, который, в свой черед, связан с гирляндой (светодиодом).

Теперь поговорим о том, как могут выглядеть реализации составляющих модели, а затем вновь вернемся к модели.

Примечание:

Обязательно ли разделение управляющего элемента и коммутатора? В реальных гирляндах довольно часто в качестве элемента, заставляющего гирлянду мигать, используют термореле. Что оно собой представляет? Пара контактов, один из которых сделан из биметаллической пластины (пластины, собранной из двух металлов с разным коэффициентом расширения при нагреве). При протекании тока через вспомогательную обмотку в биметаллическую пластину выделяется тепло (ток производит работу), разогревающая пластины, при этом биметаллическая пластина изгибается (металлы ее составляющие расширяются при нагреве по-разному), нарушая контакт и разрывая цепь, т.е. делает то же, что и вилка, которую мы вытаскиваем из розетки. Гирлянда гаснет. Ток через нее не течет. Биметаллическая пластина остывает, возвращаясь к исходной форме, и вновь замыкает цепь. Ток течет. Гирлянда горит. И т.д.

И все-таки, разделим функции устройства управления и коммутации. Попробуем реализовать те же возможности, что и у обычной «мигающей» гирлянды.

Переходим ко **второму** этапу.

Выберем в качестве источника питания что-нибудь более подходящее для экспериментов, чем электросеть. Это может быть любой источник постоянного тока: лучше всего блок питания промышленного производства, но можно использовать батарейку или аккумулятор, или самодельный блок питания. Напряжение блока питания пусть будет 12 вольт, в случае использования батарейки оно может быть меньше (но не менее 3 вольт).

Для коммутатора в модели используем биполярный транзистор, поскольку такой коммутатор проще всего найти.

Что у нас станет управляющим устройством? Очевидно что-то, что сможет периодически подавать сигналы включения и выключения гирлянды. Т.е. некий производитель (или генератор) периодических сигналов. Соберем такой генератор на основе цифровой микросхемы КР1561ТЛ1.

Примечание:

Генераторы периодических сигналов могут быть разных типов. Чаще их работа основана на периодическом заряде и разряде конденсатора. Компоненты, из которых можно собрать генератор, могут быть различными, например: транзисторы, диодисторы, специализированные микросхемы таймеров, как NE555 (отечественный аналог КР1006ВИ1).

Я предлагаю генератор периодических сигналов собрать, используя цифровую микросхему, поскольку подобные генераторы просты, их частоту можно в довольно широких пределах менять путем замены конденсатора и резистора, кроме того, можно собрать делитель частоты и получить еще один способ вариации частоты, да и модификацию схемы свяжем с применением цифровых микросхем. Такова моя точка зрения, которая вовсе не обязательна ни для кого.

Практическая схема генератора выглядит так:

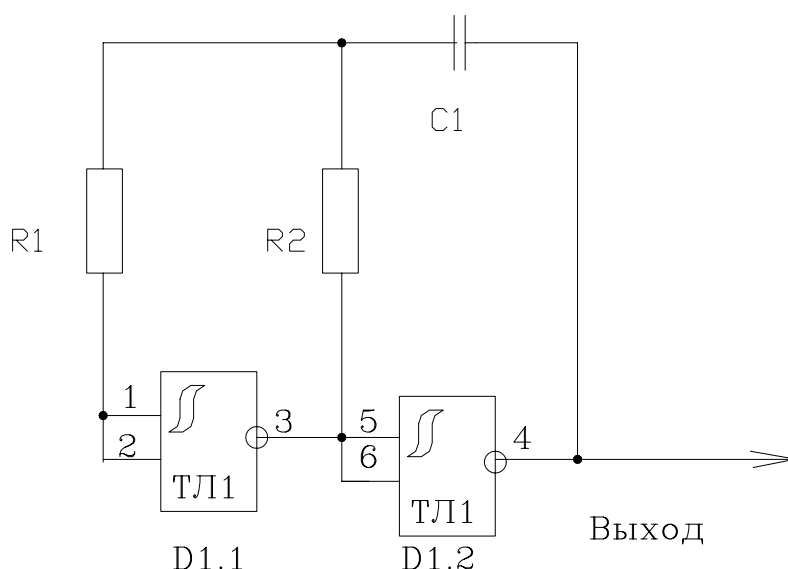


Рис. 3. Типовой синхрогенератор.

Используемые компоненты: D1 – КР1561ТЛ1, R1=R2=2 МОм, C1=0,47 мкФ.

Рассмотрение различных решений можно свести к разбору разных схем генераторов, коммутаторов, источников питания. Возможно, позже мы вернемся к этому, но сейчас различия в решениях отнесем к конечной нашей цели - к тому, как будет выглядеть гирлянда на елке.

Соберем первую модель елочной гирлянды.

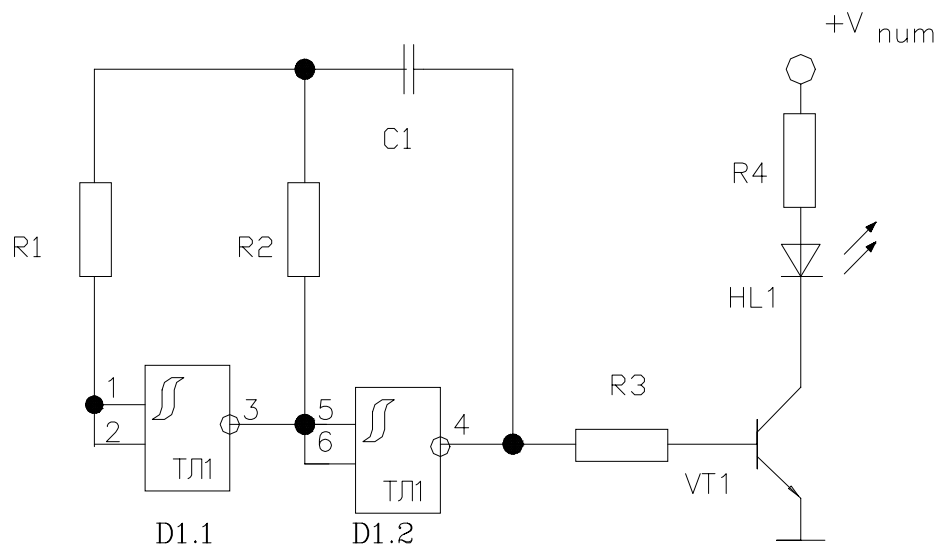


Рис. 4. Первая модель гирлянды.

Используемые компоненты будут прежними, кроме вновь появившихся: $R3=10\text{ кОм}$, $R4=2,4\text{ кОм}$, VT1 - КТ503А (Б-Е), HL1 - АЛ307.

Изменяя значения конденсатора C1 и величины резисторов R1 и R2, мы можем менять время включения гирлянды, а при разных значениях резисторов R1, R2 соотношение времен «включено - выключено».

Многие предпочитают, чтобы гирлянда включалась не с одинаковыми промежутками времени, а разными.

В нашей модели можно было бы применить с этой целью разные схемные решения. Мы используем генератор псевдослучайных чисел.

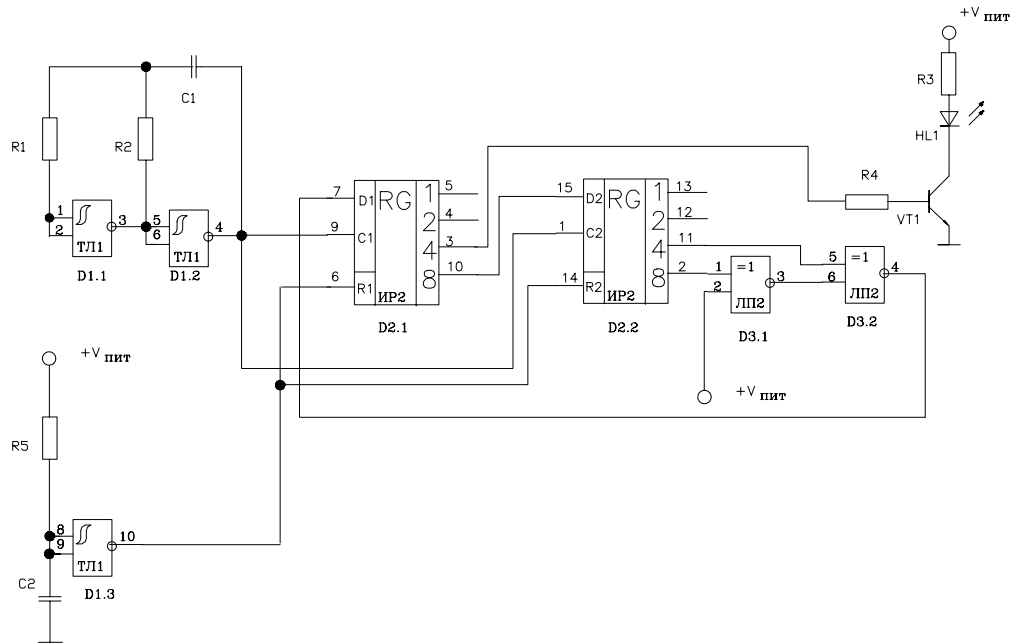


Рис. 5. Вторая модель гирлянды.

Добавив еще две гирлянды, получим более красочное убранство елки.

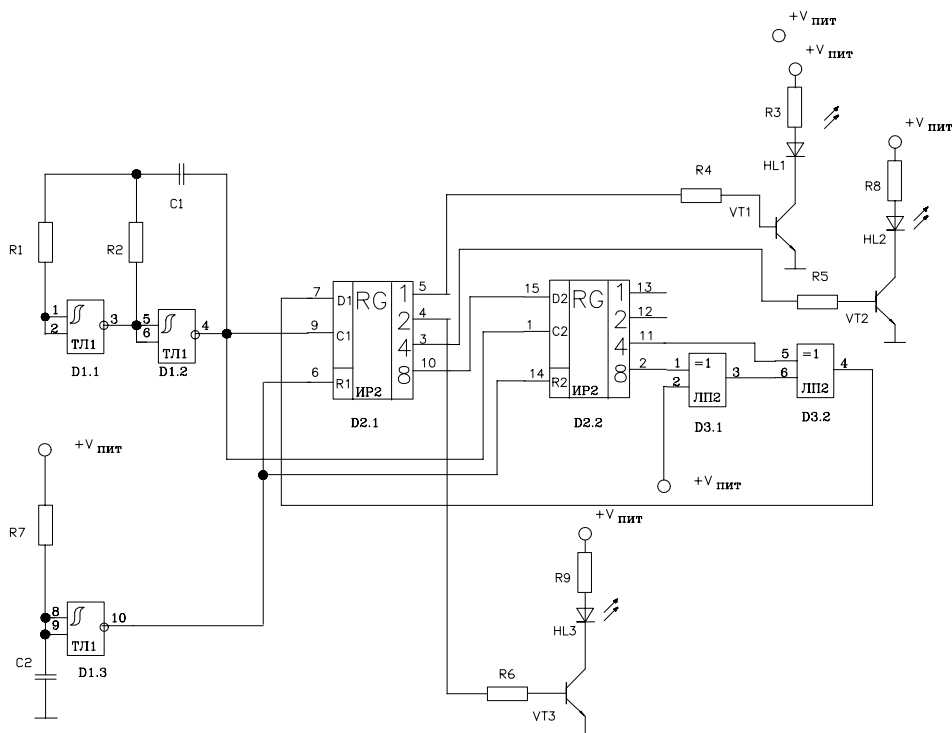


Рис. 6. Модификация модели для трех гирлянд.

Как работает генератор псевдослучайных чисел?

Генератор собран на микросхеме сдвигающих регистров K561ИР2 (D2.1 и D2.2). После прохождения импульса сброса по входу R (R1 для D2.1, R2 для D2.2), который

формируется микросхемой D1.3 при включении источника питания (конденсатор C2 в начальный момент не заряжен, и на входе D1.3 логический ноль, а на выходе логическая единица; после заряда конденсатора на выходе D1.3 логический ноль, который и остается на все время работы схемы), выходы обоих элементов сдвигающего регистра, обозначенные как 1, 2, 4, 8, устанавливаются в «0». На выходе второго элемента исключяющего **ИЛИ** (K561ЛП2) D3.2 устанавливается единица. Напомню, что логика работы двухвходового исключяющего **ИЛИ** такова, что на выходе его устанавливается логическая единица тогда, когда на входах разные логические уровни, в противном случае, при одинаковых уровнях на входах, не важно «0» или «1», на выходе устанавливается «0».

С приходом каждого тактового импульса на вход C1, тактовые импульсы формирует генератор на элементах D1.1 - D1.2, содержимое регистра сдвигается «на один выход» вниз по схеме, а на самый верхний по схеме выход регистра сдвигается значение с входа D (D1 для первой половины регистра), которое в начальный момент равно «1» (на этот вход приходит выход второго элемента исключяющего **ИЛИ**).

Итак, выходы 1, 2, 4, 8 микросхемы D2.1 после импульса сброса принимают значения 0-0-0-0. После первого тактового импульса их значения станут 1-0-0-0. После второго тактового импульса 1-1-0-0. После третьего 1-1-1-0 и т.д.

Проследим, что у нас произойдет на выходах второго регистра (D2.2) микросхемы, когда, постепенно «сдвигаясь», он установит на своих выходах такую же, как и первый, последовательность значений 1-0-0-0, 1-1-0-0, 1-1-1-0. Теперь второй элемент (D3.2) микросхемы исключяющего **ИЛИ** имеет на своих входах две логические единицы, а на выходе - «0». Этот ноль следующим тактовым импульсом переписывается в первый регистр, а затем будет сдвигаться. Можно рассмотреть работу схемы дальше и увидеть, что на восьми выходах микросхемы K561ИР2 с момента начала работы появятся все двоичные числа, определяемые восьмью битами (восьмью выходами), притом их появление не будет описываться каким-то простым законом. Поэтому генератор такого типа называется генератором случайных чисел или генератором случайных последовательностей чисел.

Но после того как осуществляются все комбинации из восьми бит, т.е. появятся все двоичные числа ими определяемые, весь цикл повторится вновь в той же последовательности. По этой причине генераторы такого типа называют генераторами псевдослучайных последовательностей чисел.

Вернемся к нашей модели, однако.

С тремя гирляндами и на той же элементной базе легко создать эффект бегущих огней, разместив гирлянды так, чтобы чередовались группы из трех лампочек (по одной из каждой гирлянды).

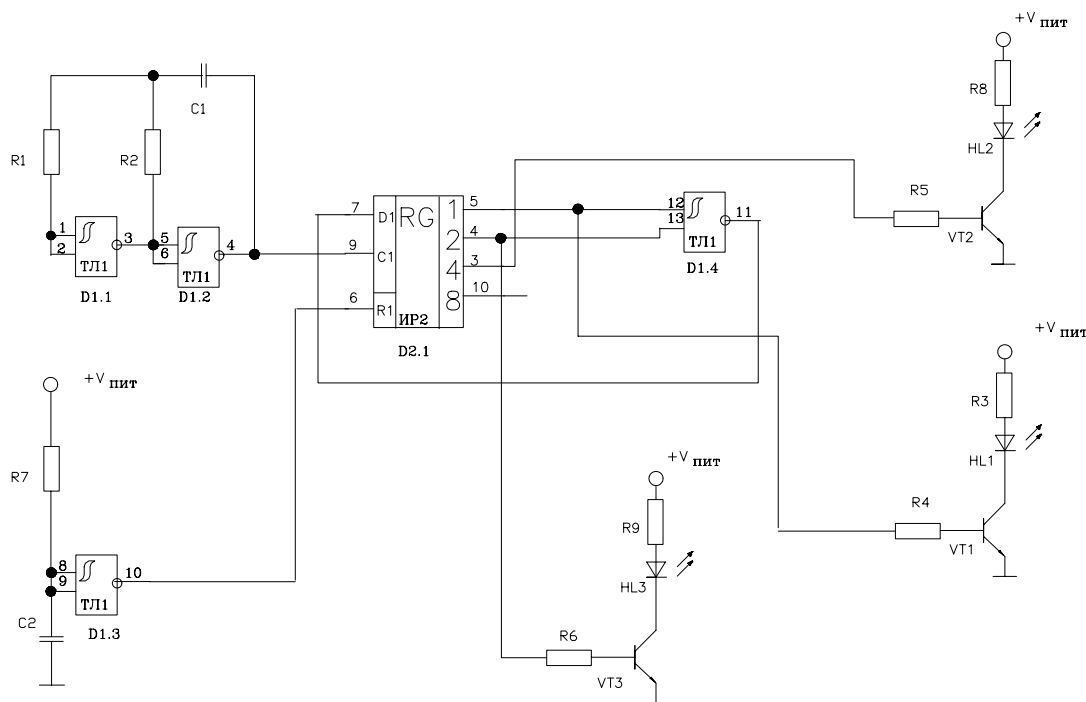


Рис. 7. Модель с «бегущими огнями».

Здесь сдвигающий регистр работает аналогично предыдущему случаю, но логика его работы меняется. Ее определит элемент **ИЛИ-НЕ** (D1.4), подключенный к выходам регистра. Выход двухвходового элемента **ИЛИ-НЕ** принимает значение **логического нуля** тогда, когда оба входа имеют значение логической единицы, в остальных случаях на выходе «1».

Примечания:

- Подключив ко всем выходам регистра светодиодные индикаторы через ключевые транзисторы, как это сделано в модели, можно проследить за сигналами на выходах регистра в схемах рис. 6 и рис. 7.
- Пришла пора, надо думать, пояснить некоторые термины, употребленные мною ранее. Начнем с названия – цифровая микросхема. Так называются микросхемы, разработанные специально для операций с двоичными числами, т.е. для двоичной арифметики.
- Числа можно записывать в разных системах счисления: двоичной (для записи чисел используется всего две цифры 0 и 1), восьмеричной (используется восемь цифр), привычной для нас десятичной (с десятью цифрами), шестнадцатеричной (кроме цифр от 0 до 9 использованы латинские буквы) и т.д. Арифметика та же, что и с десятичными числами, но запись чисел непривычна. Удобство счета (для электроники) в двоичной системе счисления связано с возможностью сопоставить двум цифрам два напряжения. Цифре «0» - некоторое низкое напряжение, цифре «1» - высокое. Значение этого напряжения может для разных микросхем быть разным. Например, для микросхем серии K155 это напряжения 0.5 вольта и 2.4 вольта. Для микросхем серии K561 значение напряжения, соответствующее цифре «1»,

зависит от напряжения питания, которое, в свою очередь, может меняться от 3 до 15 вольт.

- Естественным обобщением арифметики становится алгебра. В этом смысле можно говорить о двоичной алгебре, которую называют булева алгебра. Продолжением истории цифровых микросхем становится двоичная логика (принято говорить *бинарная логика*). Она оперирует с двумя значениями «истинно» и «ложно», коим можно сопоставить двоичные цифры «1» и «0». А поскольку напряжениям не интересно, «что о них могут подумать», и поскольку операции бинарной логики схожи с операциями двоичной арифметики, ровно постольку цифровые микросхемы могут осуществлять логические операции, при которых значению «ложно» сопоставляется низкое напряжение, значению «истинно» - высокое. О напряжениях тогда говорят, как о низком логическом уровне (или уровне логического «0») или высоком логическом уровне (уровень логической «1»).
- Выше я употребил термин *ключевой транзистор*. Можно подумать, что это какой-то особенный транзистор. В действительности так я назвал обычный транзистор, работающий в ключевом режиме «включен - выключен». В обычном режиме (режиме усиления) базовый ток транзистора подбирают таким, чтобы напряжение на коллекторе было равно половине напряжения питания. В ключевом режиме выбирают два значения тока базы – минимальное, при котором ток коллектора минимален, и максимальное, обеспечивающее необходимый ток коллектора (он равен току базы, умноженному на коэффициент усиления транзистора). Максимальный ток базы в схеме рис. 4 можно определить, разделив напряжение питания на величину резистора $R3$.

Третий этап.

Выберем для простоты схему рис. 4, которую приведем к реальному виду (до этого мы рассматривали схемы моделей) заменой транзисторного ключа тиристором (пожалуй, наиболее доступен КУ202Н) - он позволит подключать разные реальные гирлянды, а для включения тиристора - потребуется ток управляющего электрода тиристора порядка 100 мА - используем транзистор.

Проводить эксперименты, наблюдения и измерения, работать со схемами, питающимися от сети 220 вольт без понижающего трансформатора, я не советую даже тем, кто имеет некоторый опыт работы с электричеством, без безусловного соблюдения правил безопасности при работе с электрическими устройствами. Лучше всего экспериментальную часть проводить следующим образом: собрать полностью схему, убрать ее в корпус, проверить правильность всех соединений, подключить гирлянду и только после этого включить устройство в сеть 220 вольт. При необходимости любых изменений вначале отключить устройство от сети, затем произвести изменения, и, только убедившись в правильности всех соединений, включить устройство в сеть.

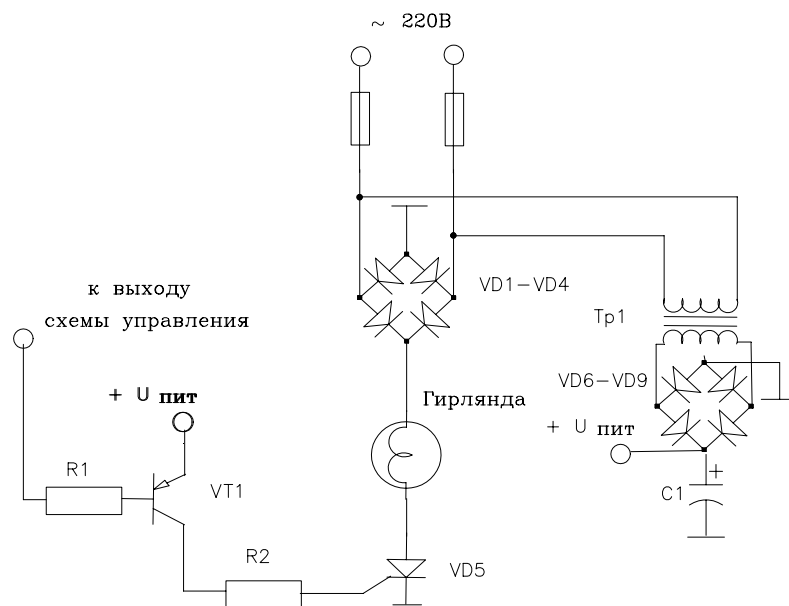


Рис. 8. Схема включения реальной гирлянды.

Четвертый этап.

Заметки на полях:

1. Для себя отметим, что при желании ввести в схему что-либо оригинальное мы могли бы добавить зависимость частоты переключения гирлянды от уровня шума в помещении. С этой целью можно использовать микрофон (динамический или, лучше, электретный), усилитель, выпрямитель сигнала и компаратор (компараторы), управляющий электронным переключателем, который, в свою очередь, станет управлять частотой.

2. Тиристорная коммутация допускает нагрузку в 1-2 кВт. Т.е., используя лампочки на 220 В мощностью по 10 Вт, мы имеем возможность управлять работой 200 лампочек. Собрав поле из таких лампочек 20x10, мы можем рисовать на этом поле. Конечно, в этом случае, простого включения и выключения ламп будет не достаточно. Но это уже другой вопрос.

Необходимые определения и пояснения

Первая группа.

Для тех, кто забыл курс физики школьных времен, запишем некоторые определения.

Электрический ток - направленное движение электрических зарядов. Каким образом это можно себе представить? Например, так.

Любой материал (вещество) состоит из атомов или молекул. Возьмем для простоты состоящий из атомов материал. Атомы связаны в материале межатомными силами, которые определяют, в зависимости от силы связи, будет ли материал твердым, жидким или газообразным.

В свою очередь, атомы вещества представим себе состоящими из ядер и связанных с ними электронов. В зависимости от силы связи электронов с ядром твердые вещества будут представлять собой проводники или изоляторы. Что это значит?

В некоторых материалах часть электронов слабо связана с ядром и, в сущности, находится в постоянном блуждании по всему материалу, образуя нечто вроде электронного облака. Под действием электрического поля электрические заряды (а электроны - это «простейшие» электрически заряженные частицы) имеют свойство перемещаться в направлении поля (вдоль или против направления, соответственно знаку), а направленное движение электрических зарядов, как мы определили выше, и есть электрический ток. Таким образом, если в материале много электрически заряженных частиц, способных перемещаться под действием электрического поля, материал будет хорошо проводить ток, т.е. будет **проводником**. Если зарядов очень мало, то материал будет очень плохо проводить ток, т.е. будет **изолятором**.

Здесь же сразу отметим, что те материалы, которые значительно хуже проводят ток, чем проводники, но много лучше изоляторов, называются **полупроводниками**.

Характеристика материала, как проводника или изолятора, по степени проводимости электрического тока, поможет понять другой термин, который будет применяться в дальнейшем - **сопротивление**, как сопротивление протеканию электрического тока. При этом, чем выше это сопротивление, тем больше должно быть **напряжение** на концах этого **сопротивления** для протекания тока определенной величины. Т.е. напряжение мы представим себе, как некоторое электрическое напряжение, возникающее в материале при протекании электрического тока.

Между этими тремя понятиями, которым можно придать количественное

значение, Ом вывел простое соотношение $R = \frac{U}{I}$. (R – сопротивление, U – напряжение, I – ток). И здесь уместно сделать следующие

Примечания:

Форма, в которой записан закон Ома, может быть прочитана так, что сопротивление зависит от напряжения и тока. На самом деле во всех, практически, случаях, с которыми мы будем иметь дело, это не так. Сопротивление определяется свойствами материала, и не будет зависеть ни от напряжения, ни от тока. Исключения будут оговорены по мере их появления. Еще мы говорили о том, что под действием электрического поля носители заряда будут двигаться в материале. Будут ли этими носителями только электроны? Нет, это могут быть и ионы, и любые носители заряда, о которых поговорим по мере возникновения в том необходимости. Кроме того, мы говорили о возникновении направленного движения электронов под действием электрического поля, но кто создает это электрическое поле? Пока остановимся на

том, что поле будет создаваться источником питания: батареей, блоком питания, аккумулятором. И последнее - самое время для тех, кого не устраивают данные определения, сделать необходимые изменения.

Вторая группа.

Для измерения величины напряжения, тока и сопротивления применяют соответствующие приборы: вольтметр, амперметр и омметр. Если в вашем распоряжении есть авометр (или мультиметр), то вам достаточно переключить режимы измерения.

Третья группа.

Схема - это условный рисунок совокупности электронных (электрических) элементов, соединенных для выполнения заданных функций. Есть определенные правила и нормы, принятые для выполнения подобных рисунков. Мы постараемся придерживаться их, а пояснения давать по ходу работы.

Какими новыми терминами мы воспользовались? В первую очередь - транзистор.

Транзистор - это трех электродный (электроды - эмиттер, база, коллектор) полупроводниковый прибор, предназначенный, чаще всего, для усиления сигналов. Происходит это благодаря тому, что выходной ток, ток коллектора, равен входному току, току базы, увеличенному в K раз, где K (в нашем случае) просто некоторое число в диапазоне от нескольких единиц до нескольких сотен. Т.е. базовый ток, который может изменяться во времени по очень сложному закону, повторяется коллекторным током по тому же закону, но коллекторный ток много больше базового. Благодаря усилительным свойствам транзистора его, в отличие от резистора, конденсатора, катушки индуктивности (основные составляющие большинства схем), называют активным элементом. Кстати, назвал я его **биполярным**, поскольку есть еще полевые транзисторы, которые отличаются от биполярных физико-технологическими и функциональными свойствами. Если нам в экспериментах придется пользоваться полевыми транзисторами, то мы остановимся подробнее на их свойствах.

Полупроводник - мы уже знаем, что это класс материалов, занимающих промежуточное положение между проводниками и изоляторами в отношении проводимости. Различают два типа полупроводниковых материалов «n» и «p» (латинские «эн» и «пэ»). В одном из них носителями являются электроны (n-тип), в другом «дырки». Т.е. в материале, благодаря технологии, образуются свободные, не занятые электронами уровни, которые последовательно занимают, имитируя движение положительного заряда. При соединении полупроводников различной проводимости, в месте контакта образуется переход - электроны полупроводника «n»-типа перемещаются в полупроводник «p»-типа, занимая свободные уровни, на границе раздела материалов образуется заряженная зона (до перемещения электронов в область «p»-типа, та была электрически нейтральна), т.е. появляется электрическое поле. Заряженная зона называется «p-n»-переходом. Появившееся поле препятствует перемещению электронов. Без внешнего поля устанавливается равновесное состояние. В присутствии внешнего поля (т.е. при подключении внешнего источника питания), в зависимости от полярности приложенного напряжения, поле на границе раздела может, как увеличиться, и еще сильнее воспрепятствовать прохождению электронов, так и уменьшиться, и позволить электронам легче проходить через переход. Как видим, такая полупроводниковая структура имеет разные, в отношении проводимости, свойства, зависящие от полярности приложенного напряжения - при одной полярности проводимость лучше, при другой значительно хуже. Устройства с подобными

свойствами называют вентилями (диодами). Т.е. двухслойный полупроводник образует вентильную структуру, позволяющую выпрямлять переменный ток. Трехслойная структура, имеющая два перехода и слои, к примеру, «n-p-n»-типа, образует транзистор. Под действием приложенных напряжений поля управляют перемещением зарядов, создавая описанную выше зависимость коллекторного тока от тока базы.

Конденсатор - элемент, имеющий две проводящие обкладки, изолированные друг от друга. Если на проводящих обкладках скапливаются заряды противоположных знаков, то внутри конденсатора получается электрическое поле. Такой конденсатор будет заряженным. Если теперь соединить обкладки конденсатора проводником, то конденсатор будет разряжаться (т.е. заряды перейдут с обкладки на обкладку так, что обе обкладки станут электрически нейтральны). Можно собрать простую схему - резистор, соединенный последовательно с конденсатором, и вольтметр, подключенный параллельно конденсатору. Теперь, подключив к свободным концам резистора и конденсатора источник тока (блок питания, батарейку), можно наблюдать, как растет напряжение на конденсаторе, приближаясь по величине к напряжению питания (конденсатор заряжается). Время этого процесса будет зависеть от величины сопротивления резистора и величины емкости конденсатора - чем они больше, тем дольше идет процесс. В отсутствие резистора, сопротивляющегося протеканию тока, процесс пошел бы «мгновенно». Если, зарядив конденсатор, снять концы, подключенные к источнику питания, и соединить между собой, то можно наблюдать аналогичный, но обратный, быстрый процесс разряда конденсатора (при значительной емкости конденсатора и достаточно большом напряжении между проводами возникает искра).

Описанный опыт один из самых простейших опытов с электрическими цепями. Он едва ли приглянется даже самому начинающему любителю. Но напомним, если вы хотите получить удовлетворение от занятия электроникой, а не профессиональные навыки, научитесь получать удовлетворение от любых опытов. Тем, кто сомневается, скажу - попробуйте проделать простейший опыт по заряду конденсатора через резистор. Я почти не сомневаюсь, что возникнет вопрос: «Почему напряжение на конденсаторе меньше напряжения питания?». Проведите эти опыты с разными типами вольтметров. В итоге, скорее всего, получатся разные напряжения на конденсаторе (чтобы иметь разные типы вольтметров, нужно иметь достаточные средства на их приобретения, почему я и говорил, что электроника в качестве хобби - достаточно дорогостоящее увлечение). Изменим схему опыта, удалив конденсатор. Разные типы вольтметров покажут разные значения напряжения. Если составить таблицы значений напряжений в первом опыте и во втором, то, сравнивая их, можно заметить, что значения напряжений совпадают для вольтметров одного типа. Величина этого напряжения зависит от величины резистора заряда и величины входного сопротивления вольтметра. Напряжение на конденсаторе растет до напряжения делителя (резистор заряда с последовательно включенным входным сопротивлением вольтметра), а затем ток заряда перестает течь через конденсатор, а течет только через входное сопротивление вольтметра.

Здесь я хочу отметить, что можно еще раз изменить опыт, выбрав вольтметр с очень большим входным сопротивлением. Теперь следовало ожидать, что напряжение, до которого будет заряжен конденсатор, будет полностью равно напряжению питания. Попробуйте проделать этот опыт, чтобы убедиться в обратном. Что происходит? Проведите опыты с разными типами конденсаторов. Любой конденсатор, а для подобных опытов удобнее использовать электролитические конденсаторы, имеет некоторое сопротивление утечки. Это-то сопротивление и образует еще один делитель, прекращающий процесс заряда конденсатора. Если теперь оценить стоимость таких

простых электрических опытов, то, полагая, вопрос о том, почему не стоит пренебрежительно относиться к любым опытам, перестанет быть вопросом.

Место для заметок при первом чтении.

Пример заметки при первом чтении:

Ошибка в схеме рис.5 – микросхема ЛП2 не имеет инвертора на выходе, как это правильно изображено на рис.6.

Место для заметок при втором чтении.

Вступление ко второму проекту

В предыдущем проекте в качестве управляющего устройства мы пользовались генератором импульсов и генератором псевдослучайных чисел. Оба устройства выполнены на микросхемах малой и средней степени интеграции. Посмотрим, как выглядела бы схема управляющего устройства, воспользуясь мы микросхемой большой степени интеграции - микропроцессором.

Вообще, микросхемы любой степени интеграции мы будем рассматривать как некие строительные блоки (кубики), вдаваясь в детальное рассмотрение их устройства и количества элементов в них только тогда, когда в этом возникнет необходимость.

При реальной разработке, в похожем устройстве: рекламный щит, оформление вывески, витрины, - следует применять однокристалльный микроконтроллер, например, серии 1816, но изучить работу подобного устройства легче, если использовать микропроцессор.

Примечание:

На мой взгляд, разумно в этом случае было бы остановить выбор на микропроцессоре Z-80, поскольку прошло не так уж много времени с той поры, когда самым распространенным домашним компьютером был ZX-Спектрум («Синклер»), работающий на процессоре Z-80. Программное обеспечение для него хорошо развито и, в частности, существовали программы обучения программированию на языке ассемблера Z-80. Эти программы можно использовать для отладки своих программ. Кроме того, были программы обслуживания программаторов, кстати, легких в исполнении, предназначенных для программирования микросхем ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием. И последнее замечание, сами микропроцессоры можно вынуть из старых моделей телефонных аппаратов с определением номера звонящего абонента. Всё вместе делает микропроцессор Z-80 наиболее удобным для ознакомления с микропроцессорной техникой.

Проект второй «Елочная гирлянда»

Цель проекта - ознакомиться с работой микропроцессора, который может найти применение для решения разного рода задач в электронике. Разобьем проект на несколько этапов.

Первый этап. Создание схемы «мигалки» для елки на основе микроконтроллера 8051 (отечественный аналог - КМ1816BE51).

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Второй проект «Елочная гирлянда», документация на микроконтроллер.
2. Максимальные - компьютер с программой, позволяющей легко рисовать электрические схемы (например, AutoCAD) и документацией на микроконтроллер.

Второй этап. Написание программ, выполняющих задуманные функции устройства.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Второй проект «Елочная гирлянда».

2. Максимальные - компьютер с редактором и транслятором ассемблера микроконтроллера 8051.

Третий этап. Рассмотрение средств, необходимых для реализации проекта в виде готового устройства.

Приступим к **первому этапу** работы.

Собственно, следуя модели, мы соединим микроконтроллер 8051 (имеющий встроенные порты ввода-вывода) с коммутатором и имитатором гирлянды. Если добавить необходимый для работы микроконтроллера кварц на 12 МГц, цепь начальной установки при включении питания, то этим и исчерпывается вся работа над схемой. Конечно, три гирлянды - это, соответственно, три коммутатора и три имитатора гирлянды.

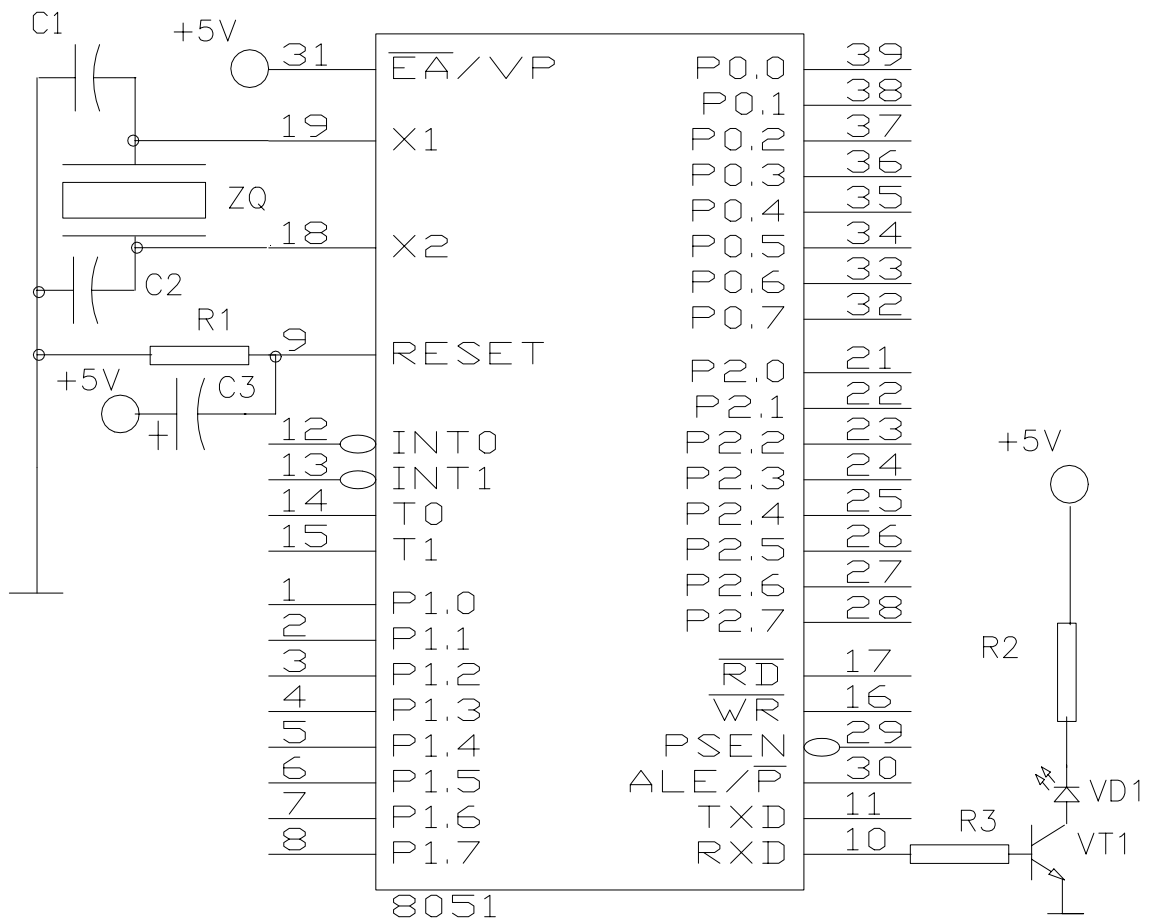


Рис. 9. Простая модель на базе микроконтроллера.

Вот так, примерно, будет выглядеть моделирующая схема. Теперь можно перейти ко второму этапу.

Второй этап проекта будет посвящен программной компоненте устройства.

Первая программа должна обеспечивать работу устройства, как простой «мигалки».

На языке ассемблера микроконтроллера 8051 это будет выглядеть следующим образом:

```

; основная программа
elka1:    cpl 0b0h    ; эта команда инвертирует 0 бит порта 3, что погасит гирлянду
          call secunda ; вызов подпрограммы, образующий примерно секундный
                      ; временной интервал
          cpl 0b0h    ; повторная инверсия бита 0 зажжет гирлянду
          call secunda ; вновь подождем секунду
          jmp elka1   ; и вернемся к началу

```

; организуем подпрограмму образования секундного интервала

```

secunda:  mov r5, #8   ; в регистр 5 мы записываем десятичное число 8
tsikl1:   mov r6, #255 ; в регистр 6, число 255
tsikl2:   mov r7, #255 ; это же число и в регистр 7
tsikl3:   djnz r7, tsikl3 ; теперь, пока в регистре 7 число 255, уменьшаясь на каждом
                        ; шаге на 1, не станет равно нулю, мы переходим к метке tsikl3
          djnz r6, tsikl2 ; аналогично, до обнуления регистра 6 переход к метке tsikl2
          djnz r5, tsikl1 ; а здесь к метке tsikl1
          ret           ; после чего следует возврат из подпрограммы

```

Мы записали в регистры 5, 6, 7 число $255 \times 255 \times 8 = 520200$, заставив их последовательно обнуляться, что займет у микроконтроллера примерно секунду при частоте кварца 12 МГц.

После компиляции ассемблерной программы мы получим шестнадцатеричные

коды:

основная программа

```

B2 B0
12 00 0C
B2 B0
12 00 0C
80 F4

```

подпрограмма

```

7D 08
7E FF
7F FF
DF FE
DE FA
DD F6
22

```

Фактические коды могут несколько отличаться после компиляции от того, что написано, но в таком виде, в котором коды представлены, они лучше отражают связь с программой на ассемблере.

Теперь, если мы добавим в нашу схему еще четыре резистора, два транзистора и светодиода, подключив их к выводам 11, 12, а программу изменим следующим образом:

; основная программа

```

elka2:    cpl 0b0h
          call light
          cpl 0b0h
          cpl 0b1h

```

```
        call light
        cpl 0b1h
        cpl 0b2h
        call light
        cpl 0b2h
        jmp elka2

; организуем подпрограмму
; образования временного интервала

light:   mov r5, #3
tsikl1:  mov r6, #255
tsikl2:  mov r7, #255
tsikl3:  djnz r7, tsikl3
        djnz r6, tsikl2
        djnz r5, tsikl1
        ret
```

мы получим эффект «бегущего огня» с тремя гирляндами.

Изменяя программу, мы можем получить аналог схемы рис. 6 из первого проекта, в которой интервалы «включено - выключено» менялись случайным образом. Для этого мы могли бы либо создать программный генератор псевдослучайных чисел, либо написать массив, заполненный случайными числами, и заносить в регистры значения из этого массива.

Третий этап проекта мне хотелось бы начать с напоминания о том, что сам процессор (или микроконтроллер) может быть любым.

Мне, например, удобнее оказалось воспользоваться микроконтроллером 8051.

Итак, что следовало бы (или желательно) иметь для физического проведения экспериментов? В первую очередь собственно процессор, хорошую документацию к нему, включающую описание языка программирования процессора, как ассемблерного, так и машинные коды. Затем, для процессора Z-80 необходимо, а для микроконтроллера 8051 желательно, иметь микросхему ПЗУ либо с ультрафиолетовым стиранием (типа K573РФ1 или большей емкости), либо электрически перепрограммируемую с соответствующим программатором для подключения к компьютеру, а на компьютере программу обслуживания программатора (для микроконтроллера 8051 соответствующий программатор и программа программирования микроконтроллера 8051). Желательно иметь на компьютере программу моделирования работы процессора, объединенную с ассемблером для этого процессора. При отладке (в физических экспериментах с процессором) полезным может оказаться логический анализатор. Полезным также будет и наличие у вашего осциллографа логического коммутатора на 8 каналов. Все остальное, что вам понадобится, пожалуй, подойдет из первого проекта.

Необходимые определения и пояснения

для тех, кто не сталкивался с микропроцессорной техникой и программированием, и хотел бы немного с ней познакомиться.

Первая группа.

Микропроцессор - программно-управляемое устройство, в виде БИС (микросхемы большой степени интеграции), предназначенное для обработки информации, представленной в двоичном виде. Или. **Микропроцессор** - огромное количество электронных компонентов, в основном транзисторов, упакованных в одной микросхеме (или даже на одном кристалле), и могущих под воздействием программы осуществлять невообразимое количество процессов, хотя составляющих (или элементов) этих процессов будет не так много - порядка нескольких сотен - и эти составляющие образуют машинный язык микропроцессора. Или. **Микропроцессор** - сердце любого компьютера, т.е. устройство, которое осуществляет почти все процессы, происходящие в компьютере, пишем ли мы статью в текстовом процессоре (редакторе), считаем ли зарплату в электронной таблице Excel фирмы Microsoft, гуляем ли по дебрям Internet, играем ли в любимую игру, или читаем что-то из серии компакт-дисков «Библиотека в кармане», которая содержит до 8000 книг.

Микроконтроллер в отличие от микропроцессора предназначен для создания одного устройства, выполняющего, как правило, один процесс. Его можно рассматривать как микроЭВМ, удобную для встраивания в различные устройства - телефоны, автомобили, стиральные машины и даже крышки кастрюль. Удобное устройство.

Микропроцессор, как правило, имеет адресную шину, шину данных и управляющие сигналы, часть из которых формируется процессором для управления внешними устройствами, такими как оперативная память, а по другим процессор принимает сигналы, управляющие его работой, такие, как сигналы прерывания.

Адресная шина начинается с выводов микросхемы. Это может быть 8, 16, 24 или больше выводов, соединенных со всеми адресными выводами микросхем, которые имеют адресацию. Множество бит на адресной шине образуют адресное пространство, в котором располагаются все остальные внешние (по отношению к процессору) устройства, для того, чтобы процессор мог обратиться к любому из внешних устройств, не мешая остальным, и был бы при этом уверен в том, что он знает, с кем имеет дело. Т.е. адресная шина - все возможные адреса.

Шина данных похожа на адресную шину, но на ней появляются двоичные данные, которые только и понимает процессор, и с которыми он работает, осуществляя все то великое множество процессов, которые он осуществляет.

Микропроцессоры и микроконтроллеры, как и остальные цифровые устройства (об аналоговых ЭВМ мы сейчас не говорим), оперируют с двоичными числами, т.е. числами, записанными с помощью всего двух цифр 0 и 1. Числа в десятичной системе счисления, к которой мы привыкли, записываются с помощью десяти цифр от 0 до 9 (я об этом говорил выше). Перевод чисел из одной системы счисления в другую не сложен, однако при необходимости такого перевода, лучше воспользоваться возможностями некоторых калькуляторов представлять числа в разных системах счисления. Двоичные числа получаются очень длинными и для удобства их записи используют восьмеричное и шестнадцатеричное представления. Шестнадцатеричная система счисления имеет шестнадцать цифр. Для обозначения первых десяти используют привычные цифры от 0 до 9, а для обозначения остальных используют буквы латинского алфавита A, B, C, D, E, F. Таким образом, числа, которые встречались выше, B2 или 7A, всего лишь шестнадцатеричное представление двоичных чисел, которые процессор понимает как команду или данное.

Любой процессор в его физической ипостаси, включаясь при подаче питающего напряжения, первым получает сигнал начальной установки, по которой его счетчик

команд (один из внутренних регистров) обнуляется и на адресной шине процессора устанавливается (как правило) нулевой адрес, т.е. все адресные биты устанавливаются в 0. Физически - это низкий уровень или низкое напряжение. Для микросхем ТТЛ, напряжение питания которых 5 вольт, это напряжение не более 0.5 вольта. По этому адресу, опять-таки, как правило, находится ПЗУ, в котором записана программа инициализации работы процессора, или начинается программа, с которой процессор будет работать. Еще точнее, по этому адресу находится первое слово команды (байт, т.е. 8 бит, или два байта, если процессор оперирует с двух байтовыми данными). В нашем примере это байт В2, который процессор обязательно понимает, как команду, его первую команду. В2 - это команда инвертировать нулевой бит порта 3, имеющий адрес В0, который и следует за командой.

Примечание:

По причине большей «открытости» микропроцессора для физических экспериментов, я бы советовал начать эксперименты не с микроконтроллером, а с процессором. У микроконтроллера процессор скрыт за портами ввода-вывода. Причина, по которой я воспользовался контроллером, в том, что мне хотелось показать - микропроцессорная техника позволяет создавать более лаконичные, более гибкие устройства, чем устройства на микросхемах малой и средней степени интеграции. Хотя для схем первого проекта, применяя микроконтроллер 8051, мы не ощущаем выигрыша в габаритах, процессор позволяет реализовать все эти схемы на одной микросхеме, и уже на этом уровне выигрыш в габаритах может иметь место. В более сложных схемах этот выигрыш может оказаться решающим.

Регистры процессора - программно доступные элементы процессора, в сущности, внутренняя оперативная память. Некоторые из регистров имеют специальное назначение, как счетчик команд, из которого читается адрес следующей команды, аккумулятор, в который многие процессоры отправляют результат каждой операции, регистр состояния процессора, в котором он устанавливает биты, описывающие свойства процессов (возникновение переноса при арифметических операциях, наличие нулевого результата и т.д.). Содержимое этих регистров не выводится «напрямую» на шины процессора, но может быть прочитано программой, переписано в оперативную память. Потому-то регистры и программно доступны, что аппаратно не очень доступны. В микроконтроллере же не слишком аппаратно доступна и шина данных, и адресная шина.

Вторая группа.

Бит - единица информации, она может принимать два значения 0 и 1. Восемь бит образуют байт.

Машинные коды - двоичные числа, которые процессор воспринимает как команды, или как данные. Какому двоичному числу соответствует какая команда, зависит от конкретного процессора. Является ли число командой или данными, зависит от предыдущих команд. Собственно процессор не видит и не понимает ничего кроме машинных кодов. Выше приведенная программа для процессора выглядит, примерно, так:

10110010 00000000 00010010 00000000 и т.д.

Когда-то программирование велось только в машинных кодах, на которых писались весьма сложные программы. Именно тогда, полагаю, программисты приобрели ту славу, которой нынешние их представители не всегда заслуженно пользуются.

Уровень программирования в машинных кодах, или на языке низшего уровня, самый сложный, поэтому программисты, для облегчения собственной жизни, придумали язык более высокого уровня - ассемблер.

Каждому слову ассемблера, который является аббревиатурой или сокращением англоязычного описания команды, можно сопоставить машинный код. Например:

mov r5, #8 - переместить или передвинуть (move) число 8 (#8) в регистр 5 - имеет машинный аналог: 01111101 00001000.

Благодаря этому программы на языке ассемблера транслируются (компилируются) в машинные коды практически без избытка, образуя самые компактные программы.

Программирование на языках высокого уровня значительно более простое занятие, но ценой этой простоты становятся программы, требующие все больше места для своего размещения. Программировать на С или Паскале, Фортране или Бейсике легче, а, значит, и программы могут быть сложнее, эффективнее, разумнее.

Вернемся еще раз к нашей программе.

Первая программа должна выполнять следующее - включать гирлянду, ждать секунду, выключать гирлянду, ждать секунду, включать гирлянду и т.д.

Запишем это:

Включить гирлянду.
Ждать секунду.
Выключить гирлянду.
Ждать секунду.
Вернуться к началу.

Теперь посмотрим, как мы могли бы записать эту программу (или часть ее) на языке ассемблера 8051.

В списке команд микроконтроллера 8051 есть удобная команда cpl bit - инверсия бита порта ввода - вывода. Адрес бита стоит после команды. В нашем случае - это нулевой бит порта 3, имеющий адрес b0. Т.е. команда выглядит как cpl b0. После включения питания и начальной установки биты порта принимают значение «1», что соответствует напряжению на соответствующих выводах микросхемы не менее 2.4 вольт. При таком напряжении коммутирующий транзистор, подключенный к выводу через резистор, включится и включит имитатор гирлянды. После команды «инвертировать бит» его значение станет равным «0» (т.е. напряжение на выводе станет равным 0.5 вольт) и транзистор закроется, светодиод погаснет. Итак:

cpl b0h
Ждать секунду.
cpl b0h
Ждать секунду
Вернуться к началу.

Для простоты перехода, который потребуется при выполнении команды «Вернуться к началу», ассемблер имеет простой механизм - можно поставить метку

(несколько символов, заканчивающихся двоеточием) и выполнить команду перехода к метке (jmp метка):

```
metka1:      cpl b0h ; здесь буква h после числа b0 указывает, что число 16-
ричное
              Ждать секунду.
              cpl b0h
              Ждать секунду
              jmp metka1
```

Теперь нам осталось что-то придумать с командой «Ждать секунду». Такой команды нет в списке команд контроллера. Подумаем, что мы могли бы предпринять в этом отношении. Мы знаем, что выполнение команд процессором требует времени. Если заставить процессор выполнять какие-то команды, которые займут у него секунду, то это и станет нашей командой «Ждать секунду». Простейшей командой могла бы быть команда уменьшить содержимое регистра на единицу, если предварительно мы запишем нужное число в регистр. Т.е. это могло бы выглядеть так:

```
Записать в регистр число.
Уменьшить число в регистре на единицу.
Если число в регистре не стало равно нулю, то вернуться к предыдущей команде.
```

В командах контроллера 8051 есть удобная команда для организации циклов, с использованием регистров djnz Rn, метка. По этой команде содержимое регистра уменьшается на единицу, проверяется, не обнулялся ли регистр, и, если нет, происходит переход к строке с меткой. Команда же записи в регистр (для регистра 5) числа выглядит так - mov R5, #число. Таким образом, мы имеем:

```
mov r5, #8
metka2:      djnz r5, metka2
```

Теперь с командой «Ждать секунду» мы почти разобрались. Остались мелочи - в регистр можно вписать максимальное число 255 (здесь десятичное число), а этого будет маловато. Чтобы обойти возникшую проблему, используем несколько регистров.

```
mov r5, #8
metka3:      mov r6, #255
metka4:      mov r7, #255
metka5:      djnz r7, metka5
              djnz r6, metka4
              djnz r5, metka3
```

Мы полностью разобрались с командой «Ждать секунду». Правда, есть еще одно - команда появляется дважды. Можно дважды переписать все написанное выше, но можно использовать прием, часто применяемый в программировании. Используем механизм подпрограмм. Оформим команду «Ждать секунду», как подпрограмму, обозначив ее меткой metka2 (подпрограмма должна закончиться командой возврата из подпрограммы, ret), а в программе используем команду вызова подпрограммы - call метка. После переделок программа будет выглядеть так:

```
metka1:    cpl b0h
           call metka2
           cpl b0h
           call metka2
           jmp metka1

metka2:    mov r5, #8
metka3:    mov r6, #255
metka4:    mov r7, #255
metka5:    djnz r7, metka5
           djnz r6, metka4
           djnz r5, metka3
           ret
```

За исключением имен меток программы одинаковы.

Примечание:

Для программирования характерно то, что программа, выполняющая определенную функцию, может быть написана различным образом. Иногда две программы, одинаковые, в сущности, могут выглядеть совершенно по-разному. Определяющим может стать и стиль, и личные вкусы, и требования к программе, и т.д. Мой вам совет - пишите так, как считаете нужным (естественно, без ошибок). Если вам захочется у кого-то поучиться, с целью выработать определенный стиль, сделайте это. Если нет, то - нет.

Третья группа.

Схематическое изображение электронных и электрических элементов, конечно же, регламентируется ГОСТами. И если вы хотите исповедовать профессиональный подход, то вам придется соблюдать все требования ЕСКД. Однако... Однако, я уверен, что любопытство непременно заведет вас в схемы зарубежных устройств, где вы столкнетесь с иным графическим изображением, чем это принято в нашей стране. Поэтому я позволю себе использовать в схемах различные графические изображения одних и тех же элементов схемы. Так резистор может быть изображен, как принято у нас прямоугольником, или как принято не у нас в виде ломаной линии. Большинство микросхем изображается прямоугольниками с выводами, обозначенными внутри прямоугольников. Но операционные усилители в некоторых странах, да и у нас раньше, изображаются треугольником, у которого прямой вход обозначен плюсом, а инверсный минусом. Иногда инверсный вход изображают кружком, как это принято для изображения входов, имеющих низкий активный уровень в цифровой технике. Если что-то в изображении схемы в каком-либо проекте будет вызывать неоднозначное понимание, я постараюсь отразить правильную трактовку в примечаниях.

Место для заметок при первом чтении.

Место для заметок при втором чтении.

Вступление к третьему проекту

В первом проекте мы рассмотрели простые схемы на цифровых микросхемах. Во втором проекте мы использовали достаточно сложную и современную микросхему - микроконтроллер. Может создаться впечатление, что все, что интересно, обязательно сложно, а все, что просто, то, просто, и не интересно. Лично я с этим решительно не согласен, и хотел бы показать, что простые на первый взгляд задачи могут иметь довольно сложный и интересный путь решения. С этой целью мы вернемся к одному аспекту первого проекта.

Проект третий «Простая задача»

Цель проекта - ознакомиться с разными решениями одной простой задачи, их преимуществами и недостатками.

Первый этап. Постановка задачи.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Третий проект».
2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором и программой, позволяющей легко рисовать электрические схемы (например, AutoCAD).

Второй этап. Рассмотрение разных решений задачи.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Третий проект».
2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором.

Третий этап. Эксперименты с различными решениями задачи.

Поскольку речь пойдет об устройствах, питающихся от сетевого напряжения 220 вольт, я рекомендовал бы провести эксперименты на моделях, питаемых от низковольтного источника питания (5-15 вольт), применив иные, чем в предложенных схемах компоненты и масштабировав все к выбранному напряжению питания.

Для работы с напряжениями, опасными для жизни, следует хорошо знать и неукоснительно соблюдать правила техники безопасности при работе с электрическими устройствами. Очень желательно при этом еще и иметь опыт подобной работы.

Итак - **первый этап.**

В первом проекте схема управления коммутацией имела отдельный источник питания, что, в значительной мере, продиктовано соображениями удобства при наладке, поскольку работать с низким напряжением в 5-10 вольт проще, чем с напряжением в 220 вольт.

Но, кроме этих соображений, отказавшись от отдельного источника питания для управляющего устройства, мы должны решить задачу наиболее приемлемого варианта его питания от выпрямленного переменного напряжения 220 вольт. Эта задача станет предметом дальнейшего исследования.

Для включения тиристора КУ202Н необходимо, чтобы через его управляющий электрод протекал ток порядка 100 миллиампер (или 0.1 ампера). Для подключения управляющего электрода к положительному полюсу источника питания мы используем

транзистор, а для ограничения тока нужной величиной добавим резистор. Питающее напряжение на схему управления мы получим, используя стабилитрон, а для сглаживания бросков тока параллельно ему включим конденсатор.

Схема будет выглядеть так:

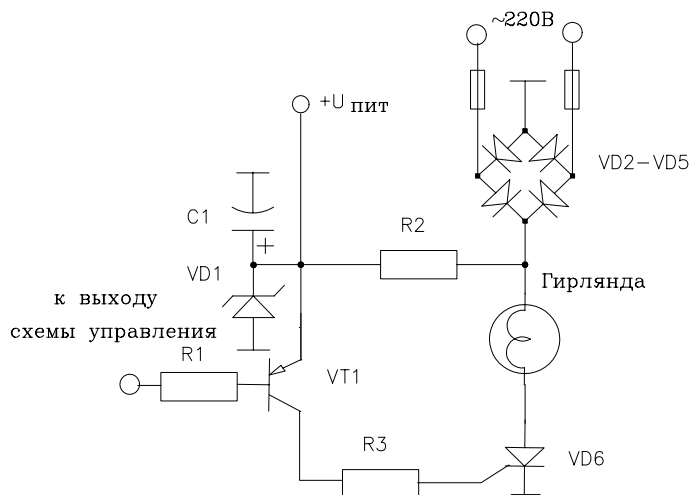



Рис. 10. Первый вариант управления тиристором.

Примечание:

Используемое в схеме изображение  обозначает общий схемный провод (иногда его называют земля, что во многих случаях справедливо), к которому подключается один из полюсов источника питания, и относительно которого измеряются напряжения в схеме.

Второй этап.

На первый взгляд может показаться, что предыдущий этап дал не только постановку задачи, но и ее решение. Это так, да не совсем.

Посчитаем («навскидку») конкретные значения, выбрав напряжение питания устройства управления 12 вольт. Следовательно, напряжение на стабилитроне VD1 равно 12В. Поскольку транзистор VT1 питается от того же источника питания, что и схема управления, стабилитрон должен обеспечивать стабилизацию напряжения при изменении тока через транзистор от нескольких микроампер, когда транзистор выключен, до 100 миллиампер при его включении. Т.е. ток через стабилитрон должен быть порядка 110-120 миллиампер, а мощность, рассеиваемая на нем около 1.5 Ватт (12В X 0.12А). Для стабилитрона потребуется теплоотвод (радиатор). Ток через резистор R3 равен 0.1А, а напряжение при включении транзистора примерно на 2 вольта ниже питающего, т.е. вольт 10. Тогда величина резистора станет равной 100 Ом (10В/0.1А) и мощность, рассеиваемая на нем, 1 Вт (10В X 0.1А). Резистор же R2 будет иметь величину 2.1 кОм (напряжение на нем около 210 вольт, а ток через него 0.1А) и рассеиваемую на нем мощность 21 Ватт.

Как видно из подсчетов, ценою питания всей схемы от одного источника станет появление довольно мощного стабилитрона с радиатором и резистора на большую рассеиваемую мощность, который имеет достаточно большие габариты. Общие габариты всех добавленных элементов сравнимы с габаритами схемы и габаритами отдельного

источника питания. Вдобавок, все устройство будет (из-за рассеивания тепла на резисторе R2) греться.

Какие пути можно было бы наметить для изменения ситуации к лучшему?

В первую очередь хотелось бы отделить питание транзистора VT1 от питания схемы управления. В этом случае ток через стабилитрон можно было бы уменьшить до величины в 5-10 мА, что изменило бы величину резистора R2 (до значения 21-42 кОм) и снизило бы рассеиваемую на нем мощность до величины 1-2 Вт (прежде было 21 Вт). Дополнительно мы избавились бы от необходимости ставить стабилитрон (теперь уже маломощный) на радиатор.

Схема включения цепи управления тиристором будет выглядеть так:

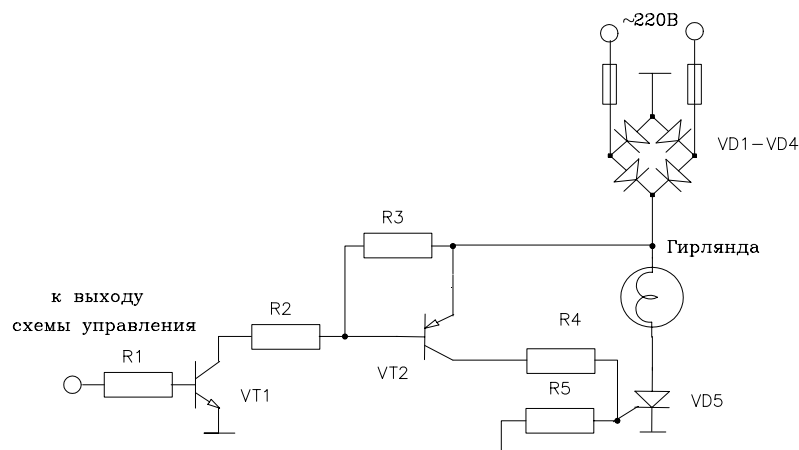


Рис. 11. Второй вариант управления тиристором.

Цепь питания остальной схемы не изображена, поскольку она выглядит точно так же, как и на рис. 10. В дальнейшем не станем ее изображать.

Мы несколько уменьшили габариты устройства за счет уменьшения мощности, рассеиваемой на стабилитроне. Однако проблемы «резистора R2» (по схеме рис. 10) мы не решили, в данной схеме речь идет о резисторе R4. Его мощность и габариты остаются прежними. Кроме того, появилась еще одна проблема – «проблема транзистора VT2». Для построения новой схемы мы должны выбрать транзистор с допустимым напряжением коллектор - эмиттер порядка 320 В. Именно такое напряжение появится на транзисторе, когда он будет закрыт. Транзисторов с таким допустимым напряжением коллектор - эмиттер не так много.

Небольшое пояснение:

Если базовый ток транзистора очень мал, то его коллекторный ток, представляющий произведение базового тока на некоторое число, тоже мал. Напряжение между эмиттером и коллектором транзистора, практически, равно напряжению питания (мы принимаем, что транзистор своим коллектором подключен к источнику питания через резистор). Поле, создаваемое источником питания в материале транзистора, воздействует на носители заряда, стремясь ускорить их движение. Когда транзистор закрыт, носителей заряда мало, ток, как мы определили выше, небольшой. Но с ростом напряжения растет

воздействие поля на носители заряда, те, разгоняясь, начинают приобретать все большую и большую энергию. Наступает момент, при некотором напряжении питания, когда энергии носителей заряда хватает на выбивание новых носителей заряда из материала транзистора. Последние, в свою очередь, разгоняются, становясь достаточно энергичными для поддержания процесса. Ток через транзистор быстро растет. Из «закрытого» он начинает превращаться в «открытый», хотя мы этого и не заказывали. Напряжение закрытого транзистора, при котором еще не возникает самопроизвольного роста тока, называют допустимым напряжением эмиттер-коллектор, а процесс самопроизвольного роста тока называют «лавинообразным». Такой же процесс происходит в стабилитронах, что позволяет применять их для стабилизации напряжения.

Попробуем изменить схему для решения этой проблемы следующим образом:

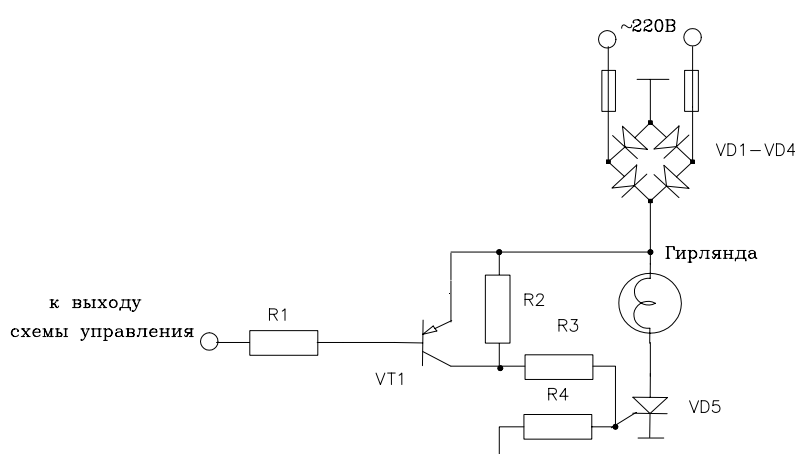


Рис. 12. Третий вариант управления тиристором.

Благодаря делителю напряжения R2, R3 напряжение на транзисторе VT1 уменьшится вдвое, что составит величину 160 вольт, и даст нам больше возможностей в выборе транзистора.

Еще лучше дела обстояли бы при следующем схемном решении:

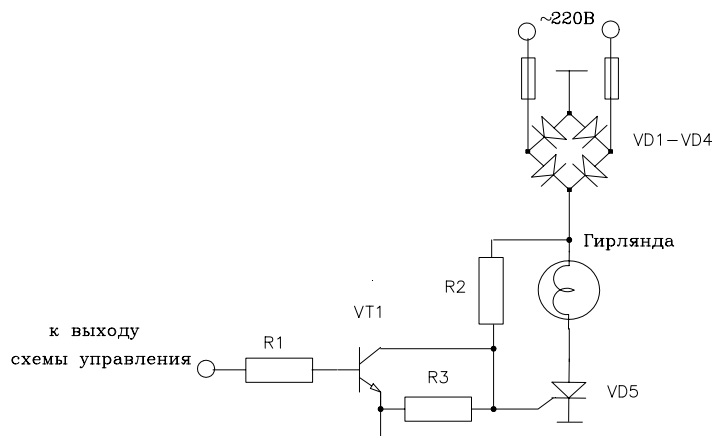


Рис. 13. Четвертый вариант управления тиристором.

Но нас волнует проблема снижения мощности рассеяния на резисторе. С этой целью можно так модифицировать схему:

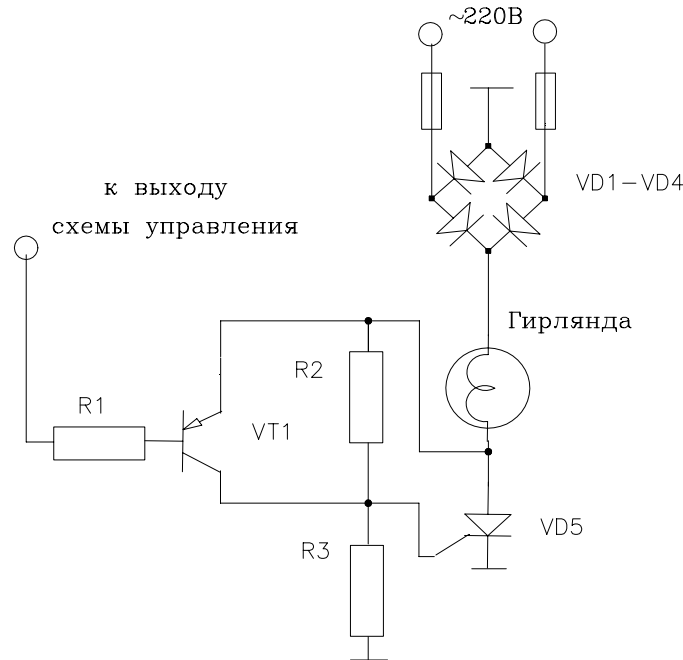


Рис. 14. Пятый вариант управления тиристором.

Теперь делитель образуют резистор R2 и сопротивление гирлянды, величина которых почти одинакова, напряжение на резисторе R2 уменьшается почти вдвое, что соответственно уменьшит рассеиваемую мощность.

Используемый в схеме транзистор VT1 прямой проводимости (p-n-p). Получить больше свободы при выборе можно с транзистором обратной проводимости (n-p-n):

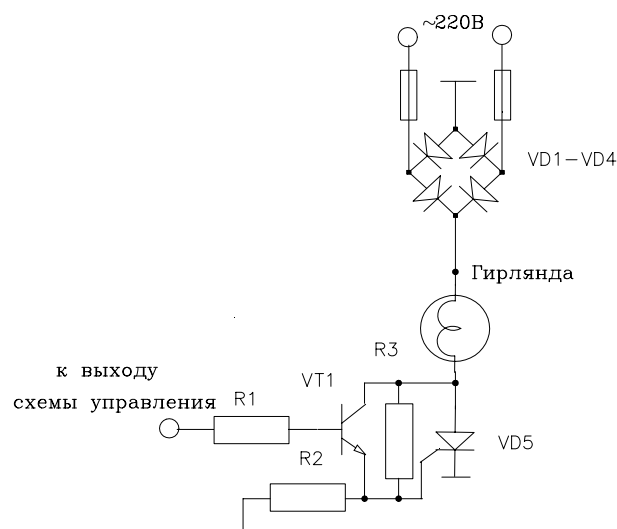


Рис. 15. Шестой вариант управления тиристором.

Как еще улучшить схемное решение?

Если использовать для украшения елки две гирлянды, можно было бы воспользоваться второй гирляндой вместо резистора большой мощности. Вторая гирлянда в одних из выше приведенных схем горела бы постоянно, в других ее горение чередовалось бы с горением первой гирлянды. Подобный прием улучшает решение, но очень сильно привязан к конкретной схеме.

Что до меня, я все-таки, при наличии достаточного выбора понижающих трансформаторов, предпочел бы отдельное питание.

Найденное даже теперь решение, с моей точки зрения, не является наилучшим. Я уверен, есть решения и лучше. Возможно, вы найдете их?

Третий этап.

Можно взять маломощный тиристор на низкое напряжение, лампочку накаливания вольт на 12, и использовать низковольтный (15-вольтный) источник питания. Кроме безопасности такой вариант избавит от необходимости искать мощные резисторы, теплоотводы, мощные стабилитроны и высоковольтные транзисторы. Очень советую поступить именно так, поскольку величины напряжений, токов и мощностей рассеяния абсолютного значения не имеют.

Заметки на полях:

1. Для включения тиристора не обязательно, чтобы ток через управляющий электрод протекал постоянно. Достаточно обеспечить его в течение некоторого времени, меньшего, чем время включенного состояния тиристора. Мощность же при импульсном включении тиристора, рассеиваемая на резисторе, будет быстро снижаться с уменьшением длительности импульса.

2. Существо проблемы, как мне кажется, в том, что ток управления тиристором и ток, коммутируемый им, практически одинаковы, из-за чего усилительные свойства активного элемента явно недоиспользованы. Неплохая мысль - поискать тиристор с меньшим током управления.

3. Реле, которое имеет ограниченный ресурс по количеству срабатываний, тоже, если подумать, не должно отвергаться безусловно. Обычно мы включаем гирлянду на несколько часов раз в году. Возможно, ресурсов реле будет достаточно?

4. Коммутация ламп накаливания нужна не только на елке. Все выключатели света в квартире тоже коммутируют лампы накаливания. И, если вместо выключателя применить коммутатор на тиристоре, снабженный датчиком открывания двери (туалета, ванной комнаты), а в качестве управляющего устройства счетчик до двух, чтобы при первом открывании двери свет зажегся, а при втором гас, то, возможно, из елочной «мигалки» получится еще одно полезное устройство.

5. А если вспомнить, что в качестве оригинального дополнения, мы рассматривали возможность управления коммутацией гирлянды в зависимости от уровня шума (с помощью микрофона), то эту же идею можно использовать для управления включением настольной лампы, или бра, или светильника в прихожей, которые будут включаться от резкого хлопка в ладоши.

6. Включать и выключать свет, открывая дверь, конечно, можно только в некоторых комнатах. Но, я вспоминаю, что встречал в литературе оригинальную идею -

оптопара из излучающего светодиода и приемного фотодиода образуют датчик, луч которого перекрывает вход в комнату. Импульсы от датчика, при пересечении луча, когда кто-либо входит в комнату, поступают на реверсивный счетчик, считающий в прямом направлении, а импульсы от второго аналогичного датчика, расположенного с внутренней стороны двери, переключают счетчик на обратный счет, когда кто-то уходит из комнаты. Такое устройство включает свет в комнате, когда первый человек входит в комнату, и выключает свет, когда комнату покидает последний. Это годится уже для любого помещения в квартире.

Необходимые определения и пояснения

Первая группа.

Тиристор - полупроводниковый прибор, который при наличии напряжения на нем включается и пропускает постоянный ток тогда, когда через его управляющий электрод протекает ток в течение определенного времени. После чего он остается включенным до момента падения напряжения на нем до нуля.

Стабилитрон - полупроводниковый прибор, обратный ток которого (ток при напряжении непроводящей полярности) имеет свойство резко возрастать при некотором значении обратного напряжения. Этот эффект используется для стабилизации напряжения. Добавив балластный резистор, мы получим простейший параметрический стабилизатор напряжения.

Примечание:

Выше было сказано, что, как правило, сопротивление не зависит ни от тока через резистор, ни от напряжения, приложенного к нему. Стабилитрон представляет собой один из примеров исключения из этого правила (хотя он и не резистор). Сопротивление, рассчитанное по формуле закона Ома для линейной цепи, для напряжения меньшего напряжения стабилизации будет сильно отличаться от сопротивления, которое мы рассчитаем по той же формуле для напряжения, равного напряжению стабилизации.

Реле - электромеханическое устройство, имеющее обмотку, по которой протекает ток управления, в результате чего переключаются контакты реле, которые могут коммутировать большие токи, чем ток управления.

Индикаторный светодиод - полупроводниковый прибор, который излучает свет при прямом включении и протекании через него тока в видимом спектре. Есть светодиоды, излучающие в инфракрасном диапазоне.

Фотодиод - полупроводниковый прибор, на котором появляется ЭДС при освещении его видимым или инфракрасным светом. При обратном включении фотодиода его сопротивление сильно зависит от освещенности в видимом или инфракрасном спектре.

Оптопара - пара электронных приборов, один из которых является светоизлучающим диодом, а второй светоприемным.

Цифровой счетчик (двоичный, десятичный или двоично-десятичный) - интегральная цифровая микросхема, состояние которой изменяется с поступлением импульсов на счетный вход таким образом, что число на выходных выводах увеличивается (или в режиме обратного счета уменьшается) на единицу с приходом каждого импульса.

Вторая группа.

Мощность, рассеиваемая компонентами устройства, связана с выделением тепла. Если выделяемое тепло отводить от элементов, то тепловой режим его не будет выходить за границы допустимого, в противном случае компонент устройства перегреется и выйдет из строя. Для отвода тепла (охлаждения) полупроводниковых приборов применяют разного рода теплоотводы (радиаторы), которые в простейшем случае представляют собой пластины из металла, увеличивающие охлаждаемую поверхность, а, следовательно, и отвод тепла. В последнее время все чаще применяют вентиляторы. Резисторы реже, чем полупроводниковые приборы снабжают радиаторами, чаще при расчетах определяют мощность, рассеиваемую на резисторе (равную произведению тока, протекающего через резистор, на падение напряжения на резисторе) и подбирают резистор, номинальная мощность которого больше или равна полученному значению.

Место для заметок при первом чтении.

Место для заметок при втором чтении.

Вступление к четвертому проекту

Порою то, что не ожидается быть связанным, выказывает связь столь откровенную и несомненную, что кажется странным, как прежде ты связи той не увидел, и теперь, сколько ни старайся, к былой бессвязности возврата не будет.

Первые три «елочных» проекта, посвященные «наитривиальнейшей» теме переключения елочных гирлянд, позволяют нам задуматься (а то и сделать) о проекте создания информационного табло с достаточно большими возможностями. Сознаюсь, начиная работу над проектами, я этого еще не увидел.

Другая история началась на радио рынке в Тушине, в период его буйного цветения. Водоворот покупателей, омывающий прилавки и столики, и просто разложенные на газетке товары. Споры, вдумчивые беседы, зазывные вскрики – чего только ни услышишь, кого ни встретишь.

Ни я, ни мой случайный собеседник не могли соотнести внезапно возникшую у него фантазию - собрать радиоприемник такой, какой он собирал в детстве - с сегодняшними его занятиями, настолько его бизнес далек от техники вообще. Но, когда я, с присущей мне бесцеремонной дотошностью, стал выяснять, что за радиоприемник он надумал «насозидать», коснувшись при этом закономерного для меня вопроса, а зачем ему это? - он, все горячее объясняя свою точку зрения, внезапно, как мне кажется и для себя самого, сказал: «Может быть, мне нужно доделать то, что я не доделал в детстве, чтобы это не мешало мне сегодня?» Он еще раз, не то с удивлением, не то с облегчением повторил: «Чтобы не мешало сегодня», - и я, отчего-то, сразу поверил ему.

Впоследствии мы выбрали подходящую схему приемника прямого усиления, оснастились приборами, и провели ряд исследований, которые моему знакомому доставили удовольствие, по его словам, какого он не испытывал очень давно, и которое привело его к решению не оставлять занятия электроникой в часы досуга.

В детстве многие увлекались сборкой усилителей и радиоприемников. Для большинства это увлечение закончилось сразу после неудачного общения с набором деталей из серии «Собери сам». Далеко не все могли позволить себе применить приборы и провести необходимые исследования. А как сегодня? Может быть, стоит подумать о том, чтобы «доделать свой приемник из детства»?

Проект четвертый «Приемник из детства»

Цель проекта - ознакомиться с работой приемника прямого усиления.

Первый этап. Разбор схемы приемника 2-V-2.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Четвертый проект».
2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором и программой, позволяющей легко рисовать электрические схемы (например, AutoCAD).

Второй этап. Сборка приемника на макетной плате.

Необходимые средства: макетная плата, электронные компоненты, паяльник, паяльный флюс, припой.

Третий этап. Исследование работы приемника с помощью приборов.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - макетная плата с собранной схемой приемника, любой генератор ВЧ, мультиметр.

2. Максимальные - макетная плата с собранной схемой приемника, генератор звуковых частот, генератор стандартных сигналов, осциллограф.

Четвертый этап. Исследование различных улучшений, которые могут быть введены в схему приемника.

Необходимые средства: все, что может понадобиться на данном этапе, уже должно быть, исключая, возможно, некоторые электронные компоненты, которые могут понадобиться в ходе работы.

Первый этап.

Конечно, можно привести точную схему приемника, которая была использована в детском конструкторе, но это не столь уж важно, поэтому достаточно выбрать любую из схем. Приведенная ниже, взята мной из книги В. А. Васильева «Приемники начинающего радиолюбителя». Формула этого приемника 2-V-2 расшифровывается следующим образом: два каскада усиления высокой частоты, детектор, два каскада усиления низкой частоты.

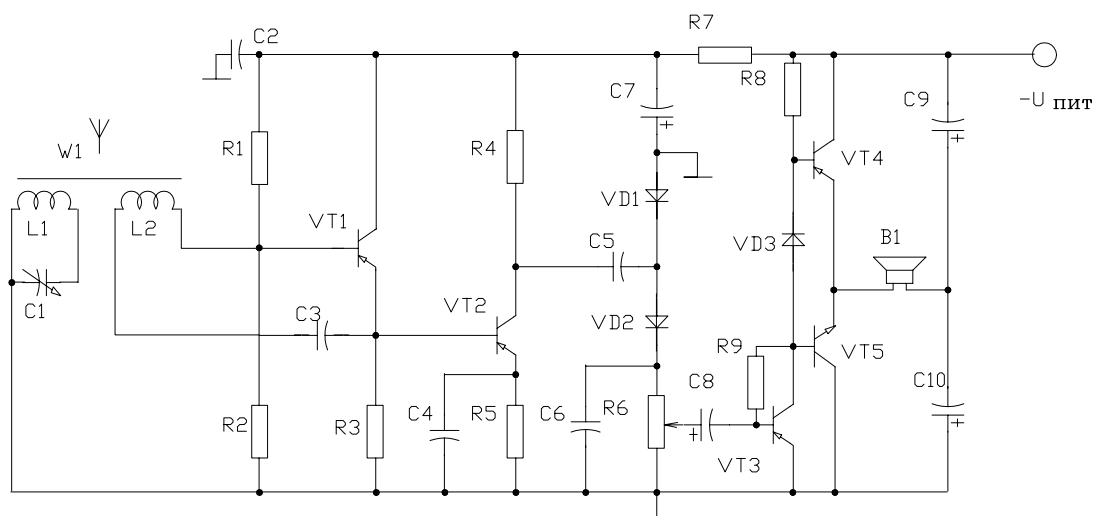


Рис. 16. Схема радиоприемника прямого усиления 2-V-2.

Любой радиоприемник начинается с антенны, в которой под действием электромагнитного поля радиоволны появляется радиосигнал, т.е. какой-то, простой или сложный, электрический сигнал. Этот электрический сигнал усиливается усилителем, при необходимости преобразовывается, а затем поступает на исполняющее устройство. В радиоприемнике в качестве исполняющего устройства выступает громкоговоритель, который преобразует электрический сигнал в звук.

Антенна (W1) этого приемника представляет собой ферритовый стержень, на котором, на каркасе из пластмассы или плотной бумаги, намотана катушка L1 входного контура. Входной контур L1C1 предназначен для выбора одной радиостанции из

множества радиовещательных станций, ведущих передачи одновременно. Каждая из них ведет вещание на своей частоте. Именно входной контур L1C1, благодаря резонансным свойствам колебательного контура, позволяет выбрать одну частоту (одну радиостанцию) из многих.

Для связи усилителя высокой частоты, собранного на транзисторах VT1 и VT2, с колебательным контуром L1C1 применена катушка связи L2, которая образует с катушкой L1 понижающий трансформатор. Причина, по которой входная цепь приемника организована таким образом, в низком входном сопротивлении первого каскада усилителя высокой частоты. При непосредственном соединении усилителя с входным контуром низкое входное сопротивление уменьшит добротность контура L1C1, понижая его селективные свойства (две рядом расположенные радиостанции будут приниматься одинаково хорошо одновременно).

Как уже говорилось, принятый сигнал будет усилен двухкаскадным усилителем высокой частоты, затем он детектируется детектором на диодах VD1 и VD2. Полученный после детектирования сигнал звуковой частоты усиливается двухкаскадным усилителем низкой частоты на транзисторах VT3, VT4 и VT5, и воспроизводится громкоговорителем В1. Транзисторы VT4-VT5 образуют двухтактный оконечный каскад усилителя низкой частоты.

Необходимые определения и пояснения

Первая группа.

Возможно, я совершенно не прав, но хотел бы начать этот раздел с абсолютно простых пояснений, известных из школьного курса физики.

Звук - колебания воздуха (а звук в воде - воды), выраженные в чередовании уплотнения и разрежения среды, происходящие по какому-то закону, который и позволяет нам отличить лай собаки от пения соловья. Диктор на радиовещательной станции создает именно звук, который воспринимается микрофоном, преобразующим звук в электрический сигнал. Как происходит это преобразование? В разных микрофонах по-разному. Рассмотрим один из типов микрофонов - электродинамический. Он представляет собой постоянный кольцевой магнит, имеющий стальной kern (цилиндр в центре магнитного кольца). В зазоре, образованном магнитом и kernом, размещена катушка, которая крепится к подвижной мембране. Под действием звуковой волны мембрана приходит в движение, которое описывается тем же законом, которому следуют уплотнения и разрежения звуковой волны. Колебания мембраны приводят к колебаниям катушки в поле постоянного магнита. А в проводнике, движущемся в магнитном поле, появляется ток, который, в свой черед, будет изменяться по тому же закону, по которому изменялась звуковая волна. На входе усилителя, к которому присоединен микрофон, появится электрический сигнал, изменяющийся по тому же закону, что и звук, производимый диктором в студии радиовещательной станции. Далее мы будем иметь дело именно с этим электрическим сигналом.

Радиосигнал. Электрический сигнал, произведенный микрофоном, усиленный усилителем, поступает на передатчик радиостанции, где он модулирует сигнал несущей частоты, а затем излучается в виде электромагнитной волны передающей антенной радиовещательной станции. Что такое модуляция? Изменение одного из параметров (свойств) электрического сигнала под влиянием, и по закону, другого электрического сигнала (в радиовещании обычно более низкой частоты). Есть несколько видов модуляции. Сначала рассмотрим один ее вид - амплитудную модуляцию.

Генератор передатчика радиостанции производит синусоидальный сигнал определенной частоты. Этот сигнал, пока диктор в студии молчит, имеет постоянную амплитуду (размах). Именно он, этот сигнал определенной частоты от генератора передатчика, и называется «несущей». Любой звук, который микрофон воспринимает в студии, будет воздействовать на амплитуду сигнала генератора передатчика, изменяя ее по тому же закону, по которому меняется звуковая волна. Именно это воздействие на амплитуду сигнала генератора передатчика и называется модуляцией, а сам сигнал, полученный в результате модуляции, изменяющийся по закону того сигнала (звукового), который нас, в конечном счете, и интересует, амплитудно-модулированным. Электромагнитная волна, излучаемая антенной передатчика, изменяется с частотой «несущей» по закону, определяемому звуковым сигналом, т.е. несет звук, который мы и хотим услышать из нашего приемника.

Колебательный контур, или резонансный контур. Контур, образованный параллельно (или последовательно) включенными конденсатором и катушкой индуктивности. Последовательный резонанс мы пока оставим в стороне, а параллельному уделим некоторое внимание.

Из физики известно, что параллельно включенные конденсатор и индуктивность характеризуются собственной резонансной частотой. Что это значит?

Если мы подадим какое-то резкое (быстро исчезающее) электрическое воздействие на такой контур, то в нем возникнут затухающие колебания с частотой, не зависящей от внешнего воздействия, а определяемой только емкостью и индуктивностью контура. Это собственная частота колебаний контура. Для параллельного контура на этой частоте, частоте собственного резонанса, сопротивление контура максимально и максимально напряжение на нем.

Таким образом, установив определенную емкость конденсатором переменной емкости $C1$ (рис. 16), мы настроили контур $L1C1$ на определенную частоту. Если на этой частоте ведет вещание радиостанция, то напряжение на катушке $L1$, вызванное воздействием электромагнитной волны от этой радиостанции, будет намного больше, чем других, частота вещания которых отличается от частоты резонанса (собственных колебаний) контура $L1C1$.

Как мы уже говорили, катушки $L1$ и $L2$ образуют трансформатор (понижающий, т.е. напряжение на катушке $L2$ ниже, чем на $L1$ в N раз, где N - коэффициент трансформации). Но это напряжение для сигнала радиостанции, на которую мы настроились, будет много больше, чем напряжение сигналов других радиостанций. Мы выбрали одну радиостанцию из многих благодаря селективным свойствам колебательного контура.

Усилитель высокой частоты. Высокочастотный сигнал (а радиостанции работают на высоких частотах, на которых при приемлемой мощности передатчика можно получить достаточное дальное действие радиостанции), принятый антенной, и выделенный колебательным контуром, очень мал. Для того чтобы услышать модулирующий сигнал, необходимо усиление. Усилитель высокой частоты усиливает радиосигнал до величины, необходимой для нормальной работы детектора. Он, усилитель высокой частоты, работает на высокой частоте - частоте вещательной радиостанции.

Примечание:

Первые радиоприемники, которые назывались детекторными, не имели усилителя, а только детектор. Но такие приемники требовали больших антенн и принимали исключительно мощные радиостанции, которых в то время было немного. Хотя и сегодня можно принять мощную радиостанцию на детекторный приемник, детекторные приемники сегодня почти не применяются.

Детектор - по сути, выпрямитель, отсекающий полуволну несущей частоты и на конденсаторе дающий медленно, по сравнению со скоростью изменения несущей частоты, меняющийся по закону звукового из студии вещания, сигнал низкой частоты.

Усилитель низкой частоты. Сигнал, выделенный детектором, можно услышать на головные телефоны, но он недостаточно мощный, чтобы его хорошо было слышно на громкоговорителе. Усилить (увеличить мощность) сигнал и призван усилитель низкой (звуковой) частоты.

Громкоговоритель устроен, практически, так же, как электродинамический микрофон. Он тоже имеет магнит, в зазоре которого располагается катушка, связанная с подвижной мембраной (диффузором громкоговорителя). Под действием сигнала низкой частоты по катушке протекает ток, изменяющийся по его закону. А, как это известно из курса физики, на проводник с током, помещенный в магнитное поле, действует сила. Именно она заставляет катушку, а вместе с ней и диффузор, совершать движение, изменяющееся по закону исходного звукового сигнала из студии вещания. Диффузор создает те разрежения и уплотнения воздуха, которые создают звуковую волну, воспринимаемую нами как звук, идентичный пойманному микрофоном в студии радиовещательной станции.

Второй этап.

Компоненты, необходимые для сборки макета радиоприемника:
макетная плата, электронные элементы, источник питания.

Макетная плата - в данном случае следует применить макетную плату, предназначенную для расположения дискретных элементов.

Примечание:

Располагать элементы на макетной плате можно по-разному, но если расположить их так, чтобы обеспечить наилучшее соответствие с электрической схемой, значительно упростится дальнейшая работа по наладке приемника и экспериментов с ним. Полезно и маркировать элементы, наклеив этикетки со схемными обозначениями (R1 или C5, или VT2) прямо на элементы, если они позволяют это, или рядом с ними на плату. Не обязательно маркировать все элементы, достаточно «опорные» - микросхемы, транзисторы, катушки, трансформаторы.

Детали радиоприемника: C1 - конденсатор переменной емкости 5...240 пФ; L1 - катушка, намотанная на каркасе из плотной бумаги проводом ПЭЛШО 0,15 или ПЭВ-1 0,15 и содержащая 133 витка; L2 - катушка, намотанная на каркасе из плотной бумаги проводом ПЭВ-1 0,5 и содержащая 6 витков (обе катушки размещены на ферритовом стержне прямоугольного сечения 15х3 мм длиной 55 мм с начальной магнитной проницаемостью около 400). Транзисторы VT1 и VT2 типа ГТ309Б, VT3 МП41А, VT4 МП 42Б, VT5 МП 38А. Диоды VD1, VD2 типа Д9Б, VD3 Д18. Все низкочастотные транзисторы (VT3-VT5) можно заменить современными кремниевыми.

Резисторы типа ОМЛТ 0,25 - R1 20к, R2 6,2к, R3 2к, R4 2к, R5 510, R7 330, R8 47к, R9 1,3к. Резистор R6 типа СПЗ-3в 4,7к.

Конденсаторы типа КМ или КЛС - C2 0,033 мкФ, C3 0,033 мкФ, C4 0,033 мкФ, C5 0,01 мкФ, C6 0,01 мкФ. Электролитические конденсаторы типа К50-16 - C7 10,0х10В, C8 50,0х6В, C9 и C10 200,0х6В. Громкоговоритель динамический мощностью не менее 0,2Вт с сопротивлением катушки постоянному току 8 Ом. Напряжение питания - 6 вольт.

Третий этап.

Исследование приемника следует начать с усилителя низкой частоты. Отпаяв верхний конец (по схеме рис. 16) резистора R6, подключить к нему генератор НЧ, установить частоту 400 Гц и напряжение 20 милливольт. Затем, наблюдая на экране осциллографа форму сигнала, увеличить входное напряжение до установления напряжения на громкоговорителе около 1 В. Сигнал не должен иметь видимых искажений. При необходимости режим работы усилителя следует подстроить резистором R8. Изменяя частоту сигнала, следует убедиться, что полоса воспроизводимых частот не менее 100-6000 Гц, т.е. при изменении частоты в этих пределах переменное напряжение на выходе усилителя остается около 1 вольта.

Знакомство с высокочастотной частью приемника начнем с контура настройки на частоту вещательной радиостанции, образованного катушкой L1 и конденсатором C1, без подключения схемы к источнику питания. Для этого исследования подключим контур L1C1 к генератору прямоугольных импульсов через резистор сопротивлением примерно 10 кОм. Установим амплитуду выходного напряжения 5 В, частоту 50 кГц, а конденсатор C1 поставим в среднее положение. Схема эксперимента выглядит следующим образом:

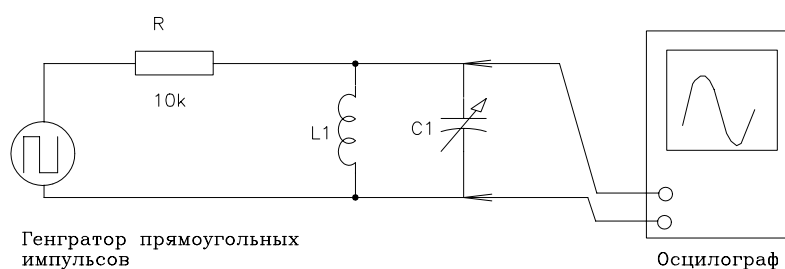


Рис. 17. Схема опыта с колебательным контуром.

Картинка на экране осциллографа будет похожа на следующую:

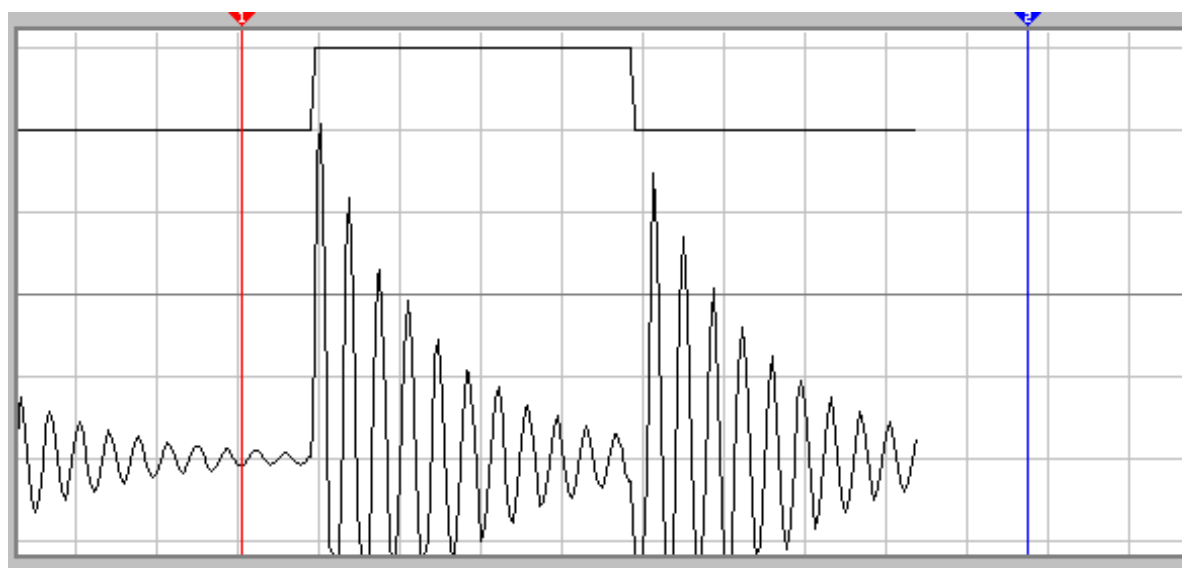


Рис. 18. Осциллограмма к опыту с колебательным контуром.

Поскольку на рис.18 показан экран двухканального осциллографа, в его верхней части отображается сигнал первого канала, подключенного непосредственно к генератору прямоугольных импульсов.

Каждый фронт (изменение прямоугольного импульса от минимальной величины до максимальной называется фронтом; задний фронт еще называют срезом импульса), как передний, так и задний, импульсов генератора вызывает затухающие колебания в контуре, которые происходят с собственной частотой колебаний контура (или на частоте резонанса контура). При изменении емкости конденсатора частота собственных колебаний будет изменяться.

Для проверки работы усилителя высокой частоты наилучшим следует считать метод, позволяющий определять чувствительность приемника. Для этого с генератора стандартных сигналов подают сигнал с несущей частотой 1 МГц, модулированный частотой 400 или 1000 Гц с глубиной модуляции 30%, через резистор 80 Ом на рамку из медной проволоки диаметром 4-5 мм с размерами 380x380 мм. Магнитную антенну располагают по центру рамки перпендикулярно ее площади на расстоянии в 1 м. При этом чувствительность приемника в мкВ/м определится как $U_{гсс}/10$. Изменяя значение конденсатора С1, добиваются получения максимального сигнала на катушке связи L2 (или на выходе усилителя высокой частоты, на коллекторе транзистора VT2). Устанавливают напряжение на выходе генератора стандартных сигналов $U_{гсс}$, при котором напряжение низкой частоты на эквиваленте громкоговорителя В1 соответствует мощности 50 мВт. При этих условиях можно определить чувствительность радиоприемника.

Вид радиосигнала на выходе усилителя высокой частоты, на коллекторе транзистора VT2, должен соответствовать показанному на рис. 19.

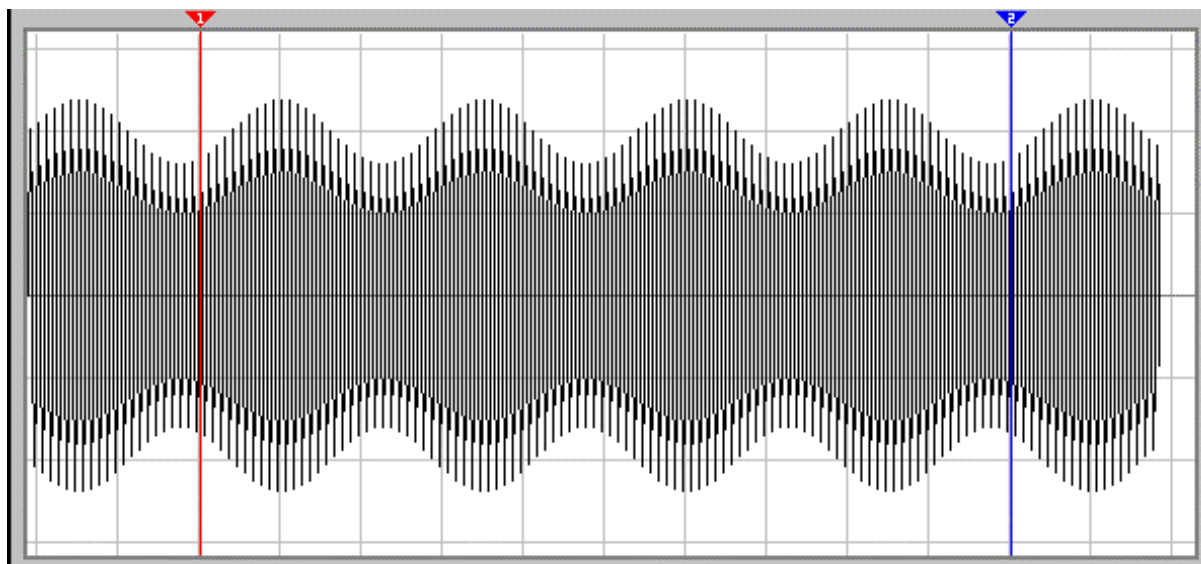


Рис. 19. Осциллограмма амплитудно-модулированного сигнала.

Сравнивая амплитуды радиосигнала на выходе и входе первого каскада, на выходе и входе второго каскада усилителя высокой частоты, можно определить коэффициент усиления по напряжению каждого каскада и всего усилителя.

Вид радиосигнала на выходе детектора без конденсатора С6 (на резисторе R6):

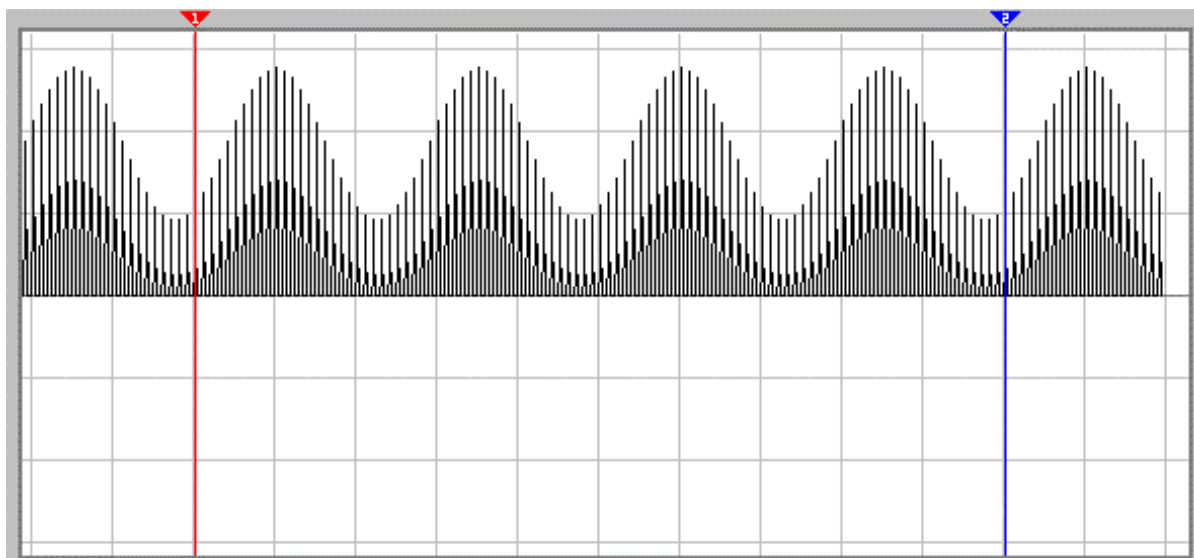


Рис. 20. Осциллограмма радиосигнала после детектирования.

Подключение конденсатора С6 изменит вид сигнала на экране осциллографа:

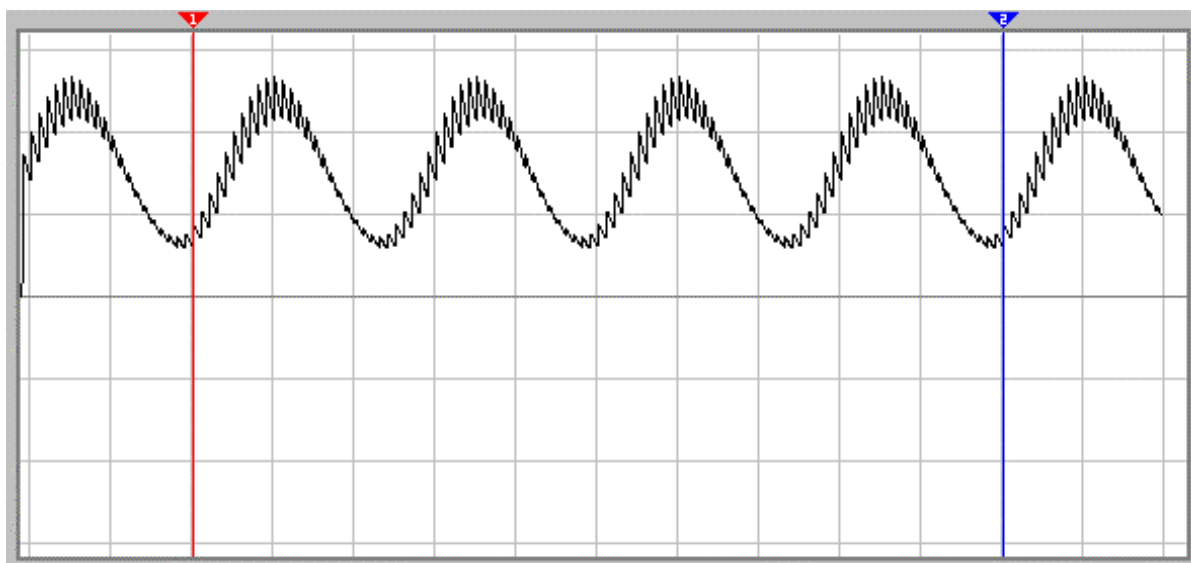


Рис. 21. Осциллограмма влияния фильтра на выходе детектора.

Итак, высокочастотный сигнал, амплитуда которого меняется по заданному закону (в случае измерений по закону синуса), «несет» на себе нужную нам информацию. После детектирования именно эта информация (этот сигнал) усиливается усилителем низкой частоты.

Изменяя величину резистора R1 можно перестраивать параметры усилителя высокой частоты, а резистором R8 - усилителя низкой частоты. Определяя чувствительность приемника при разных параметрах, можно добиться наилучшей чувствительности приемника.

Четвертый этап.

Первое изменение схемы с целью улучшения параметров приемника можно произвести, заменив резистор R4 на дроссель, что позволит увеличить коллекторный ток транзистора VT2 и несколько увеличить усиление каскада. Дроссель наматывается на ферритовом кольце марки 600НН с размерами - внутренний диаметр 3,4 мм, внешний диаметр 8,2 мм. На кольце наматывают 150-200 витков провода ПЭВ-1 0,1. Высокочастотный дроссель следует экранировать для того, чтобы избежать паразитной обратной связи с магнитной антенной.

Эффект от применения дросселя связан с тем, что для постоянного тока сопротивление дросселя очень мало, а это позволяет увеличить ток коллектора, для высокочастотного же сигнала сопротивление дросселя большое, что увеличивает коэффициент усиления каскада.

Примечание:

Дроссель - это катушка индуктивности, имеющая частотно зависимое сопротивление. Активное сопротивление, т.е. сопротивление постоянному току, как правило, значительно меньше, чем индуктивное сопротивление, которое, повторюсь, прямо пропорционально частоте.

Второе изменение касается первого каскада усиления высокой частоты. Можно применить полевой транзистор, имеющий высокое входное сопротивление, что позволит отказаться от катушки связи L2.

Входная схема примет вид:

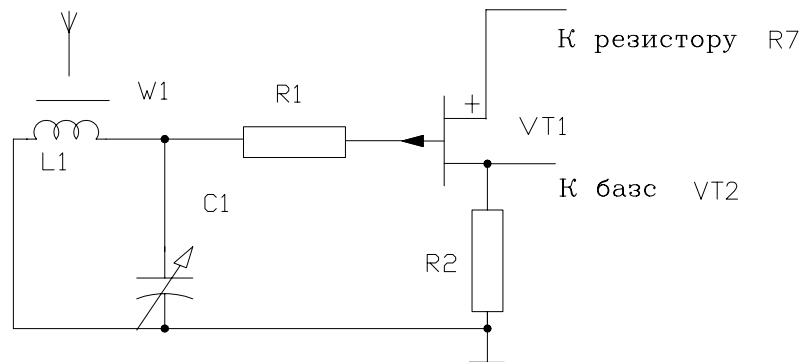


Рис. 22. Модификация приемника прямого усиления.

Необходимые элементы: VT1 - КП103Е, R1 - 1 кОм, R2 - 1 кОм. Применение полевого транзистора упрощает построение входной части приемника, позволяет получить хорошую избирательность. Выбор полевого транзистора может потребовать изменения полярности питающего напряжения, что повлечет необходимость замены транзисторов прямой проводимости на обратные. Или следует выбрать другой полевой транзистор.

Проведя исследования с предложенными схемами можно оценить влияние разных схемных решений на основные показатели приемника - чувствительность и избирательность. Дальнейшее улучшение схемы приемника связано с изменениями схемы

детектора и усилителя низкой частоты, но, поскольку мы не задавались целью разработать схему приемника прямого усиления, способного конкурировать с современными радиоприемниками, оставим эти вопросы до того момента, когда они станут актуальны в наших исследованиях (и, если это произойдет).

Место для заметок при первом чтении.

Место для заметок при втором чтении.

Вступление к пятому проекту

В предыдущем проекте мы исследовали радиоприемник, который принимает сигнал радиовещательной станции. Сказав «А», похоже, следует сказать «Б». Посмотрим, как возникает радиосигнал.

Конечно, мы не станем ставить эксперименты по созданию мощных радиопередающих устройств, лишь рассмотрим принципы, на которых основано создание подобных передатчиков.

Кроме того, как и выше, речь пойдет в основном об одном способе модуляции - амплитудной.

Работа любых радиопередающих устройств достаточно давно и строго, что вполне справедливо, контролируется государственными органами надзора. Любой передатчик должен быть соответствующим образом зарегистрирован. Однако для целей исследования мы будем применять очень маломощные передатчики, работающие на частоте, отведенной для радиоуправляемых моделей. До недавнего времени передатчики на этой частоте с малой мощностью (не более 10 мВт) могли не регистрироваться. Именно из этих соображений и выбрана частота 27,12 МГц.

Вообще, радиоуправляемые модели - это достаточно интересная область деятельности, связанная с конструированием механических устройств, телемеханикой, автоматикой, радиотехникой. При этом электроника хотя и играет вспомогательную роль, но весьма существенную.

Проект пятый «Радиопередатчик»

Цель проекта - ознакомиться с работой передающих устройств.

Первый этап. Рассмотрение нескольких схем радиопередатчиков.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Пятый проект «Радиопередатчик».
2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором и программой, позволяющей легко рисовать электрические схемы (например, AutoCAD).

Второй этап. Макетирование радиопередатчика.

Необходимые средства: макетная плата, электронные компоненты, паяльник, паяльный флюс, припой.

Третий этап. Исследование работы передатчика с помощью приборов.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - макетная плата с собранной схемой передатчика, мультиметр.
2. Максимальные - макетная плата с собранной схемой передатчика, генератор звуковых частот, частотомер, осциллограф.

Первый этап.

Достаточно характерной схемой передатчика для радиоуправляемых моделей служит следующая:

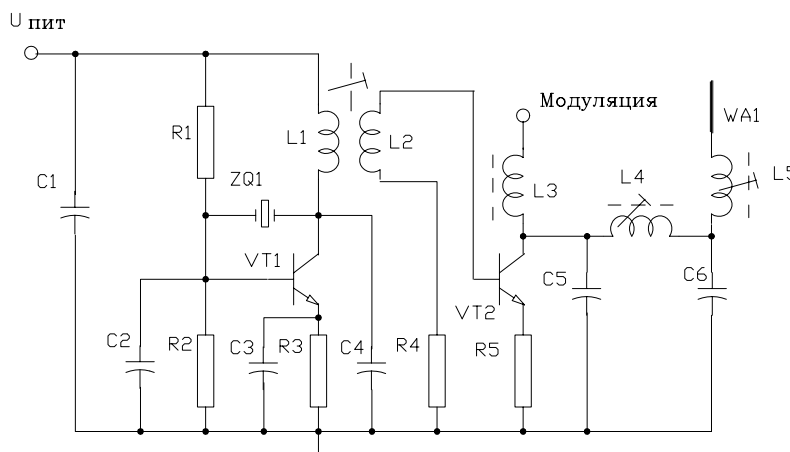


Рис. 23. Схема передатчика для радиоуправляемых моделей.

Задающий генератор собран по схеме «емкостной трехточки» с кварцевой стабилизацией частоты на транзисторе VT1. Связь между каскадами трансформаторная L1L2. Модуляция осуществляется от внешнего источника сигнала через дроссель L3. К коллектору выходного каскада на транзисторе VT2 подключен П-образный фильтр C5L4C6, подавляющий гармонические составляющие. Катушка L5, к которой подключается антенна длиной 1.4 м, называется «удлинительной», поскольку предназначена для компенсации емкостной составляющей штыревой антенны WA1, которая короче необходимой, если исходить из ее длины, как четверть волнового вибратора (2.5м на частоте 27.12 МГц).

Поскольку подобные передатчики имеют мощность 500-800 мВт, что значительно больше необходимой для экспериментов, конкретные значения элементов схемы не приведены.

Для проведения экспериментов предназначена следующая схема:

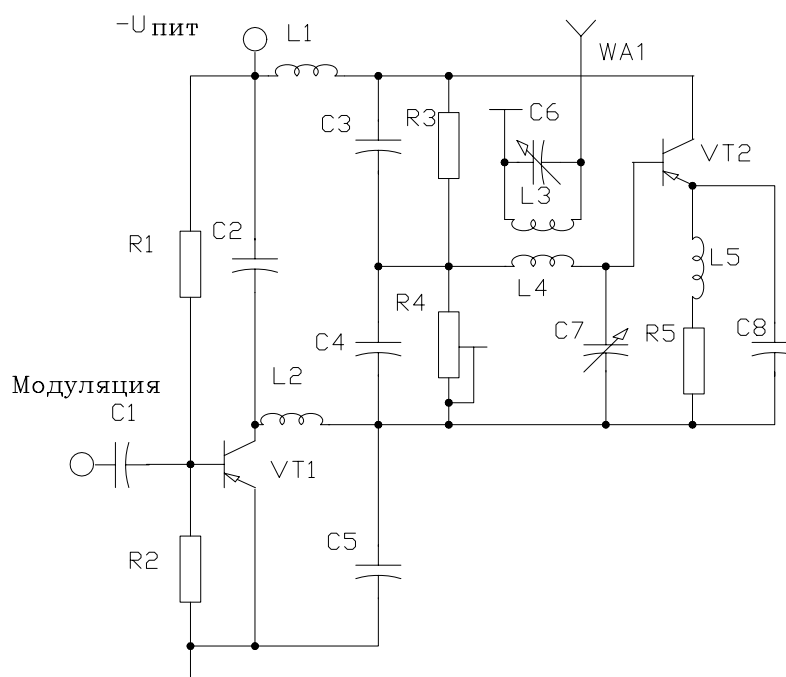


Рис. 24. Схема маломощного передатчика на 27 МГц.

Элементы схемы - $C1=0.1$ мкФ, $C2-C4=200$ пФ, $C5=1000$ пФ, $C6-C7=5-20$ пФ, $C8=10$ пФ.

$R1=2,4$ кОм, $R2=4,3$ кОм, $R3=2,4$ кОм, $R4=4,7$ кОм, $R5=100$ Ом.

$L1, L2, L5$ - дроссели индуктивностью 50мкГн (50-60 витков провода ПЭЛШО 0,1 намотанных виток к витку на каркасе диаметром 5мм).

$L3-L4$ катушки, намотанные на одном каркасе диаметром 10мм проводом ПЭЛШО 0,35 виток к витку и имеющие соответственно 6 и 8 витков.

$VT1$ транзистор прямой проводимости практически любого типа, например, КТ3107, $VT2$ высокочастотный транзистор типа ГТ313, ГТ328 или аналогичный.

Напряжение питания $U_{пит} = 4,5$ вольт.

Режим питания генератора высокой частоты, собранного на транзисторе $VT2$, определяется значениями резисторов делителя $R1R2$. Режим работы самого транзистора $VT2$ определяется значениями резисторов делителя $R3R4$ и резистора $R5$, который определяет, в основном, рабочий ток транзистора $VT2$.

Конденсаторами $C6$ и $C7$ передатчик настраивается на частоту 27 МГц.

На работу высокочастотного генератора большое влияние оказывает выбор транзистора $VT2$, который должен быть достаточно высокочастотным, в противном случае генератор может не возбуждаться на частоте 27 МГц.

Назначение генератора, собранного на транзисторе $VT2$, выработать сигнал высокой частоты, который станет «несущей» для информационного сигнала, подаваемого на вход, обозначенный на схеме как «модуляция». Именно модулирующий сигнал и передаст ту информацию, которую мы хотели бы перенести «через эфир»: речь диктора или музыку вещательной радиостанции, сигнал дистанционного управления моделью и т.п.

Модуляция высокочастотного сигнала информационным происходит благодаря изменению амплитуды несущего сигнала при изменении питающего напряжения генератора. Транзистор $VT1$, на вход которого поступает медленно (по сравнению с генерируемым сигналом) изменяющийся информационный сигнал, в такт с ним изменяет напряжение питания задающего генератора, тем самым «модулируя», наполняя нужной нас информацией сигнал с частотой 27 МГц.

Модулированный высокочастотный сигнал через антенну $WA1$ излучается в пространство и может быть принят приемником, настроенным на ту же частоту, на которой работает высокочастотный генератор.

Конечно, для устойчивой работы передатчика на выбранной частоте желательно было бы стабилизировать высокочастотный генератор кварцевым резонатором, как это сделано в схеме на рис. 23 ($ZQ1$, генератор собран на транзисторе $VT1$), но для экспериментальных целей это не обязательно.

В реальных передатчиках, вырабатывающих мощные радиоволны, устройство передающих узлов намного сложнее, однако существо вопроса от этого не меняется.

Второй этап - сборка схемы на макетной плате.

Напомню - желательно, чтобы между макетом и принципиальной схемой сохранилось соответствие, которое поможет легче настроить схему. Есть одна особенность высокочастотных устройств. Проводники, соединяющие элементы схемы, и имеющие собственную индуктивность и емкость, могут сильно влиять на работу устройства. Чтобы избежать этого, соединительные проводники высокочастотной части схемы следует делать как можно короче и располагать их дальше друг от друга (для устранения неучтенного влияния друг на друга).

Третий этап - настройка схемы.

Мы разберем два случая: настройка схемы без помощи штатных приборов (таких, как осциллограф, частотомер, генератор стандартных сигналов) и настройка схемы при помощи приборов.

Настройка схемы без приборов (подразумевается, что мультиметр все-таки есть) значительно более трудоемка и дает не самые лучшие результаты. Она требует большей квалификации, и, скорее всего, потребует предварительной сборки вспомогательных устройств. А точная настройка на нужную частоту излучения возможна только при наличии калибровочного устройства или промышленного всеволнового радиоприемника. Без них лучше изменить схему генератора, как, например, это сделано на рис. 23, используя генератор с кварцевым резонатором.

Настройка схемы без помощи штатных приборов должна начинаться с проверки правильности монтажа, измерения тока, потребляемого схемой. В данном случае ток потребления определяется величиной резистора R5 и условиями самовозбуждения, он должен находиться в пределах 5-20 мА (верхний предел).

Чтобы убедиться в наличии генерации следует собрать высокочастотную выносную измерительную головку, присоединяемую к вольтметру мультиметра, рис. 25:

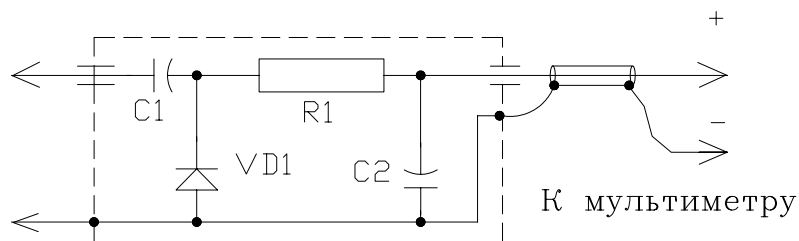


Рис. 25. Схема высокочастотной измерительной головки.

Компоненты схемы - C1-C2=0.022мкФ, R1=1МОм, VD1-Д311.

Смонтированные на плате компоненты соединяются с выходными, удобными для включения в мультиметр (входное сопротивление 1 МОм), штырьками и с входным щупом экранированным высокочастотным кабелем. А саму плату помещают в экранирующий корпус (например, из меди, латуни или, в крайнем случае, жести).

Встав выносной головкой параллельно конденсатору C6, следует убедиться в наличии высокочастотного сигнала, а также в том, что он не пропадает при изменении величины конденсаторов C6 и C7. После чего следует настроить генератор на нужную

частоту. При наличии радиоприемника, имеющего рабочий диапазон, включающий частоту 27 МГц, это сделать не сложно.

Для модуляции сигнала можно воспользоваться низкочастотным генератором, собранным по схеме рис. 3, где конденсатор С1 следует заменить конденсатором емкостью 470 пФ. Для соединения его со схемой лучше вместо конденсатора С1 (на схеме рис. 24) поставить резистор величиной 2 кОм. Напряжение на низкочастотный генератор подается от источника питания передатчика 4.5 В. Полученный модулированный высокочастотный сигнал должен быть слышен в радиоприемнике, настроенном на частоту 27 МГц. Если генерация есть, а сигнал не слышен, попробуйте подстроить частоту, конденсаторами С6 и С7 (по схеме рис. 24), задающего генератора передатчика с включенной антенной (1.5 -2.5 м монтажного провода).

После настройки задающего генератора на частоту 27 МГц, при наличии радиоприемника, работающего на этой частоте, можно проверить дальность действия передатчика. Для экспериментов достаточно дальности в несколько метров.

Самым неприятным при настройке, пожалуй, будет отсутствие промышленного радиоприемника, работающего на частоте 27 МГц. В этом случае я советую либо собрать задающий генератор передатчика с кварцевой стабилизацией частоты, либо, в крайнем случае, точно соблюсти параметры катушек L3-L4 и вместо подстроечных конденсаторов С6 и С7 установить конденсаторы постоянной емкости 17 пФ и 17.2 пФ соответственно, набранные из нескольких конденсаторов, желательно класса точности не менее 5%.

Еще раз хочу напомнить, что необходимость настройки на частоту 27 МГц связана не с особенностями экспериментов, а с требованиями правил пользования радиопередающими устройствами. Правил, которые имеют достаточно большой смысл, и нарушение которых может, при неблагоприятном стечении обстоятельств, привести к большим неприятностям, и даже стоять кому-то жизни.

Настройка схемы с помощью приборов. Это значительно проще, а результаты лучше.

Как и в первом случае, начинать настройку схемы следует с проверки правильности монтажа и потребляемого тока.

Затем следует проверить наличие генерации, подключив осциллограф параллельно конденсатору С6. Пользоваться следует кабелем осциллографа, имеющим делитель 1:10. Получив устойчивую генерацию при всех значениях конденсаторов С6-С7, следует подать от генератора НЧ модулирующий сигнал частотой 400-1000 Гц и напряжением 0.5-1 В на конденсатор С1 (рис. 24) и убедиться, что на осциллографе виден модулированный высокочастотный сигнал.

Для определения дальности действия передатчика и настройки генератора на нужную частоту можно воспользоваться радиоприемником (рис. 16), входную цепь которого переделать в соответствии с рис. 26 (вместо отвода, возможно, потребуется намотать катушку связи с 1-2 витками) и заменить транзисторы, как это рекомендовано для схемы на рис. 59 (восьмой проект). Частотомер подключается к выходу усилителя высокой частоты (коллектор VT2, рис. 16), после чего конденсаторами С6-С7 устанавливается частота генерации равная 27,12 МГц.

Можно для этой цели использовать самодельный индикатор поля.

Примечание:

Выше говорилось о том, что детекторные приемники почти не применяются в настоящее время, вытесненные супергетеродинными. Однако...

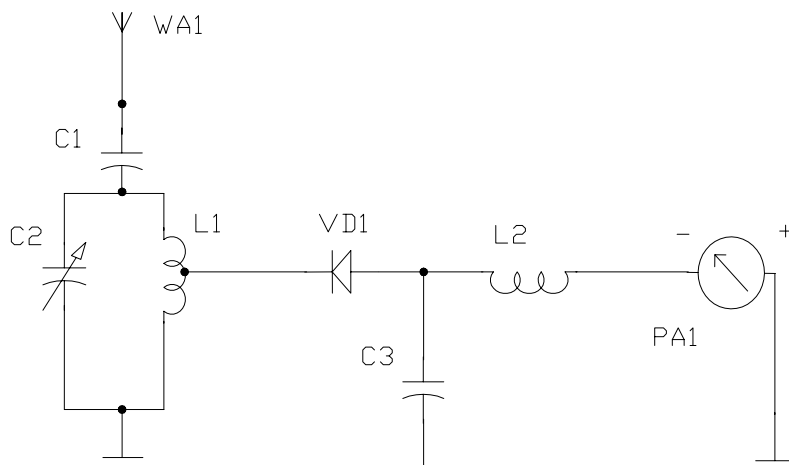


Рис. 26. Схема индикатора поля.

Компоненты схемы - WA1 тонкий металлический штырь длиной 20-30 см; C1 3 пФ, C2 конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком емкостью 5-20 пФ, C3 150 пФ; VD1 Д2В; L1 катушка, намотанная на каркасе 12 мм и имеющая 12-14 витков провода ПЭВ-1 0.8 с отводом от середины, индуктивность катушки L2 30 мкГн (но можно использовать такую же катушку, как L5 рис. 24, PA1 микроамперметр на ток полного отклонения 100 мкА.

По сути, индикатор поля - детекторный приемник, нагруженный на микроамперметр. Можно вывести ручку конденсатора входного контура (C2) на переднюю панель и проградуировать индикатор с помощью генератора стандартных сигналов, к выходу которого подключают отрезок монтажного провода длиной 20-30 см, а антенну индикатора располагают рядом. Изменяя частоту генератора, настраивают индикатор на максимальное отклонение стрелки микроамперметра, и считывают частоту со шкалы генератора.

Пояснение по ходу дела:

Радиоприемник супергетеродинного типа - радиоприемник, у которого для получения большой чувствительности производится преобразование частоты на входе или после каскадов широкополосного усилителя высокой частоты. Тому, как, и для чего, это делается, мы, пожалуй, и посвятим следующий проект.

Место для заметок при первом чтении.

Место для заметок при втором чтении.

Вступление к шестому проекту

Представление о приемо-передающей аппаратуре было бы неполным без упоминания о том, как устроены промышленные радиоприемники, какие существуют виды модуляции кроме амплитудной, и что еще полезного можно сказать о сигналах, с которыми мы имеем дело.

По этой причине эксперименты следующего проекта будут посвящены этим темам, с тем, чтобы в дальнейшем, рассмотрев принципы построения автоматических устройств и элементы автоматики, собрать в единую систему все то, о чем мы успеем поговорить. Система, хотелось бы ожидать от нее этого, должна делать нечто осмысленное, а мы, в свою очередь, вполне осмысленно проведем ее схемную и конструкционную разработку.

Все, о чем мы уже говорили, и то, о чем разговор еще предстоит, интересно в первую очередь взаимосвязанностью. С другой стороны, электронные устройства, которые нас окружают, и которыми мы пользуемся, во многом, устроены не только на тех же принципах, но и имеют схожие схемные решения. Так устроен ваш беспроводной телефонный аппарат с несколькими телефонными трубками, между которыми можно вести разговор, и на которые можно передавать входящие звонки. Именно так (или почти так) устроен ваш телевизор, который может показывать несколько программ на одном экране. Именно так (или очень похоже) работает ваш новый музыкальный центр и ваша стиральная машина. И даже домофон, о котором вы забываете до тех пор, пока к вам не приходят гости, работает схоже с теми устройствами, о которых мы говорили выше или будем говорить далее.

Чтобы вам не казалось, что ваша кастрюля, в которой варится обед, умнее вас, а сегодня и кастрюли снабжают процессорами, стоит, как мне кажется, посидеть вечером, и в свободные дни за опытами, удовлетворение от которых будет согрето осознанием великой тайны вашей «интеллектуальной» кастрюли - **ничего таинственного и уму непостижимого в этой «посудине» нет!**

Проект шестой «Промышленные приемники, не амплитудная модуляция, сигналы, и что из этого следует»

Цель проекта - ознакомиться с построением промышленных радиоприемников, видами модуляции и сигналами.

Первый этап. Рассмотрение принципов построения супергетеродинных приемников.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Шестой проект».
2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором и программой, позволяющей легко рисовать электрические схемы (например, AutoCAD).

Второй этап. Эксперименты по теме приемника-супергетеродина.

Необходимые средства: макетная плата, электронные компоненты, паяльник, паяльный флюс, припой, приборы.

Третий этап. Рассмотрение видов модуляции.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Шестой проект».
2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором и программой, позволяющей легко рисовать электрические схемы (например, AutoCAD).

Четвертый этап. Эксперименты с частотной модуляцией.

Необходимые средства: макетная плата, электронные компоненты, паяльник, паяльный флюс, припой, приборы.

Пятый этап. Рассмотрение сигналов.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Шестой проект».
2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором и программой, позволяющей легко рисовать электрические схемы (например, AutoCAD).

Шестой этап. Эксперименты с сигналами.

Необходимые средства: макетная плата, электронные компоненты, паяльник, паяльный флюс, припой, приборы.

Первый и второй этапы проекта будут посвящены радиоприемникам, которые называют приемниками супергетеродинного типа.

Само слово «супергетеродин» - всего лишь термин, для обозначения схемы радиоприемника, в которой исходный радиосигнал преобразуется в сигнал с другой несущей частотой.

Вначале разберем, для чего это делается, а затем - как это происходит.

Желание услышать в радиоприемнике все радиовещательные станции, которые попадают в диапазон работы приемника, с необходимостью приведет к проблеме усиления сигналов от дальних радиостанций, поскольку радиоволна с расстоянием рассеивается и слабеет. На первый взгляд дополнительное усиление, которое в данном случае требуется, легко достигается добавлением каскадов усиления: чем больше каскадов усиления, тем больше общее усиление, тем лучше мы усилим слабые сигналы.

Однако часть усиленных сигналов может попадать на вход того же усилителя, имеющего теперь очень большую чувствительность. Здравый смысл подсказывает, что этот «собственный» сигнал будет усилен усилителем, опять попадет на вход усилителя, будет усилен и т.д. Такой эффект называют самовозбуждением.

Можно попытаться как-то укрыть входные каскады приемника (экранировать) от воздействия последних каскадов усилителя, но это достаточно сложно, а, значит, дорого, хотя когда-то так и делали, а в дорогостоящем оборудовании (чаще всего профессиональном) делают по сей день. Вторая беда - сигнал «обратного воздействия» просачивается многими путями - проходит по цепи питания, к которой должны быть подключены все каскады усиления, преодолевает случайно образованные емкостные и индуктивные связи, проникает через внутренние связи активных элементов. Конечно, при конструкторской проработке принимаются меры по электромагнитной изоляции каскадов, кроме того, каскады усиления «развязывают» по цепи питания. Но очень небольшая часть сигнала все равно минует барьеры, установленные на его пути.

Широкополосные усилители с большим коэффициентом усиления имеют склонность к самовозбуждению, что ограничивает возможность их применения для получения радиоприемника с большой чувствительностью.

Построение приемника по схеме супергетеродина - еще один способ, кроме экранирования и развязывания каскадов по цепи питания, снять ограничение на величину усиления радиосигнала.

Склонность к самовозбуждению тем выше, чем шире полоса пропускания усилителя. Вот, если бы мы удовлетворились приемом единственной радиостанции, работающей на какой-то одной частоте, тогда мы могли бы использовать усилитель с большим числом каскадов, и, пропорционально, коэффициентом усиления. Как раз получение возможности строить усилитель на одну рабочую частоту обеспечивается применением в радиоприемнике гетеродина. Каким образом?

Проведем эксперимент по следующей схеме:

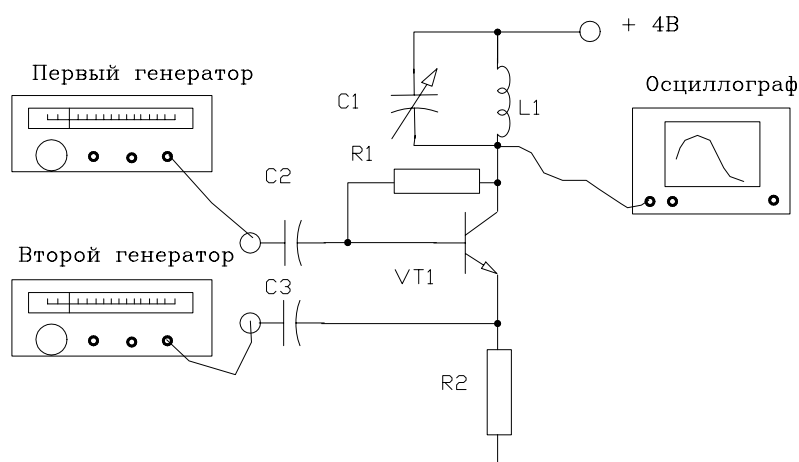


Рис. 27. Схема проведения эксперимента по смешиванию сигналов.

Здесь первый и второй генератор - генераторы стандартных сигналов с близкими частотами F_1 и F_2 (где F_2 несколько больше, чем F_1). Напряжение второго генератора 0.1-0.3 В, а первого раз в десять меньше.

Сопротивление резисторов: $R_1=20$ кОм (подбирается по наилучшему эффекту), $R_2=2$ кОм; конденсаторы $C_2-C_3=0.01$ мкФ. Контур C_1L_1 можно взять от приемника из четвертого проекта, тогда частоты F_1 и F_2 определятся рабочим диапазоном приемника.

Настроив контур на частоту F_1 , мы увидим на экране осциллографа сигнал с частотой F_1 . Перестроив контур на частоту F_2 , можно убедиться в наличии сигнала этой частоты на выходе усилителя. Но, если мы настроим контур на частоту F_2-F_1 , то обнаружим, что и сигнал такой частоты на выходе усилителя присутствует.

Сигналы двух частот имеют свойство алгебраически складываться на нелинейных элементах, а полупроводниковый транзистор - нелинейный элемент.

Это-то свойство и используется в супергетеродинном приемнике для получения промежуточной частоты. Один сигнал, положим, с частотой F_1 - сигнал радиостанции, на которую мы настраиваемся. Второй сигнал получают от специального генератора, который называется гетеродином, и который перестраивается при перестройке на другую станцию так, что его частота всегда отличается от частоты радиостанции на одну и ту же величину. В итоге, при настройке на любую станцию, мы имеем после смесителя (так называется схема на транзисторе VT1, рис. 27) сигнал, одной и той же, разностной частоты. Именно эту, одну и ту же для разных станций, частоту усиливают дальше. Ее

называют промежуточной частотой, а каскады усиления, соответственно, каскадами усиления промежуточной частоты.

Нагрузкой смесителя бывает, аналогично С1L1, контур, настроенный на промежуточную (разностную) частоту. Иногда в качестве фильтра используется не параллельный колебательный контур, а другие более эффективные фильтры, пропускающие промежуточную частоту. Частота гетеродина выбирается так, чтобы разница между ней и частотой принимаемой радиостанции, была равна промежуточной частоте.

А что же происходит с сигналом информации (модулирующим сигналом)?

Генераторы стандартных сигналов позволяют модулировать высокую частоту низкочастотным сигналом. Промодулируйте высокочастотный сигнал первого генератора частотой 400 Гц, и на экране осциллографа вы увидите сигнал промежуточной частоты, модулированный частотой 400 Гц. С нашим информационным сигналом ничего не случилось.

Промышленные радиоприемники строят чаще всего по схеме супергетеродина. Они имеют один-два каскада усиления высокой частоты, смеситель, несколько каскадов усиления промежуточной частоты, детектор и усилитель низкой частоты. Кроме выигрыша за счет увеличения общего количества усиливающих каскадов, удастся получить выигрыш в усилении и за счет того, что каждый из каскадов промежуточной частоты можно получить с большим усилением, чем аналогичные, но широкополосные.

Если добавить, что большое усиление позволяет ввести в схему приемника автоматическую регулировку усиления: сигналы мощных радиостанций автоматически уменьшают общее усиление, а слабые сигналы дальних станций не изменяют его, - то это, пожалуй, и все принципиальные отличия промышленных приемников от приемников из детского радио-конструктора.

Вообще, если вам нужна хорошая, устойчивая работа приемника, применяйте схему супергетеродина. Хорошие приемники для радиоуправляемых моделей - супергетеродины. Ваш телевизор - супергетеродин. И автомобильный приемник - супергетеродин. Правда, есть одно отличие от того, о чем мы говорили ранее. Возможно, ваш автомобильный приемник имеет диапазоны средних и длинных волн, но чаще вы его слушаете, скорее всего, на УКВ. А вещание на УКВ имеет особенность, которую мы рассмотрим, перейдя к третьему этапу.

Третий и четвертый этап.

Ранее мы говорили об амплитудной модуляции сигнала. Этот вид модуляции отличается высокой наглядностью, но не является единственным. Он не устарел - видеосигнал в телевидении амплитудно-модулированный, однако другие виды модуляции имеют свои преимущества. Мы не будем останавливаться подробно на всех видах модуляции и их особенностях, рассмотрим только частотную модуляцию. Общее представление о возможных способах модуляции дает простая запись сигнала переменного напряжения:

$$U(t) = A \bullet \sin(\omega t + \varphi)$$

Здесь $U(t)$ - закон изменения напряжения со временем. В данном случае напряжение изменяется со временем по закону синуса, имеет амплитуду (размах) A , частоту ω , и начальную фазу φ .

Вид формулы сразу дает ответ, какие виды модуляции существуют. Заставим амплитуду меняться по какому-то закону $A(t)$, получим амплитудную модуляцию, при условии, что изменения амплитуды происходят много медленнее, чем изменяется со временем наш основной сигнал $U(t)$. Будем менять частоту $\omega(t)$, получим частотную модуляцию. При воздействии на фазу $\varphi(t)$ будем иметь фазовую модуляцию.

Радиовещание в диапазоне ультракоротких волн ведется с частотной модуляцией. Это позволяет получить большую защиту от помех, поскольку амплитуда радиосигнала уже не несет информации, ее можно поддерживать постоянной и максимально большой. Высокая частота несущей определяет широкий диапазон ее изменения ответственный за динамический диапазон (отношение величины полезного сигнала к величине помех), т.е. качество передачи информации. Отношение полезного сигнала к шуму (в понятие шум входят и помехи) для звуковых устройств обуславливает возможность передачи звуков от самого тихого до самого громкого. Сужение динамического диапазона очень влияет на красоту звуковой картины: вообразите разговор с глухим, когда вся беседа - один надрывный крик.

Для проведения экспериментов с частотной модуляцией мне хотелось бы предложить схему генератора, на которую я натолкнулся, рассматривая разные схемы в описании конструкций советских и чехословацких (когда-то были и такие) радиолюбителей. Генератор, как отмечено в описании, хорошо работает, но имеет один недостаток - частота генератора сильно зависит от напряжения питания.

Мне показалось интересным использовать этот генератор для получения частотно-модулированного сигнала.

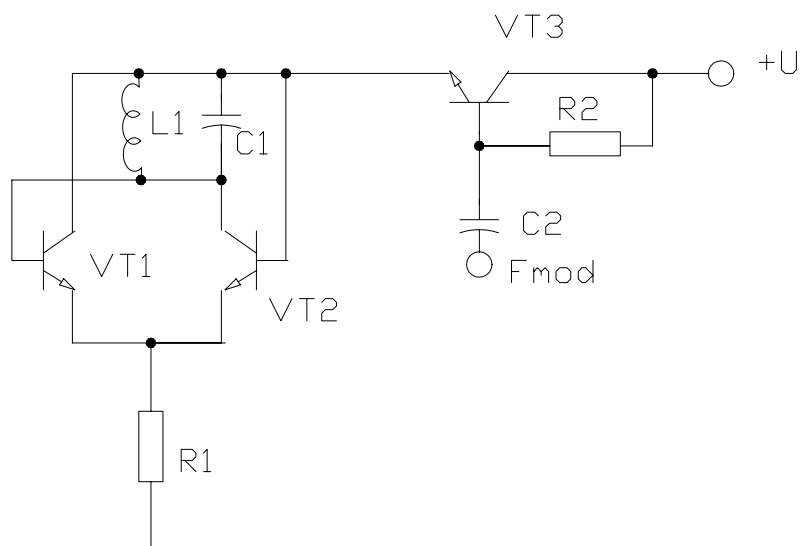


Рис. 28. Схема высокочастотного генератора.

В схеме на рис. 28 генератор на транзисторах VT1 и VT2 получает питающее напряжение от транзистора VT3, на базу которого через конденсатор C2 подается модулирующее напряжение. Изменение питающего напряжения на генераторе (с частотой

модуляции) вызывает изменение (несущей) частоты генератора, осуществляя частотную модуляцию

При элементах схемы L1 10мкГн, C1 50пФ, C2 1мкФ, R1 1.5кОм, R2 30кОм, VT1-VT3 2N3904 (отечественный аналог КТ375А или КТ375Б), питающем напряжении $U = 8\text{В}$ и модулирующем синусоидальном напряжении $F_{\text{mod}}: 1.5\text{В}, 15\text{кГц}$, - подаваемом с низкочастотного генератора, я получил среднюю несущую частоту около 600кГц и вид сигнала на контуре L1C1:

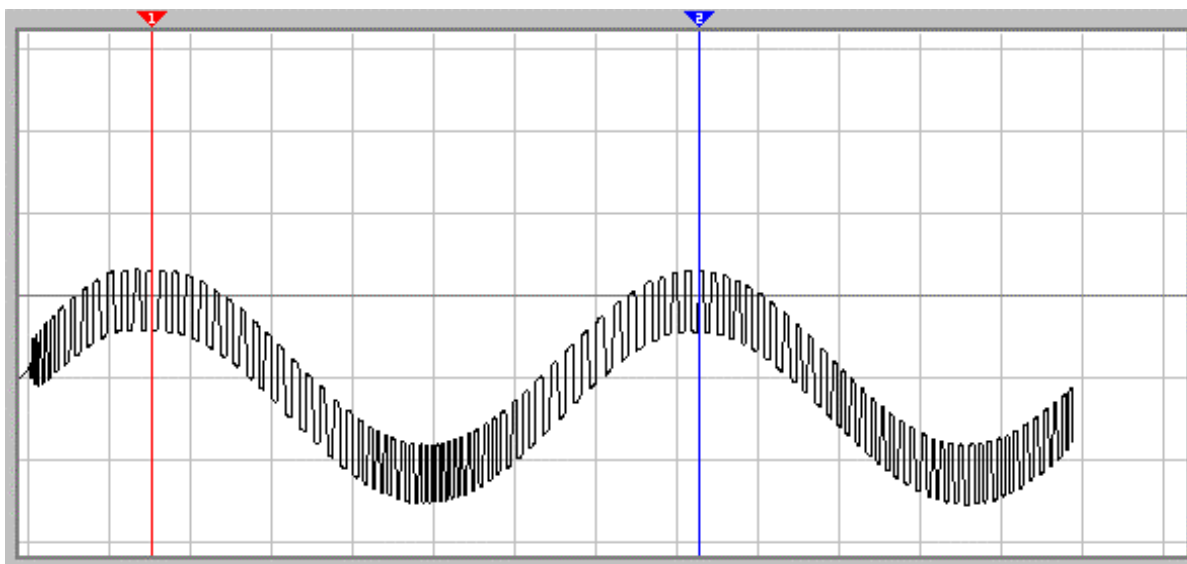


Рис. 29. Первая осциллограмма к опыту по частотной модуляции.

На осциллограмме явно видно, как «прорисовывается» модулирующая частота, огибая высокочастотный сигнал. Но это не амплитудная модуляция.

Добавим в схему двухкаскадный усилитель-ограничитель (на транзисторах VT3, VT4, рис. 30).

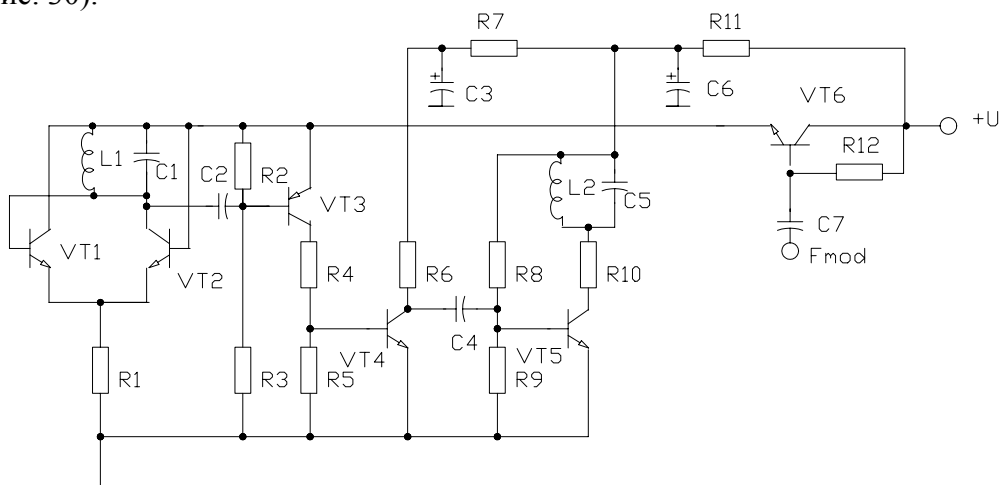


Рис. 30. Схема получения частотно-модулированного сигнала.

После первого каскада усиления, в котором одновременно с усилением происходит одностороннее ограничение сигнала, воздействие модулирующей частоты просматривается еще достаточно хорошо:

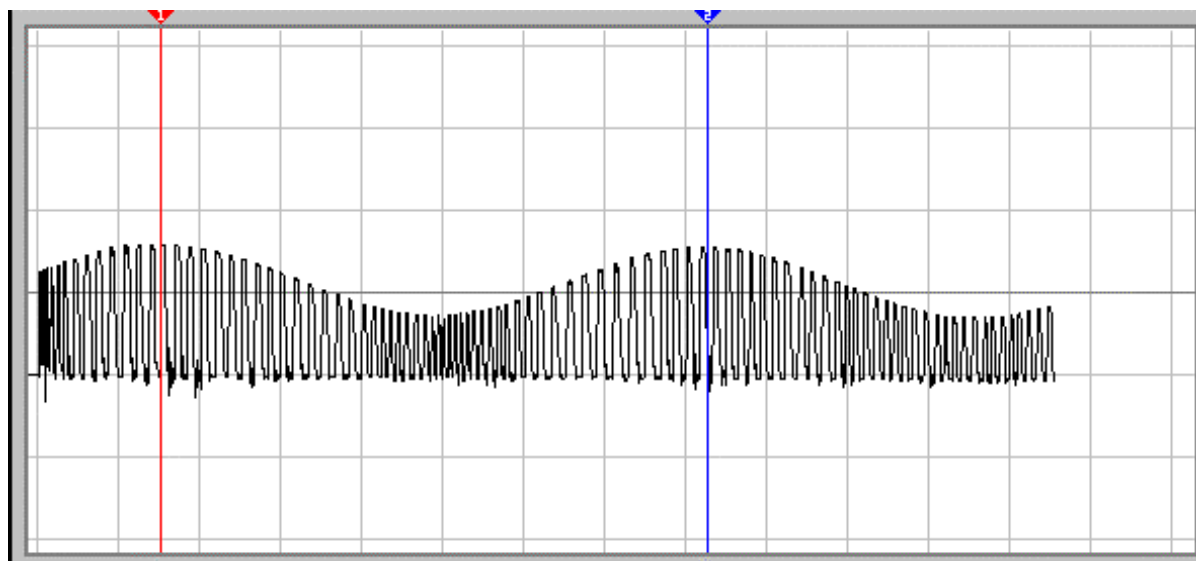


Рис. 31. Вторая осциллограмма к опыту по частотной модуляции.

Однако после второго каскада усиления на транзисторе VT4 происходит ограничение сигнала со второй стороны и модулирующий сигнал на осциллограмме уже совершенно не виден:

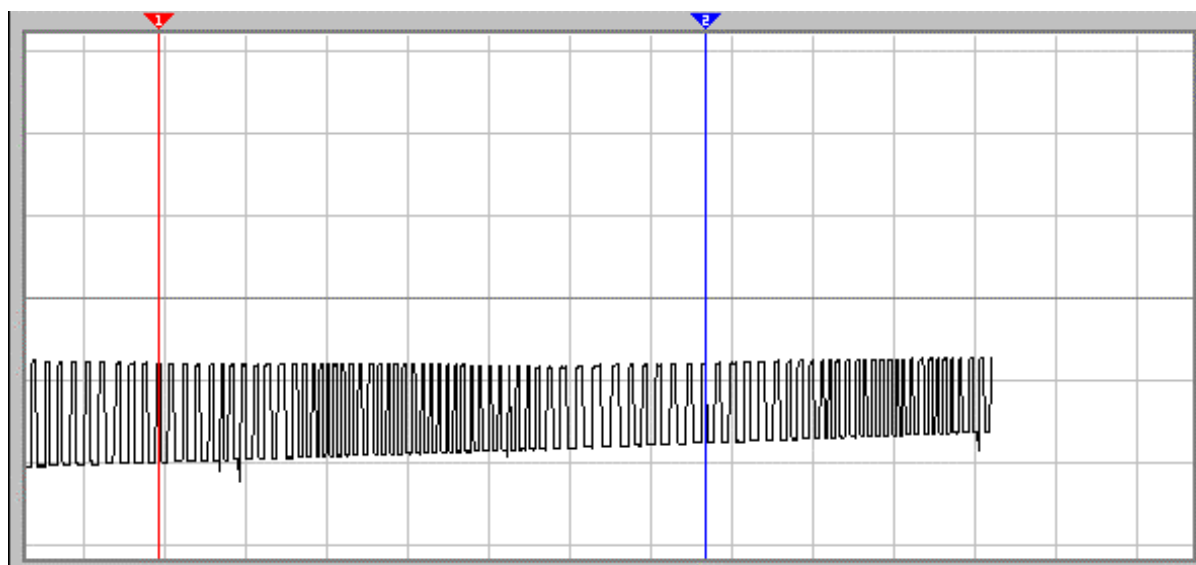


Рис. 32. Третья осциллограмма к опыту по частотной модуляции.

Итак, вся информация о модулирующем сигнале теперь скрыта в изменении несущей частоты. Т.е. мы имеем на рис. 32 частотно-модулированный сигнал.

Для построения детектора частотно-модулированного сигнала примем во внимание следующие соображения. Все изменения нашего информационного сигнала (а он-то нас, в конечном счете, и интересует) скрыты в изменении частоты несущего сигнала. Увеличение амплитуды модулирующего сигнала приводит к снижению несущей частоты, уменьшение - к увеличению. Таким образом, для обратного преобразования, похоже, можно применить частотозависимые элементы - индуктивность или емкость. Или применить их сочетание. Используем параллельный колебательный контур, собственная частота которого ниже средней частоты несущего сигнала. Колебательный контур L2C5 в коллекторной цепи транзистора VT5 имеет частоту настройки порядка 500кГц. Получается, что уменьшение частоты несущего сигнала приводит к увеличению сопротивления колебательного контура L2C5 и увеличению усиления каскада на транзисторе VT5 (см. рис. 30), уменьшение частоты - к уменьшению усиления. Осциллограмма колебаний на контуре L2C5 изображена на рис. 33:

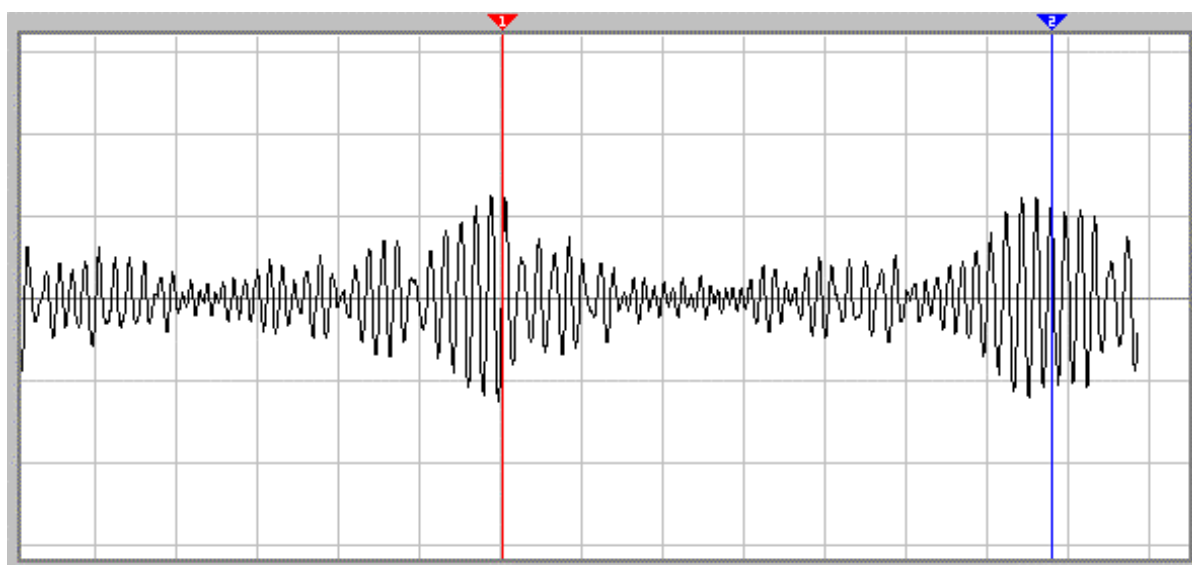


Рис. 33. Четвертая осциллограмма к опыту по частотной модуляции.

Несмотря на невысокое качество обоих преобразований (как частотной модуляции, так и детектирования частотно-модулированного сигнала), наш информационный сигнал вновь явно прорисовывается, а модуляция преобразовалась в амплитудную. Для получения исходного сигнала достаточно использовать такой же детектор, как в радиоприемнике прямого усиления - полупроводниковый диод и конденсатор, на котором мы получим исходный сигнал (увы, несколько изуродованный).

Изменяя параметры схемы (рис. 30) можно, я полагаю, получить более красивый результат. Однако существо вопроса ясно и без улучшения.

Честно говоря, на меня подобные превращения иногда производят впечатление, если отрешиться от профессионального безразличия, если не чуда, то чего-то близкого к нему. Удивляясь этому превращению, я остро ощущаю ту нескончаемую работу людей, открывших и разработавших эти методы, благодаря которой мы можем наслаждаться музыкой, слушая радио, или сопереживать героям кинофильма, сидя у телевизора.

Когда читаешь литературу, с описанием, скажем, разных видов модуляции, за математикой, за схемами эта работа укрывается, как за пеленой тумана. Ты видишь ясно

лишь математические соотношения и электронные компоненты, и только тогда, когда можешь позволить себе проделать опыт, подобный только что описанному, только тогда туман рассеивается, открывая то, что мне очень хочется назвать чудом «человечьего труда».

Примечание:

Мы уже говорили о колебательном контуре, рассматривая входную цепь радиоприемника. Сейчас мы использовали колебательный контур для другой цели, учли свойство параллельного колебательного контура изменять сопротивление - сопротивление параллельного контура максимально на частоте резонанса. Резонанс в параллельном колебательном контуре называют еще резонансом токов, поскольку токи в ветвях LC контура в этом случае равны. Кроме параллельного колебательного контура существует последовательный, с последовательно включенными емкостью и индуктивностью. Резонанс называют резонансом напряжений (они равны на емкости и индуктивности, и могут быть больше напряжения возбуждения), а сопротивление последовательного резонансного контура на частоте резонанса минимально.

График зависимости напряжения от частоты для параллельного LC контура (схема опыта схожа с рис.17, но генератор – ГСС) выглядит следующим образом:

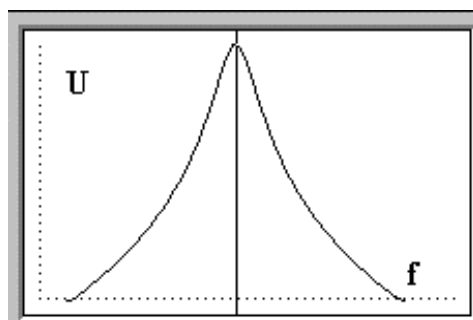


Рис. 34. Напряжение на параллельном колебательном контуре.

График же зависимости напряжения от частоты для последовательного LC контура будет выглядеть так:

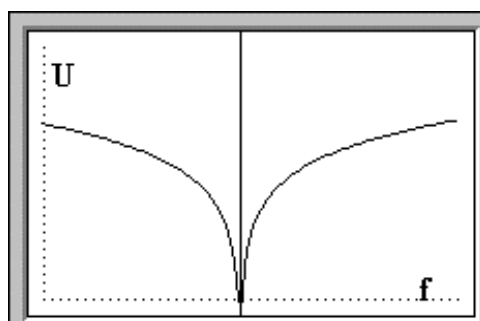


Рис. 35. Напряжение на последовательном колебательном контуре.

На пятом и шестом этапах проекта мы продолжим разговор о сигналах.

Ранее мы говорили о сигнале несущей частоты, модулированном информационным сигналом, говорили об информационном сигнале.

Высокочастотные сигналы, модулированные низкочастотными - это примеры радиосигналов.

В радиоприемнике в качестве информационного используется звуковой (или низкочастотный) сигнал. Речь и музыка, шум прибора или крики чаек, скрип тормозов и пение любимой рок группы - это все звуковые сигналы. Принято рассматривать зависимость напряжения сигнала от времени $U(t)$. Реальные звуки имеют весьма сложный характер и их математическое описание очень сложно.

При испытаниях и исследовании электротехнических устройств используют сигналы простых форм, математическое описание которых не вызывает особых затруднений. Это синусоидальный, треугольный, прямоугольный сигналы. Форма этих сигналов ясна из их названия. Вот синусоидальный и треугольный сигналы:

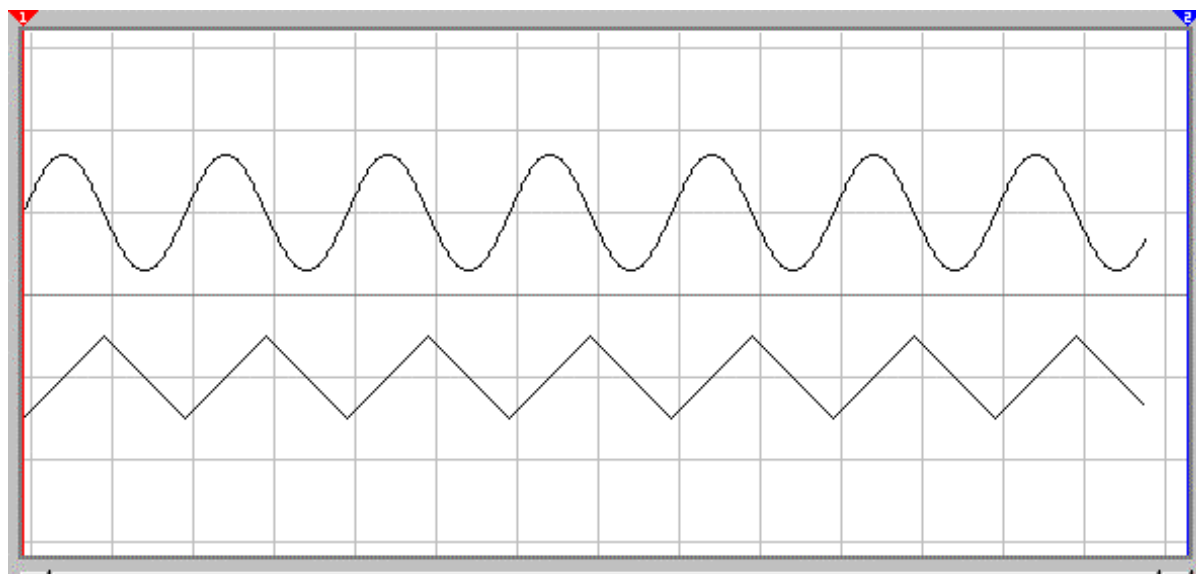


Рис. 36. Сигналы разной формы, используемые в качестве испытательных.

Примечание:

В разделе, посвященном измерительным приборам, много сказано о функциональных генераторах и приведена схема простого функционального генератора на одной микросхеме. С его помощью можно наблюдать на экране осциллографа эти разновидности сигналов. Прямоугольная форма сигнала очень характерна для цифровых устройств. Разновидность треугольного – пилообразный сигнал, можно увидеть в развертке осциллографа и телевизора, в функциональных преобразователях некоторых измерительных приборов. Синусоидальный сигнал – основа всех несущих сигналов в передающих устройствах: радио, телевидение, связь.

А так выглядят на экране осциллографа сигналы прямоугольной и пилообразной формы:

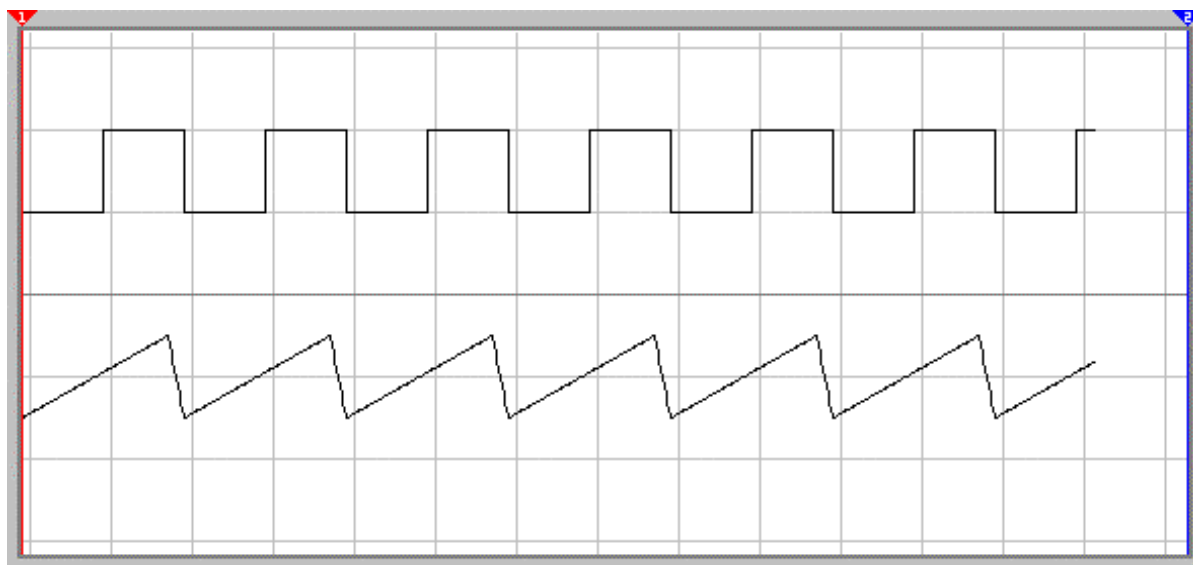


Рис. 37. Оциллограмма сигналов прямоугольной и пилообразной формы.

В математике доказано, что любая функция представима в виде суммы некоторого бесконечного ряда. В частности, используя преобразования Фурье, можно многие сигналы представить, как бесконечную сумму гармонических составляющих, взятых с определёнными амплитудами и фазами.

Гармонические составляющие — это сигналы с частотой, кратной основной частоте (т.е. частоты будут в два, три, четыре и т.д. раз больше), и синусоидальной формы. При разложении в ряд Фурье чаще всего используется представление периодических сигналов в виде суммы синусов и косинусов (образующих ортонормированную пару функций). Анализ сигналов с представлением Фурье называют гармоническим.

Например, я попробовал суммировать четыре синусоидальных сигнала с частотами 1 кГц, 2 кГц, 3 кГц и 4 кГц, амплитудами 5, 2.5, 1.7 и 1.2 вольта. При этом сигналы с частотами 2 и 4 кГц протвofазны двум другим. На рис. 38 вы можете видеть, что получающийся сигнал, как это и следует из представления Фурье, очень похож на пилообразное напряжение (рис. 37).

Примечание:

Для получения синфазных сигналов следует использовать генераторы, дающие возможность синхронизировать их работу. Или использовать какое-то схемное решение, дающее необходимые сигналы.

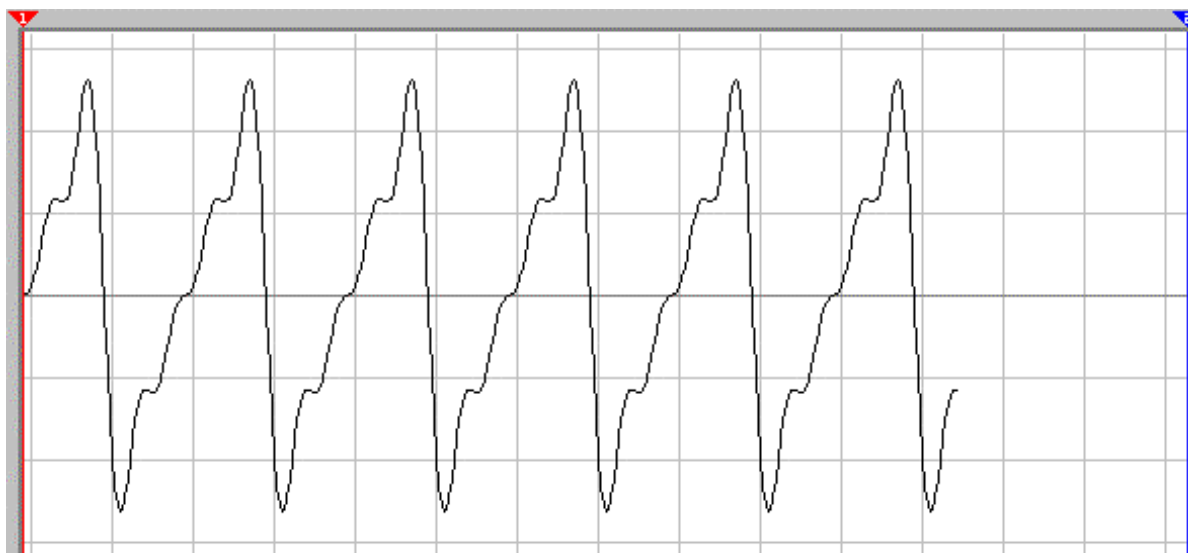


Рис. 38. Синтезированный сигнал пилообразной формы.

Чем больше составляющих будет взято, тем точнее получаемый результат. В экспериментах по синтезу сигналов необходимо использовать достаточно много генераторов, которые, ко всему прочему, должны быть синхронизированы. Поэтому мне подумалось, а не заменить ли синусоидальные сигналы прямоугольными - их легче синхронизировать, четную кратность легко получить, используя цифровой счетчик-делитель частоты. В результате повторения предыдущего опыта с сигналами прямоугольной формы получилась следующая осциллограмма:

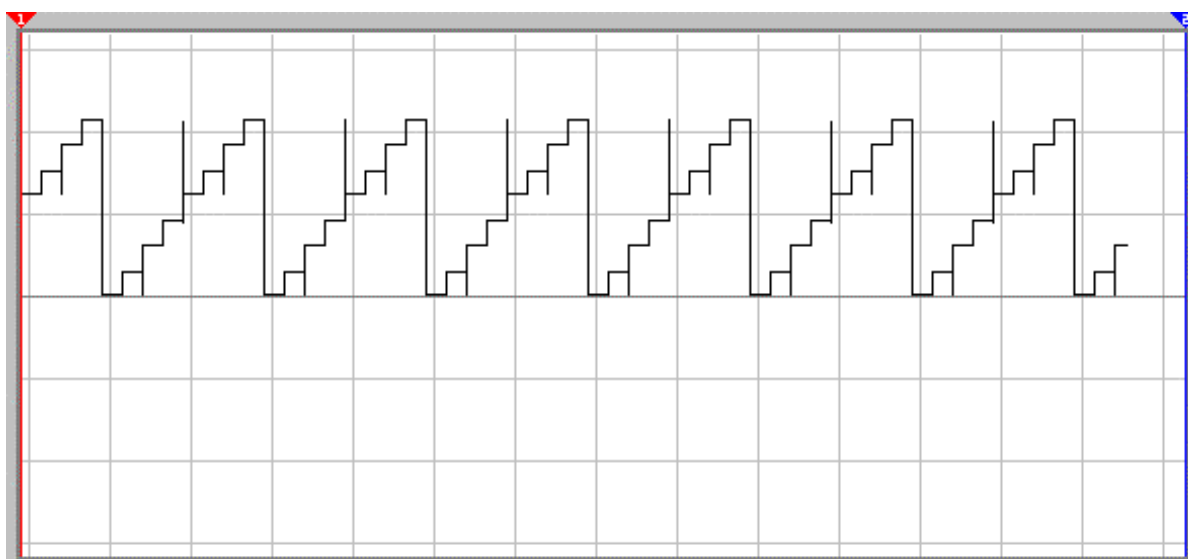


Рис. 39. Осциллограмма сигнала, полученного с помощью прямоугольных импульсов.

Как можно видеть, сигнал очень похож на пилообразный. Используя больше составляющих, сходство можно увеличить.

Примечание:

Впрочем, сигналы прямоугольной формы, легко получаемые с помощью цифровых микросхем, можно было бы попробовать взять за основу получения синусоидальных сигналов, воспользовавшись схемой функционального генератора, которая будет описана в разделе, посвященном измерительным приборам.

Опыты по синтезу различных сигналов, как вы понимаете, не являются самоцелью, но могут доставить большое удовольствие.

Основываясь на этих опытах, мне хотелось бы рассказать об искажениях, возникающих в усилителях.

Проведите простой эксперимент. Подключите к усилителю низкой частоты радиоприемника (рис. 16, конденсатор С8) генератор низкой частоты, установив частоту 1кГц и напряжение сигнала 10мВ. Постепенно увеличивайте напряжение сигнала, наблюдая на осциллографе его форму на выходе усилителя (осциллограф подключен к громкоговорителю). При каком-то входном напряжении форма сигнала, вначале синусоидальная, начнет меняться на выходе усилителя. Это происходит потому, что наступает «ограничение» сигнала. Действительно, здравый смысл подсказывает, что питающее напряжение (которое энергетически и превращается в информационный сигнал) имеет вполне определенную величину, превысить которую сигнал в данной схеме не может. Точнее - амплитуда сигнала не может стать больше половины питающего напряжения. В какой-то момент, при увеличении сигнала на входе усилителя, должно наступить ограничение. Так подсказывает здравый смысл. Этот же результат мы наблюдаем и на экране осциллографа:

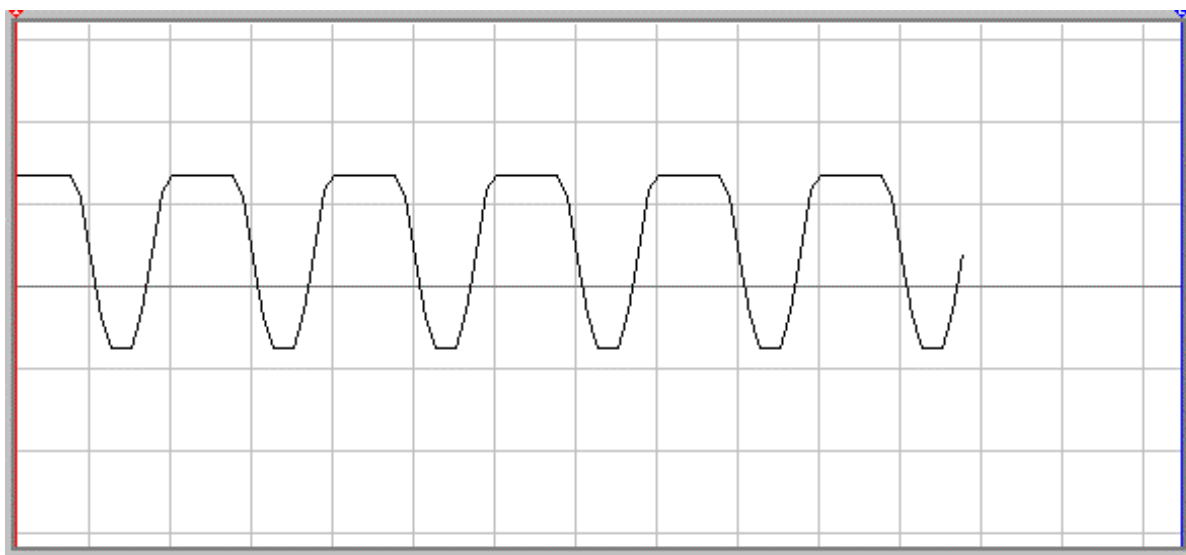


Рис. 40. Вид синусоидального сигнала с нелинейными искажениями.

Скорее всего, форма сигнала, которую получите вы, будет несколько иной, но то, что искажения формы сигнала будут иметь место, несомненно.

С чем связано искажение сигнала, если это искажение рассматривать с точки зрения гармонического анализа?

В спектре сигнала появились гармонические составляющие с достаточно большими амплитудами, которых в исходном сигнале не было. Сложение этих гармонических составляющих с исходным сигналом и дает новый сигнал, изображенный на рис. 40. Т.е., если исходный сигнал описывался функцией $u(t)=A_1 \sin(\omega t)$, то в новом сигнале появились составляющие $A_2 \sin(2\omega t)$, $A_3 \sin(3\omega t)$ и т.д.

Вопрос искажений в электронных устройствах всегда важен, как при наладке устройств, так и при их ремонте - они почти всегда носят негативный характер. Исключение, которое первым приходит в голову, составляют музыкальные электроинструменты, звучание которых специально искажают, получая новые оттенки звучания. В усилителях низкой частоты подобные искажения, их называют нелинейными, слышны как хрипы и неприятные призвуки. В передающих устройствах они вызывают непредусмотренное излучение на частотах вне рабочего диапазона, засоряя эфир и мешая работе других радиоустройств. По этой причине в электронных устройствах стараются избежать искажений.

Заметки на полях:

Когда-то, довольно давно, когда я усердно рисовал на миллиметровке сигналы и их преобразования в усилительных каскадах, представленных нагрузочными характеристиками, и вычислял нелинейные искажения в соответствии с принятыми методиками, я подумал, а каким образом это происходит «физически»? Я смог придумать только одну модель процесса - каждый синусоидальный сигнал, получаемый от генератора, имеет искажения, т.е. кроме основного сигнала, имеет гармонические составляющие. Количественно это характеризуется нелинейными искажениями, указанными в паспорте на прибор. При увеличении сигнала на входе усилителя до тех пор, пока не наступает ограничение, вся совокупность сигналов, которую мы считаем одним сигналом, усиливается одинаково. Когда же наступает ограничение, напряжение основной гармоники перестает увеличиваться - появился предел, тогда как напряжение других гармоник, амплитуда которых много меньше, продолжает расти. Полученный сигнал имеет другую форму вследствие того, что «составлен» из других компонент.

Вот такую модель появления нелинейных искажений в усилителях я себе представил. Но, если эта модель правильна, то идеальный синусоидальный сигнал не должен искажаться при наступлении ограничения. Просто, с ростом напряжения на входе усилителя, напряжение на выходе перестает расти, при этом сам сигнал остается синусоидальным. Интересно, можно ли это проверить? Раньше я не пытался это сделать, но отчего бы ни попробовать сейчас?

Попутно, вне зависимости от результата, мне хотелось бы показать, что не только исследование различных схемных решений и разработка своих схем могут стать предметом увлечения, но и придумывание своих моделей процессов, с последующей их проверкой, не менее увлекательное занятие.

Для проведения исследования необходимо создать схему опыта.

Поразмышляем:

Конечно, проверить модель в чистом виде не получится - идеальную синусоиду не обеспечит ни один генератор. Прецизионные генераторы низкой частоты имеют очень малые нелинейные искажения, но имеют. Как быть?

Попробуем подойти к вопросу несколько иначе. Положим, мы имеем очень чистый синусоидальный сигнал, нелинейные искажения которого мы зададим, подмешивая, скажем, третью гармонику с помощью второго генератора. Теперь, как это следует из модели, при приближении к порогу ограничения мы должны увидеть, как уменьшается коэффициент усиления для амплитуды основного сигнала, а амплитуда второго сигнала продолжает расти с исходным коэффициентом усиления. Это было бы свидетельством в пользу модели.

Примем следующую схему опыта:

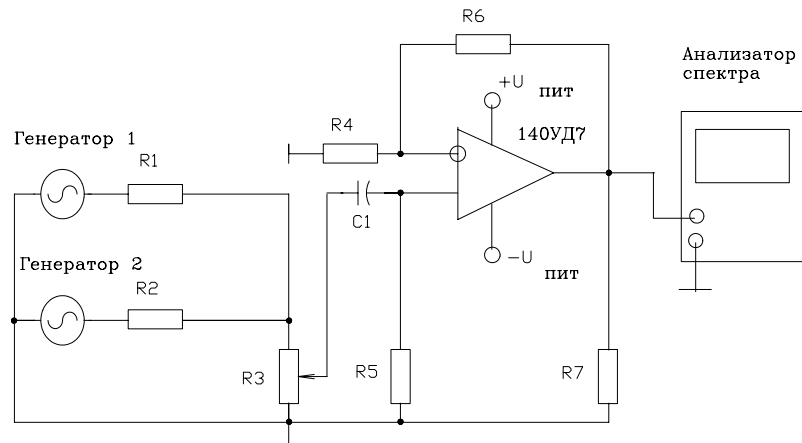


Рис. 41. Схема проведения опыта по нелинейным искажениям.

Данные схемы: $R1=1\text{кОм}$, $R2=1\text{кОм}$, $R3=10\text{кОм}$, $R4=10\text{кОм}$, $R5=10\text{кОм}$, $R6=100\text{кОм}$, $R7=2\text{кОм}$, $C1=1\text{мкФ}$, микросхема 741 (отечественный аналог КР140УД708), $U_{\text{пит}} = \pm 5\text{В}$.

Коэффициент усиления усилителя определится соотношением $(R6/R4)+1$, т.е. должен быть около 11.

Исходные данные представим в виде таблицы 1:

| | F, Гц | ϕ , град | U, мВ |
|--------------------|-------------|---------------|------------|
| Генератор 1 | 1000 | 0 | 100 |
| Генератор 2 | 3000 | 0 | 8 |

Таблица 1

Вначале подадим на вход усилителя напряжение, которое еще не приводит к ограничению. При этом: $U_{\text{вх}} = 100\text{мВ}$; $U_{\text{вых}} = 1100\text{мВ}$; $K_{\text{ус}} = 11$.

Представим исходные данные, полученные с помощью анализатора, в виде второй таблицы.

| | Вход | Выход | $K_{\text{ус}}$ |
|--|------|-------|-----------------|
|--|------|-------|-----------------|

| | | | |
|-----------------|-------|------|----|
| Ампл., 1кГц, мВ | 140 | 1541 | 11 |
| Ампл., 3кГц, мВ | 11,17 | 123 | 11 |

Таблица 2

Из таблицы 2 видно, что амплитуды частот 1кГц и 3кГц усиливаются с коэффициентом равным коэффициенту усиления усилителя.

Теперь, не меняя напряжений на генераторах, установим резистором R3 напряжение на входе усилителя, при котором начинается ограничение сигнала:

$$U_{вх} = 304,6\text{мВ}; U_{вых} = 3288\text{мВ}; K_{ус} = 10,79$$

| | F, Гц | φ, град | U, мВ |
|-------------|-------|---------|-------|
| Генератор 1 | 1000 | 0 | 1000 |
| Генератор 2 | 3000 | 0 | 80 |

Таблица 3

| | Вход | Выход | K _{ус} |
|-----------------|-------|-------|-----------------|
| Ампл., 1кГц, мВ | 426 | 4587 | 10,76 |
| Ампл., 3кГц, мВ | 33,87 | 452 | 13,35 |

Таблица 4

Все бы хорошо, и вполне соответствует предположению - основной сигнал перестал усиливаться, $K_{ус} = 10,76$, что меньше 11, тогда как дополнительный усиливается. Единственно, что плохо, так это значение коэффициента усиления для дополнительного сигнала $K_{ус} = 13,35$. Отчего коэффициент усиления превысил исходную величину?

Попробуем уменьшить напряжение с частотой 3кГц на втором генераторе.

| | F, Гц | φ, град | U, мВ |
|-------------|-------|---------|-------|
| Генератор 1 | 1000 | 0 | 1000 |
| Генератор 2 | 3000 | 0 | 10 |

Таблица 5

Напряжение на входе усилителя сохраним прежним: $U_{вх} = 303,7\text{мВ}$; $U_{вых} = 3180\text{мВ}$; $K_{ус} = 10,47$ - посмотрим, что мы получим с помощью анализатора.

| | Вход | Выход | K _{ус} |
|-----------------|------|-------|-----------------|
| Ампл., 1кГц, мВ | 426 | 4360 | 10,23 |
| Ампл., 3кГц, мВ | 4,23 | 216 | 51 |

Таблица 6

Фу, стало, похоже, еще хуже!

Чем можно объяснить рост коэффициента усиления для третьей гармоники? Можно было бы связать это с тем, что в режиме ограничения, из-за насыщения транзисторов выходного каскада (или предоконечного), прежний подход к отрицательной обратной связи, которая и определяла коэффициент усиления схемы в исходном состоянии, оказался неверным. Коэффициент усиления усилителя без обратной связи на частоте 3кГц порядка 50дБ, т.е. $K_{ус} = 200-300$, и величина $K_{ус} = 51$ не превосходит этого значения. Можно попытаться рассмотреть фазовые сдвиги, которые, в свою очередь, способны превратить отрицательную обратную связь в положительную, а тогда коэффициент усиления вправе превысить 50дБ. Кроме того, если вспомнить преобразование частоты в супергетеродинном приемнике, то и здесь возможно образование суммарного и разностного сигнала, т.е. появление других гармоник. Попробуем включить между выходом усилителя (рис. 41) и резистором нагрузки R7 LC фильтр, настроенный на частоту 1кГц, и посмотрим спектр сигнала с подавленной основной частотой.

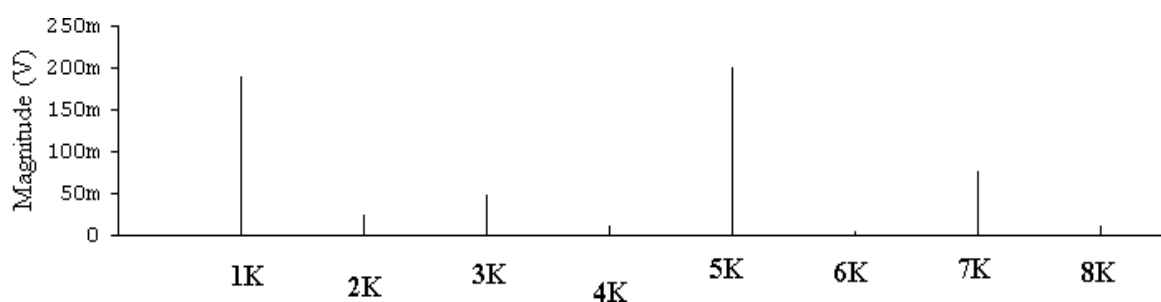


Рис. 42. Спектр гармонических составляющих сигнала.

Как видно, основную гармонику (1K) мы с 4360мВ уменьшили до 200мВ, но кроме третьей гармоники (3K), имеются вторая, четвертая и т.д. Особенно выделяются пятая и седьмая. Все, сдаюсь!!!

Изначально простая модель, привлекательная именно своей простотой, превратилась в сложное нагромождение новых предположений, требующих отдельной проверки, но это, согласитесь, уже совсем другая история.

Однако работа сделана, а результат - он и есть результат.

Необходимые определения и пояснения

Обратная связь - связь выхода усилителя с его входом называется обратной связью. Она может быть введена преднамеренно, а может возникнуть случайно. При этом наиболее важными являются два случая - сигнал обратной связи противофазен входному, тогда обратная связь называется отрицательной; сигнал обратной связи синфазен (совпадает по фазе) входному, тогда обратная связь называется положительной. Отрицательная обратная связь уменьшает коэффициент усиления усилителя, но стабилизирует его параметры, уменьшает шумы и искажения усилителя, расширяет рабочую полосу частот. Положительная обратная связь приводит к обратным эффектам и, в основном, применяется для превращения усилителя в генератор.

Вообще, идея обратной связи оказалась столь плодотворна, что это понятие можно встретить не только в электронике, но и в других областях, с ней совсем не связанных.

Фаза сигнала - мы несколько раз говорили о противофазных и синфазных сигналах. Что такое «фазность»? Грубо говоря - состояние и тенденция изменения одного сигнала определенной частоты по отношению к другому (той же частоты) в данный

момент времени. Сравнивая два сигнала, мы можем отметить, что они оба, начиная с данного момента времени, начинают увеличиваться, синхронно (одновременно) проходят свой максимум и начинают уменьшаться. Эти сигналы синфазны:

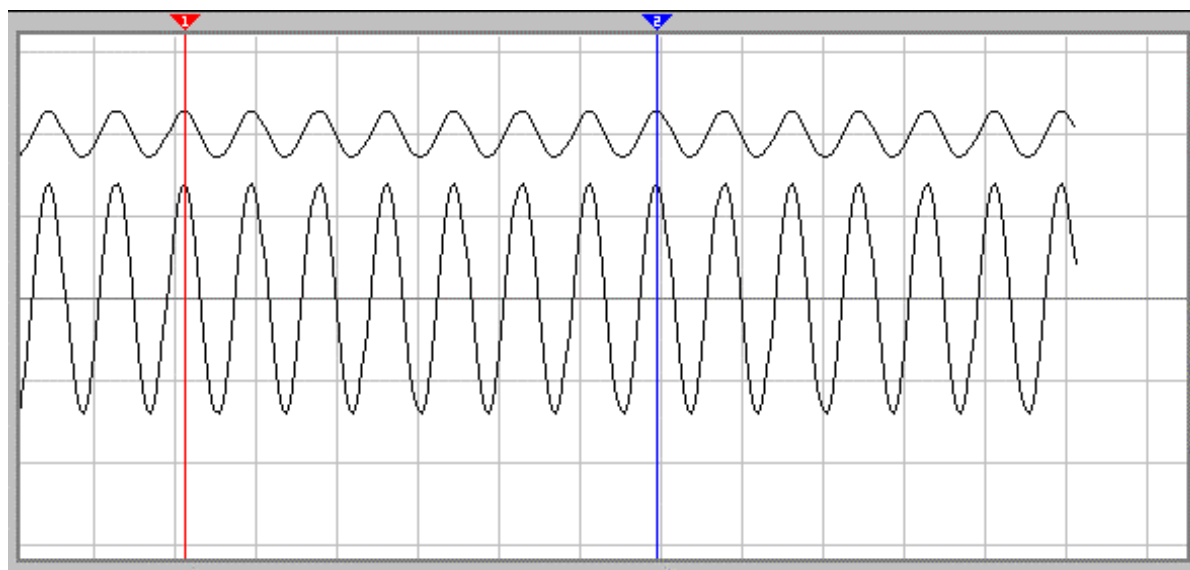


Рис. 43. Осциллограмма синфазных сигналов.

Если же один из сигналов увеличивается и достигает максимума в какой-то момент времени, тогда как другой уменьшается и достигает минимума в тот же момент, то такие сигналы противофазны:

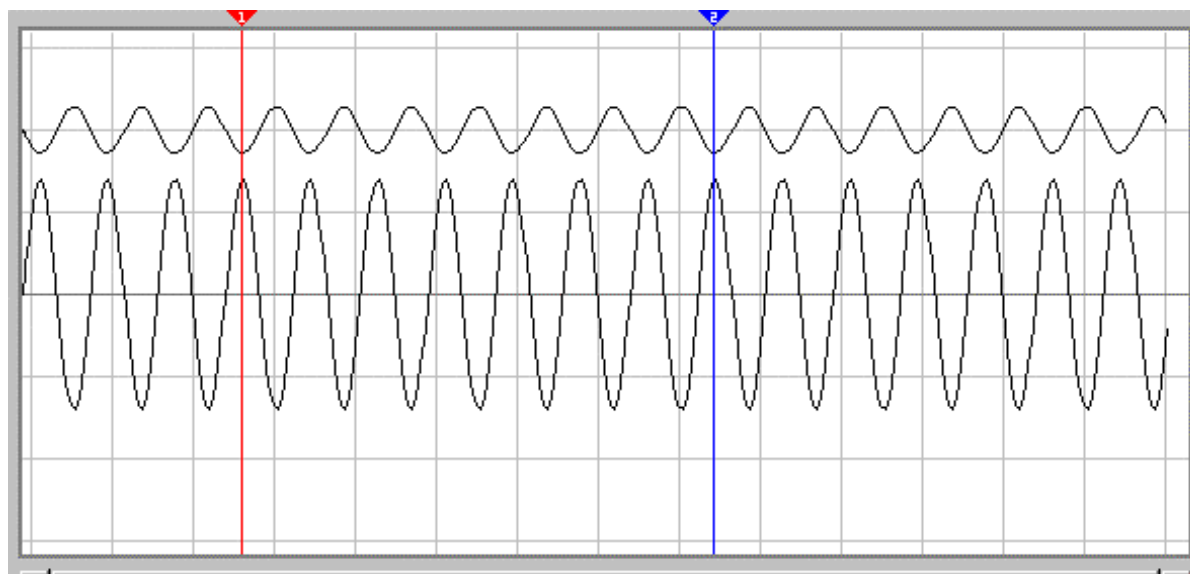


Рис. 44. Осциллограмма противофазных сигналов.

Фаза сигнала, в стиле вышесказанного — его состояние в какой-то момент времени, по отношению к началу отсчета, при этом по оси времени осциллографа отсчитывают углы. Это связано с тем фактом, что можно поставить в соответствие сигналу, изображенному на рис. 44 (любому из сигналов), вращение вектора с угловой частотой,

пропорциональной частоте сигнала. Величина сигнала в любой момент времени будет определяться проекцией вектора на оси координат, тогда как сам вектор будет повернут на определенный угол, находясь в определенной фазе вращения.

Нелинейные искажения – искажения формы сигнала, связанные с нелинейными преобразованиями сигнала, в отличие от линейных (масштабирование, перемещение, сдвиг). Есть еще частотные искажения. Они связаны с сужением полосы пропускания усилителей. Этим искажениям мы обязаны изменениями тембровой окраски звуков.

Примечание по ходу дела, выделенное в несостоявшуюся главу:

В самом начале я охарактеризовал книгу как рассказ об увлекательном занятии электроникой в часы досуга. Любой рассказчик, и я не исключение, нуждается в слушателе. Пока пишу, я вижу его то степенным мужчиной моего, не молодого, возраста, то юношей, готовым ринуться в спор, то мальчиком, верящим во все мною сказанное, но не все понимающим.

Только сейчас, когда черновик книги завершен, и я ищу ошибки, читая и перечитывая написанное, я с удивлением для себя отмечаю, что мой слушатель – обязательно мужчина. Я стараюсь припомнить, была ли среди тех, кто обращался ко мне за советом или помощью, кроме просьб о ремонте, хотя бы одна женщина. И не могу припомнить. Я не помню, чтобы был знаком с женщиной, чьи занятия электроникой не носили бы профессионального характера.

Никогда прежде я не задумывался, почему так мало женщин посвящают свой досуг электронике? Не то, что их нет совсем, но их так мало, что это скорее экзотика, чем обыденность. Потому ли, что женщины отдыхают от работы, работая по дому, и это и есть их досуг? Или традиционно считается, что не женское это занятие?!

Что до традиций, так сегодня многие женщины находят призвание и место в бизнесе - открывают свое дело, становятся совладельцами предприятий. Подчас женщины же содержат семью, а, согласитесь, традиционно это все занятия более надлежащие мужчине. Может быть, меняя традиции в одном, следует поменять их и в другом?

Я правлю, отыскиваю ошибки. И это одна из ошибок, которую мне тоже хочется исправить. То ли найти женщину с достатком времени и средств, и очаровать электронными миражами. То ли написать главу специально для женщин. Пока не знаю. Но ошибки надо исправлять.

Место для заметок при первом чтении.

Место для заметок при втором чтении.

Тайм-аут

Текущая тема по предварительному плану - тема автоматики. Готовясь, я просмотрел множество схем, на примере которых предполагал раскрыть основные принципы, заложенные в автоматике, рассказать о ее средствах. Интересные, каждая по-своему, отобранные схемы привлекают человеческой изобретательностью, сметливостью, умом. Выбор так велик, и так хотелось бы воспроизвести все решения, обо всех поговорить! Но даже беглый обзор всего того, что мне приглянулось, занял бы объем больший, чем вся книга. Затруднившись в выборе самой лучшей схемы из множества самых лучших схем, я решил взять тайм-аут.

Я подумал - что, если вместо готовой схемы, мы прямо сейчас, с этого места, начнем создание своей схемы? У нее пока только два серьезных недостатка. Первый - неясно как она будет выглядеть, и второй - неизвестно, будет ли работать. Во всем остальном, я надеюсь, она вполне подойдет для продолжения разговора об электронике и автоматике. А, поскольку оба недостатка не являются определяющими для основной цели - рассказа об электронике как предмете досуга, такой вариант развития событий мне показался вполне приемлемым.

Идею для воплощения в схемное решение мне подсказали долгие телефонные разговоры, которые случились у меня в последнее время.

Многие современные телефонные аппараты имеют клавишу **HOLD** (удержание). Функция **HOLD** - удержать на какое-то время телефонный разговор от разъединения при положенной трубке. Это удобно, если телефонный звонок застает вас возле телефонного аппарата, установленного где-нибудь в коридоре или на кухне, а разговор предстоит долгий. В этом случае вы нажимаете клавишу **HOLD**, кладете трубку на телефонный аппарат, переходите к аппарату, который стоит возле вашего любимого кресла, усаживаетесь в него, снимаете трубку с другого аппарата и начинаете свой долгий разговор.

Функция удержания телефонной линии от разъединения при положенной трубке встроена в схему телефонного аппарата. Однако далеко не все телефонные аппараты в доме, как правило, имеют эту функцию. Что, если сделать автоматическое устройство, которое позволяло бы реализовать подобное с любыми телефонными аппаратами, включенными параллельно?

Вот такую идею я предлагаю воссоздать в виде схемы прямо сейчас, с этого места.

Итак, мы хотим сделать устройство, которое:

1. Реагировало бы на приходящий телефонный звонок.
2. При снятии трубки на любом телефонном аппарате подготавливало бы телефонную линию к удержанию и включало бы устройство удержания, если трубка будет положена на телефонный аппарат.
3. Снимало бы линию с удержания, если будет снята трубка на другом телефонном аппарате, и переводило бы устройство в состояние готовности принять следующий телефонный звонок, согласно пункту 1.

В качестве источника питания схемы выберем сетевой стабилизированный блок питания. Впоследствии, вы можете рассмотреть вариант питания устройства от телефонной сети, как это сделано у некоторых типов телефонных аппаратов, если окажется, что в режиме ожидания устройство потребляет очень маленький ток (единицы или десятки микроампер).

В трех пунктах описания устройства, которое можно назвать, скажем, «Лайн-холдер», есть одна неопределенность, которую следует устранить сейчас. Я выпишу отдельно фразу, имеющую неопределенность: *«...и включало бы устройство удержания линии от разъединения, если трубка будет положена на телефонный аппарат»*. Своему существованию неопределенность обязана тому факту, что телефонная трубка будет положена на аппарат в любом случае, а удержание телефонной линии требуется только в некоторых. Т.е. не определено требование к поведению устройства в тех случаях, когда у нас нет намерения удерживать линию.

Для определения правильного поведения устройства можно предложить следующие решения:

- самое простое - изменить правила пользования телефонными аппаратами, работающими совместно с устройством. Дополнительное правило будет выглядеть, примерно, следующим образом: «После окончания разговора, прежде чем класть трубку на телефонный аппарат, необходимо «дать отбой», т.е. кратковременно нажать на рычаг аппарата и только после этого положить трубку». Соответственно, в схеме мы должны придумать узел, который будет реагировать на «отбой».
- другое простое решение - установить таймер, определяющий время удержания линии, положим, в 10 секунд. Этого времени достаточно, чтобы перейти от одного телефонного аппарата к другому. Если же переход не нужен, ваш телефон будет занят 10 секунд после разговора, когда трубка положена. Но это не страшно.
- более удобное в эксплуатации решение можно получить, комбинируя первые два. При необходимости перейти к другому телефонному аппарату кратковременно (положим, на 0.5 секунды) нажать на рычаг телефонного аппарата, а затем положить телефонную трубку. Схема должна иметь некий узел, который будет «прочитывать» время разъединения и, если это время меньше, скажем, 1.5 секунд, оставлять линию на «удержании», а, если больше, разъединять линию и возвращать устройство в исходное состояние.
- возможно, существуют и еще какие-то решения?!

Проведем ревизию вариантов.

Можно выбрать первое решение, но оно заставляет делать ненужные операции, а никто этого не любит. Второе решение проще реализовать, но оно, все-таки, осложняет работу с телефонными аппаратами, заставляя ждать 10 секунд после звонка. А если вам надо звонить срочно?

Остановим выбор на третьем решении и добавим еще один пункт в описании работы устройства к имеющимся трем:

- определяло бы время разъединения линии (с телефонного аппарата), и, если оно не превосходит 1.5 секунд, включало бы линию на удержание, в противном случае разъединяло.

Теперь все четыре сформулированных пункта требований к устройству постараемся переформулировать в виде простых команд будущему устройству:

1. Определить звонок.
2. Подготовить устройство к удержанию линии.
3. Ждать разъединения линии.
4. Если время разъединения меньше 1.5 секунд, реализовать функцию удержания линии.
5. Если время разъединения больше 2 секунд, разъединить линию и вернуться в исходное положение.
6. Если схема включилась на удержание линии по сигналу «Удержать линию», ждать сигнала «Трубка снята» на втором аппарате, после чего снять удержание линии и вернуть схему в исходное состояние после окончания разговора.

Сопоставив командам схемные функции, наше устройство можно представить, как некое объединение четырех или пяти узлов, каждый из которых будет выполнять обозначенную функцию. Попробуем реализовать полученные шесть пунктов в виде предварительных схемных решений на элементной базе цифровых микросхем серии K561, с которыми мы уже работали.

Определить звонок

Звонок телефонного аппарата работает от специального сигнала, передаваемого телефонной станцией и называемого сигналом вызова. Это переменное 25-герцовое (т.е. частота сигнала 25 Гц) напряжение в 80-120 вольт. Станция в течение секунды подает на телефонную линию этот сигнал, затем следует, примерно, трех секундный интервал и опять сигнал вызова. При положенной трубке обычный электромеханический звонок подключен к телефонной линии через конденсатор. Более поздние электронные звонки строились по схеме генераторов, одно или двух тональных, нагруженных громкоговорителем, и получающих питающее напряжение от выпрямленного вызывного сигнала.

В нашем устройстве для узла, выполняющего функцию определения звонка, можно было бы использовать аналогичное решение. Можно было бы поступить иначе. Выпрямить сигнал вызова, но не сглаживать его, ограничить полученные импульсы, и использовать, как импульсы записи в обычный триггер-защелку. Изменение состояния триггера зафиксирует наличие звонка.

Но есть одно «но!».

Практически все телефонные станции у нас работают с импульсным набором номера. Когда вы звоните кому-либо (с телефона со старым дисковым номеронабирателем или сегодняшним кнопочным) происходит разрывание телефонной линии в соответствии с набранной цифрой. Постоянное напряжение в телефонной линии примерно 60 вольт. Получается, что при наборе номера, в телефонной линии формируется импульсное напряжение, которое может быть «прочитано» определителем звонка, как вызывной сигнал, и привести к ошибке.

Во избежание этого прибегнем к другому приему. Используем вызывной сигнал, выпрямленный и ограниченный, как счетные импульсы двоичного счетчика. В принципе, за 1 секунду при частоте вызывного сигнала 25 Гц мы должны получить 50 импульсов (при двухполупериодном выпрямлении). Двоичный счетчик (точнее сдвоенный двоичный счетчик) позволит нам отсчитать 24 импульса, наличие которых и зафиксирует факт прихода звонка.

Схема определения наличия звонка будет выглядеть так:

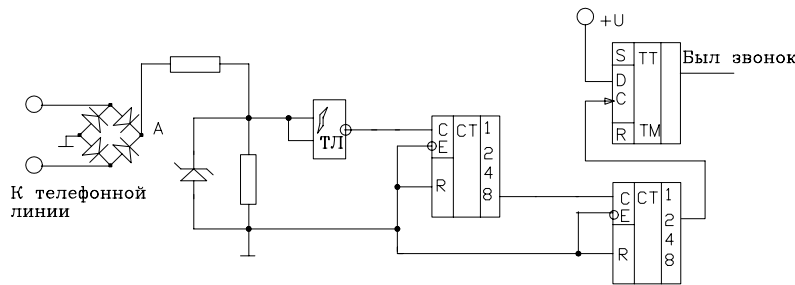


Рис. 45. Схема определения звонка.

Поскольку схема предварительная, и в процессе разработки она, скорее всего, изменится, нет смысла уточнять все ее элементы. Сейчас схема представляет лишь общий эскиз идеи: мы выпрямляем вызывной сигнал, ставим резистивный делитель, чтобы привести уровень сигналов к должному уровню, ставим стабилитрон, который дает нам гарантию, что сигнал не превысит максимального уровня, а затем используем триггер Шмидта, для получения импульсов прямоугольной формы, которые будут прочитаны (или просчитаны) счетчиком импульсов. После прихода 24 импульсов мы на выходе счетчика получаем сигнал о наличии входного звонка. Конечно, этот сигнал следует зафиксировать, что мы и сделаем с помощью D-триггера.

Примечание:

Точка А, выход диодного моста, послужит точкой подключения следующих узлов. Соответствующая ссылка в схеме будет сделана на т. А.

Подготовить устройство удержания линии

Для того чтобы удержать линию от разъединения при положенных трубках на всех телефонных аппаратах, мы должны подключить к линии эквивалент телефонного аппарата постоянному току. А это просто резистор. Есть стандартная величина сопротивления телефонного аппарата постоянному току - что-то около 600 Ом. Примем это сопротивление равным 1000 Ом. В качестве коммутатора возьмем обычный транзистор, как мы это делали, моделируя гирлянду для новогодней елки.

Логика работы получается следующей.

Если был звонок, и, если был сигнал удержания линии, то следует подключить к линии резистор эквивалента телефонного аппарата. Таким образом, схема устройства удержания линии будет выглядеть примерно так:

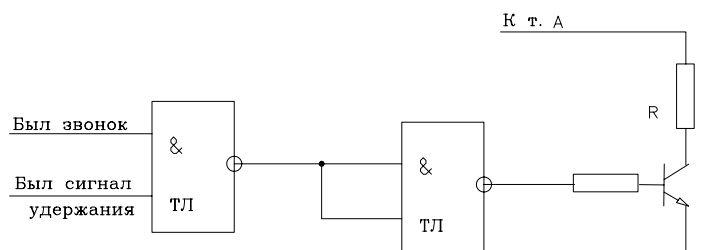


Рис. 46. Схема устройства удержания линии от разъединения.

В качестве схемы «И», а выше мы сказали: если... И, если... - используем оставшиеся неиспользованными элементы триггера Шмидта, их логика работы «И-НЕ». Для включения транзистора нам понадобится единичный сигнал (высокий уровень), поэтому включим инвертор.

Теперь, при наличии фиксации прихода звонка и сигнала требования удержания линии от разъединения, транзистор включается и подключает к телефонной линии резистор R - эквивалент телефонного аппарата - через выпрямительный мост, который, в данном случае, никоим образом не мешает удержат линию от разъединения.

Ждать разъединения линии

В первую очередь нам понадобится датчик состояния линии. При положенной на телефонный аппарат трубке постоянное напряжение в линии составляет примерно 60 вольт. При снятой трубке постоянное напряжение в линии составляет 15-20 вольт. Таким образом, мы можем определить состояние линии по напряжению в ней. Для согласования уровней напряжения в телефонной линии с логическими следует использовать резистивный делитель.

Мы уже использовали подобный делитель в схеме определения наличия звонка. Правда, там амплитуда сигнала вызова достигала 120 вольт, т.е. вдвое превышала интересующее нас теперь напряжение. Оставим на время попытку использовать уже имеющийся резистивный делитель, и поставим еще один для нашей конкретной цели - определение состояния линии. Определяя напряжение на делителе, мы сделаем вывод, положена трубка (или нажаты рычаги) на аппарат или нет.

Выше мы решили, что сигналом для удержания линии будет кратковременное нажатие на рычаги аппарата. Здесь есть одна проблема.

Если мы не примем никаких мер, то за это время (0.5-1 секунда) телефонная станция, которая тоже следит за состоянием линии, «решит», что трубка положена на аппарат, и пора разъединить линию. Т.е. мы должны на это время включить вместо телефонного аппарата эквивалентный резистор. После чего в течение 1 секунды следить за состоянием линии - будет ли вновь снята трубка, и тогда это сигнал удержания линии, или нет, тогда можно разъединить линию и вернуть всю схему в исходное состояние.

Попробуем нарисовать нужную схему.

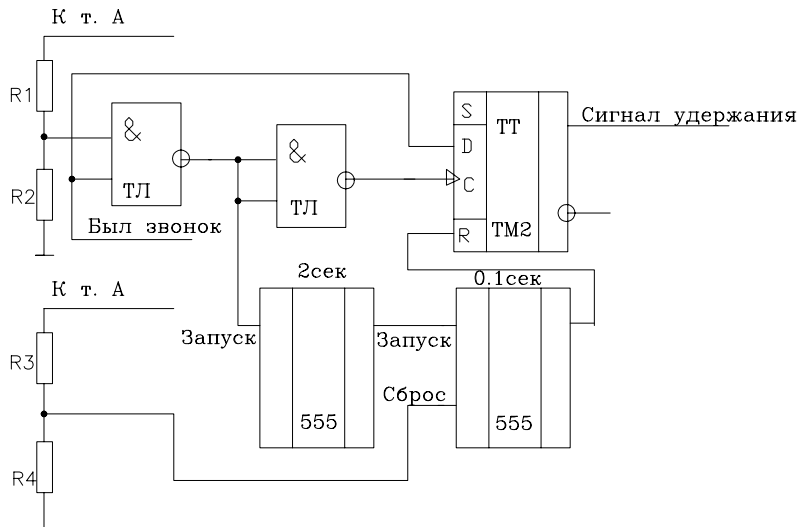


Рис. 47. Схема формирования сигнала удержания линии.

Посмотрим, что у нас получилось? В схеме применены D-триггер К561ТМ2 и таймер 555 (отечественный аналог КР1006ВИ1). Напомню, схема предварительная и многие элементы схемы опущены.

Сигнал «Был звонок» мы получаем от схемы определения наличия входящего звонка. При наличии звонка сигнал «Был звонок» принимает высокий логический уровень. Если теперь телефонная трубка положена на аппарат (или нажаты рычаги), на выходе первого элемента «И-НЕ» появляется низкий уровень (на его входе две «1»), которым запускается первый таймер и, одновременно, переписывается (через инвертор - второй элемент «И-НЕ») единица на прямой выход D-триггера ТМ2. Единица (высокий уровень) на этом выходе будет сигналом удержания линии.

Первый таймер 555 формирует на выходе положительный импульс длительностью 2 секунды. Если за это время состояние линии не изменится, то это будет свидетельством того, что трубка просто положена на аппарат, и сигналом к разъединению линии. Как это произойдет?

Отрицательным фронтом 2 секундного импульса первого таймера 555 будет запущен формирователь короткого (0.1 секунда) импульса, выполненный на втором таймере 555. Этим импульсом по входу R («сброс») D-триггер будет возвращен в исходное состояние. На его прямом выходе установится низкий уровень, сигнал удержания линии снят, и схема удержания линии выключена.

Если за время 2 секунды состояние линии изменится (т.е. мы отпустим рычаг через 1 секунду), то на делителе R3R4 появится низкий уровень (постоянное напряжение в телефонной линии стало низким), который станет активным сигналом «сброса» для второго таймера. Второй таймер не будет запущен, не произойдет «сброса» D-триггера, не будет разъединения линии. К слову, второй делитель нам понадобился из-за того, что первый делитель приводит к логическим уровням следующие значения напряжения в линии: 60 вольт при положенной трубке и 20 вольт при снятой. В настоящий момент в линии напряжения: 30 вольт при положенной трубке, 10 вольт при снятой. Разница в два раза.

Итак, мы, в первом приближении, нашли схемные решения для выполнения части функций. Пойдем дальше.

Если время разъединения меньше 1.5 секунд, включить удержание линии
Эту задачу мы решили.

Если время разъединения больше 2 секунд, вернуться в исходное положение

И эту часть задачи мы почти решили. Для полного ее решения достаточно импульс со второго таймера подать на входы сброса всех микросхем (кроме таймеров), имеющих такой вход.

Если схема включилась на удержание линии по сигналу «Удержание линии»
Посмотрим, что у нас происходит со схемой удержания линии (рис. 47) после получения сигнала «Удержание линии» - кратковременное нажатие на рычаги телефонного аппарата (не более 1 секунды) – и подключения эквивалента телефонного аппарата.

Мы удержали линию, и на первом аппарате снята трубка.

Затем мы кладем трубку на первом телефонном аппарате. На втором делителе R3R4 появляется сигнал высокого логического уровня, что не меняет состояния схемы.

После того, как мы снимем трубку на втором телефонном аппарате, на этом делителе появится сигнал низкого логического уровня. Но это тоже пока не меняет состояния схемы, а нам бы выключить удержание линии. Используем только что полученный сигнал низкого логического уровня на делителе R3R4.

Нужно «прочитать» этот сигнал и организовать выключение схемы удержания линии. Что мы сделаем с помощью третьего таймера.

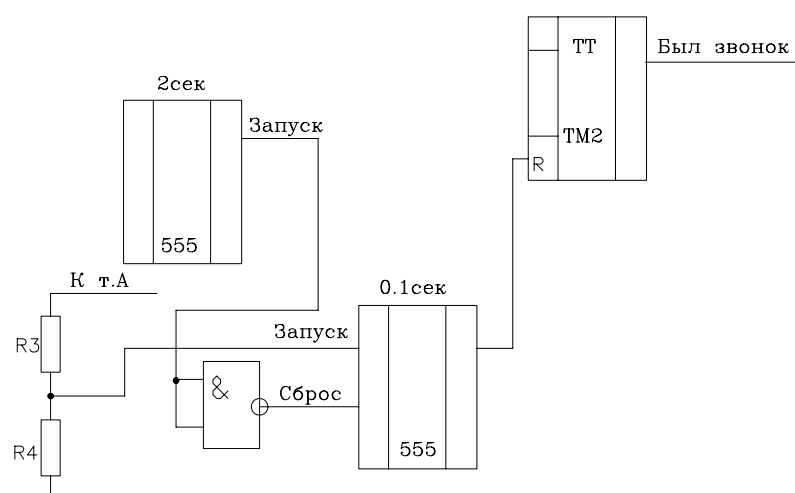


Рис. 48. Схема формирования сигнала сброса.

Для выключения схемы удержания сбросим D-триггер TM2, который фиксировал входящий звонок (рис. 45), по входу R («сброс»). Напомню, для включения транзистора удержания линии (рис. 46) необходимо два активных сигнала, один из которых - «Был звонок».

Пока таймер 2 сек не завершил переход в состояние с низким уровнем выхода, третий таймер (формирующий импульс длительностью 0.1 сек) не будет запущен, удерживаемый сигналом сброса. После перехода таймера 2 сек интервала в состояние низкого уровня на выходе разрешается запуск третьего таймера. Наконец, когда будет снята трубка со второго телефонного аппарата, сигналом на делителе R3R4 будет запущен третий таймер (0.1 сек), своим импульсом сбрасывающий D-триггер и выключающий резистор эквивалента телефонного аппарата.

Нам осталось организовать общий сброс. Для этого используем сигнал, получающийся тогда, когда будет положена трубка на втором телефонном аппарате.

Мы придумали все узлы для необходимых функций.

Теперь постараемся собрать их в единую схему, внося необходимые изменения и добавив желательные.

Каковы эти желательные изменения?

В первую очередь следует изменить способ, которым формируется сигнал считывания состояния линии. Желательно иметь «хорошие» уровни сигналов и хорошие фронты, а этого простой резистивный делитель может не обеспечить. Кроме того, очень хотелось бы использовать один резистивный делитель на все случаи, а не три.

Общая схема

Получился тайм-аут в тайм-ауте. Для сборки всего в единую схему мне пришлось на несколько дней прерваться. Причина в моем желании найти в отдельных случаях какие-нибудь более «изящные» решения. Но, увы, пришлось довольствоваться тем, что получилось, хотя у меня и сохранилось ощущение, что иные, более красивые решения есть.

Примечание:

Дело в том, что слова «красивое решение», «изящное решение» в технике чаще всего относят к интуитивно воспринимаемым наилучшим решениям из всех доступных, надежных и простых. Конечно, каждый, поскольку основу интуиции составляет личный опыт, видит по-своему. Но и личный опыт, складывается под воздействием всех тех знаний, которые человек приобретает в процессе деятельности.

В профессиональной практике выбор остается за типовыми решениями, но их тоже кто-то, когда-то нашел! В этом смысле поиск своих решений может стать не менее увлекательным занятием, чем исследование (или повторение) чужих. Не ставя целью добиться профессионализма в работе, вы оставляете распахнутой дверь в мир фантазии и творчества, принадлежащий только вам. Загляните в него.

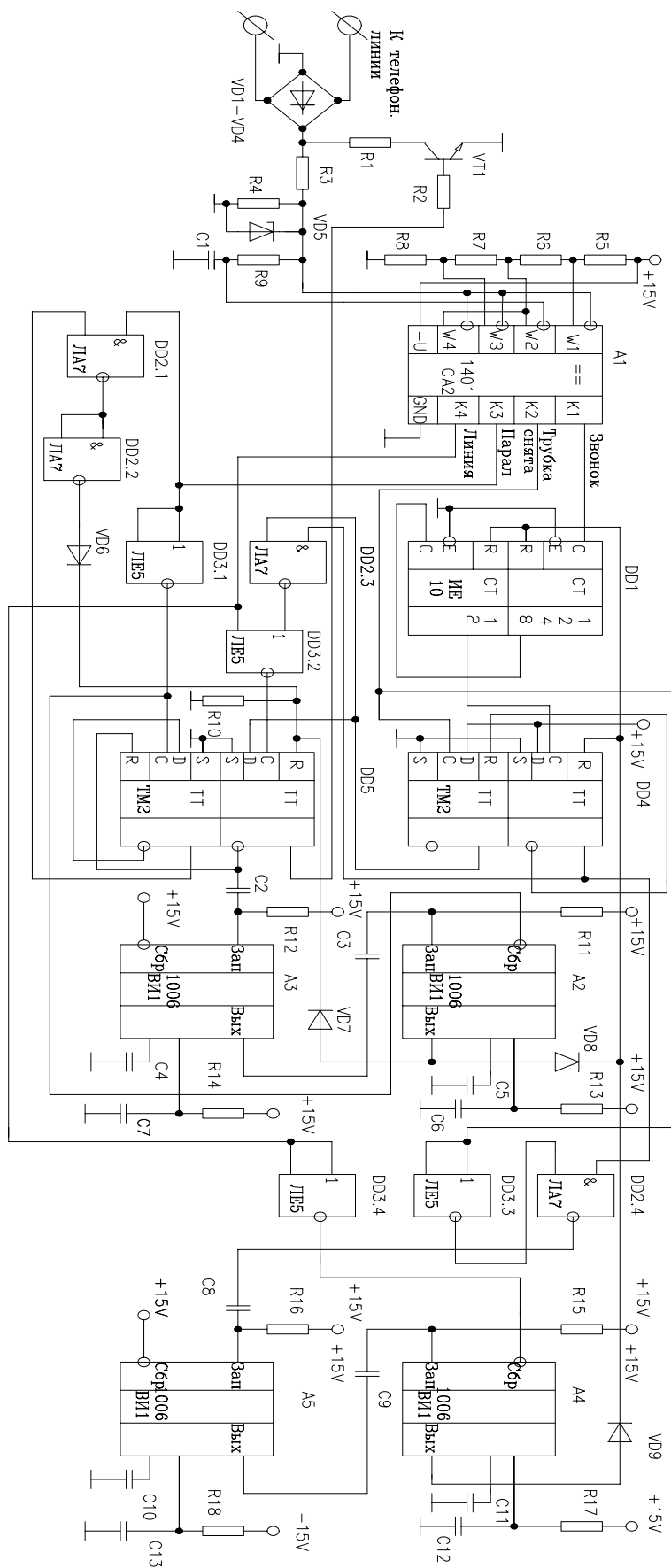


Рис. 49. Полная схема лайн-холдера.

Прежде, чем двигаться дальше, мне хотелось бы коснуться одной проблемы. Как видно на рис. 49, многочисленные соединения приводят к заполнению схемы соединительными линиями до такой степени, что она становится трудно читаемой. Что делать?

Можно использовать несколько приемов.

Разбив всю схему на функциональные узлы, можно, как это делается тогда, когда они изготавливаются в виде самостоятельных модулей, обозначить соединения (ввести цифровую маркировку или названия сигналов), но не проводить их:

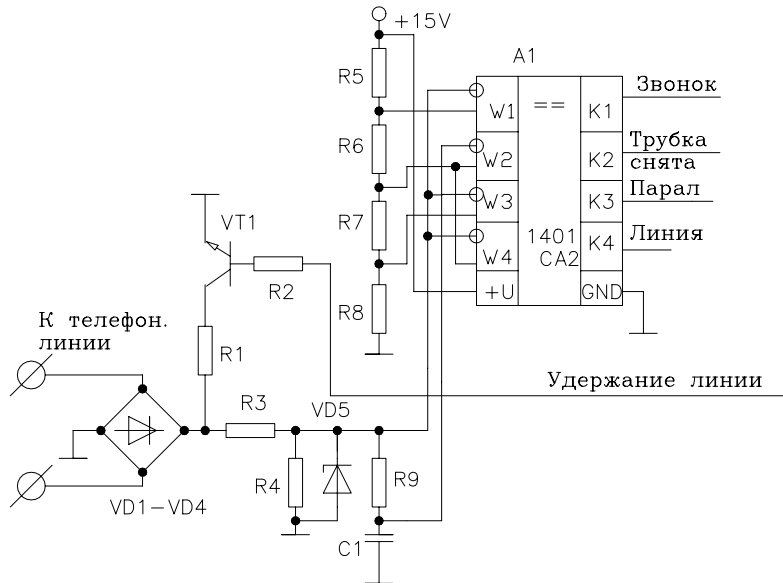


Рис. 50. Пример использования названий сигналов на схеме.

Нарисованная подобным образом, схема будет иметь меньше соединительных линий, и читаться она будет легче.

Можно поступить иначе. Можно объединить соединительные линии по некоторым направлениям, обозначить их одной более толстой линией и промаркировать все линии входов и выходов:

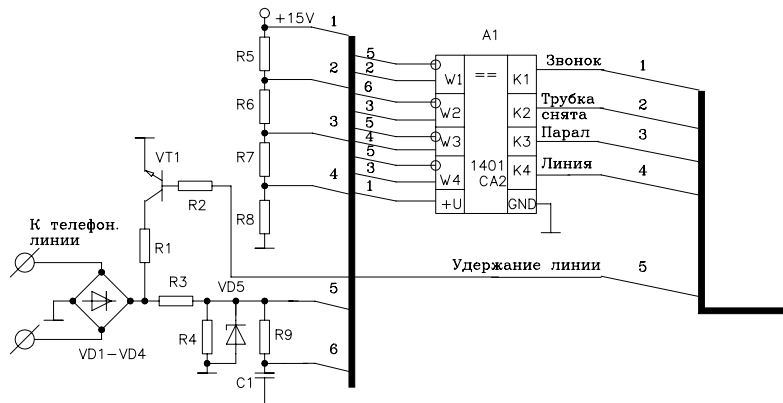


Рис. 51. Пример объединения соединительных линий на схеме.

Каждый из приемов позволяет избавиться от паутины соединительных линий, каждый имеет свои преимущества, но не лишен и недостатков, поэтому разумнее всего осмысленное сочетание всех приемов с тем, чтобы схема легко читалась.

Но вернемся к нашей схеме, оставив ее полное изображение таким, какое оно есть на рис. 49.

Какие изменения, о которых мы говорили, что они желательны, были сделаны.

Как видно из рисунка, мы оставили один резистивный делитель R3R4 и добавили компараторы W1-W4 (микросхема A1). Компараторы (аналоговые) - элементы, имеющие два входа, на один из которых подается опорное напряжение, а на другой напряжение сигнала. Задача компаратора сравнить эти напряжения. Если напряжение сигнала, к примеру, меньше опорного, то выходное напряжение компаратора имеет низкий уровень, если же напряжение сигнала больше опорного, то выходное напряжение компаратора имеет высокий уровень. Конечно, это зависит от того, на какой из входов компаратора подано опорное напряжение (прямой или инверсный, последний обозначен кружочком), а на какой напряжение сигнала (инверсный или прямой).

В качестве опорных напряжений мы использовали напряжения, образующиеся на резистивном делителе R5-R8.

Еще одно изменение - интегрирующая цепочка (или фильтр, если угодно) R9C1. Это первое место, где мне хотелось найти какое-нибудь простое и изящное решение, но пришлось довольствоваться тем, что есть.

В чем проблема?

Работа всей схемы начинается с того, что вызывное напряжение (приходящий звонок) после выпрямления мостом VD1-VD4, деления резистивным делителем R3-R4 и преобразования компаратором W1 поступает в виде импульсов с частотой 50 Гц на счетный вход двоичного счетчика-делителя DD1, а затем, с помощью верхней половины (по схеме на рис.49) триггера DD4, фиксируется как сигнал наличия звонка.

Дальнейшая инициализация схемы, подготавливающая ее к работе, происходит тогда, когда с телефонного аппарата снимают трубку. Наличие сигналов «Звонок» **И** «Трубка снята» запускает дальнейшую работу схемы.

Однако если не принять дополнительных мер, оба эти сигнала появятся при вызывном сигнале после прихода 24 импульсов. Второй триггер микросхемы DD4 переписет на прямой выход логическую «1» при первом же импульсе, сформированном из вызывного сигнала. А, когда счетчик DD1 досчитает до 24, в первом триггере микросхемы DD4 (верхний по схеме) на прямом выходе тоже установится высокий логический уровень («1»), при этом на оба входа схемы **И-НЕ** (DD2.3) поступят сигналы «1», т.е. схема будет преждевременно инициализирована.

Вот это и есть та проблема, для которой мне хотелось найти «изящное» решение.

Потратив довольно много времени, я не нашел, как хотел, «изящного» решения, и то, что есть, выглядит так: сигнал снятой трубки выделен из сигналов состояния линии тем, что снимается с фильтра R9C1, настроенного на частоту 10 Гц. Фильтром сигнал с линии с частотой 50 Гц, а именно с этой частотой изменяется выпрямленное вызывное напряжение, будет подавлен, и сигнал «Трубка снята» появится только тогда, когда в

паузе между звонками трубка действительно будет снята. Именно он предваряет дальнейшую работу схемы, а вызывное напряжение, после того как снята трубка на телефонном аппарате, будет снято телефонной станцией и больше не появится до следующего звонка.

Итак. После прихода вызывного напряжения триггер, фиксирующий приход звонка (первый триггер микросхемы DD4), перепишет на прямой выход значение «1». Произойдет это следующим образом. Счетчик на микросхеме DD1 считает импульсы, полученные от выпрямленного вызывного напряжения через делитель R3R4 и компаратор W1. Как только приходит 24 импульса, на выходе 2 второй половины микросхемы DD1 состояние изменится с «0» на «1».

Фронтом этого импульса переписывается значение сигнала с D-входа первого триггера (верхний по схеме рис. 49) микросхемы DD4, а оно равно «1», поскольку D вход подключен к положительному выводу источника питания, на прямой выход триггера.

После того, как трубка на телефонном аппарате будет поднята, на прямом выходе второго триггера (нижняя половина микросхемы DD4), фиксирующего это событие, появится «1»: сигнал с D-входа этого триггера переписывается на выход передним фронтом положительного импульса, полученного с выхода компаратора W2.

Схема **И-НЕ** (DD2.3) будет иметь «1» на обоих входах и изменит состояние выхода, установив низкий логический уровень («0»).

Сигнал состояния линии «Линия» имеет высокий логический уровень (трубка снята), поэтому на выходе схемы **ИЛИ-НЕ** (DD3.2) сохраняется уровень «0». Схема находится в состоянии ожидания дальнейших событий.

Если нам не нужно удерживать линию, то, поговорив по телефону и положив трубку, мы запустим механизм общего сброса и вернем схему в исходное положение. Как это произойдет?

Схема **И-НЕ** (DD2.4) получает сигнал фиксации звонка триггером DD4 и инвертированный схемой **ИЛИ-НЕ** (DD3.3) сигнал «Трубка снята». Если последний примет значение «0», когда трубка будет положена на телефонный аппарат, после инвертирования элементом DD3.3 на вход DD2.4 поступят две единицы, которые переведут выход схемы **И-НЕ** в состояние низкого логического уровня («0»), запуская таймер A5. К моменту же, когда формируемый им положительный импульс через 2.2 сек закончится, на входе «Сброс» таймера A4 будет высокий уровень (сигнал «Линия» имеет низкий уровень, трубка положена, инвертор DD3.4 преобразует его в уровень «1»), что разрешает формирование им положительного импульса длительностью 0.1 сек на выходе. Этим импульсом вся схема переводится в исходное положение.

Если же нам необходимо удержать линию?

Сигналом удержания линии является кратковременное, примерно 0.5 сек (но не более 1 сек), нажатие на рычаги телефонного аппарата.

Схема **И-НЕ** (DD2.4) получает сигнал фиксации звонка и инвертированный схемой **ИЛИ-НЕ** (DD3.3) сигнал «Трубка снята». Если, как и выше, он принимает значение «0», когда трубка положена на телефонный аппарат (мы нажали на рычаги), две единицы на входе переводят выход схемы **И-НЕ** (DD2.4) в состояние низкого логического уровня, что запускает таймер A5. Но к моменту, когда формируемый им положительный импульс

через 2.2 сек закончится, на входе «Сброс» таймера А4 будет уже низкий логический уровень (сигнал «Линия» теперь имеет высокий уровень, трубка снята, поскольку мы отпустили рычаги через 0.5 сек, а инвертор DD3.4 преобразовал его в уровень «0»), что запрещает формирование им положительного импульса на выходе, переводящего схему в исходное положение.

С другой стороны, при нажатии на рычаги, когда сигнал «Линия» принимает значение низкого логического уровня (трубка положена), выход схемы **ИЛИ-НЕ** DD3.2 переходит в состояние с высоким логическим уровнем (оба входа в состоянии «0»), и фронт перехода из «0» в «1» переписывает значение D-входа первого триггера микросхемы DD5, равное «1» (выход второго триггера DD4 зафиксировал, что трубка снималась, состоянием «1»), на прямой выход этого триггера (первый триггер микросхемы DD5). Высоким уровнем транзистор VT1 включается, и подключает к линии резистор R1 - эквивалент телефонного аппарата, что удерживает линию от разъединения.

Одновременно с этим инверсный выход первого триггера микросхемы DD5 переходом из состояния «1» в «0» запускает таймер А3, формирующий положительный импульс длительностью 1.2 сек. Задним фронтом этого импульса (переход из «1» в «0») может быть запущен таймер А2, если на его входе «Сброс» к этому моменту будет высокий уровень. Что, в свою очередь, зависит от состояния телефонного аппарата при включенном удержании линии - снята на нем трубка или нет. Если она снята (т.е. мы дали сигнал включения удержания, но еще не положили трубку на аппарат), то сигнал «Парал», (параллельное включение двух аппаратов, в данном случае одного аппарата и резистора эквивалента R1) имеет значение «1». На выходе инвертора DD3.1 уровень «0», и активный сигнал «Сброс» (низкий уровень) таймера А2 запрещает формирование положительного выходного импульса длительностью 0.1 сек, который сбросил бы удержание линии. Линия остается удержана.

Что дальше?

Когда после появления сигнала удержания и окончания формирования импульса таймером А3 (через 1.2 сек), таймер А2 не выключил удержания; когда закончилось формирование импульса таймером А5 (через 2.2 сек), а таймер А4 не сформировал импульс общего сброса, тогда мы можем положить трубку на первом телефонном аппарате. Для нас прошло около секунды. При этом сигнал «Парал» изменится с уровня «1» на уровень «0». Сигналом с выхода инвертора DD3.1 (уровень «0» меняется на «1») будет переписано значение «1» с D-входа второго триггера микросхемы DD5 на его прямой выход.

Теперь на одном входе схемы **И-НЕ** (DD2.1) появится уровень «1», но на втором входе будет низкий уровень (мы положили трубку, и сигнал «Парал» принял значение «0»). И только после того, как мы снимем трубку на втором телефонном аппарате, уровень этого сигнала изменится на высокий (сигнал «Парал» опять имеет значение «1»). На выходе DD2.1 появится сигнал низкого логического уровня (оба его входа имеют уровень «1»), на выходе инвертора DD2.2 формируется «1», которая сбросит по R-входу первый триггер DD5, переведя его прямой выход в состояние низкого логического уровня. Транзистор VT1 выключается, с линии снимается эквивалент телефонного аппарата R1.

Мы можем продолжить разговор с другого телефонного аппарата. Закончив разговор и положив телефонную трубку, мы запустим механизм общего сброса (таймеры А5 и А4). А поскольку теперь сигнал «Линия» в состоянии «0» (нет ни одного аппарата, подключенного к линии), на входе «Сброс» таймера А4 высокий логический уровень,

разрешающий его работу. Вот теперь произойдет общий сброс всей схемы. Она вернется в исходное состояние и будет вновь готова к работе.

Схема общего сброса предназначена решить еще одну задачу.

Положим, этой схемы нет. Звонок пришел в ваше отсутствие. Схема определения наличия звонка сработает, но никто не снял трубку и сигнал фиксации звонка (выход первого триггера DD4) останется. Если теперь вы, придя домой, соберетесь позвонить по телефону, то набор первой же цифры номера включит схему удержания. Транзистор VT1 сработает и заблокирует работу номеронабирателя эквивалентом телефонного аппарата R1. Вы не наберете номер.

При наличии общей схемы сброса, устроенной именно таким образом, как показано на рис. 49, после 2 секундного ожидания снятия трубки, если трубка не была снята, схема будет приведена в исходное состояние, а сигнал фиксации звонка сброшен.

Вот, такая получилась схема.

Я говорил о том, что схему устройства мы будем создавать по ходу написания книги. Я почти уверен, что схема работоспособна, во всяком случае, я старался достаточно тщательно ее продумывать, но полная уверенность появится только после сборки, наладки и испытания устройства с разными телефонными станциями, в различных условиях эксплуатации. Однако цель, которую я преследовал, была не в создании устройства, а в том, чтобы пройти путь от появления идеи до схемной реализации этой идеи. Этот путь мы прошли.

Еще несколько слов о работе схемы.

Вся работа схемы основана на некоторых предположениях, сделанных относительно телефонной станции, с которой будет работать устройство, и телефонных аппаратов, установленных на телефонной линии. Если телефонная станция или аппараты сильно отличаются от стандартных, то схема потребует изменений. Они могут быть незначительны, например, подбор резисторов делителей. Или значительны - переделка узлов. В той мере, в какой я уверен в работоспособности схемы, я уверен, что она сохранится с большинством телефонных станций и телефонных аппаратов.

Завершая тайм-аут, я хотел бы для тех, кто решит собрать схему, привести нумерацию выводов микросхем, которой нет на схеме (мне показалось, что это загромодит и без того путаную графику схемы), и привести значение всех элементов схемы.

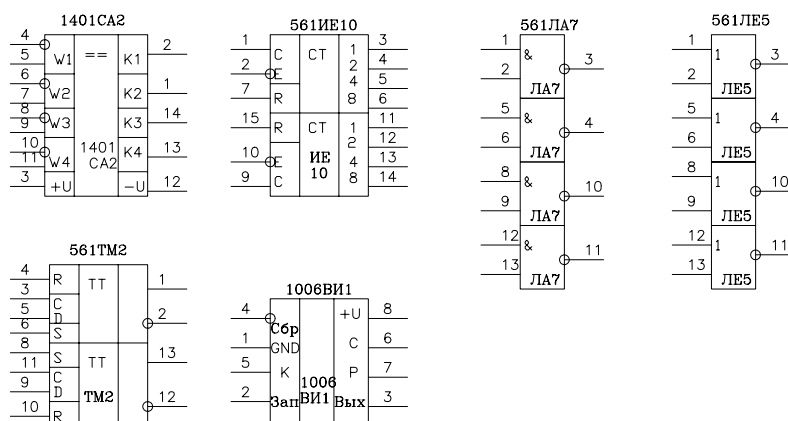


Рис. 52. Расположение выводов некоторых микросхем.

Выводы таймера, не обозначенные на схеме должны быть следующими: времязадающая цепь (например, R13C6 таймера A2) подключена к объединенным выводам 6 и 7; к выводу 5 подключен конденсатор (C5 у таймера A2).

Величина и тип других элементов:

Полупроводники - VT1 КТ940А (можно, в принципе, попробовать и транзисторы КТ503Е, особенно, если их отобрать по напряжению коллектора), VD1-VD4 КЦ407 (или аналогичные по параметрам отдельные выпрямительные диоды), VD5 КС215Ж, VD6-VD9 КД522А (Б).

R1 ОМЛТ-2 1кОм, остальные резисторы могут быть того же типа, но мощностью 0.125 Вт с номиналами R2 - 10 кОм, R3 - 1 МОм, R4 - 250 кОм, R5 - 2 кОм, R6 - 8 кОм, R7 - 1.5 кОм, R8 - 3.5 кОм, R9 - 200 кОм, R10 - 20 кОм, R11, R12, R15, R16 - 27 кОм, R13, R14, R17, R18 - 1 МОм.

Все конденсаторы типа КМ-3 или аналогичные:

C1 - 0.1 мкФ, C2, C3, C8, C9 - 1 мкФ, C4, C5, C10, C11, C6, C12 - 0.1 мкФ, C7 - 1.2 мкФ (из двух конденсаторов), C13 - 2.2 мкФ.

Заметки на полях:

1. Схему устройства полезно было бы дополнить еще одним узлом. Его задачей было бы создание на линии короткого звукового сигнала, когда к линии подключается эквивалент телефонного аппарата, т.е. линия берется на удержание. В первую очередь это давало бы уверенность, что все правильно, линия не будет разъединена, а, кроме того, могло бы быть полезным при сбоях, которые могут возникнуть из-за плохой работы линии или телефонной станции.

2. Вместо микросхемы таймера КР1006ВИ1 можно применить аналогичную схему К564АГ1, которая имеет даже некоторые преимущества, поскольку может запускаться фронтом или спадом положительного импульса и не потребует конденсатора и резистора в цепи запуска. Я предпочел сделать так, как сделал, но настаиваю на этом решении.

3. Есть один особенный случай - спаренные телефоны. Работа линии в этом случае имеет особенности, которые, по-моему, не должны сказаться на работе устройства, но, возможно, потребуется наладка схемы, связанная с обеспечением устойчивой работы компаратора W1.

4. Устройство необходимо снабдить инструкцией, основными моментами которой будут - для включения удержания линии необходимо кратковременное, не больше секунды, нажатие на рычаги (при этом клавиша FLASH, которую имеют сегодня многие аппараты, будет выполнять функцию включения удержания линии, тогда как раньше ею пользовались для разъединения линии, что надо отметить в инструкции); после кратковременного нажатия на рычаги трубку следует класть на аппарат с небольшой паузой в секунду; снимать трубку при звонке лучше в паузу между звонками (это полезно и для самого аппарата). Подобную инструкцию следует написать даже в том случае, если пользоваться устройством собираетесь только вы, поскольку по прошествии некоторого времени вы сами забудете эти особенности, а вызванные их не соблюдением сбои устройства произойдут в самый неподходящий момент, когда вам некогда будет разбираться с работой схемы.

5. Хорошо бы построить схему на базе микроконтроллера, кроме которого добавились бы, вероятно, резистивный датчик, компаратор, транзистор и пара резисторов.

Место для заметок при первом чтении.

Вступление к седьмому проекту

- Зачем мне специалисту по банковским операциям вся эта электроника? Я вообще не люблю и не понимаю технику.

Хороший вопрос мне задал приятель. Смогу ли я так же хорошо на него ответить? Начнем с конца: «... не понимаю технику».

Равнодушие или нелюбовь к чему-либо, зачастую, продуманы отсутствием понимания. Если когда-либо вы предприняли неудачную попытку понять что-то, то позже предмет будет вызывать антипатию. Никто не любит свои неудачи. Но, может быть, вы не справедливы к себе. Причина неудачи не в вас, а в том, что попытка была преждевременной, или средства были плохи. Можете ли вы с уверенностью сказать, что не любите технику, если, каким-то волшебным образом, вы вдруг станете понимать ее?

Зачем кому-то, имеющему хорошие познания в своей области деятельности, знания далекие, на первый взгляд, от этой области?

Зачастую мы очень переоцениваем расстояния между разными областями деятельности. Как раз, для лучшей оценки этого расстояния, нелишне было бы ознакомиться с этой другой областью.

«Я вообще не люблю...». Если быть точным, то следовало бы сказать: «Я вообще не любил...». Дело в том, что мы меняемся. То, что было вчера, может не быть сегодня. Сегодня следует проверить, так ли то, что было вчера.

И, наконец, последнее возражение.

В данном случае электроника не цель, она лишь средство, а цель - некое занятие, которое, как занятие, может приносить удовлетворение, столь необходимое каждому для осуществления своей основной деятельности. У электроники есть определенные преимущества. Она весьма «компактна» - хорошая лаборатория может занимать мало места, хотя это и не для каждого существенно. Она использует понятия и методы, зачастую применяемые и в других областях деятельности, что позволяет лучше понять и те, другие, области, занимаясь электроникой. Она, как я уже говорил выше, все больше вторгается в наш быт, в нашу работу. Не следует ли поближе с ней познакомиться?

Но вернемся к запланированной работе.

Проект седьмой «Автоматика электронная и нет»

Цель проекта - ознакомиться с построением и работой автоматических устройств и средствами автоматики на примере конкретных электронных устройств.

Автоматика позволяет организовать регистрацию событий, или регулирование каких-либо процессов, или управление какими-то объектами. Она призвана заменить человека в однообразной работе, выполнить ее в среде, условиях опасных для человеческой жизни. При этом если не вдаваться в подробности, не требовать строгого изложения, самые необходимые элементы автоматического устройства можно описать так:

- нечто, что может позволить следить за состоянием объекта;

- нечто, что определяет задаваемое или необходимое состояние объекта;
- и, наконец, два устройства, одно из которых сравнивает задаваемое состояние объекта с его текущим состоянием;
- и второе, способное изменять состояние объекта.

Устройства, которые следят за текущим состоянием объекта, называются *датчиками*, задающие его требуемое состояние - *здатчиками*, а сравнивающие эти два состояния так и называются - *устройства сравнения*. На состояние объекта воздействуют *исполняющие устройства*.

В зависимости от характера автоматического устройства (или системы автоматики) его датчики, задатчики и устройства сравнения могут иметь разную природу. Нас будут интересовать электронные устройства.

Многочисленные объекты автоматики требуют не менее многочисленного семейства датчиков, а управление объектами - семейства исполняющих устройств.

Рассмотрим вначале на примере устройства предыдущей темы (рис. 49) работу датчика, задатчика, устройства сравнения и исполняющего устройства.

Что в нашем случае выступает в качестве объекта управления? Видимо, телефонная станция, которая тоже является автоматическим устройством (АТС – автоматическая телефонная станция). Удерживая линию от разъединения, когда трубка на телефонном аппарате положена, мы, в сущности, вмешиваемся в управление работой телефонной станции, поскольку это ее функция - отслеживать состояние телефонного аппарата.

Немного о том, как это происходит. Когда мы снимаем трубку телефонного аппарата, в линии, соединяющей наш аппарат с телефонной станцией, протекает ток. Под действием этого тока у электромеханических телефонных станций включается реле. Станция получает сигнал о том, что трубка на телефонном аппарате снята, абонент требует соответствующего обслуживания. Если трубка снята после звонка, то обслуживание состоит в соединении со звонящим абонентом. Если звонка не было, то станция готовится к приему набора номера, которым мы будем запрашивать соединение с другим абонентом. Трубка на телефонном аппарате поднята, питающее напряжение, подводимое станцией к нашему телефонному аппарату, перераспределяется между аппаратом и реле. Напряжение на телефонном аппарате становится меньше.

Когда мы кладем трубку на телефонный аппарат, постоянный ток не протекает через аппарат, а, соответственно, и в линии. Реле выключается, напряжение в линии возрастает. Отключение реле воспринимается телефонной станцией как сигнал к разъединению соединения, к освобождению линии.

Таким образом, в качестве свойства объекта, за которым мы можем следить, выступает напряжение в абонентской линии. Изменение этого напряжения сообщает нам о состоянии станции, и мы можем, отслеживая это изменение, прогнозировать будущее состояние станции. Для слежения за напряжением в линии мы использовали резистивный делитель R3R4. И хотя теперь у нас в линии при положенной трубке протекает постоянный ток, величина резистора R3 выбрана такой, что абонентское реле на станции не «видит» этого тока.

Мы могли бы выбрать другие датчики для отслеживания состояния объекта. Перечислим, что нас интересовало:

- звонок в абонентской линии
- состояние линии, когда трубка на аппарате снята
- состояние линии, когда трубка положена на аппарат.

Для определения наличия звонка в линии можно было бы, например, подключить к линии реле переменного тока через конденсатор, как это сделано в обычном звонке телефонного аппарата. Вызывной сигнал заставит реле сработать, а его контакты сообщат нам о наличии звонка.

Для определения состояния телефонного аппарата (снята трубка или нет) мы могли бы установить дополнительные контакты, а у некоторых аппаратов они уже есть, в телефонные аппараты. Состояние контактов определяло бы состояние аппаратов.

Датчики могли бы быть другими, но, какими бы они ни были, они нужны. Я предпочел резистивный делитель, следящий за состоянием абонентской линии.

На датчике состояния линии появляются разные напряжения. Пульсирующее напряжение при вызывном сигнале и наборе номера с телефонного аппарата (они будут отличаться величиной и характером), постоянное напряжение, когда трубка с аппарата снята, и когда трубка снята с двух аппаратов (они будут отличаться величиной) и постоянное напряжение при положенных трубках на всех аппаратах.

Поскольку для управления используются разные условия, устройство сравнения состоит из четырех компараторов (компараторы W1-W4 микросхемы A1), а задатчик, резистивный делитель R5-R8, имеет несколько задаваемых величин. Каждый из компараторов отслеживает свою величину напряжения в линии, изменяя состояние при появлении соответствующего напряжения.

Логическое устройство, определяя последовательность изменения состояния компараторов, может подать сигнал включения на исполняющее устройство - транзистор VT1, который включает эквивалент телефонного аппарата по постоянному току R1, или не включать его.

Итак. Датчик отслеживает состояние объекта, задатчик определяет нужное состояние, устройство сравнения сравнивает оба состояния, а исполняющее устройство переводит объект в требуемое состояние.

Яснее эта структура видна у другого устройства - стабилизатора напряжения. Напряжение на выходе стабилизатора автоматически поддерживается на заданном уровне при изменении входного напряжения и изменении нагрузки. Такие схемы автоматического регулирования называются непрерывными. Схема представлена в той мере, в какой это необходимо для понимания существа регулирования:

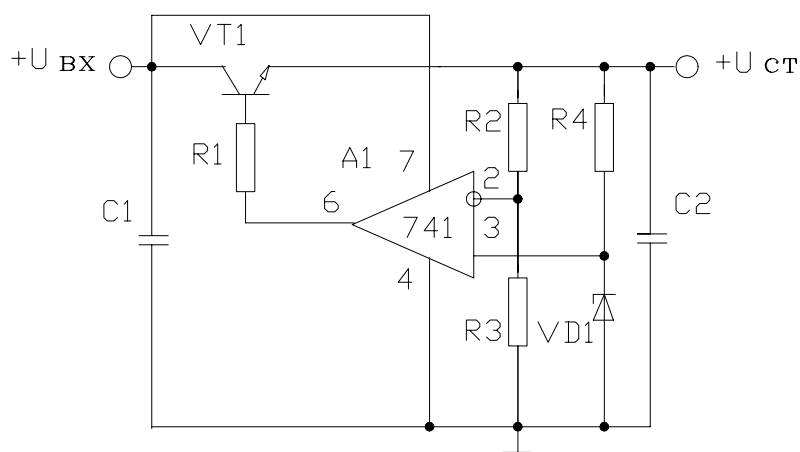


Рис. 53. Схема стабилизатора напряжения.

Входное напряжение $U_{вх}$, которое больше стабилизированного выходного напряжения $U_{ст}$, распределяется между напряжением на транзисторе VT1 и выходным $U_{ст}$. Т.е. $U_{вх} = U_{кэVT1} + U_{ст}$. Поскольку напряжение $U_{ст}$ мы хотим поддерживать постоянным ($U_{ст} = \text{const}$), постольку изменению подлежит падение напряжения на транзисторе VT1 ($U_{кэVT1}$), при этом транзистор оказывается *регулирующим устройством*. Изменяя ток базы транзистора, мы можем управлять падением напряжения на транзисторе.

Объектом регулирования в данном случае является напряжение, *датчиком* служит резистивный делитель R2R3. Падение напряжения на резисторе R3 мы подаем на один вход *устройства сравнения* (инверсный вход операционного усилителя A1), на второй (прямой вход операционного усилителя A1) подаем опорное напряжение со стабилитрона VD1, который служит *задатчиком*. Таким образом, устройство сравнения сравнивает стабильное опорное напряжение на VD1 с напряжением, которое мы хотим поддерживать постоянным. Если это напряжение под действием, положим, увеличившегося входного напряжения увеличится, то на инверсном входе устройства сравнения возрастет напряжение относительно общего провода. Это приведет к уменьшению напряжения на выходе устройства сравнения (станет меньше напряжение между выходом усилителя A1 и общим проводом), что уменьшит базовый ток транзистора VT1 и увеличит падение напряжения на транзисторе ровно настолько, чтобы вернуть выходное напряжение к величине $U_{ст}$.

Аналогично, при уменьшении сопротивления нагрузки (увеличении тока на выходе) за счет увеличения падения напряжения на транзисторе напряжение на выходе стабилизатора уменьшится, что уменьшит напряжение на инверсном входе A1, т.е. увеличит напряжение на выходе A1 относительно общего провода и увеличит базовый ток транзистора. Увеличение базового тока транзистора приведет к его большему открыванию (уменьшению падения напряжения на транзисторе) и увеличению напряжения на выходе стабилизатора до величины $U_{ст}$.

В данном случае мы вновь видим знакомую структуру - датчик, задатчик, устройство сравнения, исполняющее (или регулирующее) устройство.

Чтобы закончить разговор о стабилизаторе напряжения можно сказать, что стабилизатор такого типа называется компенсационным (мы компенсируем изменение

напряжения на выходе). Рассмотрим два крайних случая регулирования. В первом случае на выходе усилителя А1 максимальное напряжение относительно общего провода. Резистор R1 через выход А1 полностью подключен к напряжению $U_{вх}$. Величина резистора выбирается такой, чтобы базовый ток при этом полностью открывал транзистор (коллекторный ток которого равен произведению тока базы на коэффициент усиления транзистора), при этом падение напряжения на транзисторе очень мало, а на выходе стабилизатора почти все входное напряжение $U_{вх}$.

Во втором случае на выходе усилителя А1 минимальное напряжение относительно общего провода. Резистор R1 через выход А1 почти полностью подключен к общему проводу, ток базы транзистора минимален, транзистор полностью закрыт, на нем падает все входное напряжение $U_{вх}$, на выходе стабилизатора напряжение равно нулю.

Между этими двумя крайними случаями, в сущности, и происходит регулирование.

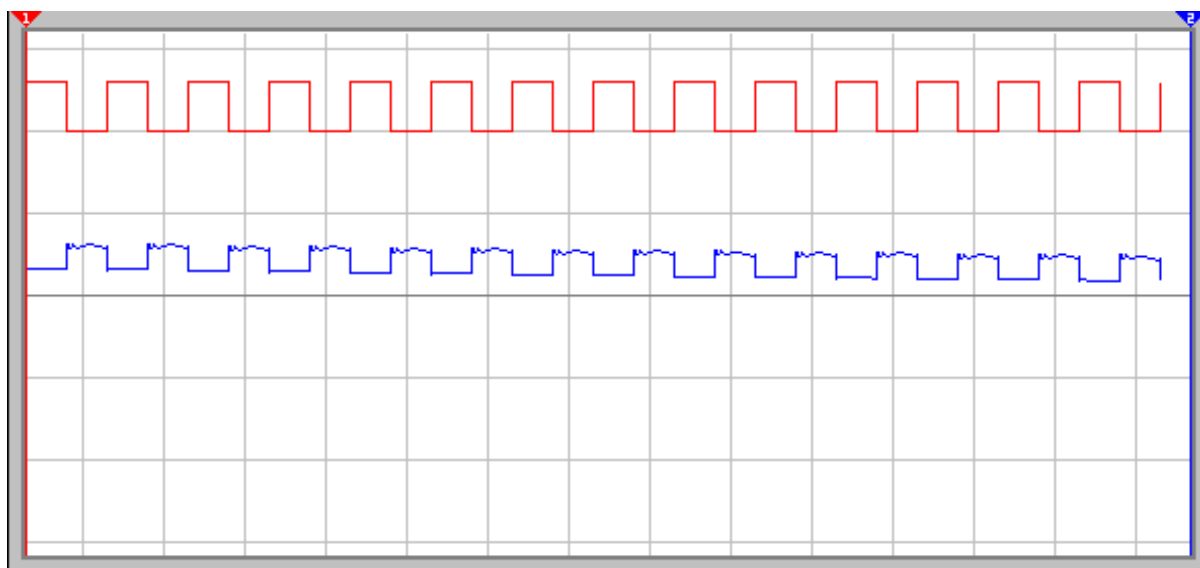


Рис. 54. Осциллограмма реакции стабилизатора напряжения на изменение напряжения.

На рис. 54 показана реакция устройства сравнения на скачкообразное изменение входного напряжения. С помощью реле, переключающегося с частотой 1 Гц, к входному напряжению добавляется дополнительное постоянное напряжение, как это видно на осциллограмме (верхняя кривая). Ниже показана вторая кривая, полученная на выходе устройства сравнения. Как и ожидалось, устройство сравнения (в данном случае правильнее было бы называть его устройством регулирования) стремится привести регулируемую величину к заданному виду. Здесь вновь, как и в проекте, где говорилось о нелинейных искажениях, уместно вспомнить об обратной связи. В устройствах автоматики отрицательная обратная связь играет не меньшую роль, чем в технике усиления. А в том, что в данном случае обратная связь отрицательная, можно убедиться, рассматривая реакцию устройства регулирования на изменение выходной величины - при ее изменении устройство регулирования воздействует на управляющий элемент таким образом, чтобы привести выходную величину к прежнему, заданному виду.

Прочитать интересующий нас параметр объекта регулирования, сравнить его с заданным значением, выполнить целевое действие (включить источник воздействия на объект). Так, в самом простом виде, можно рассказать о работе автоматических устройств.

Своим появлением автоматы обязаны механике, существуя вместе с ней с незапамятных времен. Было бы справедливо рассказать и о механических автоматах, но это потребовало бы рассказа о механике, что, при всей ее значимости и привлекательности, уведет нас далеко в сторону от основной темы.

Прежде, чем дальше продолжить разговор о средствах автоматизации, следует сказать, что в электронике все сигналы, как правило, это напряжения (постоянные, переменные, импульсные) или токи, поэтому сигналы от датчиков, соответственно, преобразуются в электрическое напряжение или ток. Вообще, электронные автоматические системы, наверное, наиболее удобное воплощение автоматизации, а воздействие на не электрические объекты осуществляется с помощью разного рода электронных и электромеханических исполняющих устройств.

Вернемся ненадолго к вступлению. Я не помню точно, кем работал мой знакомый в банке. Предположим, он работал начальником одного из отделов. Я уверен, что отдел имел план работы, в котором задавались показатели отдела. Я уверен, что отдел имел сотрудника, составлявшего ежедневные отчеты по этим показателям. Я уверен, что моему знакомому приходилось ежедневно сравнивать показатели отчетов с плановыми, задумываясь, какие меры следует принять для достижения плановых показателей.

Та же структура – датчик, задатчик, устройство сравнения, исполняющее устройство.

Итак, датчики.

Как говорилось выше, множество объектов управления, регулирования и регистрации, объектов совершенно разной природы, порождает целое семейство датчиков, основная задача которых «прочитать» состояние объекта и перевести его (преобразовать информацию об этом состоянии) в вид удобный для сравнения устройством сравнения. Каждый из датчиков фиксирует какой-то параметр объекта: механическое перемещение, скорость, температуру, давление, влажность, уровень, наличие заряда, электрического или магнитного поля, деформации и т.д., и т.д., и т.п.

Рассмотрим некоторые датчики, которые могут быть интересны для проведения собственных экспериментов.

Фотодатчики, изменяющие свое состояние при изменении освещенности: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры.

Пользуясь пультом дистанционного управления телевизором или видеомагнитофоном, вы, скорее всего, воздействуете на фотодиод или фототранзистор, расположенные под их декоративной панелью. Проходя через автоматически открывающиеся двери некоторых магазинов, вы, вероятно, пересекаете инфракрасный луч, направленный на фотодиод или фототранзистор. Если вы захотите сделать в своей квартире охранное устройство, то можно воспользоваться фотодатчиком, расположенным во входном тамбуре. Как бы ни была плохо освещена лестничная площадка, во входном тамбуре темнее. Незваные гости, открывая входную дверь, освещают датчик, заставив его отреагировать на вторжение. Вы можете встроить фоторезистор в электронные часы с большим светящимся цифровым табло (если он там уже не стоит), заставив табло менять яркость свечения в зависимости от освещенности комнаты. Вы можете встроить фоторезистор или фототранзистор в выключатель настольной лампы, которая будет

включаться, когда в комнате становится темно. Конечно, общий выключатель лампы лучше оставить, иначе лампа будет включаться и в ваше отсутствие.

Фоторезистор изменяет величину своего сопротивления под действием света. Для использования его в качестве датчика последовательно с ним включают обычный резистор, подключают их к источнику стабильного напряжения, и тогда падение напряжения на фоторезисторе будет изменяться в соответствии с освещением, что, в свою очередь, можно «прочитать» с помощью устройства регулирования.

Фотодиоды, в отличие от фоторезисторов, могут работать как в режиме фоторезистора, меняя свое сопротивление при изменении освещенности, при этом фотодиод, как и фоторезистор, подключается через обычный резистор к источнику постоянного напряжения (обратного смещения), так и в режиме генерации. В режиме генерации, поскольку ЭДС фотодиода очень мала, его лучше включать совместно с операционным усилителем:

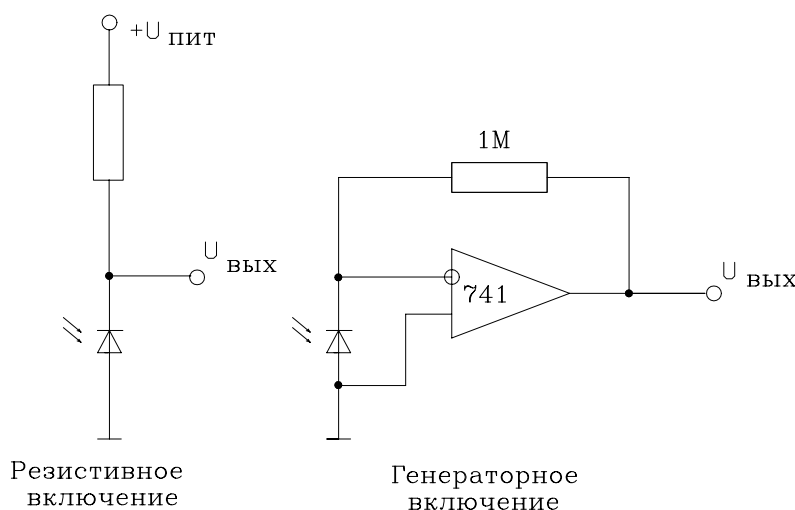


Рис. 55. Схемы включения фотодиодов.

Индуктивные датчики - датчики, изменяющие индуктивность или взаимоиндуктивность при перемещении или давлении. Различают индуктивные датчики с подвижным якорем, подвижным сердечником, - измерение перемещений, десятые и сотые доли миллиметра первый и миллиметры второй, - датчики с поворотной катушкой для измерения угловых перемещений и датчики магнитоупругого типа, измеряющие давление.

Все индуктивные датчики работают только на переменном токе как промышленной частоты 50 Гц, так и более высоких частот.

Емкостные датчики - датчики, изменяющие емкость при перемещениях и поворотах. В первых датчиках используется изменение расстояния между пластинами, во вторых - изменение площади пластин. Есть емкостные датчики, изменяющие емкость при изменении диэлектрика между пластинами (как правило, жидкости, для измерения уровня которой они и применяются).

Как и индуктивные, емкостные датчики работают только на переменном токе, но на более высоких частотах, частотах, чем индуктивные.

Резистивные датчики - датчики, изменяющие свое сопротивление при перемещениях. Их применяют для считывания угловых перемещений, линейных перемещений, давления. Это потенциометрические, реостатные, угольные датчики.

В качестве простейшего случая резистивного датчика можно рассматривать контактный датчик, простота и достаточно высокая надежность которого оставляют актуальным его использование и по сей день.

Еще одной разновидностью резистивных датчиков являются тензодатчики, используемые для измерения деформаций. С их помощью исследуют динамические процессы, происходящие в движущихся механизмах. Тензодатчики выполняют в виде проволочных, изготавливаемых из проводов с малой зависимостью сопротивления от температуры, и плоских ленточных конструкций, наклеиваемых на контролируемую поверхность. Есть полупроводниковая разновидность тензодатчиков, которую отличает высокая чувствительность.

Пьезоэлектрические датчики относятся к датчикам генераторного типа. При механических воздействиях на рабочий элемент датчика (чаще всего из кварца), изгибах и давлении, на его электродах появляется заряд. Считывание наличия заряда, который может достаточно быстро стекать за счет сопротивления утечки изоляции, производят с помощью специальных электронных ламп (или полевых транзисторов).

Как правило, эти датчики применяют для регистрации быстро протекающих процессов.

Термодатчики - датчики, изменяющие свое сопротивление под действием температуры. К ним относятся терморезисторы и генерирующие ЭДС термопары.

И те, и другие служат в качестве датчиков температуры. Терморезисторы включают часто по схеме аналогичной резистивному включению фотодатчиков, а термопары - аналогично включению фотодатчиков в генераторном режиме.

Как терморезисторов, так и термопар существует великое множество, и в каждом конкретном случае есть возможность выбрать подходящий элемент.

Порою бывает удобно объединить термодатчик с исполняющим элементом, и тогда получается термореле. Об одном таком термореле мы говорили в проекте «Елочная гирлянда». Есть разновидность термореле, где рабочим телом служит газ, расширяющийся под действием температуры и действующий на гибкую диафрагму, перемещение которой вызывает переключение контактов. Регулируя начальное положение диафрагмы, относительно коромысла контактов, можно настроить термореле на срабатывание при разных температурах. Столь остроумная, простая и компактная конструкция, не требующая автономного питания, достаточно часто применяется для регулирования температуры, при этом контакты термореле включают электронагреватель, а по достижении нужной температуры, отключают его.

Из исполняющих устройств автоматики стоит упомянуть электромагнитные реле постоянного тока. Это тоже достаточно надежные и весьма простые устройства, не потерявшие актуальности до наших дней, хотя их все больше и больше теснят полупроводниковые устройства.

Электромагнитные реле существуют во многих модификациях, на разные рабочие напряжения, с контактами, рассчитанными на разные напряжения и токи.

Если вам не требуется слишком большое количество срабатываний, высокое быстродействие, то подумайте о применении электромагнитного реле - во многих случаях получается простая и надежная конструкция.

Электродвигатели, электромагнитные реле переменного тока, магнитные реле едва ли станут необходимы в вашей работе, но, если понадобятся, вы легко найдете материалы по этим широко применяемым элементам автоматики.

Автоматика, подобная высокому дереву с развесистой кроной, где каждая веточка образует свое направление, предмет столь обширный и емкий, что можно написать тысячи книг, не исчерпав предмета полностью. Поскольку все, что может понадобиться для дальнейшей работы, мы рассмотрели, можно было бы перейти к следующему проекту. Однако прежде чем это сделать, хотелось бы добавить еще несколько слов.

В системах управления в роли объектов могут выступать не только технические процессы, но и биологические, и социальные. В сущности, мы управляем постоянно: мы пытаемся управлять собой, своим настроением, мы хотим справиться (управлять) с ситуацией, или управляем автомобилем, размышляя при этом о делах, которыми, кстати, мы тоже принуждены управлять. На мой взгляд, занимаясь электроникой, начинаешь яснее понимать все нюансы управления, иначе смотришь на многое в обыденной жизни. Это еще один резон для выбора, чем занять свободное время - конечно, тем, что помогает занятому, а не мешает ему.

Место для заметок при первом чтении.

Место для заметок при втором чтении.

Вступление к восьмому проекту

Очевидно, что наиболее широкое поле для экспериментальной деятельности простирается в области создания разного рода автоматических устройств. Везде, где можно перепоручить автомату рутинную работу, где можно избавить человека от напряженного, но не творческого труда, будь это нечто сложное или совсем простое, везде есть место для исследования и разработки какого-либо автоматического устройства.

В следующем проекте мне хотелось бы показать именно эту особенность автоматизации. А попутно пояснить, как можно найти те идеи, которые впоследствии воплощаются в реальные устройства. Переход же от идеи к схеме мы разобрали в главе «Тайм-аут».

Кроме того, мы собирались, подобно Гекельберри Финну, собрать все, о чем мы говорили, вместе, хорошенько перемешать, и поварить. Чем и займемся.

Представьте себе, что вы владеете небольшим магазином. Дело хорошо поставлено, умно организовано, есть все необходимое для успешного его развития. Что может, и может ли вообще, автоматика что-либо к этому добавить?

Возможно, та ситуация и те конкретные устройства, о которых я намерен говорить, с точки зрения реального владельца магазина лишены всякого смысла, но... если не нужны эти устройства, то от применения автоматизации все равно никуда не деться, и, может быть, именно этот реальный владелец магазина подумает о других устройствах, которые станут яркой иллюстрацией преимуществ внедрения автоматизации.

Но вернемся к воображаемому магазину, небольшому и хорошо организованному.

По своему опыту покупателя, а мы все покупатели, мы знаем, что при прочих равных условиях мы охотнее пойдем в тот магазин, где продавцы и кассиры спокойны, доброжелательны, внимательны и - есть хорошее слово, которое приобрело, пожалуй, несколько негативный оттенок - «услужливы». Нас привлекает магазин, где можно быстро и без томительного ожидания в очереди купить все необходимое. Попробуем найти в организации дела места, с возможными, с точки зрения здравого смысла, проблемами, решаемыми с помощью автоматизации.

Проект восьмой «По рецепту Гекельберри Финна»

Цель проекта - создание автоматического устройства с использованием устройств, которые были предметом наших предыдущих исследований. Разобьем проект на несколько этапов.

Первый этап. Постановка задачи. Отыскание возможных проблемных мест. Создание словесного «портрета» модели.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш, папка с надписью «Восьмой проект «По рецепту Гекельберри Финна».
2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором.

Второй этап. Выбор устройств.

Необходимые средства:

1. Минимальные средства - бумага, карандаш.
2. Максимальные - компьютер с текстовым процессором.

Третий этап. Создание электронных схем, реализующих выбранные устройства. Необходимые средства: они будут зависеть от выбранных решений.

Приступим к **первому этапу** работы.

Поразмышляем:

Для определенности положим, что магазин предлагает фасованные товары, расположенные на полках со свободным доступом. Трасса возможного передвижения покупателей продумана таким образом, что ближе к началу движения расположены товары, имеющие жесткую упаковку, или прочные товары, которые будут уложены на дно корзины, а более хрупкие товары будут уложены позже, сверху. При подходе к кассам расположены полки с мелким сопутствующим товаром, о котором мы вспоминаем в последнюю очередь. В задачу продавцов входит добавление товаров, по необходимости, на полки, помощь покупателям в выборе товаров, консультация по их использованию.

Кассовые аппараты расположены единой группой, но так, что в кассовый зал можно пройти, отходя от любой из полок с товарами. Кассовые аппараты снабжены либо транспортерами, либо полками, предназначенными для того, чтобы товар можно было легко выложить из корзины для учета его кассиром, а затем без спешки уложить вновь в корзину, не мешая продвижению очереди после расчета с кассиром за покупки. Все продумано, все устроено.

Какие проблемы могут возникнуть?

Первая проблема. Товар убывает с полок. За его восполнением должны следить продавцы, что отвлекает их от непосредственного обслуживания клиентов. Продавцы, окидывая полки взглядом, могут переоценить дефицит товара и уставить полку сверх меры, или недооценить, оставив полку без нужного, в данный момент, товара.

Проблема вторая. Из-за неравномерного прихода покупателей в магазин может создаться положение, когда одним покупателем будет заниматься несколько продавцов, и покупатель, обращаясь за справкой, устраивает общую дискуссию. Это не оправданно занимает продавцов, мешает другим покупателям, и, в сущности, может помешать продаже товара. Общая дискуссия может стать самоцелью, привести к конфликтным интересам участников дискуссии, и настроить покупателя против товара, хотя все продавцы пытались наиболее полно продемонстрировать достоинства товара.

Проблема третья. Из-за неравномерного прихода покупателей в магазин, из-за неравномерного их подхода к кассам, после выбора товара, очередь возле кассы подвержена приливам и отливам. В какие-то моменты она становится слишком большой. В этом случае нагрузка на кассира возрастает, он стремится быстрее выполнять работу, что чревато ошибками, о которых он и сам подозревает. Все вместе взятое нервирует кассира, превращая его из доброжелательно настроенного к клиенту человека в легко воспламеняемую смесь раздражения и усталости.

Проблема четвертая. Из-за неравного подхода покупателей к кассам кассиры простаивают в моменты затишья, скучают, разговаривают. При этом они не могут

отдохнуть, но и заняться им нечем. Подобное состояние чревато тем, что к началу работы, когда возникает наплыв покупателей, кассир не готов к работе. Работа у него не ладится, вызывая раздражение, которое быстро переносится на клиентов.

Проблема пятая - ...

Проблема шестая - ...

Остановимся на первых четырех, скажем честно, по сегодняшнему времени довольно надуманных проблемах.

Что бы сделать для улучшения ситуации?

1. Хотелось бы, чтобы продавцов и кассиров в торговом зале было ровно столько, сколько нужно для качественного обслуживания покупателей.

2. Хотелось бы, чтобы продавцы и кассиры, не занятые в настоящее время в зале, отдыхали в отведенной для отдыха комнате (или в отгороженной ширмой от зала части общего помещения), готовые по сигналу «вызова в зал» начать работу.

3. Хотелось бы, чтобы оценка количества товара на полках базировалась не на субъективной точке зрения продавца, бросающего беглый взгляд на полки, а на фактическом количестве.

Первые две проблемы, на мой взгляд, могло бы решить устройство, которое поддерживало бы соотношения - количество покупателей в товарном зале и количество продавцов, количество кассиров в зале и длина очереди - на заданном оптимальном уровне. При необходимости оно подаст сигнал вызова в комнату отдыха.

Решение же проблемы загрузки полок товаром возьмет на себя устройство, реагирующее на уменьшение веса товара на полках ниже некоторого критического уровня.

После автоматизации:

- В торговом зале находится столько продавцов, сколько нужно для обслуживания данного количества покупателей. Лишние продавцы находятся в месте отдыха. Если в торговом зале появляются «избыточные» покупатели, в помещении для отдыха на информационном табло появляется запрос (информирующий сигнал) на дополнительное количество продавцов.*

- За кассами находится такое количество кассиров, чтобы очередь в кассу не превышала заданного количества покупателей, если очередь уменьшается, то один из кассиров уходит в помещение для отдыха. Если же очередь в кассы становится чрезмерно большой, то в комнате отдыха на информационном табло появляется запрос на работу еще одной кассы.*

- При уменьшении товара на полках ниже установленного количества, на информационном табло в комнате отдыха появляется запрос на пополнение товара на соответствующей полке.*

В том виде, в котором ситуация описана выше, она очень похожа на типичную задачу автоматического регулирования. Если параметры объекта регулирования выходят за установленные пределы, устройство автоматического регулирования включает механизм возврата параметров объекта регулирования к установленным значениям.

О чем еще следует подумать?

Здравый смысл подсказывает, что для решения задачи «покупателей» надо каким-то образом подсчитывать количество покупателей, входящих в магазин, и подсчитывать количество покупателей, подходящих к кассам и отходящих от касс.

Как датчик может фиксировать количество покупателей?

Покупатель имеет некие «параметры»: вес, рост, температуру, движение. Каждый из этих параметров может оказывать действие на датчики, воспринимающие эти параметры. Есть датчики чувствительные к весу, есть чувствительные к температуре, есть датчики, воспринимающие движение объектов.

Поскольку для решения второй задачи - определения текущего количества товара на полках, разумнее всего воспользоваться датчиком, чувствительным к весу, есть смысл и в первом случае воспользоваться таким же датчиком.

Для обработки сигналов от датчиков (сравнения), обработки ситуации и принятия решения применим микроконтроллер. Соединим контроллер с датчиками радиоканалом.

В итоге мы получаем, примерно, такую модель.

На входе в магазин стоит датчик, фиксирующий появление новых покупателей, реагируя на вес входящих в магазин. На входе в кассовый зал стоит датчик, фиксирующий появление покупателей в очереди. На выходе из кассового зала стоит датчик, фиксирующий покупателей, покидающих очередь. Этих же покупателей (покидающих очередь) мы будем считать и покупателями, покидающими магазин, что избавит нас от необходимости увеличивать количество датчиков.

Все расчеты будет осуществлять микроконтроллер, он же будет выдавать необходимую информацию на информационное табло. Датчики и контроллер соединены радиоканалом.

Второй этап.

Как мы решили, для унификации узлов используем одинаковые датчики во всех случаях. А поскольку к датчику наличия товаров на полке будет предъявлено больше требований, чем к другим датчикам, начнем с него.

Прежде, чем выбрать вид датчика, а можно придумать решение почти с любым датчиком, попробуем представить себе полку, нагружаемую товаром, и определить, что происходит с ней при загрузке, что изменяется в ней. Для определенности конструкцию полки примем следующей. Деревянная полка закреплена двумя концами на стальных кронштейнах. Кронштейны, по три на уровень, в свою очередь, являются частью планки, которая крепится к общей для трех полок задней стенке.

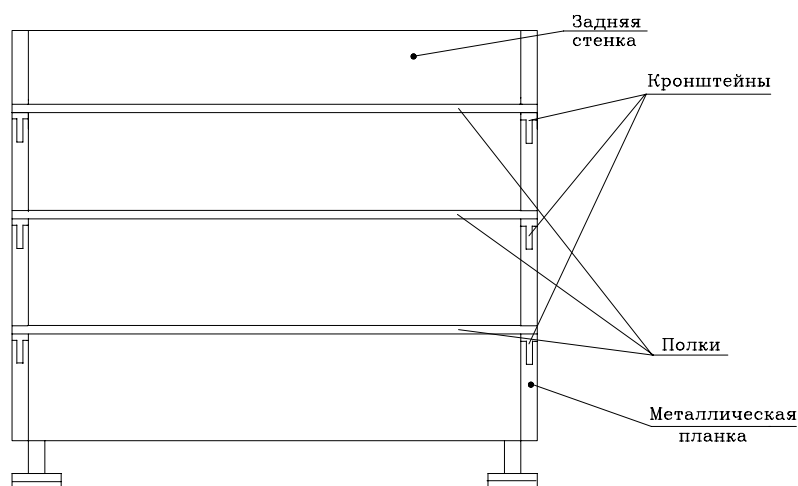


Рис. 56. Конструкция базы расположения датчиков.

Нагруженная товаром полка слегка прогибается, а, по мере освобождения от товара, возвращается в исходное положение.

Даже ограничив выбор датчика определенной разновидностью - датчик, чувствительный к весу - мы имеем выбор. Например, можно применить простейший контактный датчик, установив его в середине полки под одну из упаковок дальнего от края полки ряда: едва ли покупатели будут брать упаковки из дальнего ряда, если есть упаковки с краю. Таким образом, когда часть товара будет распродана, будет снята с полки упаковка, под которой находится контактный датчик, что и приведет к срабатыванию датчика. Можно сделать кронштейны подвижными относительно оси в верхней части основания и пружиной в нижней. При нагруженной полке кронштейн будет слегка опускаться, поворачиваясь вокруг оси, а с убыванием товара приподниматься. Отрегулировав давление кронштейна на пьезодатчик, с тем чтобы последний не испытывал давления при определенной загрузке полки, мы достигнем желаемого.

Можно придумать разные конструкции под разные типы датчиков. Выберем для определенности тензодатчик. Нагруженная полка изогнется, воздействуя на датчик, приклеенный в середине полки на нижней стороне. Справа (или слева) будет установлен корпус устройства, к которому от тензодатчика подойдут провода. Все три полки устроены одинаково, но схемы будут несколько отличаться (хотя это и не обязательно) - схема нижней полки будет иметь аккумулятор и передатчик, общие для всех трех полок. Схемы двух верхних полок будут соединены проводами с нижней. В качестве антенны передатчика мы используем металлическую планку кронштейнов.

Поскольку мы решили применить одинаковые датчики во всех случаях, то для фиксации входящих покупателей, а также покупателей, подходящих к кассам и отходящих от них, используем покрытые декоративными пластиковыми ковриками доски с датчиками. Первая будет установлена во входном тамбуре, две других в проходе к кассовым аппаратам и на выходе из кассового зала, соответственно. Каждая из них будет иметь свой передатчик и аккумулятор и будет снабжена антенной в виде отрезка провода длиной, примерно, в метр.

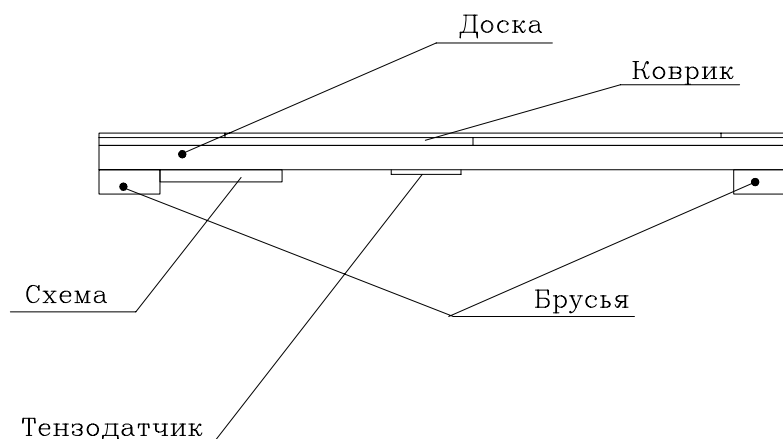


Рис. 57. Расположение датчика.

Приемное устройство и устройство обработки информации мы конструктивно совместим с информационным табло. Последнее оформим в виде списка продавцов, списка кассиров и списка номеров полок с индикаторными светодиодами возле каждой позиции. Светодиоды будут отображать текущую ситуацию и ее изменения.

Решив все вопросы в общем виде, перейдем к...

Третьему этапу - схемной проработке решений.

Следует сразу оговориться, решений может быть много. Я при выборе руководствовался желанием максимально использовать ранее рассмотренные устройства и схемы, поддерживая концепцию эволюции разработок. Вы можете найти другие подходы.

Начнем с датчика. Тензодатчик включим в резистивный мост, второе плечо которого образует задатчик. Задатчик снабдим подстроечным резистором для перестройки порога срабатывания схемы. Сигнал с диагонали моста можно считать (и лучше это сделать так) компаратором, но мы используем операционный усилитель общего назначения с малым потреблением тока. Выходным сигналом усилителя будем включать передатчик и модулятор, в функции которого войдет формирование сигналов «Передача» и «Номер». Всем датчикам мы присвоим номера. Номера входного, входного кассового и выходного датчиков будут следовать за номерами полок.

На рис. 58 мост образован резисторами R1, R2 (одно плечо, где R2 - тензодатчик) и R3, R4, R5 (другое плечо, где R3 - подстроечный резистор). Операционный усилитель A1 снимает сигнал с диагонали моста. Когда, изогнутая первоначальным весом, полка распрямится, уменьшая сопротивление тензодатчика, вследствие изменения напряжения в диагонали моста напряжение на выходе усилителя A1 изменит значение от нуля до напряжения близкого к напряжению питания, т.е. на С входе D-триггера DD1.1 пройдет фронт, который перепишет значение D-входа («1», вывод 5) на прямой выход триггера (вывод 1), меняя логический уровень с низкого («0»), в который он устанавливается общим схемным сбросом, на высокий («1»). Транзистор VT1 включится и подаст напряжение питания на схему модулятора и передатчика.

Таким образом, в дежурном режиме, до тех пор, пока не сработает датчик, питание расходуется только на работу моста, усилителя A1 и микросхемы DD1. Если в качестве

операционного усилителя А1 применить микромощный операционный усилитель (цепь установки тока потребления на схеме не показана, ее следует взять из типовой схемы включения конкретного операционного усилителя), то потребляемый ток определится, в основном, значениями резисторов моста и может составить десятки микроампер (решающим фактором становится величина сопротивления тензодатчика).

Одновременно с включением транзистора VT1 высокий логический уровень на выводе 1 микросхемы DD1.1 разрешает работу генератора, построенного на двух элементах микросхемы DD2 (DD2.1, DD2.3). Частота генератора около 160 кГц. С выхода генератора (вывод 10 DD2.3) через элемент DD2.4, на выводе 13 которого присутствует логическая «1» (после общего схемного сброса вывод 12 триггера DD1.2 принимает значение высокого логического уровня), разрешающая воспринимать сигнал по выводу 12, сигнал поступит на модулятор. Выход DD2.4 через диод VD2 будет переключать модулирующий транзистор VT2 с частотой 160 кГц, формируя радиосигнал «Передача», которым инициируется приемное устройство.

Счетчики DD3.1, DD3.2 отслеживают количество инициирующих импульсов, переписывая «1» на прямой выход (вывод 13) микросхемы DD1.2 по окончании формирования сигнала «Передача». Этой единицей разрешается передача импульсов от счетчика DD3.1 через элемент DD2.2 (вывод 5) и диод VD1 к модулятору на транзисторе VT2. Импульсы сформируют номер датчика (сигнал «Номер»), следуя с частотой в шестнадцать раз ниже частоты генератора (вывод 6 счетчика DD3.1). Одновременно на выводе 12 микросхемы DD1.2 появится логический «0», запрещающий элементу DD2.4 (вывод 13) передачу импульсов с частотой 160 кГц, чем заканчивается формирование сигнала «Передача». Счетчик DD4 (вывод 14) считает импульсы сигнала «Номер» и, с появлением логической «1» на выводе 4 (в реальном датчике этот вывод выбирается переключателем в соответствии с номером датчика), будет произведен общий сброс, выключающий питание формирователя сигнала и передатчика (на выводе 1 микросхемы DD1.1 появится «0», закрывающий транзистор VT1). Схема, передавая сигналы «Передача» (инициирующий сигнал) и «Номер» (информационный сигнал) выключается до следующего срабатывания датчика.

Примечания:

Выключение схемы после передачи всех сигналов предназначено для сохранения заряда аккумуляторов. Основным потребителем питания, однако, может оказаться передатчик, тогда как формирователь сигналов, собранный на микросхемах серии К651, в статическом режиме может потреблять очень мало. В этом плане, возможно, лучше бы выключать питающее напряжение только передатчика. Тогда следует предусмотреть задержку начала работы формирователя после подачи питающего напряжения на передатчик. В предлагаемой схеме этой цели служит узел начальной установки формирователя, собранный на транзисторе VT4, в котором время установочного импульса выбирается достаточным для того, чтобы передатчик успел войти в нормальный режим работы.

Причина применения тензодатчика, требующего усиления, проста. Мне хотелось показать часто применяемое на практике включение датчика в мостовую схему. Мостовые схемы повсеместно встречаются в измерительных приборах, в устройствах автоматики, в радиотехнике.

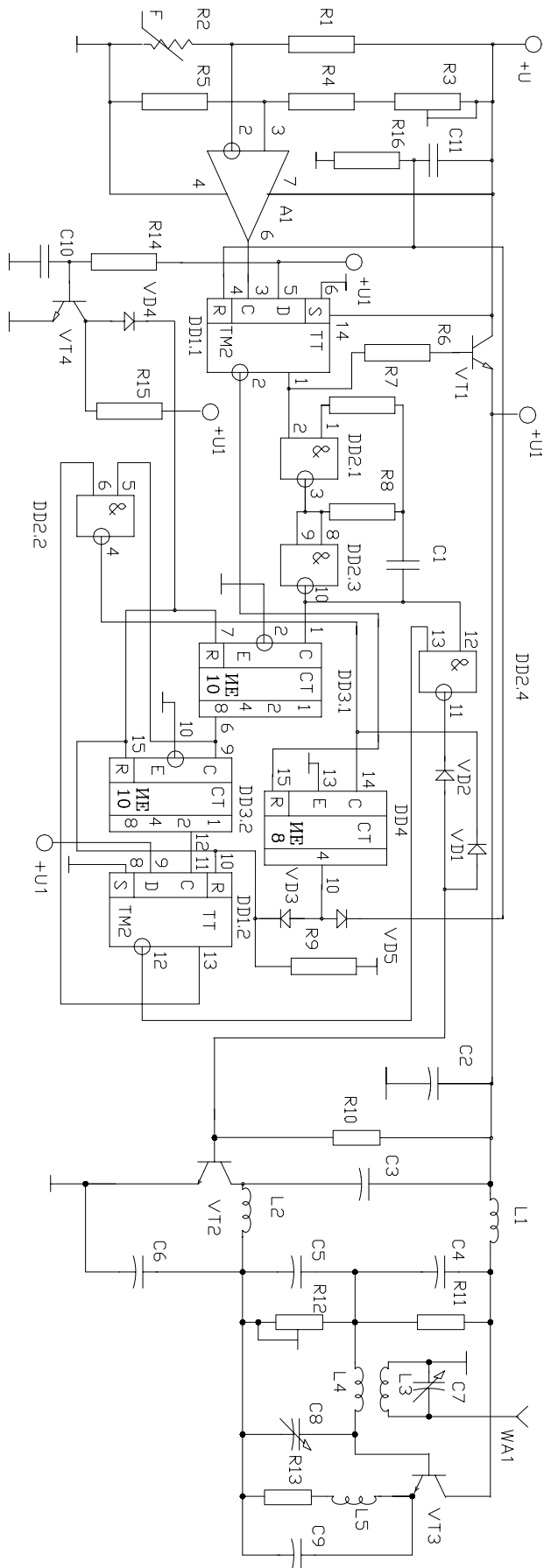


Рис. 58. Схема датчика, формирователя сигналов и передатчика.

Как мы и намеревались, использованы решения: генератор из первого проекта, о счетчиках говорилось в третьем проекте, они использованы в разделе «Тайм-аут», передатчик взят из пятого проекта, а датчики описаны в седьмом проекте.

Элементы схемы:

резисторы типа ОМЛТ, мощностью 0.125 ватт

R1 - 82 кОм, R4 - 82 кОм, R5 - 800 Ом, R6 - 12 кОм, R7 - 10 кОм, R8 - 10 кОм, R9 - 12 кОм, R10 - 10 кОм, R11 - 5.6 кОм, R13 - 200 Ом, R14 - 56 кОм, R15 - 5.6 кОм, R16 - 10 кОм.

Подстроечные резисторы типа СПЗ-24 или РП1-48, или СП5-14 (22), СП5-2 или аналогичные:

R3 - 8.2 кОм, R12 - 5.6 кОм.

Тензодатчик проволоочный с сопротивлением

R2 - 800 Ом.

Конденсаторы типа КМ-3 (4,5):

C1 - 280 пФ, C3-C6 - 200 пФ, C9 - 10 пФ, C10 - 0.01 мкФ, C11 - 1.0 мкФ.

Конденсатор электролитический типа К50-16 или аналогичный на напряжение 5 вольт C2 - 50 мкФ.

Конденсаторы подстроечные типа КТ4-23 или аналогичные:

C7-C8 - 8-30 пФ.

Транзисторы:

VT1-VT2 - 2N3904 (КТ375А,Б), VT3 - BCW31 (КТ3130В9)

Диоды:

VD1-VD5 - КД522 (А, Б)

Микросхемы:

A1 - К1423УД1 (КР140УД208, КР1407УД2 или УД3), DD1 - К561ТМ2, DD2 - К1564ТЛ2, DD3 - К561ИЕ10, DD4 - К561ИЕ8.

Источник питания:

к примеру, аккумулятор фирмы Panasonic для беспроводных телефонных аппаратов с напряжением 3.6 вольт, емкостью 1А/час или любой аналогичный.

Разъемы и переключатели любые, какие вам удобнее применить.

На рис.58а показана печатная плата измерительного моста, усилителя и модулятора, а на рис. 58б - передатчика. На первой плате разъем J1 для подключения тензодатчика, J2 для соединения с передатчиком, а переключатель TP1-TP20 служит для задания номера датчика. Рисунки плат призваны дать общее представление о том, как может выглядеть готовое изделие. Разводка обеих плат выполнена двусторонним печатным монтажом с переходными отверстиями, и я не рекомендовал бы их к повторению, поскольку повторять самостоятельно, в домашних условиях, подобный печатный монтаж слишком сложно. Для экспериментов лучше воспользоваться макетными платами.

Готовые платы могут быть размещены в пластмассовых или металлических корпусах, имеющих ушки для крепления к полкам и доскам.

Схема при монтаже разбита на две части, поскольку мы решили, что датчики полок будут использовать общий передатчик. По этой причине он вынесен на отдельную

монтажную плату, которая будет установлена в корпус только одного датчика. На плате передатчика размещены разъемы для подключения датчиков (J3, J4, J5).

Корпуса, вместе с тем, можно сделать универсальными, одинаковыми для всех датчиков, что упростит их изготовление (если их вообще есть смысл изготавливать).

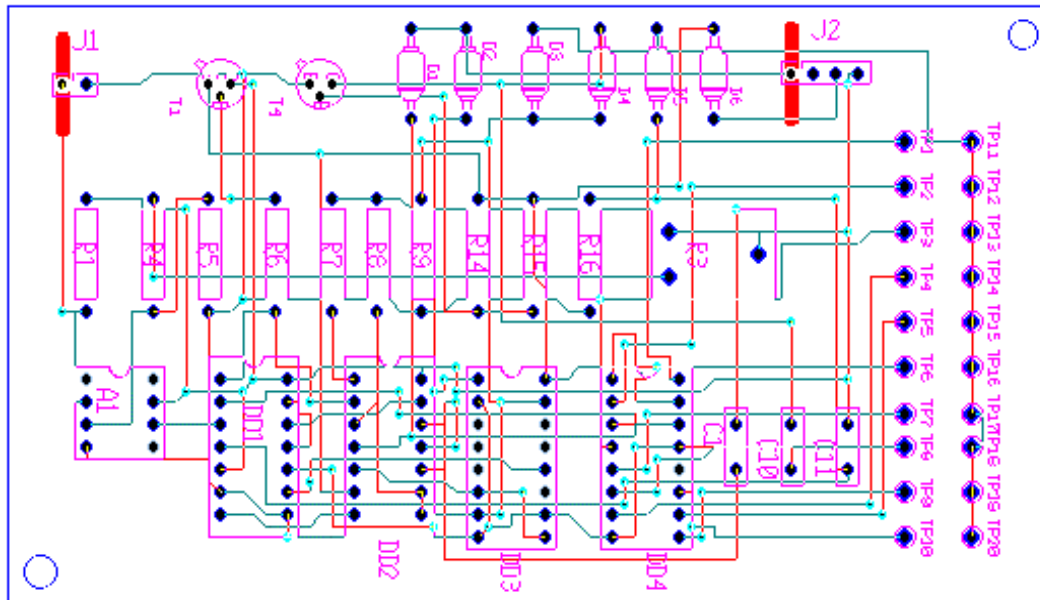


Рис. 58а

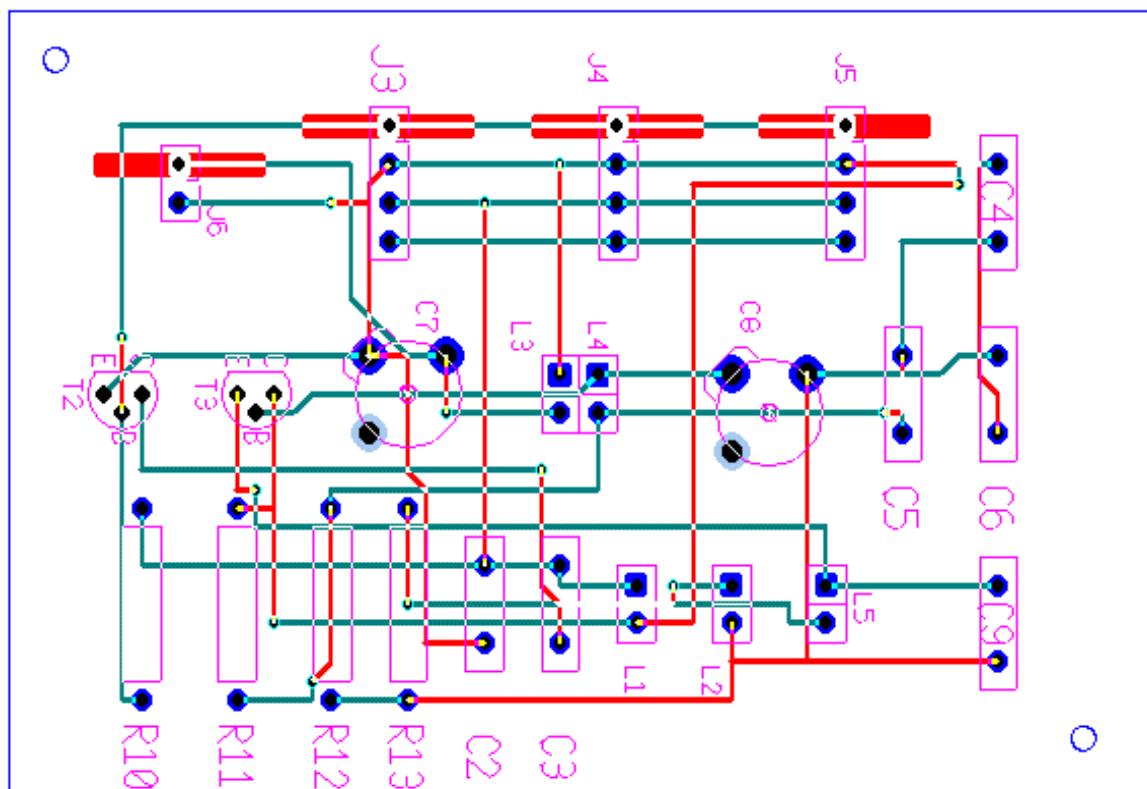


Рис. 58б

На рис. 59 приведена схема приемника и дешифратора.

Схема приемника, у которого изменен входной контур (данные можно использовать те же, что и у передатчика на 27 МГц или индикатора поля рис. 26, а конденсатор С1 взять емкостью в 100 пФ), использована из четвертого проекта. Транзисторы заменены транзисторами обратной проводимости (n-p-n типа) в соответствии с изменением полярности питающего напряжения. В качестве транзисторов VT1-VT2 можно использовать транзисторы ГТ311, остальные - КТ315, КТ361.

Дешифратор аналогичен модулятору схемы рис. 58. Устройство работает следующим образом.

Из высокочастотного радиосигнала приемник выделяет огибающий сигнал, усиливает его усилителем низкой частоты (VT3-VT5). Усилитель на микросхеме А1 формирует прямоугольные импульсы, которые считаются счетчиком на DD1. С приходом последнего импульса сигнала «Передача» на инверсном выходе триггера DD3.2 (вывод 12) появится логический «0», который разрешит работу счетчика DD2. На вход этого счетчика (вывод 14) приходят импульсы сигнала «Номер». Одновременно с включением счетчика DD2 запускается таймер А2 (использован в разделе «Тайм-аут»). Через время, достаточное для записи максимального номера, таймер сигналом на выводе 3 выключит транзистор VT7, формируя фронт, которым в триггере DD3.1 сигнал логической «1» с D-входа (вывод 5) будет переписан на прямой выход, а на инверсном выходе триггера (вывод 2) появится логический «0», являющийся сигналом прерывания для микроконтроллера. Микроконтроллер (см. рис. 60), обрабатывая прерывание, прочитывает номер, появившийся на выводах разъема X1.1, а затем формирует импульс «сброс» (вывод 9 разъема X1.2), которым схема дешифратора переводится в исходное состояние готовности принять следующий номер сработавшего датчика.

Остается добавить, что на транзисторе VT6 собрана схема начальной инициализации дешифратора при включении питания. Все использованные детали аналогичны соответствующим элементам предыдущих схем. Значение резистора R17 - 10 кОм (возможно его придется подобрать), конденсаторов C12, C13 - 0.22 мкФ.

Приемник и дешифратор предполагается разместить в корпусе информационного табло вместе со схемой обработки, реализованной на микроконтроллере 8051. Их питание, как и микроконтроллера, будет осуществляться от сетевого стабилизированного блока питания, изготовленного с применением микросхемы КР142ЕН5А (или 5В), имеющего выходное напряжение 5 вольт.

Поскольку приемник и дешифратор предполагается расположить в корпусе информационного табло, они могут быть изготовлены на одной плате с контроллером. Однако приведенные ниже рисунки плат сделаны отдельно для приемника и дешифратора (рис. 59а и рис. 59б, соответственно). Как и в предыдущем случае оба рисунка должны дать представление о том, как выглядят готовые платы, но не предназначены для повторения в домашних условиях, поскольку повторить двусторонний печатный монтаж с металлизацией отверстий без соответствующего технологического оборудования слишком трудно.

Примечание:

При желании использовать для экспериментов не макетные платы, а нечто более похожее на печатный монтаж, можно воспользоваться рекомендациями соответствующей литературы или той технологией, которая описана в главе, посвященной измерительным приборам, и использована автором приведенной схемы функционального генератора на одной цифровой микросхеме.

От себя хочу добавить, что мне, когда к этому принуждали обстоятельства, приходилось прибегать к помощи этой простой технологии. И она пришлась мне весьма по душе, возможно, и вам приглянется. Единственная трудность, которая на первый взгляд невыгодно отличает платы, изготовленные по этой технологии, от стандартных печатных плат, может возникнуть при замене элементов. Но, как мне кажется, это не большая трудность, чем замена, скажем, микросхемы на плате с двусторонней печатью. Более того, достаточно «откусить» все подходящие к элементу проводники, поменять элемент и припаять новые соединения, чтобы убедиться, в простоте замены, даже по сравнению с обычными печатными платами.

Если монтаж выполнить аккуратно, а готовую плату покрыть лаком, она будет иметь вполне «товарный» вид, не уступая в надежности иным заводским изделиям. При том плотность монтажа, выполненного этим способом, может быть значительно выше, чем позволяет печатная плата, изготовленная в домашних условиях.

Вопрос применения в разработках макетных плат, или специально изготовленных для конкретной схемы, вопрос, скорее, личных привычек и индивидуальных черт характера. Если вы любите обязательно доводить все до полного завершения, вы после макетирования постараетесь изготовить опытный образец, что потребует изготовления плат, корпусов, источников питания. При достаточных средствах эти работы, полагаю, можно заказать. Для тех же, кто любит все делать сам, можно рекомендовать воспользоваться практическими советами, которые можно найти в литературе. Список литературы приведен в конце книги. Кроме того, полезно посмотреть на радио рынке (или в магазинах) что-то подходящее. Порою в доме скапливаются старые игрушки, пластмассовые упаковочные коробки, которые тоже могут пригодиться при изготовлении корпусов или шасси ваших устройств.

Конструирование вспомогательных элементов электронных устройств: тех же корпусов, шкал, передаточных механизмов и т.п., - может иметь самостоятельную ценность и стать предметом не меньшего увлечения, чем создание схем. Как правило, любители вполне удачно сочетают оба вида деятельности.

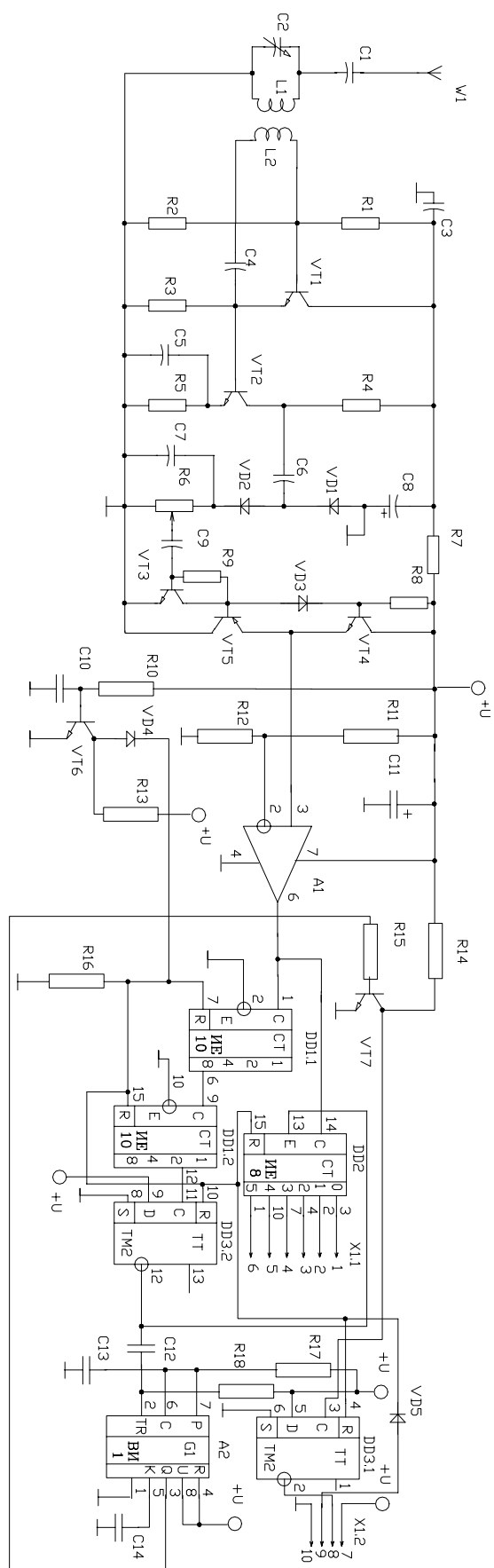


Рис. 59. Схема приемника и дешифратора.

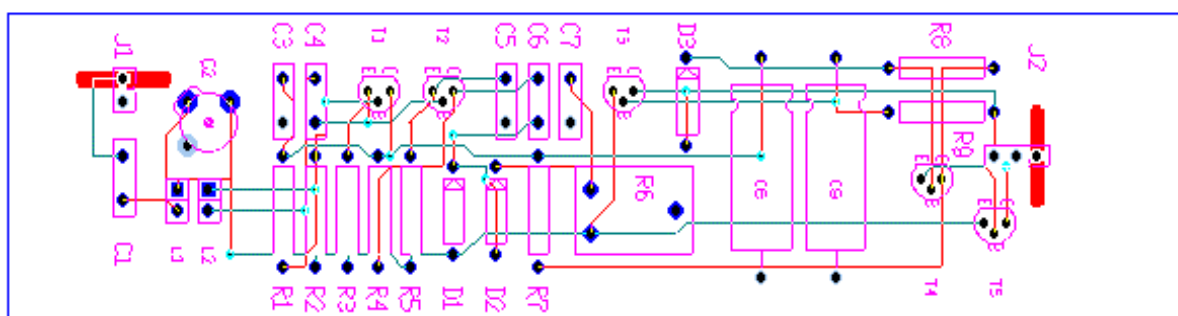


Рис. 59а

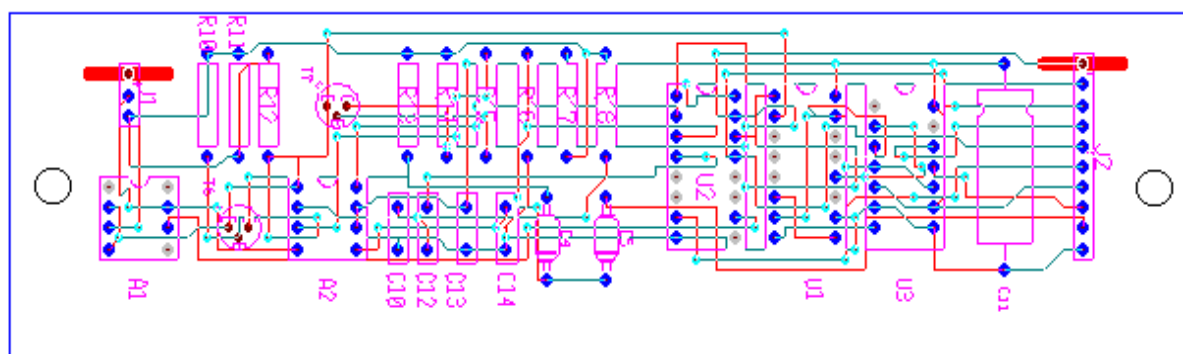


Рис. 59б

Микроконтроллер для обработки сигналов датчиков и вывода информации на информационное табло использован такой же, как во втором проекте. Это может быть контроллер, собранный на микропроцессоре Z-80, если во втором проекте вы использовали его. Тогда программа обработки потребует замены микросхемы ПЗУ, в которой разместится новая программа.

Поскольку я во втором проекте использовал микроконтроллер 8051 (KM1816BE51), ниже описана схема, реализованная именно на этом контроллере.

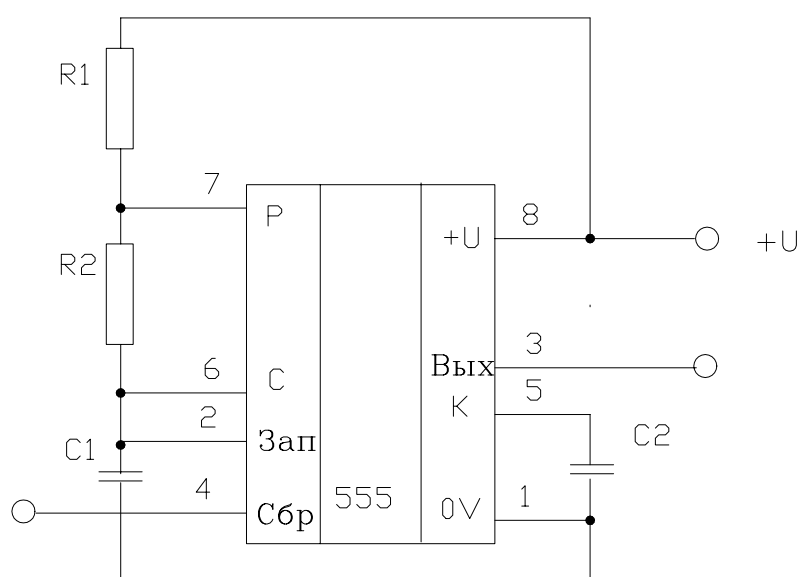
Информационное табло выбрано самое простое - светодиодные индикаторы. Работой индикаторов управляет контроллер, а сами индикаторы (светодиоды) включены через ключевые транзисторы.

Схема зуммера не изображена на общей схеме, т.к. в качестве зуммера может использоваться любое устройство от самой простой одно-тональной «пищалки» с пьезоизлучателем до музыкального автомата, проигрывающего фрагменты мелодий. Кстати, разумно было бы подключить к транзистору VT1 пьезоизлучатель, а звучание организовать в виде звуковой подпрограммы, которую выполнял бы контроллер. На мой взгляд, хватило бы звукового сигнала, применяемого в телефонных аппаратах. Такой сигнал меньше привлекал бы внимание покупателей, и его было бы достаточно для обслуживающего персонала. Но... Если в комнате отдыха стоит телефонный аппарат, то следует либо изменить рисунок звонка на нем, если модель позволяет сделать выбор, либо создать другой рисунок сигнала информационного табло.

Микроконтроллер (рис. 60) работает с тактовой частотой 12 МГц, что определяется кварцевым резонатором ZQ1. Цепь C1R1 предназначена для начальной установки контроллера при включении питания. Резисторы R2, R3 аналогичны использованным ранее, R4-R11=10-12 кОм, а R12-R18=300-400 Ом. Светодиоды те же, что использованы в моделях елочных гирлянд, транзисторы любые, к примеру, КТ315 или КТ503 с любыми буквенными индексами.

Примечание:

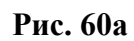
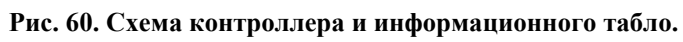
Простой одно-тональный генератор можно собрать, используя таймер 555 (КР1006ВИ1) в режиме мультивибратора, как показано ниже.



Здесь $R1=4\text{ кОм}$, $R2=3\text{ кОм}$, $C1=0.1\text{ мкФ}$, $C2=0.01\text{ мкФ}$. Вывод 4 соединяется с микроконтроллером для управления сигналом: при низком логическом уровне - ожидание, при высоком - работа. К выходу (вывод 3) через резистор, как это сделано для светодиодов, подключается транзистор с (пьезо) громкоговорителем. Частота около 1000 Гц.

Для двух тонального зуммера можно использовать два генератора, настроенных на разные звуковые частоты и подключенных к разным выводам микроконтроллера. Задачу переключения их работы разумно возложить на программу.

Можно использовать для построения генераторов и цифровые микросхемы, как это сделано в первом проекте (рис. 3), выбрав звуковую частоту генерации. На четырех элементах **И-НЕ (ИЛИ-НЕ)** можно получить два генератора.



Ниже приведена программа, управляющая работой микроконтроллера. Как и в предыдущем случае, она написана на ассемблере для микроконтроллера 8051.

Итак, программа.

При написании и отладке программы я столкнулся с одной особенностью - команды условных переходов работают в диапазоне смещений от -128 до 127 байт. Я не придумал лучшего, как удлинить переход с помощью дополнительных меток (longer1-longer3). В окончательном варианте они, возможно, стали лишними, но я решил их оставить, как напоминание о том, что и на ровном месте можно споткнуться. Кстати, сами метки (все метки, которые я использую) с точки зрения программирования названы не самым удачным образом. Лучше было использовать англоязычные имена меток. Но я посчитал, что не всем читателям необходимо знать английский язык, и написал русские названия латинскими буквами - дурной пример, которому не следует подражать. Хотя, если вдуматься, то для самой программы это не имеет никакого значения, а потому - отчего бы и нет?

Программа, текст которой приведен ниже, может быть использована в экспериментах, но, прежде чем ее транслировать, и программировать микроконтроллер, следует тщательно проверить ее работоспособность. Из-за различных компиляторов, могут появиться особенности, которые потребуют вмешательства.

Итак, программа.

NAME SHOP

```
; Программа написана для следующей конфигурации магазина -  
; магазин имеет торговый зал, в котором работают два продавца,  
; имеет кассовый зал с двумя кассовыми аппаратами и двумя  
; кассирами, в торговом зале расположены три полки, снабженные  
; датчиками, с фасованным товаром, датчики расположены также при  
; входе в магазин, при входе в кассовый зал, при выходе из него.  
; Если количество покупателей в магазине превышает 4 человека  
; в торговый зал вызывается второй продавец-консультант,  
; если в кассовом зале более 4 покупателей, вызывается второй  
; кассир.  
; Далее используются имена датчиков  
; plk1 - датчик полки 1  
; plk2 - датчик полки 2  
; plk3 - датчик полки 3  
; dtch4 - датчик входа  
; dtch5 - датчик входа в кассовый зал  
; dtch6 - датчик выхода
```

```
JMP init      ; переход к метке начала работы программы
```

```
ORG 3h        ; задание вектора прерывания
```

```
SJMP opros    ; переход к метке подпрограммы обслуживания  
              ; прерывания
```

```
; В начале работы зададим имена регистров и портов, используемых  
; в аппаратной части
```

```

init:      ACC DATA 0E0h ; аккумулятор
           PSW DATA 0D0h ; регистр слова состояния процессора
           DPL DATA 82h  ; младший байт регистра-указателя данных
           DPH DATA 83h  ; старший байт регистра-указателя данных
           B DATA 0F0h   ; регистр-расширитель аккумулятора
           P0 DATA 80h   ; порт 0, используемый для вывода
                           ; информации на табло
           P1 DATA 90h   ; порт 1, используемый для ввода данных

           POLKA1 BIT 0    ; создадим массив флагов,
           POLKA2 BIT 1    ; в котором будем устанавливать
           POLKA3 BIT 2    ; флаги датчиков после появления в
           VHOD BIT 3      ; порту ввода или сбрасывать флаги
           VHOD_KASSA BIT 4 ; при операциях над теми данными,
           VIHOD BIT 5     ; которые получим в порту ввода по
           V_MAGAZINE DATA 21h ; прерыванию, создадим массив
           U_KASS DATA 22h ; данных учета покупателей и
           INFORM DATA 23h ; буфер информационного табло

           CLR POLKA1      ; обнулим на всякий случай
           CLR POLKA2      ; наш массив и регистры R0,R1,R2,R3
           CLR POLKA3      ;
           CLR VHOD        ;
           CLR VHOD_KASSA  ;
           CLR VIHOD       ;
           MOV V_MAGAZINE,#0 ;
           MOV U_KASS,#0   ;
           MOV R0,#0       ;
           MOV R1,#0       ;
           MOV R2,#0       ;
           MOV R3,#0       ;

; Произведем инициализацию микроконтроллера

           MOV INFORM,#0 ; обнулим буфер INFORM
           MOV P0,#0 ; установим порт 0 на вывод информации
           SETb 0B2h ; установим бит порта 3 для выполнения
                     ; альтернативной функции INT0, этот бит,
                     ; устанавливаемый дешифратором, будет вызывать
                     ; прерывание
           CLR 0B1h ; установим бит (TXD) порта 3 на вывод для
                     ; организации сброса дешифратора
           CLR 88h ; зададим срабатывание прерывания INT0 «по
                     ; уровню», записав "0"
           SETb 0A8h ; установим разрешение внешнего прерывания
           SETb 0B8h ; установим наивысший приоритет INT0
           SETb 0AFh ; снимем запрет прерываний

           JMP start ; перейдем к началу обслуживания датчиков и
                     ; информационного табло

```

; Подпрограмма временной задержки в 100 мс

```

zaderjka:      MOV R1, #84      ; загрузка числа 84 в регистр R1
tsikl1:        MOV R2, #236     ; и числа 236 в регистр R2
tsikl2:        DJNZ R2, tsikl2  ; повторение до обнуления R2
               DJNZ R1, tsikl1  ; повторение tsikl1 до обнуления
               ; регистра R1
               MOV R3, #4       ; загрузка в регистр R3 числа 4
tsikl3:        DJNZ R3, tsikl3  ; повторение tsikl3 до обнуления
               ; регистра R3
               RET ; возврат из подпрограммы через 100 мс

```

; Подпрограмма временной задержки в 1 секунду

```

sec:          MOV R0, #10      ; запишем в регистр R0 количество повторов
               ; равное 10
tsikl4:       CALL zaderjka ; вызов подпрограммы задержки в 100 мс
               DJNZ R0, tsikl4 ; повторим tsikl4 пока регистр R0 не
               ; станет равен нулю
               RET ; возврат из подпрограммы

```

; Подпрограмма индикации

```

indikat:      SETB INFORM.7h ; включим зуммер
               MOV P0, INFORM ; перешлем данные на табло
               CALL sec ; подождем секунду (вызвав подпрограмму
               ; задержки в секунду)
               MOV P0, #128   ; не обнуляя бит 7, обнулим остальные
               ; биты порта вывода информации P0
               CALL sec       ; подождем секунду
               MOV P0, INFORM ; перешлем данные на табло
               CALL sec       ; подождем секунду
               MOV P0, #128   ; не обнуляя бит 7, обнулим остальные
               CALL sec       ; подождем секунду
               MOV P0, INFORM ; перешлем данные на табло
               ; т.е. мы "помигали"
               ; зажгли-погасили-зажгли-погасили-зажгли
               CLR P0.7h      ; выключим зуммер
               RET ; возврат из подпрограммы индикации

```

; Подпрограмма обслуживания прерывания

```

opros:        PUSH PSW ; сохраним в стеке регистр слова состояния
               ; процессора
               PUSH ACC ; сохраним в стеке аккумулятор
               PUSH B    ; и регистр-расширитель аккумулятора
               PUSH DP1  ; сохраним в стеке регистр-указатель
               PUSH DPh  ; данных

               JB P1.0, o1 ; сработал датчик полки 1, перейти к метке o1
               JB P1.1, o2 ; сработал датчик полки 2, перейти к метке o2
               JB P1.2, o3 ; сработал датчик полки 3, перейти к метке o3
               JB P1.3, o4 ; сработал датчик входа, перейти к метке o4

```

```

        JB P1.4, o5 ; сработал датчик входа в кассовый зал,
                    ; перейти к метке o5
        JB P1.5, o6 ; сработал датчик выхода, перейти к метке o6

o1:      SETb POLKA1 ; установить флаг полки 1
        JMP sbros   ; перейти к метке сброса

o2:      SETb POLKA2 ; установить флаг полки 2
        JMP sbros   ; перейти к метке сброса

o3:      SETb POLKA3 ; установить флаг полки 3
        JMP sbros   ; перейти к метке сброса

o4:      SETb VHOD   ; установить флаг датчика входа
        JMP sbros   ; перейти к метке сброса

o5:      SETb VHOD_KASSA ; установить флаг датчика входа в
                    ; кассовый зал
        JMP sbros   ; перейти к метке сброса

o6:      SETb VIHOD  ; установить флаг датчика выхода

sbros:   ; произведем аппаратный сброс дешифратора
        SETb 0B1h ; установим в единицу бит (TXD) порта 0,
                    ; которым мы осуществляем сброс дешифратора
        NOP      ; добавим несколько операторов, не
        NOP      ; выполняющих действий,
        NOP      ; для удлинения импульса сброса
        CLR 0B1h ; сбросим бит (TXD) порта 0

        POP DPh   ; извлекаем из стека
        POP DPl   ; значение определяющих
        POP B     ; регистров
        POP ACC   ;
        POP PSW   ;
        RETI      ; возврат из подпрограммы обслуживания прерывания

; Теперь продолжим программу, обслуживая табло и датчики

start:   MOV P0, INFORM ; перепишем в порт P0 копию табло
        SETb INFORM.3h ; вызовем 1 кассира в кассовый зал
        SETb INFORM.5h ; вызовем 1 продавца в торговый зал
        CALL indikat   ; запустим индикацию табло (подпрограммой
                    ; индикации)

massiv:  JB POLKA1, plk1 ; проверим не сработал ли датчик полки1
        JB POLKA2, plk2 ; проверим не сработал ли датчик полки2
        JB POLKA3, plk3 ; проверим не сработал ли датчик полки3
        JB VHOD, dtch4 ; проверим не сработал ли датчик входа
        JB VHOD_KASSA, longer3 ; проверим не сработал ли датчик
                    ; входа в кассовый зал
        JB VIHOD, longer2 ; проверим не сработал ли датчик

```

```

; выхода и перейдем к следующему
; датчику
JMP massiv ; вернемся к сканированию массива, если не
; сработал ни один датчик

; если сработали датчики, то обработаем их

plk1: CLR POLKA1 ; сбросим флаг первой полки
      SETb INFORM.0h ; "зажжем" индикатор полки 1 на табло
      CLR INFORM.1h ; "погасим" индикатор полки 2 на табло
      CLR INFORM.2h ; "погасим" индикатор полки 3 на табло
      MOV P0, INFORM ; а теперь выведем это на табло
      CALL indikat ; вызовем подпрограмму индикации
      JMP massiv ; и вернемся к сканированию массива

plk2: CLR POLKA2 ; сбросим флаг полки 2
      SETb INFORM.1h ; "зажжем" индикатор полки 2 на табло
      CLR INFORM.0h ; "погасим" индикатор полки 1 на табло
      CLR INFORM.2h ; "погасим" индикатор полки 3 на табло
      MOV P0, INFORM ; а теперь выведем это на табло
      CALL indikat ; вызовем подпрограмму индикации
      JMP massiv ; вернемся к сканированию массива

plk3: CLR POLKA3 ; сбросим флаг полки 3
      SETb INFORM.2h ; "зажжем" индикатор полки 3 на табло
      CLR INFORM.0h ; "погасим" индикатор полки 1 на табло
      CLR INFORM.1h ; "погасим" индикатор полки 2 на табло
      MOV P0, INFORM ; а теперь выведем это на табло
      CALL indikat ; вызовем подпрограмму индикации
      JMP massiv ; вернемся к сканированию массива

dtch4: CLR VHOD ; сбросим флаг датчика входа
      INC V_MAGAZINE ; увеличим число покупателей в магазине
; на единицу
      MOV A, V_MAGAZINE ; отправим в аккумулятор число
; покупателей в магазине
      SUBB A, U_KASS ; определим число покупателей в
; торговом зале
      JZ massiv ; вернемся к сканированию массива, если
; покупателей нет
      SUBB A, #1 ; уменьшим число покупателей на 1
      JZ massiv ; вернемся к сканированию, если покупателей 1
      SUBB A, #1 ; уменьшим число покупателей на 1
      JZ massiv ; вернемся к сканированию, если покупателей 2
      SUBB A, #1 ; уменьшим число покупателей на 1
      JZ massiv ; вернемся к сканированию, если покупателей 3
      SUBB A, #1 ; уменьшим число покупателей на 1
      JZ massiv ; вернемся к сканированию, если покупателей 4
      JB INFORM.5h, vtoroy ; если 1 продавец в зале, перейдем
; к вызову 2 продавца
      SETb INFORM.5h ; в противном случае вызовем 1 продавца
      CLR INFORM.6h ; "погасим" вызов 2 продавца
      JMP obrb ; перейдем к выводу информации на табло

```



```

longer1: JMP massiv ; удлинитель перехода к сканированию массиву
longer2: JMP dtch6 ; удлинитель перехода к обработке датчика 6
longer3: JMP dtch5 ; удлинитель перехода к обработке датчика 5

vtoroy: SETb INFORM.6h ; вызовем 2 продавца
        CLR INFORM.5h ; "погасим" вызов 1 продавца

obrb:    MOV P0, INFORM ; перепишем в выходной порт его буфер
        CALL indikat ; вызовем подпрограмму индикации
        JMP massiv ; вернемся к сканированию массива

dtch5: CLR VHOD_KASSA ; сбросим флаг датчика входа
        ; в кассовый зал
        INC U_KASS ; увеличим число покупателей в кассовом
        ; зале на единицу
        MOV A, U_KASS ; отправим в аккумулятор число
        ; покупателей в кассовом зале
        SUBB A, #1 ; уменьшим число покупателей на 1
        JZ longer1 ; вернемся к сканированию, если покупателей 1
        SUBB A, #1 ; уменьшим число покупателей на 1
        JZ longer1 ; вернемся к сканированию, если покупателей 2
        SUBB A, #1 ; уменьшим число покупателей на 1
        JZ longer1 ; вернемся к сканированию, если покупателей 3
        SUBB A, #1 ; уменьшим число покупателей на 1
        JZ longer1 ; вернемся к сканированию, если покупателей 4
        JB INFORM.3, vtoroy_k ; если 1 кассир в зале, перейдем к
        ; вызову 2 кассира
        SETb INFORM.3h ; в противном случае вызовем 1 кассира
        CLR INFORM.4h ; "погасим" вызов 2 кассира
        JMP obrb_k ; перейдем к выводу информации на табло

vtoroy_k: SETb INFORM.4h ; в противном случае вызовем 2 кассира
        CLR INFORM.3h ; "погасим" вызов 1 кассира

obrb_k:  MOV P0, INFORM ; перепишем в выходной порт
        CALL indikat ; вызовем подпрограмму индикации
        JMP massiv ; вернемся к сканированию массива

dtch6:  CLR VIHOD ; сбросим флаг датчика выхода
        MOV A, V_MAGAZINE ; проверим перед вычитанием
        JZ scan ; не пуст ли счетчик покупателей
        DEC V_MAGAZINE ; уменьшим число покупателей в магазине
        MOV A, U_KASS ; проверим перед вычитанием
        JZ scan ; не пуст ли счетчик покупателей у касс
        DEC U_KASS ; уменьшим число покупателей у касс

scan:    JMP massiv ; вернемся к сканированию массива

END

```

Теперь программу можно было бы компилировать, получить машинные коды и занести их в ПЗУ.

В заключение я хотел бы отметить, что, как и предыдущая разработка, эта выполнена по ходу написания книги. Ее цель не столько дать описание готового устройства, сколько показать, как можно подойти к созданию собственных электронных устройств. Мне хотелось показать именно процесс создания устройства, а не поразить читателя моими познаниями и умением.

Конечно, я постарался достаточно тщательно продумать все схемные решения, но... И это я тоже хотел бы показать. Но... я человек, и, как каждый человек, могу ошибаться, что потребует исправлений в приведенных схемах. Именно поэтому после создания схем их работу проверяют, например, на макетных платах. После макетирования создают опытные образцы, которые испытывают в различных условиях эксплуатации. И только после этого схемы устройства можно признать готовыми для передачи в производство, т.е. для повторения.

Все вышесказанное никак не означает, что не следует повторять устройство, если вы намерены его повторить, а лишь еще раз напоминает, что если схемы потребуют наладки, исправления ошибок или переделки, вы приобретете личный опыт и получите большее удовлетворение, чем от механического повторения полностью работающей схемы.

Если вы решите применить предложенные схемные решения в своих разработках, то при наладке следует обратить особое внимание на появление лишних, даже очень коротких, импульсов. Их источником могут стать наводки, коммутационные элементы, сами микросхемы и ошибки, о которых пойдет речь в разделе «Наладка». Обычно, при монтаже, в цепи питания ставят керамические конденсаторы емкостью 10-22 нФ (нанофарды) из расчета один конденсатор на несколько микросхем.

Необходимые определения и пояснения

ПЗУ - аббревиатура названия Постоянное Запоминающее Устройство. Это энергонезависимая микросхема хранения данных. Что означает энергонезависимая? После выключения питающего напряжения информация в ПЗУ сохраняется, с подачей напряжения питания она вновь может быть извлечена для использования. Обычно в ПЗУ малой емкости (это были «прожигаемые» ПЗУ) хранились некоторые данные, что-то вроде таблицы переводных коэффициентов. С появлением ПЗУ большой емкости в них стали хранить программы, управляющие работой микропроцессоров.

ОЗУ - Оперативное Запоминающее Устройство. Оперативная память, которая активно используется при работе, но вся хранимая в ней информация исчезает после выключения питающего напряжения. Есть микросхемы статической памяти, в которые данные записываются и хранятся до следующего обращения. Есть микросхемы динамической памяти, которые требуют «регенерации» данных, что осуществляется путем регулярного прочитывания данных (это и есть регенерация).

Транслятор - в данном случае речь идет о программе, которая осуществляет перевод текста с языка программирования высокого уровня в машинные коды. Различают интерпретаторы и компиляторы.

Интерпретатор - программа перевода с языка высокого уровня в машинные коды, особенностью которой является выполнение операторов и команд языка высокого уровня

сразу после их введения с клавиатуры. Классический диалект языка программирования Basic был именно интерпретатором.

Компилятор в отличие от «шустрого» интерпретатора требует написания всей программы полностью, прежде чем он начнет ее переводить. Переводит он ее в промежуточные объектные коды, которые затем следует компоновать в исполняемую программу с помощью компоновщика программы. Таковы были Pascal и C.

Сегодня с развитием технологий программирования эти понятия несколько устарели, поскольку новые диалекты языков высокого уровня вбирают в себя все самое удобное, что есть в других, благо, возросшие возможности компьютеров позволяют это.

Место для заметок при первом чтении.

Место для заметок при втором чтении.

Наладка или Борьба с собственной «гениальностью»

Внимательно рассматривая схему, изображенную на рис. 58, можно отметить ошибки, которые мне, если быть до конца честным, хотелось бы сразу исправить и забыть о них. Кому нравится делать ошибки, да еще и публично в них признаваться?

С другой стороны, ошибки - хороший повод, чтобы поговорить о налаживании разрабатываемых устройств. Ошибки могут возникать по разным причинам: здесь и небрежность - следствие торопливости, и незнание, или неправильное представление о работе применяемых элементов. Причиной ошибки может стать справочная литература, в которой описывается элемент, интересующий вас. На основании этого описания вы строите свою схему, и та не работает. Возможно, это ошибка автора справочника. Возможно, автор не ошибся, но описание элемента соответствует его модификации определенного года выпуска. Бывает так, что одна и та же, например, микросхема выходит в разных модификациях, несколько различающихся в работе, о чем автор справочника может и не знать. Иногда применяемые импортные микросхемы, аналогичные отечественным (или наоборот), несколько отличаются от них.

Боязнь ошибок может заставить отказаться от поиска своего решения или создания своего устройства, но это неправильно. Я считаю, что следует бояться не ошибок, как таковых, а нежелания (или неумения) их исправить. Полезно также оценить меру влияние ошибки на работу устройства.

Налаживание разработанного устройства - процесс, в первую очередь, выявления возможных ошибок в его работе.

На рис. 61 показана осциллограмма сигнала «Передача» по схеме рис. 58. Маркерами выделен тот участок осциллограммы, который соответствует ошибке.

На рис. 62 выделенный фрагмент схемы – источник ошибки.

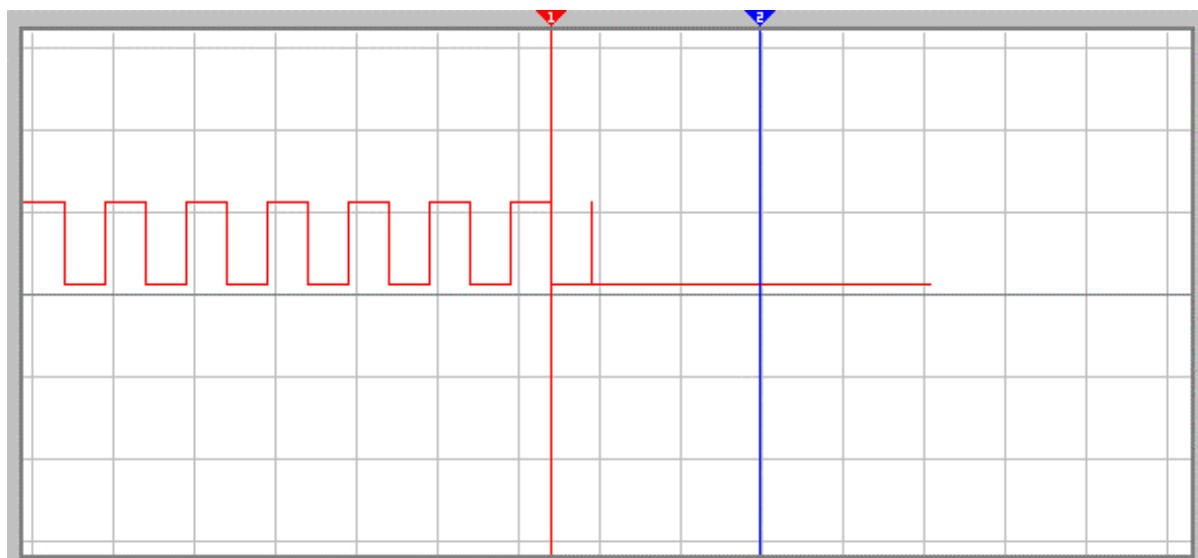


Рис. 61. Осциллограмма сигнала "Передача", показывающая ошибку.

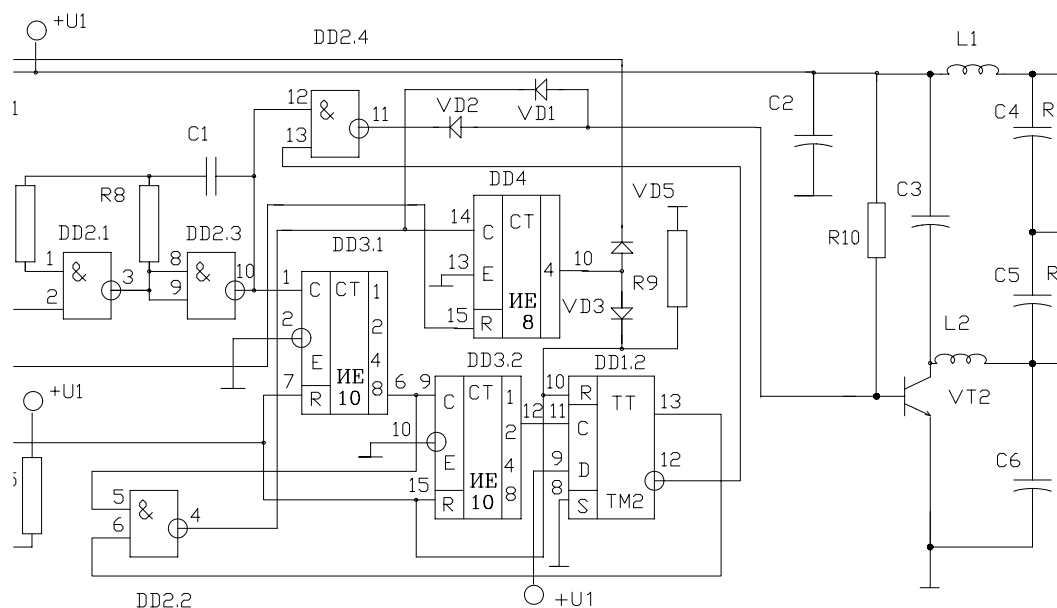


Рис. 62. Фрагмент схемы рис. 58, содержащий ошибку.

Вспомним, каким образом мы собирались формировать сигнал «Передача».

После подачи напряжения питания на формирователь и передатчик (результат срабатывания датчика) генератор на элементах DD2.1, DD2.3 начинает работать. При этом на входе (вывод 13) элемента DD2.4 уровень логической «1», вследствие чего на модулятор передатчика поступают импульсы, формирующие сигнал «Передача». Одновременно эти импульсы подсчитываются счетчиком на микросхеме DD3, а, с приходом 24 импульса, он переписывает значение D-входа триггера DD1.2 на его прямой выход. У элемента И-НЕ DD2.4 на выводе 13 появится уровень логического «0», что запрещает передачу им импульсов от генератора, тем самым, заканчивая формирование сигнала «Передача».

Первая ошибка, в данном случае, в том, что последний 24 импульс (именно он выделен маркерами на рис. 61) будет настолько коротким, что его прочитывание в приемнике (после прохождения по радиоканалу) едва ли станет возможным.

Действительно, счетчик DD3 с приходом 24 импульса (его фронтом) на выводе 12 установит уровень логической «1», а этот переход от логического «0» к «1» изменит состояние триггера DD1.2. Таким образом, длительность 24 импульса определится только скоростью работы микросхем и составит, скорее всего, доли микросекунды, что мы и видим на осциллограмме. Для исправления положения можно между выводом 12 счетчика DD3 и выводом 11 триггера DD1.2 поставить схему задержки, введя новые элементы. А можно попытаться изменить соединения схемы, поскольку количество импульсов в сигнале «Передача» нами выбрано произвольно. Мы вправе варьировать это значение, внося соответствующие поправки в приемную часть устройства.

Вторая ошибка. После срабатывания датчика на схему формирователя и передатчика подается питающее напряжение. Очень вероятно, что генератор начнет работать практически сразу, тогда как счетчик на микросхеме DD3 будет остановлен формирователем импульса «сброс» на транзисторе VT4. И хотя на схеме отсчет импульсов сигнала «Передача» и отправка его на модулятор происходят в одной точке,

количество отправленных импульсов будет зависеть от времени включения генератора (DD2.1-DD2.3) и длительности импульса «сброс», и будет не вполне определено.

На рис. 63 приведена осциллограмма исправленного сигнала «Передача», при этом количество импульсов изменилось до 28. Нижний луч показывает сигнал на С-входе триггера DD1.2 (вывод 11), который теперь появляется после 28 импульса.

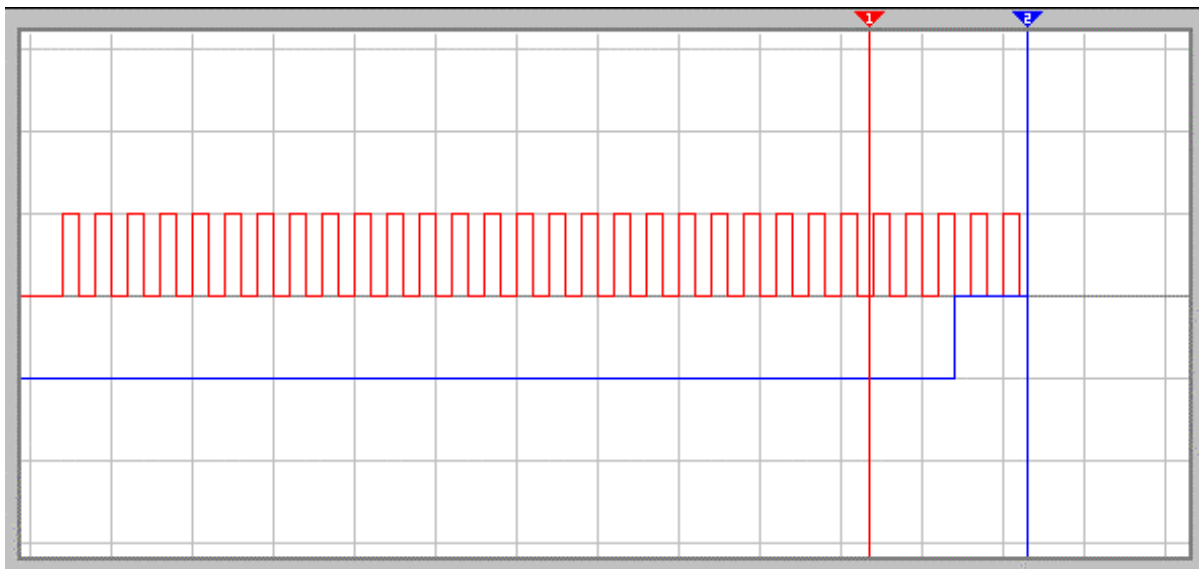


Рис. 63. Осциллограмма исправленного сигнала.

Аналогичная ситуация складывается и с формированием сигнала «Номер». После исправления оба сигнала принимают должный вид. На рис. 64 осциллограмма исправленных сигналов (инвертированная), полученная на входе модулятора. Нижний луч - вывод 4 микросхемы DD4. Его уровень логической «1» вызовет общий «сброс» схемы и ее выключение до следующего срабатывания датчика.

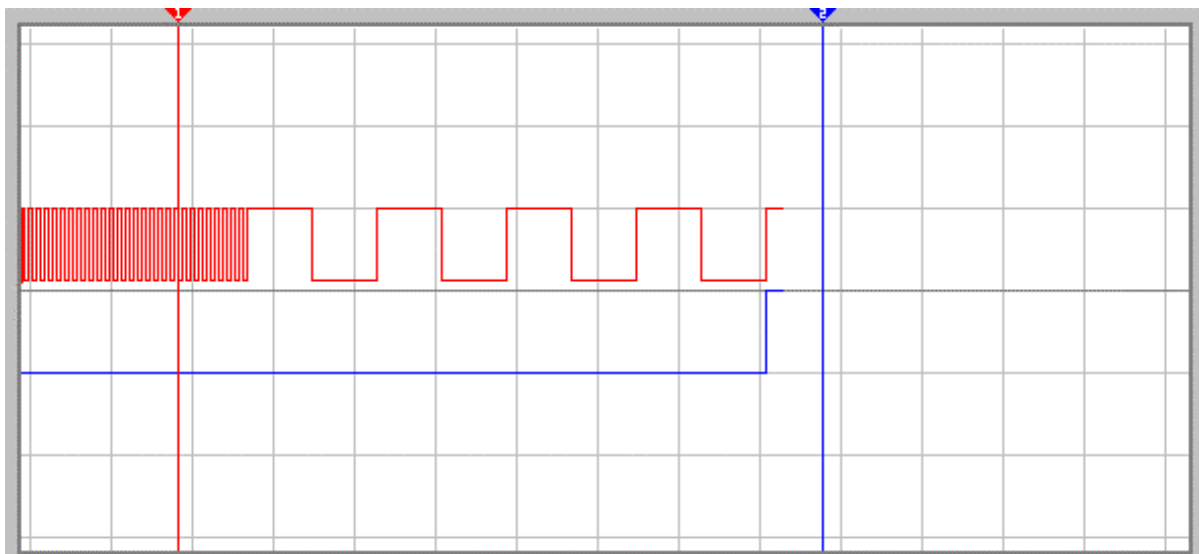


Рис. 64. Осциллограмма полного информационного сигнала.

Ниже (рис. 65) приведена исправленная схема датчика, формирователя и передатчика, соответствующая рис. 58. Исправление изменило и порядок подачи импульсов сигнала «Передача» по отношению к началу подсчета этих импульсов.

Измененные соединения: вывод 12 DD2.4 соединен теперь с выводом 3 DD3.1; вывод 5 DD2.2 соединен с выводом 11 DD3.2; вывод 13 DD3.2 с выводом 11 DD1.2.

Заметки на полях:

Во многом налаживание устройств и поиск неисправностей - два названия одного и того же. Очень интересный, на мой взгляд, подход к этому описывает Роберт Трейстер в своей книге «Радиолюбительские схемы на ИС типа 555». Автор предлагает шесть этапов процедуры поиска и устранения неисправностей, которые мне хотелось бы привести:

- 1. Выявление признаков неисправности.*
- 2. Углубленный анализ признака неисправности.*
- 3. Составление перечня возможных неисправных функций.*
- 4. Локализация неисправной функции.*
- 5. Локализация неисправности в схеме.*
- 6. Анализ отказов.*

Простой перечень не дает, конечно, полного представления о предлагаемом подходе, поэтому очень рекомендую прочитать всю главу, которая так и называется «Поиск и устранение неисправностей». К слову, в книге можно найти много интересного и в других главах.

Мне же хотелось обратить ваше внимание на то, что вооруженные данной методикой, вы можете чувствовать себя значительно увереннее. И, главное, не только при работе с электроникой.

Не те ли этапы вы пройдете при решении любых проблем, возникающих в вашей работе? В этом смысле, увлечение электроникой, как занятие для отдыха, хороший полигон для овладения навыками, полезными в других областях деятельности. Если, конечно, целью вы ставите процесс, а не результат процесса. Я поясню.

Многие, занимаясь в свободное время созданием электронных устройств или их ремонтом, ощущают глубокую неудовлетворенность в случае неудачи. Их огорчают устройства, которые не хотят работать, хотя авторы утверждают, что устройства прекрасно работают. Их обескураживает, что бытовая техника, которая работала плохо до их вмешательства, после значительных усилий с их стороны по восстановлению, совсем перестает работать. Их раздражает необходимость применять в своих опытах приборы, работа с которыми требует изучения, как самих приборов, так и результатов, получаемых с их помощью. Для таких людей целью есть и остается иметь работающее изделие, как если бы это было их профессиональной деятельностью. При том у многих из них, среди тех, с кем мне приходилось встречаться, и природный дар, и знания, и опыт. Меня не удивило бы, если б они сменили профессию и достигли вершин в новом выборе. Но, что меня удивляет, так их непонимание преимуществ, которые они обретут перед профессионалами, если сменяют цель - не результат, а процесс. Осуществляя его без спешки, без ощущения на затылке горячего дыхания необходимости, вы в любой момент можете сказать себе: «Стоп. Это уже не приносит мне удовлетворения. Пора поискать, что-то другое».

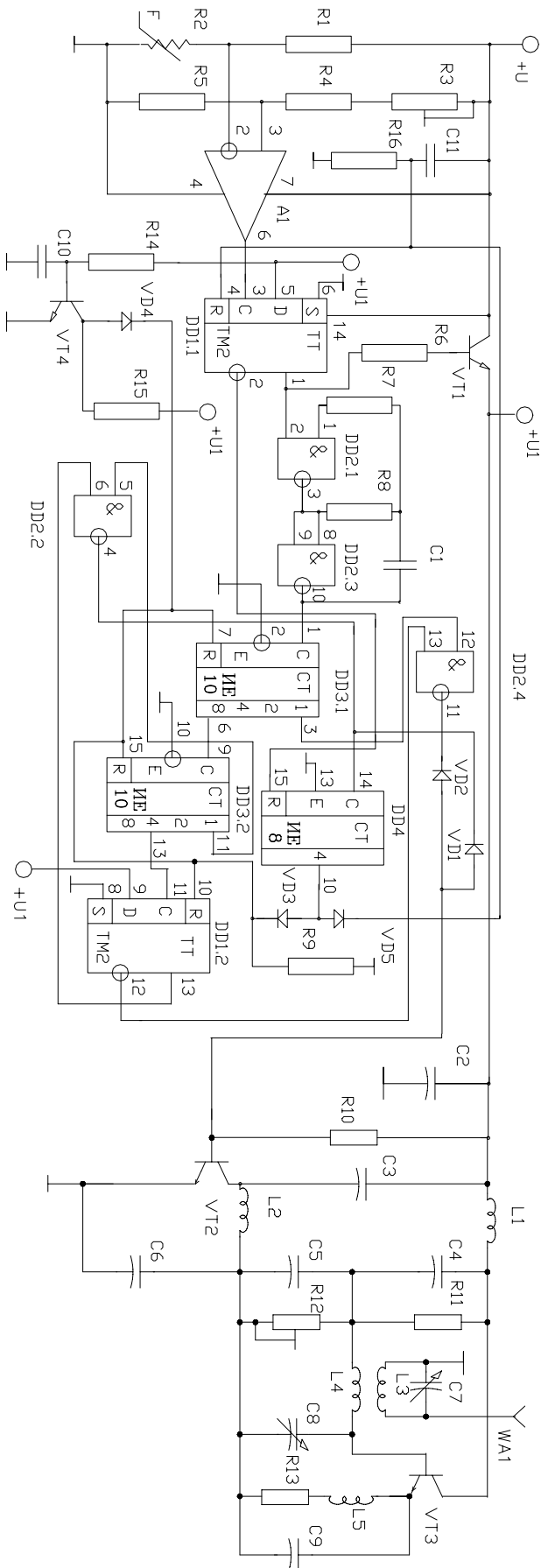


Рис. 65. Исправленная схема датчика, формирователя и передатчика.

Произведя изменения в схеме формирования сигналов передатчика, следует изменить и схему дешифратора у приемного устройства. Как и в случае формирователя сигналов, в дешифраторе могли появиться аналогичные ошибки - схемы идентичны, и следует проверить, правильно ли происходит подсчет количества импульсов.

На рис. 66 показана осциллограмма исправленного дешифратора, где нижний луч показывает сигнал на тактовом входе триггера DD3.2 (вывод 11 на схеме рис. 59). Этим сигналом разрешается считывание сигнала «Номер». На осциллограмме видно, что фронт сигнала переписи в триггер, переключающий дешифратор на обработку сигнала «Номер», приходит после прохождения 28 импульсов сигнала инициализации «Передача».

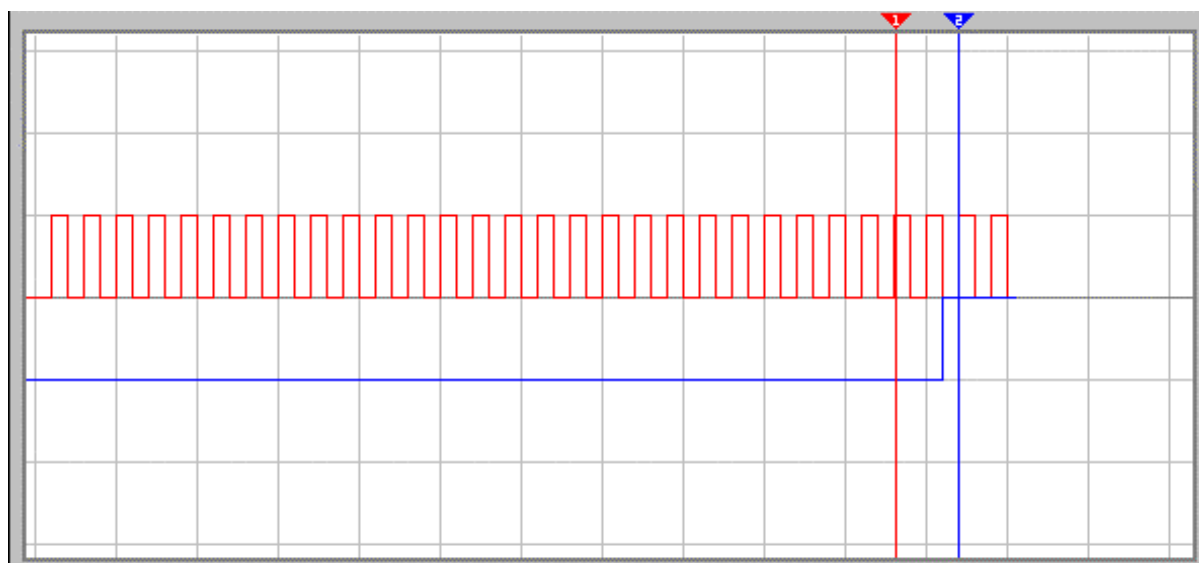
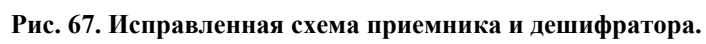


Рис. 66. Осциллограмма сигналов исправленного дешифратора.

Ниже (на рис. 67) приведена исправленная схема приемного устройства, которая соответствует схеме рис. 59. Измененные соединения: вывод 5 DD1.1 соединен со счетным входом следующего счетчика (вывод 9 DD1.2); вывод 13 DD1.2 соединен с тактовым входом триггера DD3.2 (вывод 11).



Если бы формирователь точкой соединения диодов VD1-VD2 (рис. 65) и резистора R10 соединить с дешифратором (вывод 1 DD1.1, рис. 67), то понадобилось бы инвертирование сигналов. Но наличие каскадов низкочастотного усиления в приемнике сделало дополнительный инвертор лишним.

На примере ошибок, которые могут появиться при разработке, становится ясно, что после создания схемы на бумаге, после ее макетирования следует проверить все соединения и отладить устройство.

Хорошо оснащенная лаборатория предоставляет все необходимое. Например, приведенные выше осциллограммы могут быть получены осциллографом с цифровой памятью. А что делать, если в вашем распоряжении обычный осциллограф?

Длительность сформированных импульсов невелика, а следуют они редко - их трудно увидеть на экране обычного осциллографа, даже пользуясь режимом поиска коротких импульсов. Чтобы их сделать видимыми, следует «зациклить» эту последовательность: если вывод диода (рис. 65) VD5, идущий к выводу 4 DD1.1, от этого вывода отсоединить, то после переписи логической «1» с D-входа триггера DD1.1 на его прямой выход, что соответствует срабатыванию датчика, схема формирования сигналов «Передача» и «Номер» должна работать в бесконечном цикле. Теперь можно синхронизировать осциллограф, в режиме внешней синхронизации, импульсом сброса (вывод 4 микросхемы DD4) и просмотреть на экране осциллографа всю последовательность формируемых импульсов. Для того, чтобы увидеть, скажем, точку смены импульсов сигнала «Передача» импульсами сигнала «Номер», можно уменьшить количество более коротких импульсов сигнала «Передача», перепаяв вывод 9 DD3.2 на вывод 4 DD3.1.

Всякий раз, когда приходится рассматривать аналогичные последовательности на экране обычного (не запоминающего) осциллографа, их необходимо перевести в режим бесконечного цикла, выбрать подходящий импульс для синхронизации осциллографа и исследовать интересные детали.

Как подойти к наладке схемы, если в домашней лаборатории нет осциллографа?

В этом случае единственный путь, который не дает полной уверенности в результатах, внимательнейшим образом провести анализ всех этапов работы схемы перед ее первым включением. Затем изменить частоту тактового генератора (в схеме на рис. 65 это DD2.1, DD2.3), сделав ее очень низкой, к примеру, 1 Гц, временно заменив конденсатор C1 на неполярный емкостью в 160 тысяч раз большей, и отследить значения сигналов с помощью мультиметра и логического пробника на всех значимых выводах микросхем (в нашем примере, рис. 58, вы заметили бы, что импульсов сигнала «Передача» не 24, а 23), и вновь тщательно все проанализировать. Я уже говорил, что настройка схем без приборов, очень трудоемка, но тем приятнее победы, добавок ничто не мешает сделать некоторые приборы своими руками.

Прием понижения частоты тактового генератора, вплоть до ручной подачи единичных импульсов, можно применить и при налаживании микропроцессорной части устройств в отсутствие приборов, но только тогда, когда программа не использует динамическую оперативную память - последняя требует очень частой регенерации (или схему регенерации следует сделать отдельно и подключить на время налаживания),

осуществляемой либо самим процессором, либо устройством, использующим общий тактовый генератор, частота которого должна быть высокой.

Для тех, кого весь разговор об ошибках мог излишне напугать, я хотел бы сказать, что, скорее всего, схемы работают и потребуют не больше усилий по наладке, чем любые другие.

Что же до концептуальных ошибок, то о них мне хотелось бы поговорить в следующей главе, которую я назвал «А если бы мы ...»

Место для заметок при первом чтении.

«А если бы мы везли патроны?»

Если бы разработка была профессиональной, то, что изменилось бы?

Во-первых, профессиональная разработка отличается документацией. Есть определенный стандартный набор документов, который начинает, сопровождает и заканчивает разработку. Один из первых документов - техническое задание, в котором, по меньшей мере, описаны все претензии к устройству, как в функциональном плане, так и в плане климатических требований, требований по устойчивости к механическим воздействиям, надежности и т.д., и т.п.

Поскольку формальные вопросы разработки не входят в предмет нашего рассмотрения, покончим на этом с документацией, хотя нечто похожее на техническое задание мы осуществили в самом начале проекта.

Что еще, кроме формальностей, связанных с документацией, отличает профессиональную разработку, от того, что мы сделали?

В первую очередь, любая профессиональная разработка базируется на типовых решениях, ранее проделанной работе, на тех устройствах, которые разрабатывались предприятием, а затем изготавливались. Если можно использовать их, их следует непременно использовать. Причина подобного подхода в том, что предыдущие разработки уже многократно проверены, как в процессе подготовки к производству, так и при реальной эксплуатации. Все недостатки, которые выявились в процессе эксплуатации, тщательно анализировались, ошибки устранялись.

Если в процессе создания нового устройства приходится разрабатывать некоторую часть, которая ранее не разрабатывалась предприятием, то в первую очередь следует узнать, кто разрабатывал подобные устройства, и воспользоваться их опытом разработки, в частности, купив готовые модули, которые и использовать в своей работе.

Этот аспект мы учли, используя в разработке все то, что наработали ранее.

Еще одно, что необходимо учесть, начиная разработку. Любому устройству можно сопоставить некоторый набор свойств. В зависимости от реальных условий функционирования этот набор свойств может оказаться как избыточным, так и недостаточным. Кроме того, придет время, когда на смену этому устройству придет другое. Поэтому на стадии разработки следует заложить и вариантность, и способность устройства к эволюции.

В какой-то мере мы учли это, используя микроконтроллер для обработки событий. Изменяя программу, мы можем получить новые функции, которых устройство не имело, а, выполнив контроллер на отдельной плате, мы подготовили его для использования в других устройствах. Однако тормозом для этого может стать информационное табло, не имеющее достаточной гибкости при использовании вне конкретного устройства. Можно было бы использовать другие индикаторы или дисплей, для отображения информации, что сделало бы модуль значительно более гибким, но это могло бы стать и причиной значительного удорожания устройства. Такого рода аспекты следует учитывать и тщательно просчитывать.

Теперь мне хотелось бы обсудить, все ли возможности элементной базы были использованы в полной мере и нет ли лишнего в схемных решениях.

Хотя вопрос о конкретных схемных решениях достаточно спорный, но, в принципе, следовало бы подумать о последовательном порте, который имеет микроконтроллер 8051, и который предназначен для обмена информацией с другими устройствами.

Кроме того, как это говорилось при обсуждении разработки, вполне оправданным было бы применение в качестве датчиков самых простых, а значит и самых дешевых, контактных датчиков. Их вполне хватило бы для решения задач, стоящих перед устройством. При использовании порта P1, как это имеет место, контактные датчики могли бы быть подключены непосредственно к порту, если при этом отказаться от радиоканала, что выглядит достаточно привлекательно, хотя при этом потребовалось бы соединять проводами датчики и информационное табло. Но к достоинствам такого решения следует отнести простоту эксплуатации датчиков. Для проверки их работы достаточно очень простого прибора или устройства, и специалиста низкой квалификации. Тогда, как для проверки примененных датчиков, потребуется более сложная аппаратура, специально изготовленная или общего применения, и более высокая квалификация обслуживающего персонала.

Кроме того, выбрав соединение проводами датчиков и контроллера, мы отказываемся от использования аккумуляторов, которые, сами по себе, требуют квалифицированного обслуживания.

Я думаю, что нет необходимости говорить о том, что при профессиональной разработке следует изменить рабочую частоту радиоканала, что приведет к необходимости замены передатчика и приемника другими. Хотя даже и без изменения частоты профессиональный подход к передатчику и приемнику потребовал бы их изменения, как об этом говорилось в разделах, посвященных этим темам. В частности следовало бы применить частотную модуляцию или другой, более стойкий к воздействию помех, вид модуляции.

Не самым лучшим образом выбран формат передачи данных. Конечно, следовало применить стандартный формат последовательной передачи данных, и тщательнее продумать формирователи импульсов.

И еще. Поскольку основу устройства составляют цифровые микросхемы, желательно избежать использования аналоговых, если это возможно.

Дело в том, что цифровая техника имеет великолепное свойство - правильно разработанные и собранные устройства не нуждаются в наладке. А операция наладки при производстве может стать как причиной снижения качества изделия, при недобросовестной или низко технологичной наладке, так и значительного его удорожания.

Если можно избежать смешивания цифровых и аналоговых элементов в одном устройстве, то это следует сделать. По концепции работы всего изделия, которую мы выдвинули в качестве задания, все элементы устройства могут работать как цифровые, поскольку датчики выдают информацию лишь о двух состояниях - сработал, не сработал. Т.е. все устройство выглядит как цифровое. Как цифровое его и следует разрабатывать.

Хотя, конечно, это можно считать и спорным вопросом.

Есть еще одна особенность устройств, подобных разработанному нами. Мы не рассматривали возможность того, что из шести включенных в работу датчиков, два, или больше, сработают одновременно. Можно, конечно, прикинуть вероятность этого события

и увидеть, что она очень мала. Можно оценить последствия сбоя, вызванного одновременным срабатыванием двух датчиков, как незначительные. Однако в профессиональной практике при возможности одновременного срабатывания двух устройств, каждое из которых обращается к центральному процессору для обработки события, стараются предусмотреть механизм организации очереди на обслуживание.

Теперь, резюмируя сказанное, посмотрим, каким могло быть устройство, «если бы мы везли патроны».

При небольшом количестве необходимых датчиков (до 16), предполагаются контактные датчики. Мы используем порты контроллера для образования матрицы сканирования (4x4). Опрос состояния датчиков будем осуществлять по прерыванию от внутреннего таймера микроконтроллера. Оставшиеся входы-выходы портов используем для организации более гибкого информационного табло. Последовательный порт можно использовать для связи с локальной сетью для обмена данными поддерживающими работу склада, бухгалтерии, службы маркетинга и управления. Такая модель может быть предложена для небольших магазинов.

Для развития модели в расчете на большие магазины можно было бы использовать мультиплексирование линий датчиков с подачей информации на ту же матрицу опроса. Потребовалось бы изменение программного обеспечения, без существенных изменений аппаратной части устройства.

Но это, конечно, уже совсем другое устройство, совсем другая разработка.

Вот, что бы было, «если бы мы везли патроны».

Полагаю, теперь ясно, к чему я клоню. Стремление к профессионализму в значительной мере равнозначно самоограничению и смене цели, о чем мы говорили ранее.

Более жесткие требования, больше консерватизма, больше требований в отношении модификации, ограничивающих выбор и заставляющих больше думать не о своих интересах, а об интересах производства, об интересах потребителей и т.д.

Мне кажется, что от профессионалов следует безусловно принять два момента - жесткие требования правил безопасности при работе с электрическими устройствами и стремление как можно больше знать о предмете. Во всем остальном следует воспользоваться теми преимуществами, которые дает непрофессиональный подход.

Измерительные приборы

Передо мной два старых каталога контрольно-измерительных приборов фирмы «Филипс». Первый датирован 1978/79 годом, второй выпущен десятью годами позже. Оба каталога открываются разделом, посвященным осциллографам. Возможно, это случайно, возможно нет, но я тоже хотел бы начать разговор с осциллографа.

Осциллограф очень полезный универсальный прибор, необходимый во многих экспериментах в области электроники. И хотя любительская литература изобилует описаниями любительских осциллографов, на мой взгляд, гораздо разумнее приобрести его. Благо сегодня вполне достойный внимания профессиональный осциллограф можно найти на радио рынке по доступной, как это принято сейчас говорить, цене. А если финансовые проблемы для вас не начинаются даже с цен на престижные автомобили, то сегодня можно найти, я полагаю, и просто-таки великолепные образцы осциллографов. Моя уверенность базируется не только на пристрастии к измерительной аппаратуре, но на том, что я вижу, раскрывая каталоги десяти- и, даже, двадцатилетней давности.

Вот, к примеру, чем могла порадовать фирма «Филипс» более двадцати лет назад.

Модель РМ3262: двухканальный осциллограф с электронным коммутатором и полосой пропускания до 100 МГц, есть возможность наблюдать запускающий сигнал по третьему каналу. Вес прибора всего 0.6 кг. При полосе пропускания в 35 МГц чувствительность вертикального канала 2 мВ/деление. Весь спектр возможностей синхронизации с частотой синхронизации свыше 200 МГц. Размер экрана 8х10 см.

С фотографии на меня смотрит маленькое чудо в приятных коричневых тонах с элегантно подтененными ручками переключателей и сияющими разъемами входов.

Мне довольно долго довелось пользоваться отечественным осциллографом С1-114 со встроенным мультиметром. Прибор того же класса, дополненный восьмиканальным коммутатором, не менее элегантный, он много раз выручал меня, показывая огрехи в электронных устройствах «воочию».

Чем же хорош осциллограф? Во-первых, это действительно сегодня универсальный прибор. Многие модели имеют встроенный мультиметр, некоторые имеют функции курсора. Есть запоминающие осциллографы, что важно при исследовании быстро протекающих процессов (или редких одиночных сигналов), которые можно запомнить, а затем многократно воспроизводить и методично изучать.

Если взять любую из схем, описанных выше, то для меня нет сомнений, самый быстрый и простой способ заставить ее работать - включить осциллограф и посмотреть, что происходит с сигналами схемы.

Вот другой прибор фирмы «Филипс»: выполненный в серых тонах, с голубым экраном, он не только красив, но и может помнить об этом в памяти емкостью 4 КБайт. Это модель 88/89 года. А вот бело-голубой красавец фирмы «Кенвуд», выводящий на экран все параметры сигнала, лежащего под курсором. Верхняя частота - 40 МГц,

чувствительность канала вертикального отклонения 1 мВ/деление. Точность измерения - 3%, что близко к точности измерения тестера вполне приличного класса.

Нет, что ни говорите, а приборы красивые.

Если у вас нет осциллографа, но вы решили непременно им обзавестись, на что следует обратить внимание при выборе модели?

Посмотрим, что говорит по этому поводу Майк Тули в своей книге «Справочное пособие по цифровой электронике»:

«При покупке осциллографа нужно учитывать не только его стоимость.

Желательно, чтобы выбранный Вами прибор прослужил как можно дольше».

Конечно, он имеет в виду не прочность. Широкая полоса пропускания прибора и высокая чувствительность канала вертикального отклонения - гарантия того, что вы сможете использовать осциллограф во всех своих экспериментах с пользой для себя. Однако, выбирая высокую верхнюю граничную частоту, не стоит забывать и о медленных процессах, с которыми, возможно, придется столкнуться. При этом если осциллограф не имеет функции запоминания, то хорошо иметь развертку 1 - 0.5 сек/деление.

Обязательно посмотрите, чтобы при максимальной яркости изображение хорошо фокусировалось. Некоторые модели имеют расширители развертки, что важно для просмотра коротких сигналов, тогда как на стоимость прибора эта возможность, практически, не влияет. Почти все современные осциллографы имеют встроенные калибраторы. Это превращает их из средства наблюдения за сигналами в средство измерения параметров сигналов с хорошей точностью, достаточной почти во всех практических случаях.

Хороший осциллограф снабжен большим количеством вспомогательных приспособлений. Я упоминал, что отечественный осциллограф С1-114 (в одной из модификаций) имеет встроенный мультиметр. Но, кроме того, он имеет датчик температуры, и мультиметр работает как хороший цифровой термометр. Он имеет восьмиканальный (цифровой) коммутатор, и многие цифровые устройства в своей работе будут для вас значительно более понятны, если вы увидите одновременно сигналы в разных их точках. Двухканальный, этот осциллограф позволяет вам проследить, как меняется фаза выходного сигнала усилителя при изменении частоты. Становится понятнее, почему отрицательная обратная связь, улучшающая все параметры вашего усилителя, вдруг превращается из друга в злейшего врага, сжигая выходные транзисторы и «утомляя» блок питания.

Завершая рекомендации по приобретению осциллографа, я хотел бы предостеречь от двух вещей. Первая - «самый лучший». Самый лучший осциллограф тот, который помог вам в вашей работе. Я по сей день часто пользуюсь любительским (правда, его еще называли сервисным) осциллографом С1-94 и очень благодарен как ему, так и людям его создавшим. Хотя по современным меркам его параметры устарели, он, к примеру, много помог (а точнее, без него и ничего не вышло бы) мне в восстановлении компьютера моего сына «Синклер», когда на плату процессора вместо пяти вольт питания попало 20 вольт очень пульсирующего напряжения. Легкий и небольшой по размерам, он ни раз выручал меня, когда приходилось разбираться с какими-то электронными «заморочками» далеко от рабочего места, и, надо отдать ему должное, за двадцать лет (примерно) владения им я лишь однажды занимался его ремонтом.

Проиллюстрировать проблему синдрома «самый лучший» я могу на примере собственных советов по приобретению компьютера. Когда меня спрашивают, какой

компьютер следует приобрести, я отвечаю: «В зависимости от твоих финансовых возможностей, бери тот, что лучше всего может решить те задачи, которые перед тобой стоят. Не пытайся купить самый лучший компьютер, поскольку, купив «самый», ты привезешь домой уже устаревший - за время твоей поездки появится «самый-самый».

Еще момент, который может сильно повлиять на ваше решение по приобретению осциллографа - его стоимость. Когда лет 20 назад я сам решал проблему покупки осциллографа, его невысокая, в общем-то, цена напугала меня в достаточной мере. Помогло одно нехитрое соображение - я покупаю вещь, которая прослужит мне, по меньшей мере, лет пять. Если поделить стоимость осциллографа на эти пять лет, то в год выходит не так уж и много. Во всяком случае, не намного больше, чем я трачу на сигареты, а ведь пользы от осциллографа будет несравнимо больше.

Так что, если вы не имеете осциллографа, но можете позволить себе купить его, купите его.

Означает ли все выше сказанное, что без осциллографа нельзя настроить ни одной схемы, нельзя реализовать ни одной своей задумки?

Нет. Не означает. Можно и без осциллографа сделать очень многое. Для этого достаточно иметь значительно более дешевый прибор - авометр (тестер).

Лучше, правда, иметь мультиметр. К своему стыду я плохо знаю, в чем разница в этих двух названиях. Быть может, авометр подразумевает измерение только тока, напряжения и сопротивления, тогда как мультиметр может попутно измерять параметры транзисторов, величину емкости конденсаторов или температуру? Лично я под мультиметром, выше и далее, буду подразумевать хороший прибор, который появился в продаже не так давно - цифровой измеритель тока, напряжения, сопротивления. Если у вас есть такой прибор, то, как и в случае с осциллографом, не спешите его менять на «самый». Сегодня, предлагаемый в магазинах дешевый цифровой мультиметр, имеет класс точности достаточный для построения других измерительных приборов. Он пригоден для проведения измерений, способных решать концептуальные вопросы, а не только практические. Это хороший и удобный прибор. Конечно, если вы не столь ограничены в средствах, то можно поискать аналогичные приборы, но имеющие не три с половиной разряда (имеется в виду, что при измерении у вас три значащие цифры меняются от 0 до 9, а четвертая либо не горит, либо показывает 1) и даже не четыре с половиной, а замахнуться на большую разрядность мультиметра. Скорее всего, это приведет к повышению класса точности прибора, если для вас это может быть важно, и расширению его функциональных возможностей. Так мультиметр той же фирмы «Филипс» РМ 2718 по каталогу 1989 года имеет точность при измерении постоянного напряжения 0.04%. А «большой» мультиметр 8840 0.003%.

Хороший цифровой прибор выпускала отечественная промышленность - «Электроника ММЦ - 01». Высокая точность и много пределов измерений, как на постоянном, так и на переменном токе.

О чем, как мне кажется, следует подумать в первую очередь, выбирая мультиметр? О возможности измерения и постоянного, и переменного тока (и напряжения) в широких пределах. При этом класса точность 2.5 - 4 вполне достаточно для практических измерений. Если вы окажетесь перед выбором, что взять - авометр, измеряющий на десяти пределах ток и напряжение обоих видов, но класса 2.5 или мультиметр, измеряющий постоянный ток, но не измеряющий переменный, а при измерении переменного

напряжения имеющий всего два предела, то, если характер ваших интересов не диктует обратного, подумайте о выборе авометра.

Каким быть вашему мультиметру - стрелочным или цифровым?

Вообще-то это - дело вкуса. Во-первых, цифровой прибор не заставляет вас затрудняться с прочтыванием значения измеренной величины. Но, во-вторых, увы, порой, заставляет. Я поясню. Вы измеряете напряжение батарейки вашего плеера. Цифровой мультиметр показывает 1.457 вольт. И вам надо перевести это в значение 1.5 вольта, поскольку вас интересует одно - есть ли там положенные «вольты» или батарейка совсем разряжена. Еще больше вас затруднит, если, показав 1.457 вольт, ваш честный цифровой мультиметр покажет тут же (как говорят, «не отходя от кассы») 1.456 вольт, а затем 1.458. Такое с ними, иногда, бывает. Иногда бывает и хуже, когда измеряемая величина колеблется в более широких пределах. Стрелочный прибор при тех же замерах показывает постоянное значение. Должно ли это разочаровывать? Не думаю. Все это не более чем вопрос привычки. Поэтому на первое место я бы вынес вопрос о достаточном количестве пределов измерений и измеряемых параметров.

Кстати, многие мультиметры, имеющиеся сегодня в продаже, оснащены «пищалкой», работающей на первом (самые малые значения) пределе измерения сопротивления. Я считаю это очень удобной добавкой. Удобной, когда вам приходится просматривать схему соединений, разбираясь с каким-нибудь электронным устройством, схемы которого у вас нет. Вы рисуете (мысленно вначале, позже и на бумаге) функциональные узлы, основываясь на своих догадках, «прозваниваете» цепи соединения многочисленных компонент, соотносясь со своим представлением, и видеть точные значения в этот момент вам совершенно не важно. Зато важно проследить, чтобы щупы не скользнули, закоротив соседние выводы какой-нибудь микросхемы, имеющей 40-60 выводов, или, соскользнув с измеряемого вывода, не ввели вас в заблуждение. Любой же поворот головы, и даже перемещение взгляда, чреваты именно такими последствиями. Здесь «пищалка» - незаменимый помощник. То, что называют «пустячок, но приятно».

Если от осциллографа, по причине его достаточно высокой стоимости, вы можете отказаться, то тестер (авометр, мультиметр), сообразуя его покупку с наличествующими свободными деньгами, я вам советую иметь обязательно.

Сущность работы с электроникой во многом можно свести к измерениям разного рода электрических величин, с целью проверки соответствия расчетных и реальных значений, ожидаемых и получаемых, прописанных в схеме или таблице, и имеющихся в наличии.

Измерять, так измерять!

Какие еще радостные или грустные мысли навеяли на меня старенькие каталоги?

Вот радостные.

Раздел генераторов. Функциональные генераторы.

Очень мне нравится идея иметь в одном генераторе и синусоидальный, и треугольный, и прямоугольный сигналы. Да еще и синусоидальный сигнал имеет нелинейные искажения 0.35% в полосе частот 1 Гц - 200 кГц. Этого вполне достаточно для многих измерений. А полная полоса частот 0.1 мГц - 50 МГц (Модель РМ5192), да еще и с модуляцией. Приятно.

А грустно оттого, что мало, чья домашняя лаборатория может похвастаться таким прибором.

В вашей практике может понадобиться множество других приборов: частотомер, измеритель индуктивности и емкости, генератор телевизионного сигнала, логический анализатор, измеритель нелинейных искажений, измеритель параметров транзисторов, измеритель спектра... для продолжения списка достаточно открыть справочник по измерительным приборам. Если ваши финансы могут выдержать подобный напор, то эти проблемы отступят. А если не выдержат?

Для домашней лаборатории обязательно следует иметь мультиметр, очень желательно - осциллограф и генератор, возможно, функциональный. С набором этих приборов у вас откроются достаточно большие возможности в части экспериментов, а недостающие приборы можно изготавливать, по мере необходимости, при подготовке очередного проекта. Какие приборы можно изготовить самостоятельно, и какие приборы при этом уже нужно иметь для наладки?

Если вы, вопреки моим советам, решили самостоятельно сделать осциллограф, то...

Если у вас есть компьютер, я советую прежде походить по радио рынку и поспрашивать, нет ли у кого из продавцов приставки для компьютера, позволяющей превратить его в осциллограф. Когда-то многие изготовители электроники для компьютеров предлагали подобные устройства. И, если найдете подходящее, то будете иметь осциллограф с запоминанием, хотя и с ограниченным частотным диапазоном. Не забудьте, только, взять с платой и программу поддержки, иначе вам придется писать ее, и, боюсь, в условиях недостатка информации об устройстве этого «компьютерного осциллографа».

При отсутствии компьютера, или неудаче в поисках платы, превращающей компьютер в осциллограф, я советую взять схему промышленного осциллографа и повторить ее. Дело в том, что схемная разработка для серийного производства ориентирована на многократное повторение без сложной наладки. Достаточно взять элементную базу, указанную в спецификации, и собрать прибор без ошибок, чтобы получить желаемый результат, тогда как в любительских разработках, чаще всего, наилучшие результаты достигаются ценой трудоемкой доводки изделия, а это, в свою очередь, может проявиться в изменении параметров по прошествии некоторого времени и обесценить ваш прибор, как измерительный.

Простой функциональный генератор можно изготовить на базе цифровой микросхемы, более сложный с применением операционных усилителей. Точность и стабильность не будут поражать воображение, но их будет хватать для многих целей. При изготовлении прибора крайне желательно иметь осциллограф, чтобы контролировать форму сигналов.

Ниже приведена схема функционального генератора, которая опубликована в журнале «Радио» №11 за 1980 г. Схема разработана Л. Ануфриевым по заданию редакции. К слову, от многих профессионалов я неоднократно слышал пренебрежительные отзывы о журнале «Радио», к которым никак не могу присоединиться. Лично я всегда с удовольствием листал подшивки журнала разных лет. В какой-то период можно было

купить старые журналы в книжных магазинах, позднее на радио рынке. Как обстоят дела сейчас, не знаю, но если вам встретится подшивка журнала «Радио», думаю, вы не пожалеете, если купите ее. Кстати, схема осциллографа С1-94, если я не ошибся, публиковалась в журналах «Радио» №1 и 2 за 1983г. Схема и рекомендации по налаживанию.

Итак, схема функционального генератора. В целях упрощения, он разработан как генератор дискретных частот, перекрывая диапазон от 20 герц до 150 кГц. В первом поддиапазоне это частоты 20, 27, 36, 47, 63, 84, 112, 150 герц, остальные поддиапазоны в десять, сто и тысячу раз выше.

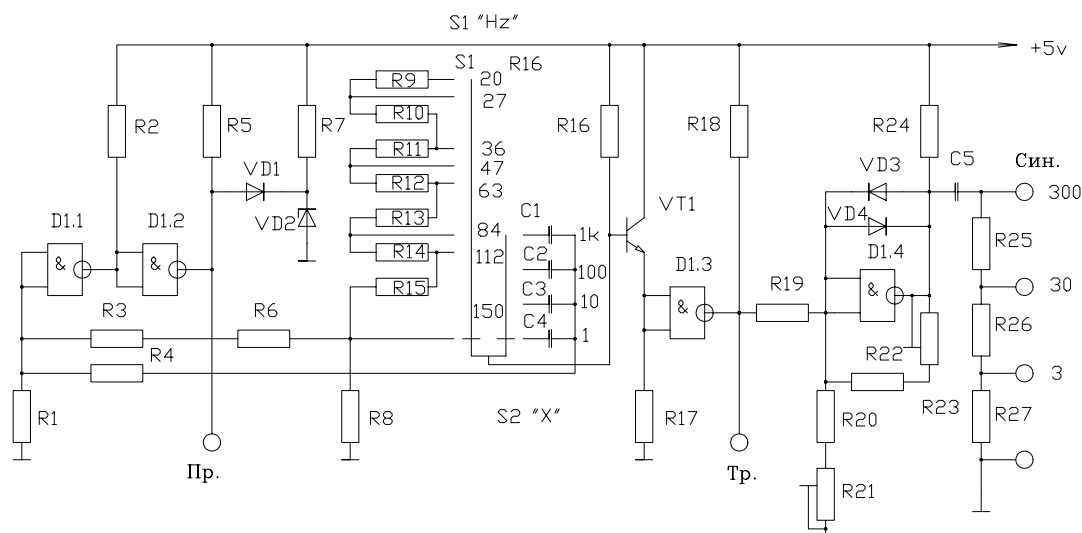


Рис. 68. Схема функционального генератора.

Выходное напряжение синусоидального сигнала 300мВ, 30мВ, 3мВ.

На элементах D1.1 и D1.2 выполнен компаратор. На транзисторе VT1, элементе D1.3 и конденсаторах C1-C4 построен интегратор, а на элементе D1.4 и диодах VD3 и VD4 преобразователь треугольного напряжения в синусоидальное.

Как возникают колебания в генераторе?

Положим, на выходе D1.2 высокий уровень напряжения (переключатели S1 и S2 в положении, показанном на схеме), конденсатор C4 начинает заряжаться через резистор R6 напряжением с выхода D1.2, а напряжение на выходе интегратора начнет линейно спадать. Это напряжение через резистор R4 поступает на вход компаратора, и как только оно достигнет величины 0.5В (определяется сопротивлением R3) компаратор переключится в другое устойчивое состояние с низким уровнем на выходе D1.2. Но напряжение на базе транзистора VT1 выше этого напряжения, что заставит конденсатор C4 разряжаться через резистор R6 и выходное сопротивление элемента D1.2. Напряжение же на выходе интегратора при этом будет линейно нарастать, пока не достигнет величины в 3.7В, при которой компаратор вновь вернется в исходное состояние с высоким уровнем на выходе D1.2, а напряжение на выходе интегратора начнет опять линейно спадать.

Изменяя зарядное сопротивление (R6, R8-R15) или емкость (C1-C4), можно изменять скорость заряда, а, следовательно, и частоту генератора.

Функциональный преобразователь сигнала треугольной формы в синусоидальный - это обычный усилитель на элементе D1.4, охваченный линейной (через R22 и R23) и нелинейной (через VD3 и VD4) обратной связью. Открываясь на вершинах треугольных импульсов, диоды «скругляют» треугольное напряжения, превращая его в близкое к синусоидальному.

Используемые компоненты:

DD1 - K155ЛА8, VT1 - КТ315Б, VD1, VD3, VD4 - КД522А, VD2 - КС133А.

Резисторы МЛТ 0.125Вт, 5%: R1 - 1.3кОм, R2 - 7.5кОм, R3 - 5.6кОм, R4 - 5.1кОм, R5 - 430, R6 - 3.9кОм, R7 - 510, R8 - 27кОм, R9 - 6.8кОм, R10 - 5.1кОм, R11 - 3.9кОм, R12 - 3кОм, R13 - 2.2кОм, R14 - 1.6кОм, R15 - 1.2кОм, R16 - 240кОм, R17 - 1.1кОм, R18 - 390, R19 - 2.4кОм, R20 - 820, R22 - 910, R24 - 1.3кОм, R25 - 8.2кОм, R26 - 820, R27 - 91.

Резисторы СПЗ-1Б: R21 - 1кОм, R23 - 470.

Конденсаторы МБГП, МБМ, КСО, К40П-2 (5%): C1 - 470пФ, C2 - 4700пФ, C3 - 0.047мкФ, C4 - 0.47мкФ.

Конденсатор C5 - 100.0х10В типа К50-3, К50-6.

Переключатели S1 - ПГГ 11П1Н; S2 - ППГ 5П2Н.

Налаживания генератора начинают с проверки напряжения питания, которое должно быть равно 5 вольтам.

Подключив осциллограф к выходу сигнала прямоугольной формы «Пр», устанавливают переключатель S1 в нижнее по схеме положение, соответствующее максимальной частоте, а S2 в среднее. При отсутствии на экране осциллографа прямоугольных колебаний проверяют уровень напряжения на выходе «Тр». Если он низкий (0.2В), то необходимо уменьшить сопротивление резистора R1, если высокий - увеличить. С появлением треугольных импульсов следует отрегулировать резистором R1 их размах от 0.5В до 3.5-3.7В. Симметричности треугольных импульсов добиваются резистором R8. Увеличение этого резистора приводит к увеличению скорости спада треугольного напряжения. При напряжении стабилизации стабилитрона VD2 3В резистор R8 возможно исключить из схемы, а, если симметрии импульсов не удастся добиться, то следует попробовать резистор R8 подключить к положительному полюсу. После симметрирования импульсов на высокой частоте диапазона переключатель S1 следует переключить в верхнее по схеме положение, перейдя на нижние частоты диапазона. Здесь симметрии импульсов добиваются подстройкой резистора R16.

После этого замеряют период треугольных импульсов, который при подключении конденсатора C3 (диапазон «х10») должен быть 5мС (с точностью 10%). Подстройку следует вести резистором R4 - увеличение резистора приводит к увеличению периода и наоборот.

Теперь осциллограф переключают на 300мВ выход синусоидального напряжения и резистором R21 добиваются симметричного ограничения сигнала, а резистором R23 изменяют порог ограничения, добиваясь наилучшей формы сигнала.

Осталось проверить работу генератора на всех диапазонах и всех частотах.

Особенностью выбора ряда частот в пределах диапазона является то, что при построении АЧХ в логарифмическом масштабе (самый удобный, как правило, вариант) расстояние на графике между значениями этих частот одинаково.

Нагрузочная способность выходов прямоугольных и треугольных сигналов невелика. Входное сопротивление подключаемых устройств должно быть не менее 10кОм.

И еще одно, о чем я обещал ранее рассказать в этом разделе.

Я не знаю, придуман ли способ монтажа, который предлагает в своей статье Л. Ануфриев, автором, или нет, но способ монтажа лично мне весьма симпатичен.

В плате, вырезанной из текстолита, гетинакса или стеклотекстолита (без фольги), сверлят отверстия под выводы деталей. Детали устанавливаются на плату и их выводы слегка подгибаются, чтобы детали не выпадали из платы при ее переворачивании. Затем лужеными отрезками голого провода (жилы провода БПВЛ или МГШВ), оборачивая провод один или два раза вокруг вывода детали, проводят все соединения, пропаивая провод на выводах деталей.

Если схема не очень сложная, то таким способом можно соединить все детали. Если же этого не удастся сделать, то часть соединений можно сделать тонким изолированным монтажным проводом (хороший провод марки МГТФ). Плата при этом получается достаточно красивая, а монтаж весьма надежен. При необходимости крепить детали к плате, например, разъемы, можно взять фольгированный материал и вырезать крепежные площадки, удалив остальную фольгу. Такой способ монтажа позволяет быстро собрать схему на плате, не уступающей по плотности монтажа и законченности вида печатной плате. Повторюсь, мне такой способ монтажа весьма по нраву.

Добавлю еще, что развитие схемы этого функционального генератора можно найти в сборнике «Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей».

Заметки на полях:

1. *Схема аналогового функционального генератора, но построенного на микросхеме К176ЛЕ5 или ЛА7 (я полагаю, можно применить и К561ЛА7), приведена в книге В. Л. Шило «Популярные цифровые микросхемы». Мне кажется, было бы интересно один из проектов посвятить исследованию возможной замены микросхемы аналоговой из серии К531 или К1531 с целью повышения верхней граничной частоты, и подумать о введении возможности включения амплитудной модуляции, что могло бы позволить использовать генератор при работе с радиоприемниками.*
2. *Используя принципы построения функционального генератора, можно было бы подумать о разработке генератора кратных синфазных синусоидальных сигналов, т.е. генератора, который вырабатывает кроме основной частоты ряд частот в два, в три, в четыре (и т.д.) раз больше. Положим, используя генератор прямоугольных импульсов, счетчики-делители частоты и формирователи синусоидальных сигналов можно было бы попробовать это осуществить. С таким генератором можно было бы провести ряд экспериментов по прохождению комплекса сигналов через линейные и нелинейные устройства.*

Мультиметр, осциллограф и функциональный генератор составят базу домашней лаборатории. Блок питания лучше купить готовый, или использовать батарейки. Хотя не составляет труда и изготовить блок питания. В любом случае главное, на что следует обратить внимание - правила безопасности при работе с электрическими устройствами. Бытовое напряжение 220 вольт, к которому мы привыкли и, порой, не воспринимаем как угрозу, в любой момент из друга может превратиться во врага. Это следует помнить при

проведении своих экспериментов, которые лучше строить на использовании батарей или аккумуляторов в качестве источников питания.

Однако и аккумуляторы могут стать источником опасности. Автомобильный аккумулятор может отдавать ток порядка 100А, что при коротком замыкании может дать дугу, способную вызвать ожоги кожи и сетчатой оболочки глаз. Поэтому аккумуляторы, применяемые при экспериментах, следует выбирать не столь мощные. Достаточно аккумуляторов от беспроводных телефонов или аналогичных.

Главное правило - вначале сделать все соединения схемы, и только затем, когда схема собрана, измерительные приборы подключены, и все готово к эксперименту, включить питание. Все источники питания должны иметь выключатели, а более мощные (или с большим используемым напряжением), чем батарейки для фонарей, должны иметь предохранители. Если, сняв показания приборов, вы хотите изменить что-либо в схеме, выключите питание, внесите изменения, а затем включите питание. Мой совет, доведите эти действия до полного автоматизма, что избавит вас от возможных неприятностей, какими бы смешными ни показались ваши действия кому-то. Здоровье и жизнь много важнее случайного мнения.

Однако вернемся к измерительным приборам.

Мне хотелось бы рекомендовать схему простого и полезного устройства, которое называется логическим пробником. Дело в том, что при измерении логических уровней в схеме с помощью мультиметра, вы принуждены обращать внимание, хотите вы или нет, на измеряемую величину. При большом количестве измерений это приводит к ненужному утомлению. Логический пробник дает лишь два значения «0» и «1» (третье значение - наличие импульсов), что требует значительно меньше внимания, а, значит, меньше утомляет. Сам пробник может иметь небольшие размеры, определяемые, в основном, удобством работы с ним.

В литературе встречается много разновидностей логических пробников. Приводимая мною схема взята из книги М. Тули «Справочное пособие по цифровой технике». Кстати, там же есть одна интересная схема, которая называется «Звуковой логический индикатор». Прибор предназначен для работы с микропроцессорной техникой.

Итак, логический пробник.

Компоненты.

Резисторы 0.25 Вт, 5%: R1=15 кОм; R2=R3=R8=R9=4.7 кОм; R4=R12=10 кОм; R5=470 кОм; R6=R7=R11=270 Ом; конденсаторы типа КМ: C1=C2=0.1 мкФ; электролитические C3=4.7 мкФ (танталовый, 16 В), C4=10 мкФ (16В); полупроводниковые приборы IC1=LM393 (К1401СА3 отечественный аналог); IC2=555 (КР1006ВИ1 таймер); D1-D3 красный светодиод; D4=1N4001 (КД103, КД226А).

Конструктивно пробник может быть выполнен в виде отдельного блока, имеющего щуп и клипсы, которыми он подключается к питающему напряжению проверяемой схемы (+U, общий провод в схеме рис. 69), или в виде щупа удобного для работы размера и формы. Проверять пробником можно как микросхемы ТТЛ, так и КМОП.

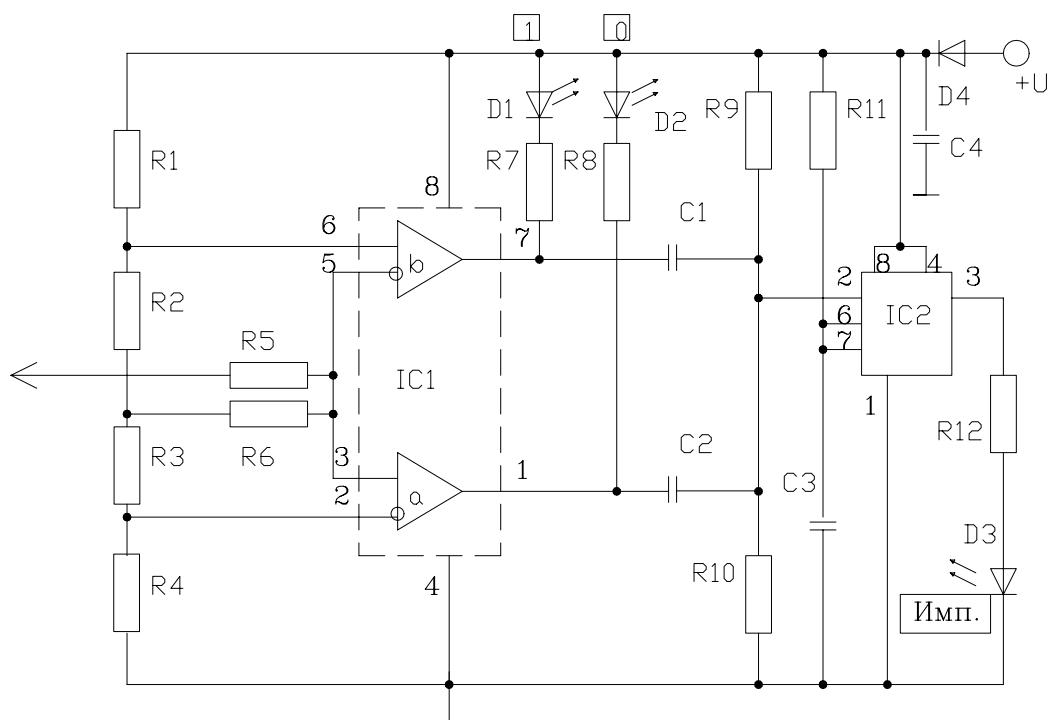


Рис. 69. Схема логического пробника.

Налаживание пробника начинают с касания щупом общего провода. Светодиод D3 («Импульс») должен вспыхнуть один раз, показав изменение логического состояния, а светодиод D2 (логический «0») должен светиться постоянно.

После касания точки +U (положительный полюс питающего напряжения) светодиод D3 должен вспыхнуть один раз, а светодиод D1 светиться постоянно.

Заметки на полях:

Подумайте о том, чтобы вместо (или вместе) световых индикаторов применить звуковые. Скажем, логическому нулю будет соответствовать звук низкого тона, логической единице - высокого, а импульсам - прерывистый. Пробник со звуковой индикацией может оказаться гораздо более удобен в пользовании, чем со световой. При проверке схем, а расстояния между выводами элементов небольшие, стоит чуть отвлечься, щуп соскальзывает. В этой ситуации возможность не переводить взгляд оказывается весьма полезна.

Еще я хочу добавить, что разработка измерительных приборов, а их может в разных экспериментах потребоваться много, одна из интереснейших областей деятельности в электронике. Появление микропроцессоров и однокристальных микроконтроллеров сделало ее еще интереснее и многообразнее.

Место для заметок при первом чтении.

О компьютерах и некоторых программах

При работе над книгой мне представилась возможность воспользоваться некоторыми программами, о которых я хотел бы сказать несколько слов.

Так получилось, что начать работу над книгой мне пришлось за стареньким 386 компьютером с 8 мегабайтами оперативной памяти, с основным «винчестером», имеющим 210 мегабайт, и вторым - 540. Я наметил набросать план работы, после чего сменить компьютер. Что по сегодняшним меркам 8 мегабайт оперативной памяти и 750 мегабайт на «винчестере»?! Но, спустя некоторое время, мне стало интересно, что будет, если продолжить работу, не меняя компьютера? Хватит ли его возможностей для осуществления задуманного, если понадобится включать в книгу схемы, разводку печатных плат, рисунки и т.п.

Первое, что удалось опробовать, это AutoCAD LT версии 1995 года, который я использовал для изображения схем. Они вполне сработались с редактором Microsoft Word, а библиотека электрических компонентов значительно ускорила дело. Конечно, чтобы использовать эту программу, как и редактор, в полной мере, следовало бы предварительно ее освоить, но тот факт, что эта версия была ориентирована на среду Windows 95, значительно упростил освоение программы, в объеме достаточном для активного использования, в процессе работы.

Практически, в каждом проекте есть упоминание текстового редактора и программы, позволяющей рисовать схемы. Если у вас нет других предпочтений, можно использовать то же сочетание, которым представилась возможность воспользоваться мне. Конечно, при условии, что у вас есть компьютер, или вы можете позволить себе приобрести компьютер. При ограниченных финансовых возможностях (но наличии некоторых свободных финансов), я посоветовал бы не отвергать вариант приобретения бывших в употреблении моделей 386DX или 486DX, которые будут стоить много дешевле современных моделей, а по своим возможностям вполне могут вас удовлетворить в качестве средства оформления вашей работы. Рабочий журнал, текущий план и окончательный отчет по проекту со схемами и таблицами вполне можно вести на этих, казалось бы, стареньких моделях. На которых, как я сам убедился, работает и множество интереснейших программ.

Итак, AutoCAD LT.

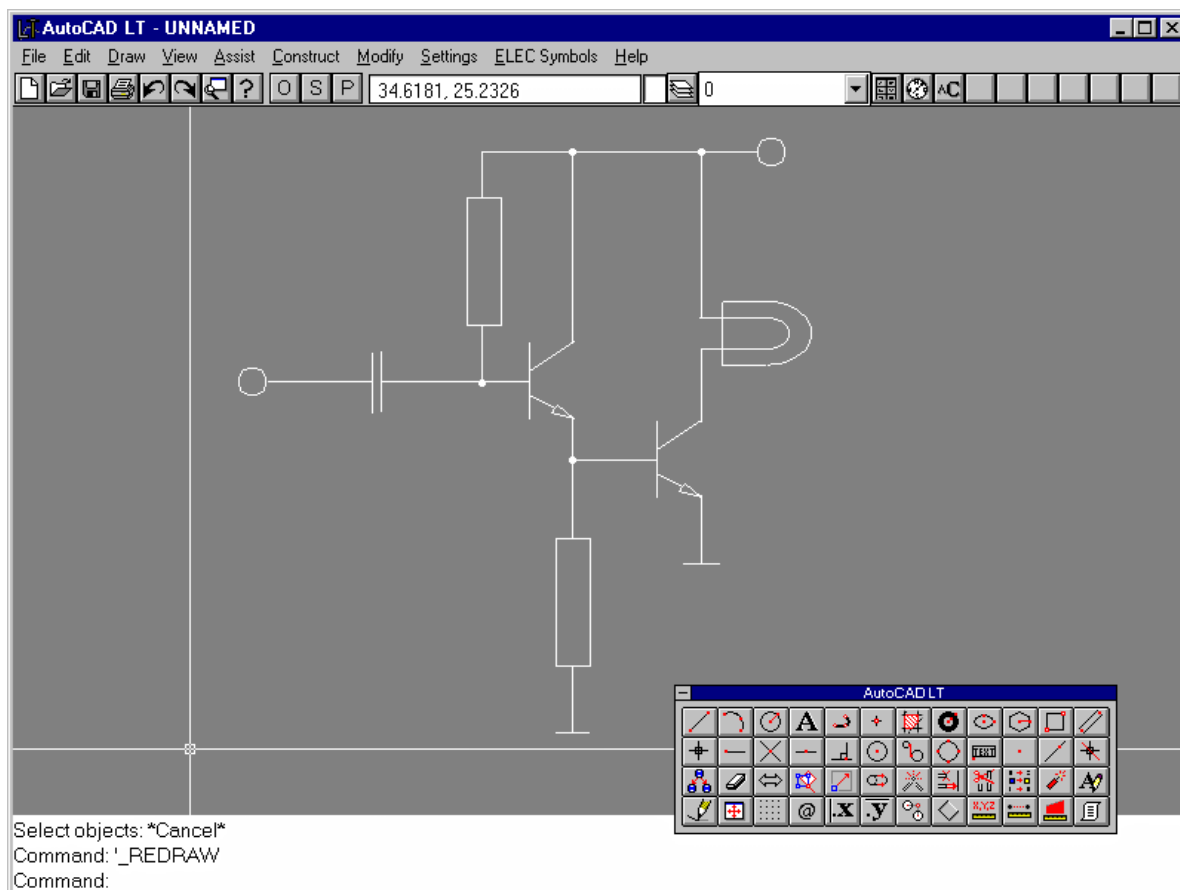


Рис. 70. Основное окно программы AutoCAD LT.

Вот так выглядит окно этой программы. Как вы можете видеть, оно полностью оформлено в стиле Windows 95, что существенно облегчает быстрое вхождение в работу.

При пользовании программой я столкнулся с некоторыми трудностями, которые могут вызвать улыбку у профессионалов, но, думаю, тем, кто, как и я, решит сделать программу инструментом графического оформления своей работы, возможно, окажутся полезны мои советы.

Первое затруднение - как вставить в текст готовую схему, выполненную в AutoCAD. Виной ли тому слабый компьютер, слабое знание Windows или версии программного обеспечения, но это не сразу удалось сделать. Я использовал следующий прием. Делая вставку объекта в Word, выбрав при этом чертеж AutoCAD, в диалоге последнего, в котором запрашивается необходимость использования прототипа, в качестве прототипа я указываю схему, которую необходимо вставить в текст, что позволяет вернуться из AutoCAD в Word со вставкой схемы (в подменю «Файл» AutoCAD используется пункт «Вернуться в редактор Word и обновить текст»).

Следующее, что вызвало у меня затруднение - как в схеме поставить соединение перекрещивающихся проводников. Для этого я советую использовать кольцо (Donut) на панели средств рисования с внутренним диаметром 0.5 и подходящим внешним.

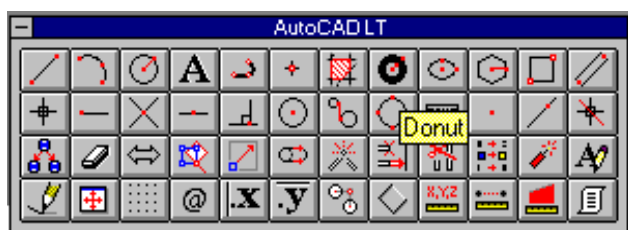


Рис. 71. Кольцо на инструментальной панели AutoCAD.

Третье затруднение возникло тогда, когда схема, которую мне понадобилось вставить в текст, перестала помещаться поперек листа. Для вставки ее на весь лист (вдоль листа), оказалось, достаточно уменьшить схему (Zoom, Scale, 1/4), развернуть ее на 270 градусов (Rotate) и использовать масштаб (Zoom, Window) окна. Все, кроме поворота, в подменю «Вид» (View).

Возможно, были еще затруднения, но сейчас я их не очень припоминаю.

Как правило, схема содержит не так много базовых элементов. Очень часто - это транзистор, резистор и конденсатор. Перед началом создания схемы можно взять эти элементы из библиотеки или нарисовать их. А затем, если вы хорошо представляете композицию схемы, в режиме копирования (Copy), когда будут предложены подрежимы в строке команды (command:), ввести с клавиатуры латинскую букву m (Multiple) «многократно» и расставить нужное количество элементов на пространстве листа. После повторения этой процедуры с остальными базовыми элементами, вам останется соединить их линиями.

Этим же приемом можно воспользоваться при расстановке обозначений схемных элементов. В режиме многократного копирования проставить, к примеру, возле всех резисторов обозначение R1, а затем воспользоваться режимом редактирования текста (Edit_Text) для изменения порядкового номера.

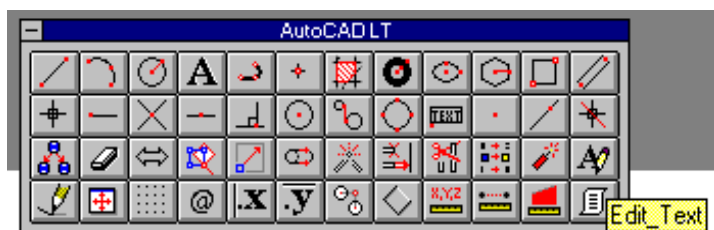


Рис. 72. Кнопка редактирования текста на инструментальной панели.

Вообще, я полагаю, чем больше работаешь с программой, тем больше удобных для себя приемов вырабатывается, из них позже выбираются, те, которые больше нравятся, они и остаются в арсенале личных средств.

Вторая программа, которой мне представилась возможность воспользоваться - это редактор ассемблера и отладчик для микроконтроллера 8051 (отечественный аналог KM1816BE51), они же работают с контроллерами 80251 и 82930.

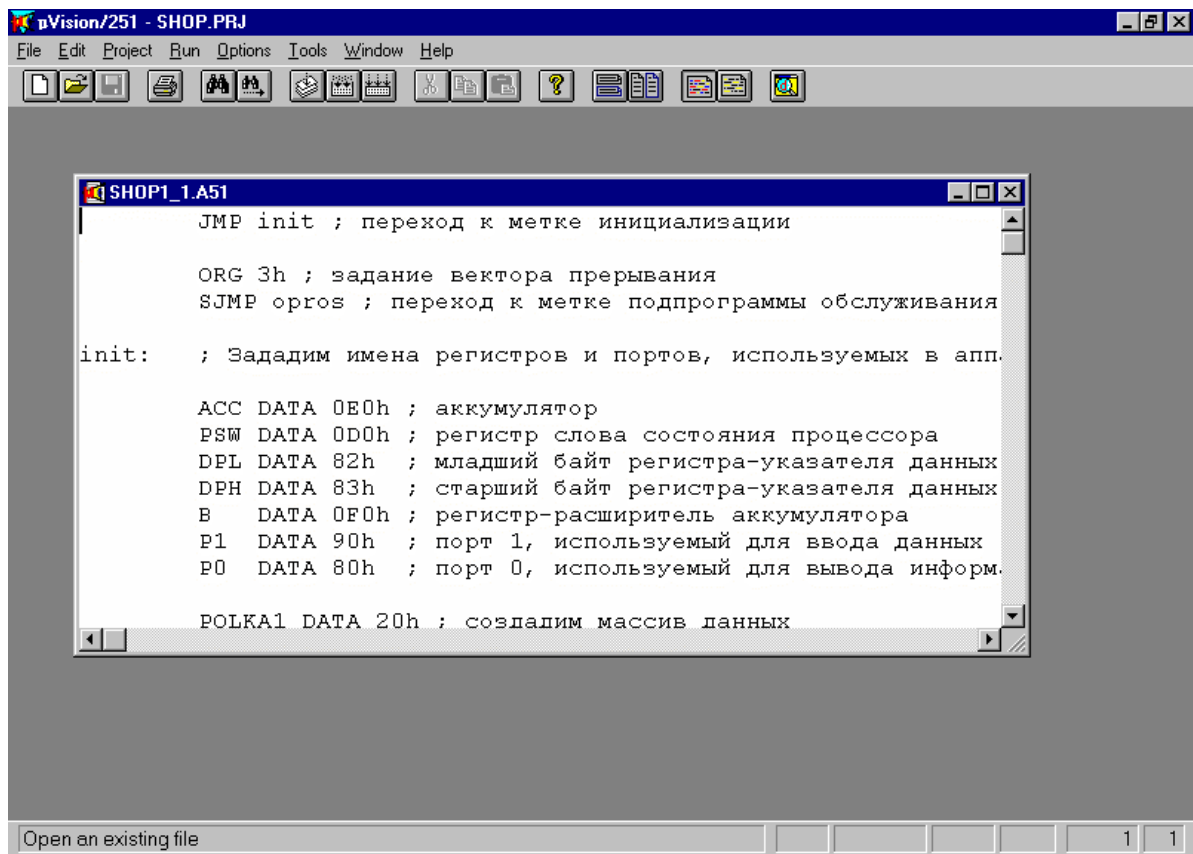


Рис. 73. Основное окно редактора программ для контроллера 8051.

Так выглядит экран редактора µVision/251, произведенного Bitware Inc. and Rainbolt&Associates с компилятором C производства Keil.

Приятная особенность - в редакторе вы можете работать как с ассемблером, так и языком C, что позволяет создавать более сложные программы меньшими усилиями.

Написав программу, вы запускаете ее на трансляцию, при которой отслеживаются как синтаксические ошибки, так и ошибки исполнения. Например, для микроконтроллера 8051 условные переходы вида «Перейти, если результат равен нулю (JZ)» работают только со смещением в диапазоне от - 128 до 127 байт относительно адреса следующей команды. Если в вашей программе это условие будет нарушено, то при трансляции вы получите сообщение об ошибке и должны будете исправить ее.

Получив шестнадцатеричные коды программы, вы прямо из редактора можете перейти к программе отладчика dScore производства фирмы Keil.

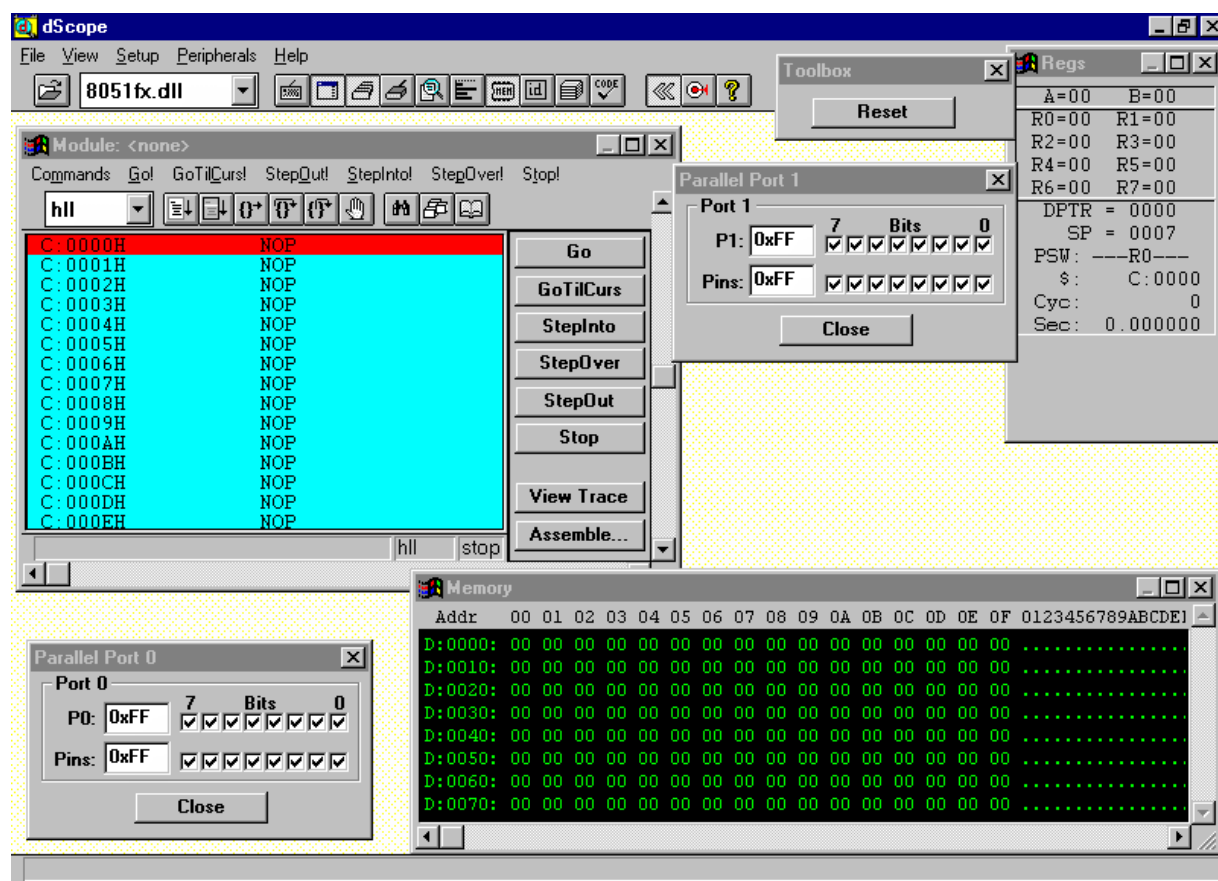


Рис. 74. Отладчик программ для микроконтроллеров.

В отладчике вы можете загрузить свою программу и выполнять ее либо по шагам, либо установив метки останова. При этом вы сможете отслеживать содержимое регистров, внутренней памяти данных, состояние портов ввода-вывода, а состояние портов ввода изменять по ходу программы в соответствии со сценарием работы вашей программы.

Такое удобное программное средство работы с микроконтроллерами позволяет осуществить огромное количество интереснейших проектов. Правда, для физической их реализации вам понадобится программатор для программирования микроконтроллеров, если будет использоваться встроенное ПЗУ, или программатор для программирования микросхем ПЗУ большой емкости. Возможно, это будет одно устройство, позволяющее работать с разными типами (и классами) микросхем.

Выглядеть программатор, скорее всего, будет как некоторое устройство (имеющее источники питания и формирователи импульсов программирования), подключаемое к компьютеру, дополненное программной частью, которая устанавливается на компьютер.

После получения машинных кодов отлаженной программы потребуется записать ее в ПЗУ, после чего можно продолжить эксперименты с микроконтроллером уже в физическом воплощении схемы.

И, наконец, об еще одной интересной программе, точнее трех программах, объединенных единым менеджером проекта, произведенных фирмой ULTimate Technology B.V.

Первая из них ULTIsar позволяет вам нарисовать вашу схему, используя встроенные библиотеки электронных компонент.

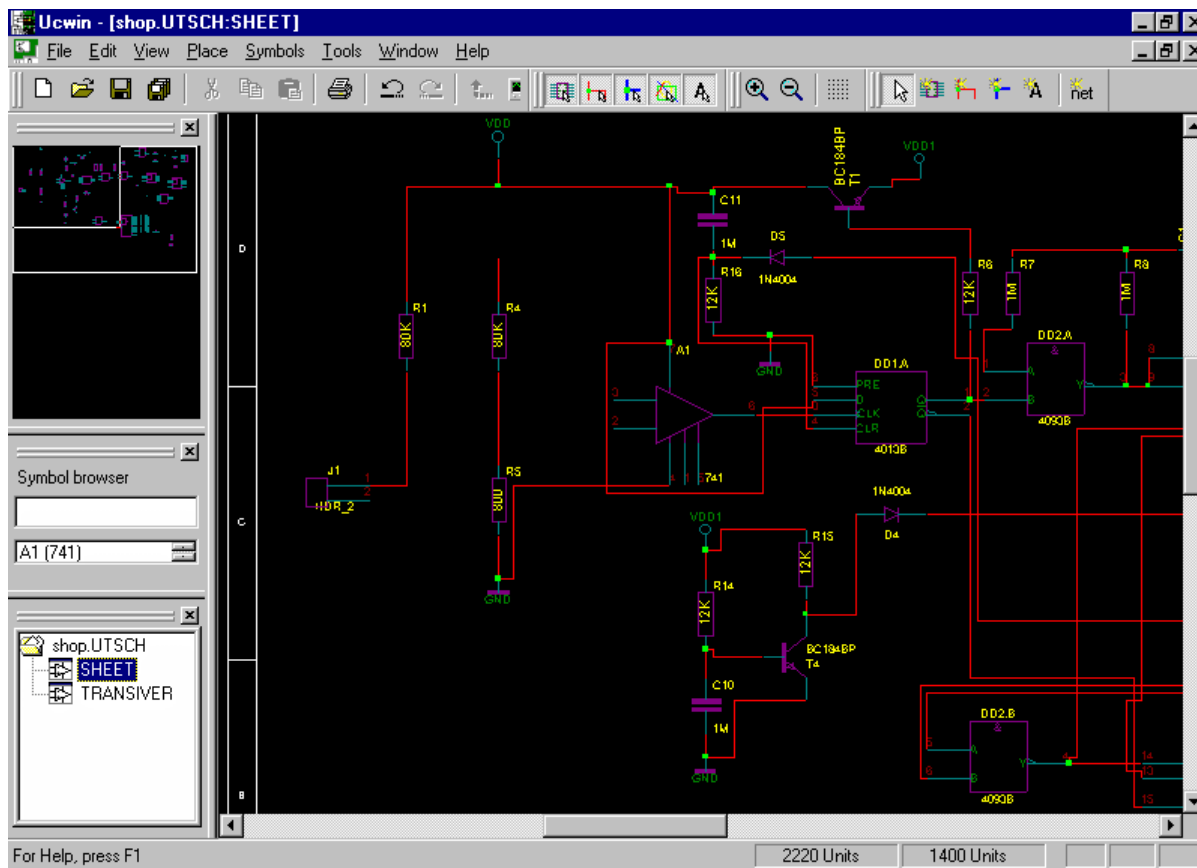


Рис. 75. Окно программы ULTIsar.

Нарисовав схему, вы можете запустить программу SpiceAge, в которой проверите работоспособность вашей задумки.

Программа требует знания языка, описывающего работу моделей. Но время, потраченное на его освоение, окупится позже многократно.

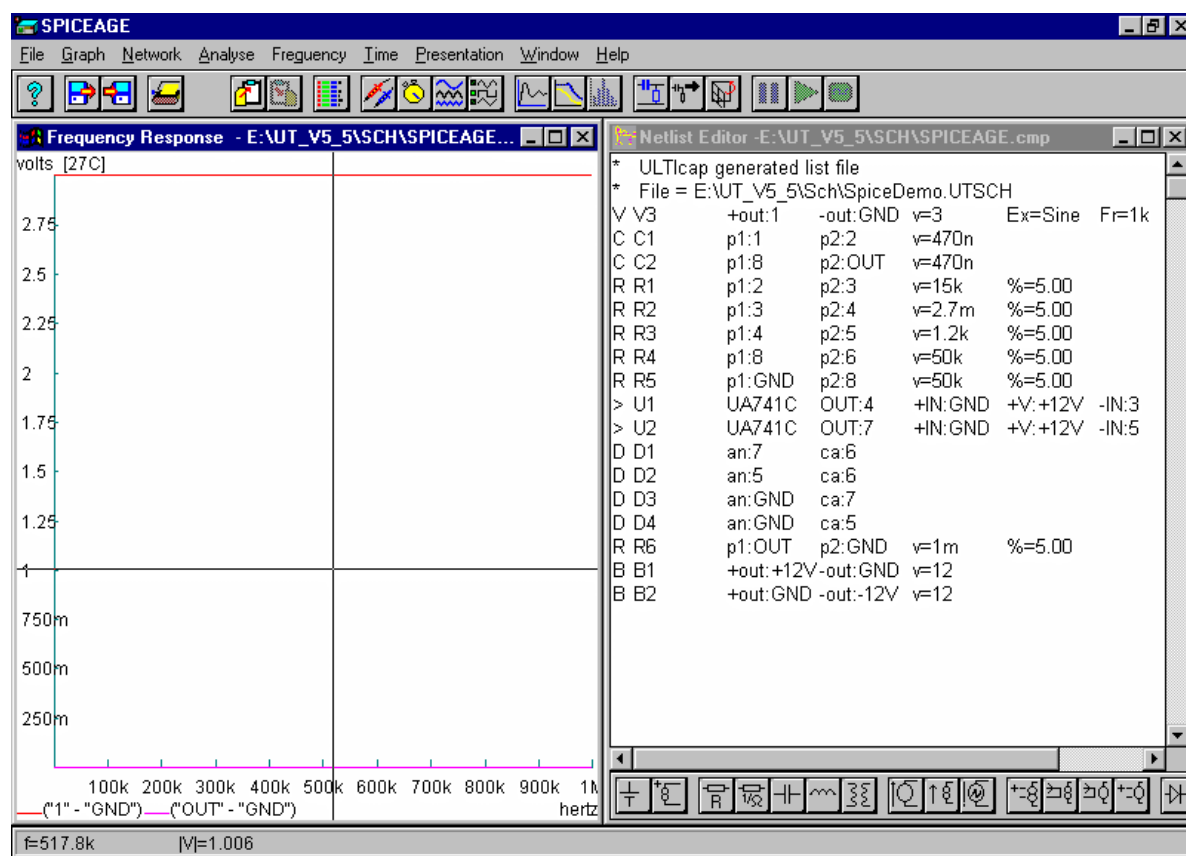


Рис. 76. Окно программы SpiceAge, система проектирования фирмы ULTIimate.

Теперь, убедившись, что все именно так, как вы задумали, вы можете обратиться к программе ULTIboard и заняться разводкой печатной платы...

Примечание:

Некоторые элементы, для которых вы не выбрали конструктивных прототипов, будут обозначены вопросительным знаком. Вам следует выбрать их прототипы из библиотеки предложенных элементов.

Программа содержит редактор библиотечных компонент. Вы можете воспользоваться им для создания своей собственной библиотеки, что имеет смысл для тех элементов, стандарты зарубежные и отечественные для которых не совпадают, а так же для пополнения элементной базы, с которой вам предстоит работать.

Ориентированная на профессионалов, программа может быть полезна тогда, когда вы намерены свою работу оформить в полностью законченном виде, если, конечно, у вас не возникает финансовых затруднений. В этом случае, прежде чем выполнить всю работу, следует узнать у специалистов, которые будут изготавливать печатные платы, совместимы ли выходные форматы программы с входными форматами оборудования, используемого их предприятием.

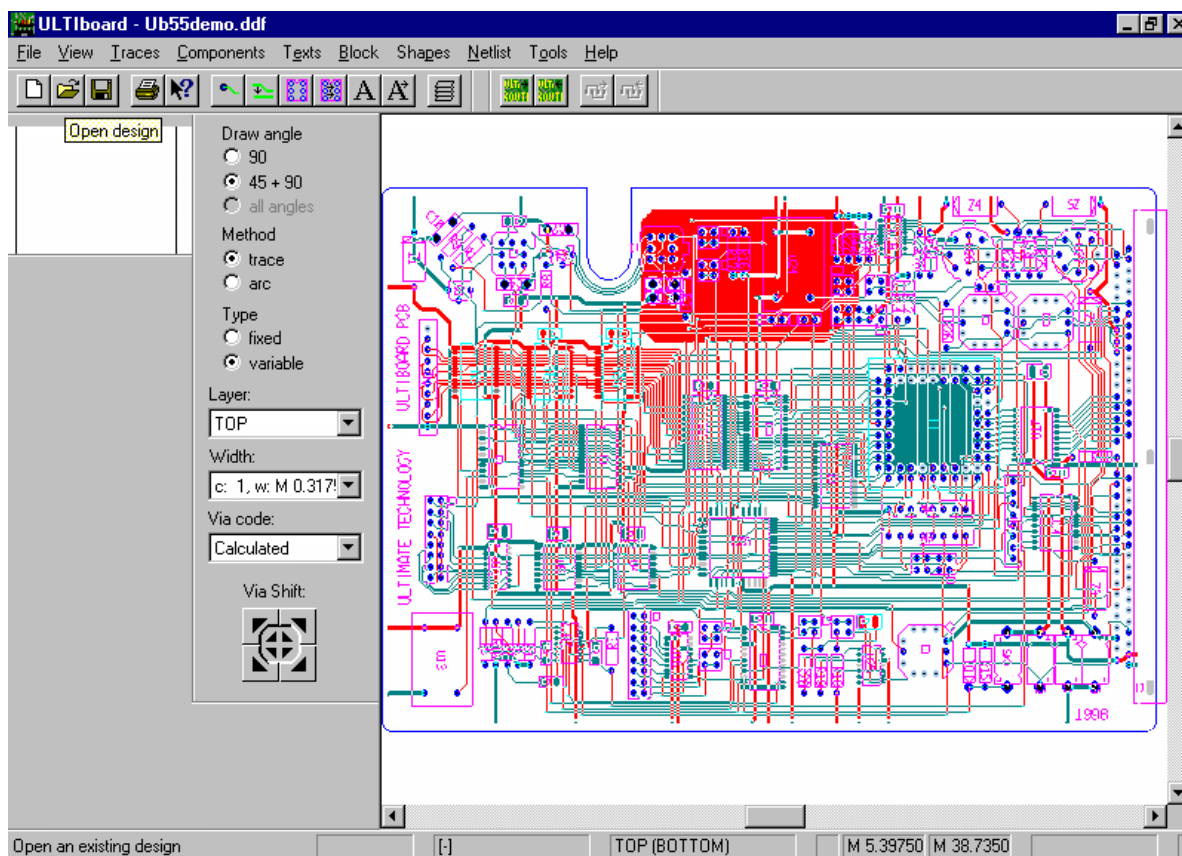


Рис. 77. Окно программы трассировки схемы.

... с тем, чтобы вернуться в программу AutoCAD и завершить конструирование устройства, создав его наружную «оболочку» и все необходимые элементы конструкции.

Почему именно об этих программах мне хотелось сказать?

В первую очередь потому, что именно с этими программами мне представилась возможность познакомиться. Затем, по той простой причине, что именно эти программы вполне успешно работали на старенькой «трешке», хотя, если бы мне сказали, что это возможно до моей пробы, я, скорее всего, затеял бы спор, доказывая несостоятельность подобного подхода. Наконец, все программы написаны для среды Windows 95, что способствует более быстрому их освоению. Конечно, это не исключает необходимости иметь руководство по работе с программами, желательное выпущенное их создателями. Как мне кажется, фирменные руководства, если не самые интересные, то наиболее полные и правильные. Без этих руководств, опираясь только на справочные материалы, встроенные в программы, успешное освоение программ слишком проблематично. Если вы не в состоянии приобрести какое-то программное обеспечение, снабженное фирменным руководством, подумайте о приобретении другого, более привлекательного для вас по цене. То, о чем я говорил, с не меньшим успехом можно осуществить в ранних версиях таких традиционных программ, как PCAD, ORCAD и т.д.

Иллюстрации в книге были выполнены мною в значительной мере благодаря программе Electronics Workbench, производства Interactive Image Technologies Ltd. Эта программа ляжет в основу следующей книги «Хобби-электроникс. Виртуальный мир».

Ко всему выше сказанному мне остается добавить одно. Программное обеспечение в данном случае не цель, а средство. Я настоятельно не рекомендую вам выбор стиля работы «только за компьютером». Не попробовав работу с настоящими приборами, реальными, а не виртуальными, электронными компонентами, мне кажется, вы лишите себя питательной среды для вашей фантазии, многих стимулов к действию. Без многоцветья индикаторов, шкал и экранов приборов, я полагаю, трудно стать романтиком от электроники, каким, быть может, и ошибочно, я вижу людей всех возрастов, проводящих свой досуг за схемами с паяльником в руке. При этом вовсе не обязательно располагать самым модным оборудованием, самым последним компьютером или работать с новейшими электронными компонентами. Выбирайте их по средствам.

Если вы еще не выбросили книгу и дочитали до этого места, и, следуя моим рекомендациям по исправлениям, записали свои соображения на страницах, оставленных для заметок, если попробовали поэкспериментировать, то советую вам еще раз, уже с точки зрения личного опыта и пристрастий, «пробежаться» по всем проектам, выбирая новые темы для себя. Например, в первом проекте на рис. 3 изображена типовая схема простейшего тактового генератора. Было бы интересно опробовать работу устройства при разных питающих напряжениях (от 3 до 15 вольт), посмотреть зависимость частоты генерации от напряжения и подумать, не использовать ли это, если это имеет место, в построении, скажем, пробника, или придания новых свойств переключателю гирлянд, или ...

Подвергнув подобному критическому разбору все предложенные схемы, запишите свои замечания. Особенно интересны могут быть ошибки, разбирая которые можно найти новые предметы для исследований.

Советую, просмотрите все проекты еще раз под этим углом зрения. Мне кажется, это доставит вам удовольствие и будет полезно.

Место для заметок при первом чтении.

Завершая разговор

На протяжении всей книги я постоянно пытаюсь разграничить профессиональную и непрофессиональную деятельность в области электроники. Я бы даже назвал свою книгу «антипрофессиональной».

Между тем, вместо увлекательной сказки, призывы к последовательности, методичности, планомерности. Кокетство? Двуличность? Неискренность? Отнюдь. Каждый раз, напоминая о профессионалах, я хочу показать вам, как часто они принуждены отказывать себе в свободе творчества, ради скорейшего достижения цели. Как «прицелена» вся профессиональная деятельность, для которой процесс - лишь средство, подлежащее оптимизации и, сколь возможно, минимизации.

Вам же дозволено то, что не дозволено ни Юпитеру, ни быку – отдаться во власть процесса, обустроивая его сообразно своим желаниям и вкусу. Для вас - полная свобода, ограниченная только физическими рамками. За которые, правда, не следует выходить слишком часто. Но не оттого, что чревато это какими-то катастрофическими последствиями, а потому, что отрицательные результаты, как то: молчание и ничего не делающие схемы, быстро выходящие из строя компоненты, никак не желающие выполнять вами задуманное устройства, - могут привести в уныние даже очень негибкого оптимиста. Положительные результаты нужны, нужны с регулярностью восходов и закатов. Именно они дадут вам уверенность в себе и растущий опыт, принесут то удовлетворение, которое и есть цель вашей деятельности. Методичность, планомерность, последовательность – цена успеха.

Никогда не отказывайтесь сразу, без спокойных размышлений, от реализации проектов, которые, на первый взгляд, требуют самой современной и очень дорогостоящей аппаратуры, дорогостоящих или дефицитных электронных компонентов, особых знаний, «доступных только избранным». Если вы можете позволить себе траты - купите хорошие приборы, закажите компоненты, оплатите помощь эксперта, если нет - подумайте. Может статься, что препятствия не столь уж неодолимы.

Бесспорно, лучше всего, если ваше увлечение расцветет на хорошо ухоженной почве финансового достатка. Тогда я советую после ознакомления с книгой обратиться к специалистам элитного клуба, которые помогут вам выбрать направление деятельности, приобрести оборудование и подготовить первый рабочий проект. Мой почтовый адрес указан в начале книги (E-mail), и я готов не только принять отзывы о ней, но и дать некоторые советы.

Если почва иная и климат иной, выбирайте путь иных решений: будьте благоразумны при планировании проектов, проявите больше усердия и терпения в приобретении знаний, потратьте больше времени на создание приборов и дополнительного оборудования, способного заменить дорогостоящее покупное.

Но в любом случае - не отказывайте себе в удовольствии попытаться реализовать любой проект, который вам только привидится, если он того стоит. Порою очень сложные задачи имеют такие простые решения. Трудно только отыскать их. Ищите, и удачи вам, господа!

Алфавитный указатель

#

μVision/251 · 161

A

AutoCAD · 158

D

dScope · 161

E

Electronics Workbench · 165

U

ULTImate · 162

A

Адресная шина · 27
ассемблер · 28

Б

байт · 28
бинарная логика · 16
Бит · 28

Г

генератор псевдослучайных чисел · 14

Д

двоичная арифметика · 16
Детектор · 47
Дроссель · 51

Е

Емкостной датчик · 105

З

задатчик · 100
Задающий генератор · 55
закон Ома · 18
Звук · 45

И

Индикаторный светодиод · 40
Индуктивный датчик · 105

К

Колебательный контур · 46
Компилятор · 133
Конденсатор · 20

Л

логический пробник · 155

М

Машинные коды · 28
Микроконтроллер · 27
Микропроцессор · 26
Модуляция сигнала · 65
мультиметр · 149

Н

напряжение · 18
Нелинейные искажения · 79

О

Обратная связь · 78
однотональный генератор · 124
ОЗУ · 133
оптопара · 39
Осциллограф · 147

П

ПЗУ · 132

полупроводник · 18
правила техники безопасности · 34
Противофазные сигналы · 79
Пьезоэлектрический датчик · 106

Р

Радиоприемник супергетеродинного типа · 59
Радиосигнал · 45
Регистры процессора · 28
Резистивный датчик · 105
Реле · 40

С

Сигналы простых форм · 71
Синфазные сигналы · 78
сопротивление · 18
Стабилитрон · 40
Схема · 19

Т

тензодатчик · 114
теплоотвод · 35
Термодатчик · 106
Тиристор · 40
Транзистор · 19
Транслятор · 133

У

Усилитель высокой частоты · 46
Усилитель низкой частоты · 47
устройства сравнения · 100

Ф

Фаза сигнала · 78
Фотодатчик · 104
Фотодиод · 40
Функциональный генератор · 150

Ц

цифровая микросхема · 16
Цифровой счетчик · 40

Ш

Шина данных · 27

Э

Электрический ток · 18

Список использованной литературы

1. В.Л.Шило. Популярныe цифровые микросхемы. Москва. «Радио и связь», 1987.
2. Б.В.Шевкоплас. Микропроцессорные структуры. Москва. «Радио и связь», 1990.
3. С.А.Гинзбург, И.Я.Лехтман, В.С.Малов. Основы автоматики и телемеханики. Москва. «Энергия». 1968.
4. И.С.Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. Москва. «Советское радио», 1971.
5. В.В.Сташин, А.В.Урусов, О.Ф.Мологонцева. Проектирование цифровых устройств на однокристальных микроконтроллерах. Москва. Энергоатомиздат, 1990.
6. М.Тули. Справочное пособие по цифровой электронике. Москва. Энергоатомиздат, 1990.
7. Полупроводниковые приборы: транзисторы. Справочник. Москва. Энергоатомиздат, 1985.
8. О.П.Григорьев, В.Я.Замятин, Б.В.Кондратьев, С.Л.Пожидаев. Тиристоры. Справочник. Москва. «Радио и связь», 1990.
9. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы. Справочник. Москва. «Радио и связь», 1990.
10. А.В.Нефедов, В.И.Гордеева. Отечественные полупроводниковые приборы и их зарубежные аналоги. Москва. «Радио и связь», 1990.
11. А.В.Нефедов, А.М.Савченко, Ю.Ф.Феокистов. Зарубежные интегральные микросхемы для промышленной электронной аппаратуры. Справочник. Москва. Энергоатомиздат, 1989.
12. И.В.Новаченко, В.М.Петухов, И.П.Блудов, А.В.Юровский. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры. Справочник. Москва. «Радио и связь», 1989.
13. Р.Трейстер. Радиолюбительские схемы на ИС типа 555. Москва. «Мир», 1988.
14. Р.М.Терещук, К.М.Терещук, А.Б.Чаплинский, Л.Б.Фукс, С.А.Седов. Малогабаритная радиоаппаратура. Справочник радиолюбителя. Киев. «Наукова думка», 1971.
15. В.А.Васильев. Приемники начинающего радиолюбителя. Москва. «Радио и связь», 1984.
16. М.Е.Васильченко, А.В.Дьяков. Радиолюбительская телемеханика. Москва. «Радио и связь», 1986.
17. Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей. Москва. «Радио и связь», 1987.
18. Журнал «Радио» №11, 1980.
19. Г.Хокинс. Цифровая электроника для начинающих. Москва. «Мир», 1986.
20. Л.А.Ерлыкин. Практические советы радиолюбителю. Москва, 1965.