

**Дмитрий Денисюк (UR5HNR)**  
г. Полтава

Предлагаемый демонстрационный учебный комплекс можно применить в школе, техникуме и других учебных заведениях для демонстрации принципа проведения радиосвязи амплитудной модуляцией (АМ) сигнала во время изучения соответствующей темы по физике.

## Демонстрационный учебный комплекс «Принцип радиосвязи»

Комплекс состоит из двух устройств: передатчика и приемника АМ сигнала.

Рассмотрим работу и принцип действия передатчика АМ сигнала.

На рис. 1 изображена принципиальная схема АМ передатчика. Она состоит из пяти узлов: генератора звуковой частоты 1 кГц, предварительного микрофонного усилителя звуковой частоты, усилителя мощности звуковой частоты, генератора высокой частоты 25 кГц (несущей частоты) и модулятора АМ сигнала.

Генератор звуковой частоты 1 кГц выполнен на транзисторе VT2 типа BC547. Частота генератора 1 кГц является серединой телефонного звукового сигнала в радиосвязи. Напряжение смещения на базу транзистора стабилизировано цепочкой диодов VD1, VD2, при этом генератор стабильно работает при напряжениях 5...12 В.

На электретный микрофон подано напряжения питания 6 В через фильтр R2, C1. Нагрузка микрофона – резистор R1, и с него снимается звуковой сигнал на предварительный микрофонный усилитель, собранный на транзисторе VT1.

Усилитель мощности звуковой частоты собран на микросхеме DA1 типа LM386, включенный по типовой схеме. Его коэффициент усиления равен 10.

Генератор высокой (несущей) частоты 25 кГц собран на транзисторах VT3, VT4. Это схема стирания катушечного магнитофона [1, стр. 205]. Благодаря добавленным к этой схеме новым элементам – резисторам смещения R20 = 100 кОм и R21 = 39 кОм на базы транзисторов, схема линейно работает в широком диапазоне питающих напряжений (4...12 В) и при напряжении

питания 6 В имеет размах напряжения 20 В (точки 13 и 14 на принципиальной схеме). Смещение также необходимо для стабильного и мгновенного запуска генератора при включении питания, а небольшой «перекос» из разных номиналов сопротивлений – для стабильной «картинки» модулированного сигнала на осциллографе.

Развертка школьных осциллографов не позволяет просматривать сигналы свыше 30...50 кГц. При демонстрации принципа радиосвязи необходимо показывать не только модуляционную огибающую сигнала частотой 1 кГц, а и высокочастотную составляющую (заполнение) сигнала, поэтому экспериментально подобрать частоту, близкую к 25 кГц, которую еще можно отчетливо видеть на осциллографе и которая может служить в качестве несущей частоты.

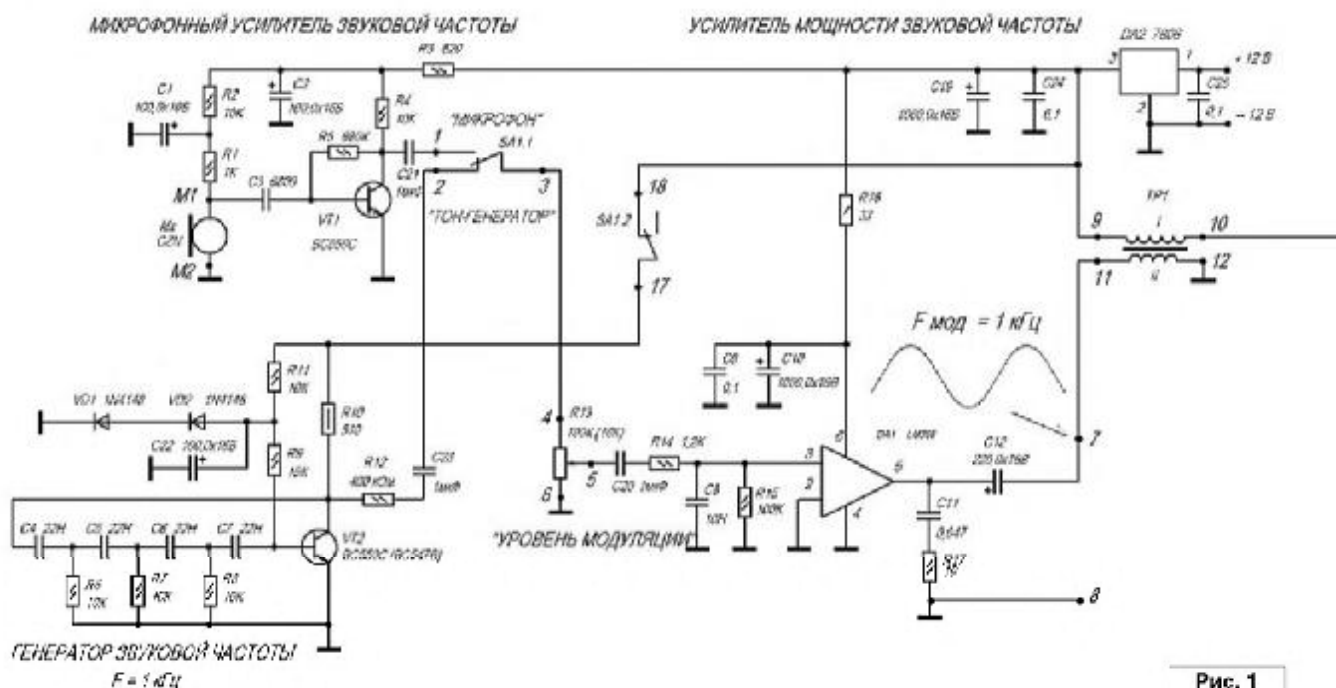


Рис. 1

## "РЛ" - НАЧИНАЮЩИМ

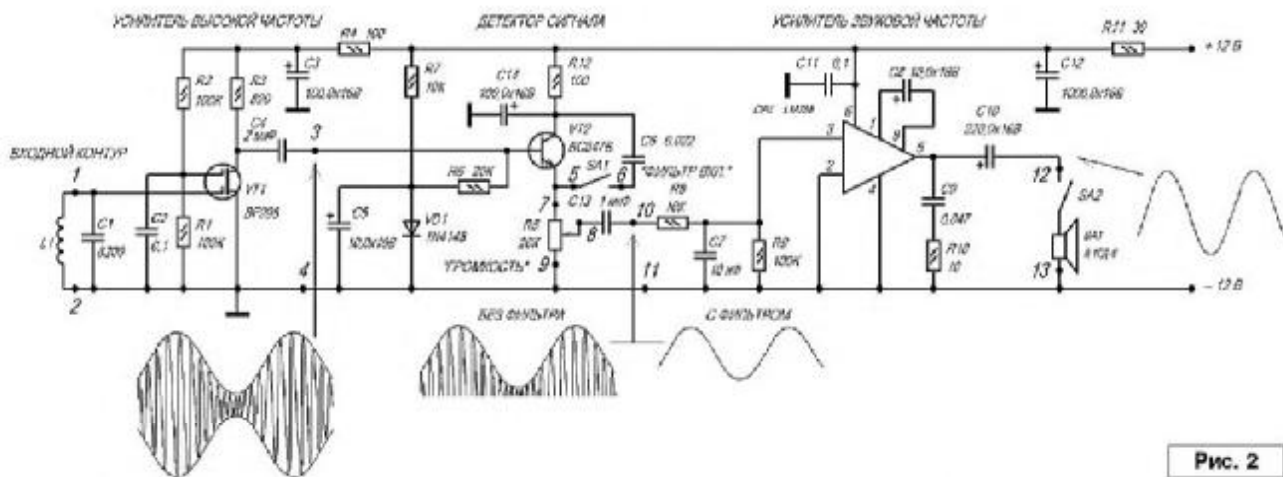


Рис. 2

ТР1 – это модулятор АМ сигнала, в качестве которого использован согласующий трансформатор от старых транзисторных приемников. На низкоомную обмотку подается усиленный звуковой сигнал (точки 7 и 8 принципиальной схемы передатчика) из микросхемы DA1. Через вторичную обмотку напряжение питания подается на генератор ВЧ. Форму сигнала можно просматривать осциллографом в точках 13 и 14 принципиальной схемы, а коэффициент модуляции можно рассчитать по формуле:

$$K_{AM} = \frac{A-B}{A+B} \cdot 100\%.$$

Коэффициент (уровень) модуляции регулируется резистором R13. В

радиовещании уровень низкочастотного сигнала устанавливают так, чтобы коэффициент АМ был равен 30%.

Переключение источника сигнала осуществляется первой половинкой выключателя SA1.1. Вторая – SA1.2 выключает питание генератора 1 кГц при передаче от микрофонного усилителя. Это нужно для того, чтобы не было слышно свиста в 1 кГц при работе микрофоном.

На рис. 2 изображена принципиальная схема АМ приемника.

Приемник построен по классической структурной схеме приемника прямого усиления и состоит из трех узлов: усилителя высокой частоты, детектора АМ сигнала, усилителя звуковой частоты.

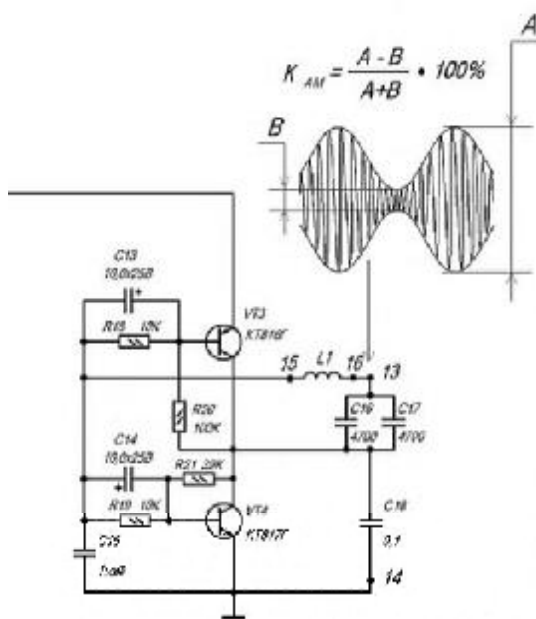
Усилитель ВЧ построен на двухзатворном полевом транзисторе VT1 типа BF998. В отличие от биполярного транзистора, у него более линейная характеристика и на выходе (точки 3 и 4 на принципиальной схеме приемника) сигнал не искажается при входном напряжении 0,5...1 В.

Принятый настроенным в резонанс входным контуром L1, C1, сигнал поступает на первый затвор полевого транзистора. На другой затвор подается фиксированное напряжение смещения, равное половине напряжения питания. При этом каскад имеет максимальное усиление, равное 10, и оно не регулируется. Резистор R3 – нагрузка в цепи стока транзистора

VT1. Это благоприятно влияет на увеличение линейности каскада и устраняет самовозбуждение.

Для демонстрации осциллографом усиленного ВЧ сигнала в точках 3 и 4 необходимо подобрать такое расстояние между антеннами передатчика и приемника, чтобы уровень сигнала был достаточным для просмотра и не искаженным, т.е. по форме повторял сигнал передатчика (точки 13 и 14 принципиальной схемы передатчика).

С резистора нагрузки R3 сигнал через разделительный конденсатор C4 поступает к детектору АМ сигнала, выполненному на транзисторе VT2 типа BC547B [1, стр. 57]. По сравнению с диодным, транзисторный детектор намного меньше искажает форму протектированного сигнала и позволяет демонстрировать срезание нижней полу волны ВЧ сигнала при отключенном фильтре в цепи детектора. Для работы в режиме детектора транзистор работает в режиме В, при этом на базу транзистора подается малое напряжение смещения через диод VD1. Резистор R5 – регулятор громкости. Конденсатор C6 – фильтр высокочастотной (несущей) частоты сигнала. В точках 10 и 11 осциллографом можно смотреть работу детектора АМ сигнала. При выключении фильтра (конденсатор C6 отключается SA1) детектор пропускает одну полу волну сигнала и не фильтрует ВЧ составляющую, плохо выделяет НЧ сигнал. При включении фильтра (подключении C6 выключателем



ГЕНЕРАТОР ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ  $F_H = 25 \text{ МГц}$

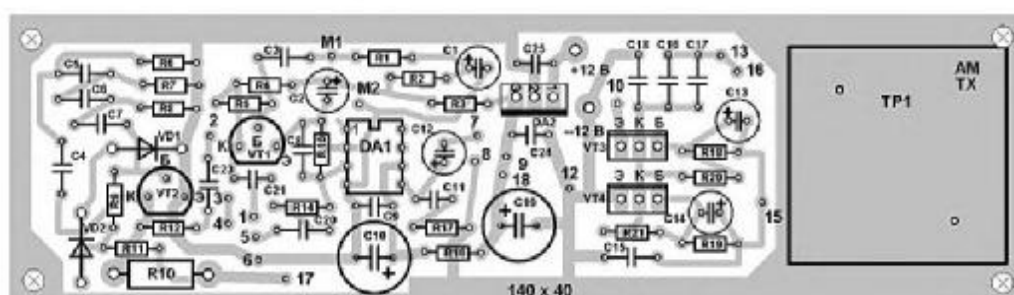


Рис. 3

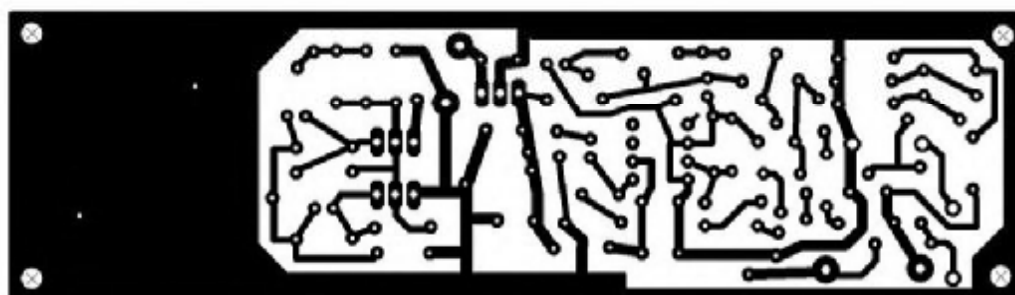


Рис. 4

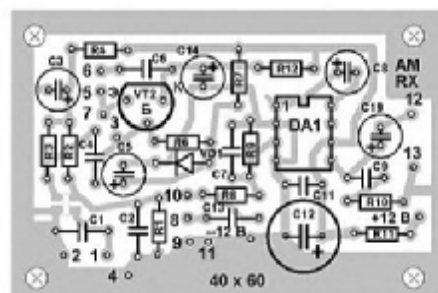


Рис. 5

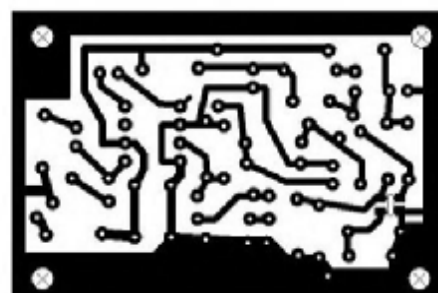


Рис. 6

SA1) видно, как выделяется низкочастотная составляющая и фильтруется высокочастотная составляющая.

С регулятора громкости R5 НЧ сигнал через фильтры C13, R9 – высокой частоты и R8, C7 – низкой частоты (аналогичные фильтры и в передатчике) поступает на вход DA1 – усилителя мощности звуковой частоты с усилением 200. Выключателем SA2 отключают громкоговоритель BA1 при просмотре сигнала 1 кГц осциллографом в точках 12 и 13 принципиальной схемы приемника.

Чтобы убрать искажения формы выходного сигнала на экране осциллографа, проводом питания сделано 4-5 витков на ферритовом кольце проницаемостью 2000 от компьютерных фильтров.

Для питания демонстрационного комплекса используется аккумулятор напряжением 12 В, что позволяет убрать фон переменного тока при модуляции.

Расположение радиоэлементов и дорожек на печатных платах передатчика и приемника изображены на рис. 3-4 и рис. 5-6 соответственно.

Катушки колебательных контуров передатчика и приемника одинаковые по конструкции и размещены на ферритовом сердечнике, диаметром 10 мм проницаемостью 400НН от старых транзисторных приемников. Их мотают на бумажных гильзах-каркасах, которые могут свободно перемещаться по стержню. Каждая катушка имеет пять секций по 50 витков в каждой, проводом ПЭВ 0,1 мм.

Платы устройств установлены на отдельные фанерные стелды с обратной стороны, где и производится монтаж экранированными низкочастотными проводниками к выключателям и регуляторам. На лицевой стороне стелды приклеена за ламинированная схема устройства (передатчика или приемника), а в точках, указанных на схеме, просверлены отверстия диаметром

1 мм и выведены луженые проводники в виде колечек диаметром 3 мм. К ним с помощью "крокодилов" можно подключать измерительный шнур осциллографа при демонстрации.

Собранные из исправных деталей платы не требуют настройки, кроме установки частоты 25 кГц колебательными контурами. Частоту устанавливают грубо контурным конденсатором, а плавно – перемещением катушки по ферритовому стержню. Ток потребления приемника не должен превышать 20 мА, а передатчика – 200 мА.

Просматривая осциллограммы в соответствующих точках схемы передатчика, проверяют его форму, которая должна совпадать с формой, изображенной на схеме. При проверке работы приемника сначала его располагают на расстоянии 10...15 см от передатчика и следят за формой сигнала на выходе усилителя ВЧ (точки 3 и 4). Затем, перемещая катушку на ферритовом

сердечнике, подстраивают приемник на частоту передатчика, добиваясь увеличения амплитуды сигнала. Если сигнал очень сильный, о чем сигнализирует ограничение сигнала сверху, то нужно отодвинуть приемник от передатчика и еще подстроить катушкой частоту приемника и/или передатчика.

**Об авторе:**

Денисюк Дмитрий, руководитель кружка "Радиооператоры коротковолновики" коллективной радиостанции UR4HWF Полтавского областного центра научно-технического творчества учащейся молодежи Полтавской областной рады.

**Литература**

1. Справочная книга радиолюбителя-конструктора / А.А. Бокуняев, Н.М. Борисов, Р.Г. Варламов и др.; Под ред. Н.И. Чистякова. – М.: Радио и связь, 1990. – 624 с.: ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1147).

