

**Научно-практическая конференция
«Шаг в будущее»**

**СОЗДАНИЕ ПРИЁМНИКА ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОДНОМ
ТРАНЗИСТОРЕ**


Автор:

Грешилова Юлия Викторовна,
Россия, Забайкальский край, с. Красный Чикой
МОУ «Красночикойская СОШ № 2», 11 класс

Научный руководитель:

Андреевская Татьяна Алексеевна,
учитель физики
МОУ «Красночикойская СОШ № 2»

Я, Андреевская Т.А., подтверждаю, что данный проект содержит не более 22 страниц, из них текст статьи и список литературы - не более 11 страниц, приложения - не более 10 страниц-

_____  _____ подпись

СОЗДАНИЕ ПРИЁМНИКА ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОДНОМ ТРАНЗИСТОРЕ

Грешилова Юлия Викторовна

Российская Федерация, Забайкальский край, с. Красный Чикой

МОУ «Красночикойская СОШ № 2»

11 класс

Аннотация. Целью разработки является создание приёмника прямого преобразования на одном транзисторе. Приёмники прямого преобразования предназначены в основном для приёма радиостанций с однополосной CW и SSB модуляцией и относятся к разряду довольно простых устройств, в которых радиосигнал, поступающий в антенну, непосредственно преобразуется в сигнал звуковой частоты. Создание такого приёмника не требует больших усилий от радиолюбителя и не повлечёт крупных материальных затрат. Модель нашего приёмника может быть использована на школьных уроках при изучении темы «Электромагнитные волны», а также для самообучения.

Ключевые слова: приёмник, радиоприёмник, транзистор, радиосигнал, схема, частотная модуляция, антенна.

Введение

По сей день, хоть и не так массово, как раньше, мы пользуемся радио. Как минимум у каждого есть эта базовая вещь в машине или в телефоне. Человеку от природы свойственно любопытство. Думающему человеку всегда хочется знать, как работают разные технические устройства. Нам стало интересно, как работает радио.

Целью разработки является создание приёмника прямого преобразования на одном транзисторе.

В ходе работы над проектом решались следующие задачи:

1. Изучить и собрать информацию о радиоприёмниках (принцип действия, виды).
2. Выбрать оптимальный вариант создания радиоприёмника.
3. Составить схему электрической цепи.
4. Подобрать необходимые материалы.
5. Создать радиоприёмник.
6. Протестировать работу устройства.

Объектом исследования стали электромагнитные волны.

Предметом исследования являлся приёмник электромагнитных волн.

Гипотеза: если мы изучим принципы радиосвязи, то мы сможем создать рабочий радиоприёмник и продвинуться в радиоделе.

На первом этапе нами была изучена информация об определении радио, устройстве радиоприемника, принципе его действия, характеристиках, классификации, функциях, процессах, в нем происходящих. Узнали где, когда и кем был продемонстрирован первый прибор для связи на расстоянии и для чего был предназначен.

Следующим этапом был выбор оптимального варианта радиоприемника. Рассмотрев все плюсы и минусы приёмников разного вида, мы решили выбрать радиоприемник прямого преобразования, а конкретно простой FM приёмник на одном транзисторе, так как по простоте конструкции он второй, после детекторного приёмника. Изначально, мы создали именно детекторный приёмник, но не смогли поймать сигнал по причине того, что он рассчитан на длинноволновые радиостанции, которых по близости с нами не оказалось. Поэтому проверить работоспособность нашего устройства мы не смогли. Было принято решение создавать приёмник прямого преобразования на одном транзисторе, который может работать в коротковолновом диапазоне.

Основное содержание

Изобретение радио стало одним из величайших в истории науки и техники. Радио стало предвестником нынешнего информационного общества, впервые сделав возможной сверхбыструю доставку новостей.

Радио (лат. *radio* - излучаю, испускаю; *radius* - луч) - разновидность беспроводной передачи информации, при которой в качестве носителя информации используются радиоволны, свободно распространяемые в пространстве [1].

Первым, кто продемонстрировал созданный им прибор для связи на расстоянии, является Александр Степанович Попов (русский физик и электротехник, профессор, Почётный инженер-электрик, статский советник) [2].

Впервые Александр Степанович заявил о своем изобретении 7 мая 1895 на заседании физического отделения Русского физико-химического общества [3]. Попов продемонстрировал работу своего прибора — грозоотметчика. Он показал его во время лекции «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям». Это был сконструированный Поповым прибор «для показывания быстрых колебаний в атмосферном электричестве», который мог быть приспособлен для передачи информации. Первый аппарат Попова обнаруживал излучение радиосигналов, посылаемых передатчиком, на расстоянии до 60 м. Можно было передать позывной из одной комнаты в другую [4].

Первый радиоприёмник имел простое устройство: батарея, электрический звонок, электромагнитное реле и когерер (приложение 1).

Действие прибора основано на влиянии электрических разрядов на металлические порошки. В обычных условиях когерер обладает большим сопротивлением, так как опилки имеют плохой контакт друг с другом. Пришедшая электромагнитная волна создает в когерере переменный ток высокой частоты. Между опилками проскакивают мельчайшие искры, которые спекают опилки. В результате сопротивление когерера резко падает (в опытах А.С. Попова со 100000 до 1000 - 500 Ом, то есть в 100-200 раз). Снова вернуть прибору большое сопротивление можно, если встряхнуть его. Чтобы обеспечить автоматичность приема, необходимое для осуществления беспроводной связи, А.С. Попов использовал звонковое устройство для встряхивания когерера после приема сигнала. Под действием радиоволн, принятых антенной, металлические опилки в когерере сцеплялись, и он начинал пропускать электрический ток от батареи. Срабатывало реле, включая звонок, а когерер получал «легкую встряску», сцепление между металлическими опилками в когерере ослабевало, и к ним поступал следующий сигнал [5].

Современные радиоприемники мало напоминают приемник Попова, но основные принципы их действия те же, что и в его приборе.

Радиоприемные устройства используют для радиосвязи, звукового и телевизионного вещания, радионавигации, радиолокации, радио, телеуправления и т.д. Радиоприемное устройство должно содержать все необходимые узлы для осуществления следующих процессов:

- выделения из всей совокупности электрических колебаний, создаваемых в антенне внешними электромагнитными полями, сигнала от нужного радиопередатчика;
- усиления высокочастотного сигнала;
- детектирования, т.е. преобразования высокочастотного модулированного сигнала в ток, изменяющийся по закону модуляции;
- усиления продетектированного сигнала.

Дальнейшее преобразование сигнала зависит от конкретных особенностей применения радиоприемника. Если, например, приемник предназначен для одноканальной радиотелефонной связи либо звукового или телевизионного вещания, то принятый сигнал после усиления превращается в звук и изображение при помощи телефона, громкоговорителя и приемной телевизионной трубки.

Если приемник предназначен для многоканальной радиосвязи, то продетектированный и усиленный сигнал подводится к оконечному устройству, в котором происходит разделение сигналов по отдельным каналам и, если требуется, дополнительная их обработка.

Применяемые в настоящее время радиоприемники делятся на профессиональные и бытовые. Первые предназначаются для использования на линиях радиосвязи и для решения различных навигационных, телеметрических и других специальных задач. Вторые служат для приема программ звукового и телевизионного вещания.

Радиоприемные устройства можно классифицировать:

- по роду работы (радиотелефонные, радиотелеграфные, телевизионные, радионавигационные, радиолокационные и др.);
- виду модуляции (с амплитудной модуляцией (АМ), частотной модуляцией (ЧМ), однополосной амплитудной модуляцией (ОБП) и т.д.);
- по диапазону волн принимаемых сигналов (километровые, гектометровые, декаметровые и т.д.);
- по месту установки (стационарные, переносные, самолетные, автомобильные и др.);
- по схеме электропитания (от сети постоянного и переменного токов).

Показатели радиоприемников определяются их назначением. Для радиоприемников разных типов они могут быть различными.

Чувствительность характеризует способность приемника принимать слабые сигналы. Она обычно оценивается наименьшим значением ЭДС (электродвижущая сила) или мощностью радиосигнала в антенне, при которой возможен устойчивый прием с нормальным воспроизведением сигнала без недопустимого искажения его помехами.

Чувствительность приемников в зависимости от их назначения может колебаться в широких пределах. Так, чувствительность радиовещательных приемников находится в пределах 50-300 мкВ в зависимости от класса качества. Чувствительность радиолокационных приемников имеет значения порядка 10-12 – 10-15 Вт. Для приемников с ферритовой антенной используется понятие чувствительности по напряженности поля. Она имеет значение от 0,3 до 5 мВ/м.

Высокая чувствительность может быть практически реализована лишь в том случае, если уровень внешних помех или собственных шумов на выходе приемника в несколько раз ниже уровня сигнала. Поэтому приемники разных видов необходимо характеризовать не только их чувствительностью, но и так называемой реальной чувствительностью, под которой понимается минимальная ЭДС в антенне, при которой обеспечивается не только нормальная мощность на выходе, но получается определенное превышение уровня сигнала над уровнем внешних помех или собственных шумов.

Избирательностью (селективностью) радиоприемного устройства называется его способность выделять из различных сигналов, отличающихся по частоте, сигнал

принимаемой станции. В соответствии с этим избирательность приемника оценивается как относительное ослабление сигналов посторонних радиостанций, работающих на различных волнах, по отношению к сигналам принимаемого передатчика, на волну которого этот приемник настроен. Избирательность осуществляется главным образом входящими в состав приемника колебательными контурами и фильтрами [6].

Супергетеродинный радиоприёмник (супергетеродин) — один из типов радиоприёмников, основанный на принципе преобразования принимаемого сигнала в сигнал фиксированной промежуточной частоты (ПЧ) с последующим её усилением. Основное преимущество супергетеродина перед радиоприемником прямого усиления в том, что наиболее критичные для качества приема части приемного тракта (узкополосный фильтр, усилитель ПЧ и демодулятор) не должны перестраиваться под разные частоты, что позволяет выполнить их со значительно лучшими характеристиками. Супергетеродинный приёмник изобрёл американец Эдвин Армстронг в 1918 году (приложение 2).

Радиосигнал из антенны подаётся на вход усилителя высокой частоты (в упрощённом варианте он может и отсутствовать), а затем на вход смесителя — специального элемента с двумя входами и одним выходом, осуществляющего операцию преобразования сигнала по частоте. На второй вход смесителя подаётся сигнал с локального маломощного генератора высокой частоты — гетеродина. Колебательный контур гетеродина перестраивается одновременно с входным контуром смесителя (и контурами усилителя ВЧ) — обычно конденсатором переменной ёмкости (КПЁ), реже катушкой переменной индуктивности (вариометром, ферровариометром). Таким образом, на выходе смесителя образуются сигналы с частотой, равной сумме и разности частот гетеродина и принимаемой радиостанции. Разностный сигнал постоянной промежуточной частоты (ПЧ) выделяется с помощью фильтра сосредоточенной селекции (ФСС) и усиливается одним или несколькими каскадами, после чего поступает на демодулятор, восстанавливающий сигнал низкой (звуковой) частоты. Обычно фильтр ПЧ рассредоточен по всем каскадам усилителя промежуточной частоты, поскольку ФСС сильно ослабляет сигнал и приближает его к уровню шумов. А в приёмниках с фильтром с рассредоточенной селекцией в каждом каскаде сигнал лишь немного ослабляется фильтром, а затем усиливается, что позволяет улучшить отношение сигнал/шум. В настоящее время фильтр сосредоточенной селекции применяется лишь в относительно недорогих приемниках, выполненных на интегральных микросхемах (например K174XA10), а также в телевизорах. [7]

В обычных приёмниках длинных, средних и коротких волн промежуточная частота, как правило, равна 465 или 455 кГц, в ультракоротковолновых — 6,5 или 10,7 МГц. В телевизорах используется промежуточная частота 38 МГц. Так как супергетеродинный

приёмник хорошо настроен на сигнал с промежуточной частотой, то даже слабый сигнал на этой частоте принимается. Поэтому промежуточная частота применяется для передачи сигналов SOS. На указанных частотах запрещена работа любых радиостанций мира.

Преимущества:

- наличие малого количества перестраиваемых контуров;
- возможность получения большего усиления по сравнению с приёмником прямого усиления за счёт дополнительного усиления на промежуточной частоте, не приводящего к паразитной генерации: положительная обратная связь не возникает из-за того, что в каскадах ВЧ и ПЧ усиливаются разные частоты;
- высокая избирательность, обусловленная наличием фильтра сосредоточенной селекции (полосового фильтра) в канале ПЧ. Так как частота ПЧ ниже частоты входного сигнала, такой фильтр можно изготовить со значительно более высокими параметрами. Кроме того, на частоты 465 кГц и др. выпускаются стандартные монолитные фильтры.

Недостатки: наиболее значительным недостатком является наличие так называемого зеркального канала приёма — второй входной частоты, дающей такую же разность с частотой гетеродина, что и рабочая частота. Сигнал, передаваемый на этой частоте, может проходить через фильтры ПЧ вместе с рабочим сигналом.

Регенеративный радиоприёмник (регенератор) - радиоприёмник (изобретён также Э. Армстронгом) с положительной обратной связью в одном из каскадов усиления радиочастоты. Обычно прямого усиления, но известны и супергетеродины с регенерацией как в УРЧ, так и в УПЧ. Отличается от приёмников прямого усиления более высокой чувствительностью (ограничена шумами) и избирательностью (ограничена устойчивостью параметров), пониженной устойчивостью работы (приложение 3).

Преимущества:

- Высокие чувствительность и избирательность по сравнению с приёмниками прямого усиления и простыми супергетеродинами.
- Простота и дешевизна.
- Низкое потребление энергии.
- Отсутствие побочных каналов приёма и самопоражённых частот.

Недостатки:

- Излучение помех при работе в режиме генерации (и, как следствие, отсутствие скрытности).
- Высокая чувствительность и избирательность достигаются ценой стабильности.
- Требуется от оператора знания принципа работы.

Радиоприёмник прямого усиления (герадеаус) состоит из колебательного контура, нескольких каскадов усиления высокой частоты, квадратичного амплитудного детектора, а также нескольких каскадов усиления низкой частоты.

Колебательный контур служит для выделения сигнала требуемой радиостанции. Как правило, частоту настройки колебательного контура изменяют конденсатором переменной ёмкости. К колебательному контуру подключают антенну, иногда и заземление. [8]

Сигнал, выделенный колебательным контуром, поступает на усилитель высокой частоты. Усилитель высокой частоты (УВЧ), как правило, представляет собой несколько каскадов избирательного транзисторного усилителя. С УВЧ сигнал подаётся на диодный детектор, с детектора снимается сигнал звуковой частоты, который усиливается ещё несколькими каскадами усилителя низкой частоты (УНЧ), откуда поступает на динамик или наушники (приложение 4).

В литературе приёмники прямого усиления классифицируют по числу каскадов усилителей низкой и высокой частоты. Приёмник с n -каскадами усиления высокой и m -каскадами усиления низкой частоты обозначают n - V - m , где V обозначает детектор. Например, приёмник с одним каскадом УВЧ и одним каскадом УНЧ обозначается 1- V -1. Детекторный приёмник, который можно рассматривать как частный случай приёмника прямого усиления, обозначается 0- V -0. Преимущества и недостатки указаны ниже:

Преимущества	Недостатки
1. Простота конструкции	1. Малая селективность
2. Отсутствие паразитных излучений в эфир	2. Невысокая чувствительность

Радиоприёмник прямого преобразования - вид радиоприемника, в котором принимаемый высокочастотный сигнал преобразуется непосредственно в выходной низкочастотный посредством смещения сигнала гетеродина с принимаемым сигналом (приложение 5). Частота гетеродина равна (почти равна) или кратна частоте сигнала. Также называется гомодинным или гетеродинным — не путать с супергетеродинным [9].

Преимущества	Недостатки
1. При сравнительной простоте приемники прямого преобразования показывают характеристики, сравнимые с супергетеродинами	Основное усиление и селекция осуществляется на низкой частоте.
2. Удобно применять для приема сигналов КВЧ и СВЧ	

Автором радиоприёмника на одном транзисторе является Захаров А. Схема такого радиоприёмника была опубликована ещё в 80-х годах в журнале «Радио» [10]. Оригинальная схема приёмника Захарова представлена в приложении 6.

За основу мы взяли готовую схему приёмника Захарова и внесли в неё некоторые изменения. Изменения в схеме нужны для того, чтобы приемник мог принимать современный FM (расшифровывается как Frequency Modulation, что значит «частотная модуляция» — изменение частоты колебаний в соответствии с управляющим сигналом) диапазон 88-108 МГц, так как изначально в оригинальной схеме был советский УКВ диапазон (65,8-73 МГц). Схема с корректировками представлена в приложение 6 [11].

Вместо транзистора ГТ311Е (КТ315) был поставлен импортный S9018. Данный транзистор в схеме выполняет 4 функции: это преобразователь частоты с совмещённым гетеродином, синхронный детектор, а также он и предварительный усилитель звуковой частоты.

Катушка L1 из 4 витков провода 0,5 мм на оправке 4 мм с отводом после первого витка. Намотка осуществляется проводом ПЭВ-2 0,56 мм. В качестве переменного конденсатора мы применили импортный, он имеет с одной стороны 3 вывода, это 2 конденсатора с общим выводом и большей ёмкостью, с другой стороны тоже 3 вывода, 2 конденсатора, но уже с меньшей ёмкостью. Мы применили с меньшей ёмкостью и только 1 конденсатор из двух, это средний вывод и один из крайних выводов. Так как приёмник работает на высокой частоте то все проводники и выводы компонентов должны быть как можно короче и компоненты должны находиться как можно ближе к друг-другу. Антенна - провод 90 см подключенный через конденсатор C1 на 10-18 пФ.

На следующем этапе исследования нами был составлен список деталей необходимых для сборки радиоприемника:

- 1) транзистор S9018 или аналоги;
- 2) конденсатор переменной емкости 6-25пФ.
- 3) 2 резистора 5 кОм
- 4) 1 резистор 3,3 кОм
- 5) 1 переменный резистор 4,7 кОм
- 6) 1 конденсатор 100nF
- 7) 1 конденсатор 22nF
- 8) 1 конденсатор 3-10nF
- 9) конденсатор C2 подбирать нужно в том случае, если будет писк/свист при приеме (уменьшить емкость).
- 10) дроссель L2 – цветовая маркировка (К Ч К 3)

Характеристики транзистора S9018 [9]:

- Структура n-p-n
- Максимально допустимое напряжение коллектор-база 25 В

- Максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер 18 В
- Максимально допустимый постоянный ток коллектора 0,05 А
- Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность коллектора 0,4 Вт
- Статический коэффициент передачи тока биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером 28-270.
- Граничная частота коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером 600 МГц

Приступили к созданию приёмника. Первым шагом является создание источника питания (рис. 1). Источник питания (ИП) представляет собой две батареи 1,5 вольта соединенные последовательно (в сумме 3 вольта) [12].

Далее мы вырезали основу из фанерного листа, на ней мы нарисовали схему радиоприемника, по которой будем размещать радиодетали (рис. 2).



Рис. 1. Источник питания (ИП)



Рис. 2. Основа приёмника

Затем мы закрепили некоторые из деталей, которые вы можете видеть на рис. 3 и 4, где 1-шкала настройки радиостанций, кинематически связанная с конденсатором переменной емкости; 2/3/4-постоянные резисторы; 5-переменный резистор; 6-дроссель; 7-транзистор.

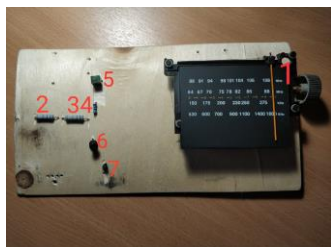


Рис. 3. Радиоприемник, начальный этап

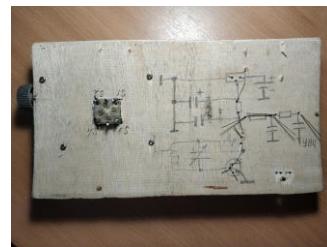


Рис. 4. Вид сзади, переменный конденсатор

Крепим оставшиеся детали и спаиваем, что можно увидеть на рис. 5 и 6, где 8-источник питания; 9/10/11-конденсаторы; 12-разъем, соединяющий радиоприемник с усилителем низкой частоты (колонками) 13-антенна; также сзади расположен один из постоянных конденсаторов.

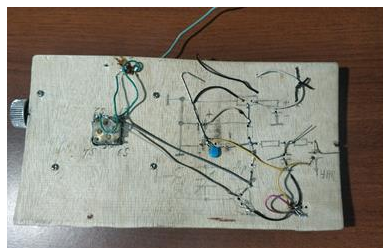


Рис. 5. Вид сзади

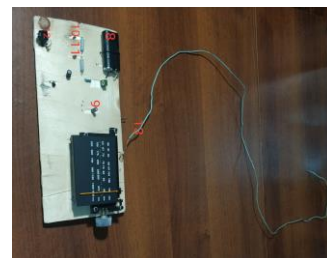


Рис. 6. Конечный вариант

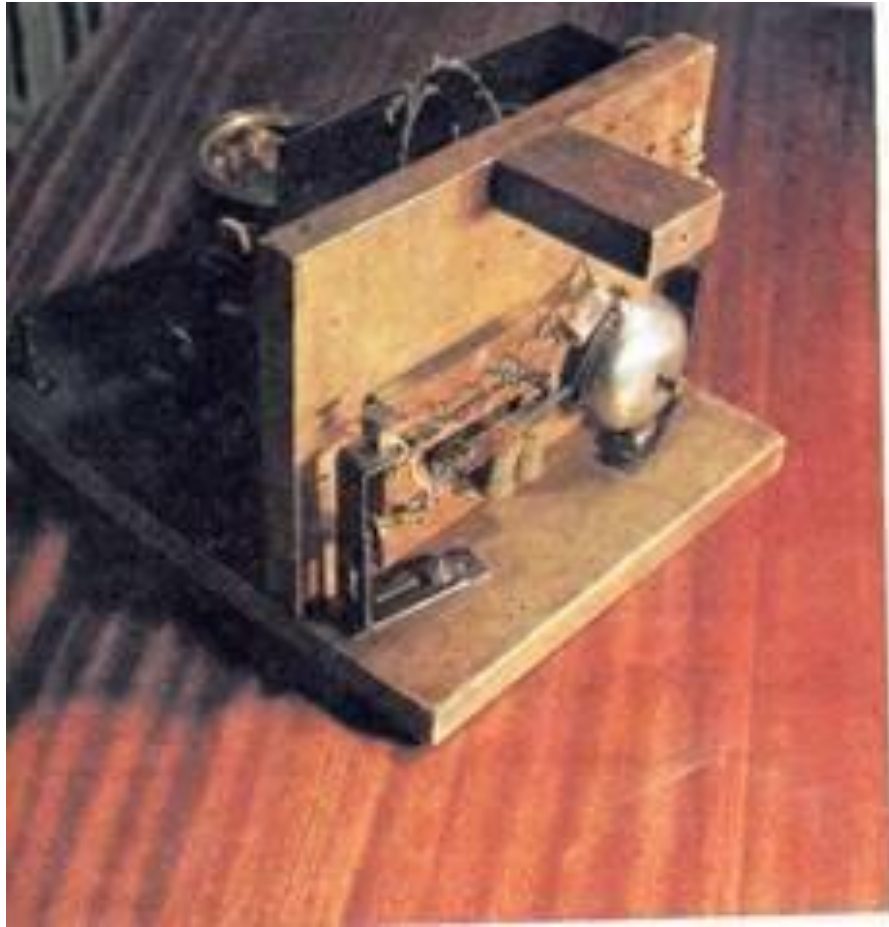
Последним шагом стало проведение испытания. В домашних условиях мы удостоверились в работоспособности радиоприемника, так как он издавал шум и был готов ловить сигнал, но проблема возникла с тем, что он не мог поймать его, из-за малого размера антенны, потому мы поехали туда, где сигнал будет мощнее – на южный холм, где расположена передающая радиостанция. По итогу мы смогли поймать сигнал двух радиостанций – радио Россия и радио Чикой FM.

Заключение

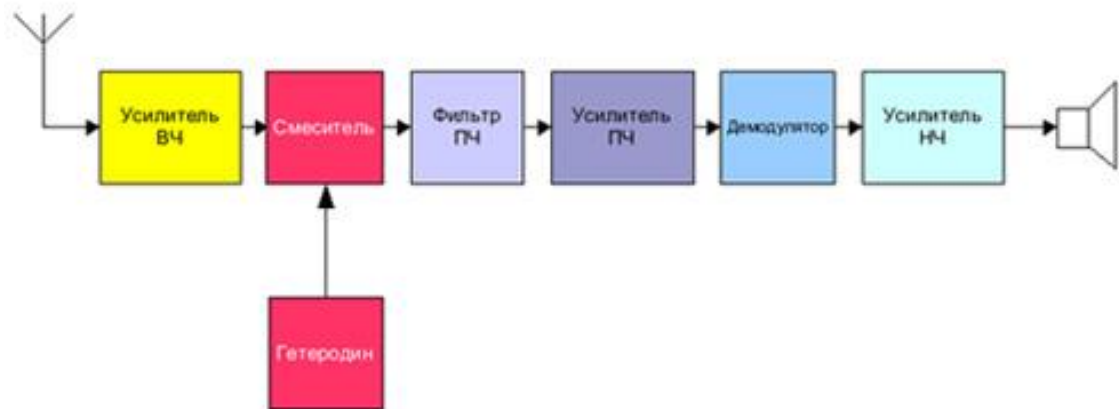
Результаты нашего исследования показали, что, изучив принцип работы радиоприёмника, можно своими руками сделать простой приёмник прямого преобразования на одном транзисторе и ловить сигнал радиостанций. Гипотеза подтвердилась.

Список литературы

1. Типы радиоприёмников./URL: <https://www.hifiaudio-spb.ru/tuner/tuner1/>
2. Кудрявцев С. Изобретение открывшее новую эпоху //Рождение Радио – М.: Молодая гвардия, 1933.
3. Попов Александр Степанович // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / под ред. А. М. Прохорова - 3-е изд. - М.: Советская энциклопедия, 1969.
4. Арсений Замостьянов. День радио: изобретение инженера Попова// Известия. – 2020./URL: <https://iz.ru/1007450/arsenii-zamostianov/den-radio-izobretenie-inzhene>
5. Первый радиоприёмник Попова./URL: <http://www.physicedu.ru/phy-1170.html/>
6. Радиоприемные устройства / /Под ред. Н.Н.Фомина. – М.: Радио и связь, 1996. – 512 с.
7. Типы радиоприёмников./URL: <https://www.hifiaudio-spb.ru/tuner/tuner1/>
8. Схема регенеративного радиоприемника./URL: <https://studfile.net/preview/1815669/>
9. Простейший FM приёмник на одном транзисторе/URL: <https://radiosvat.ru/beginner/5-fm-radio.html/>
10. Захаров А. УКВ ЧМ приемники с ФАПЧ.//Радио. 1985 г.- №12 с 28-30.
11. Мякишев Г. Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый и углублённый уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В.М. Чурагин; под ред. Н. А. Парфентьевой. – М.: Просвещение, 2019 г. – 155 с.
12. Физика. 10 кл. Углубленный уровень: учебник/ В.А.Касьянов. – 4-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2017. – 357 с.



Первый радиоприёмник А. С. Попова



Упрощённая структурная схема супергетеродина

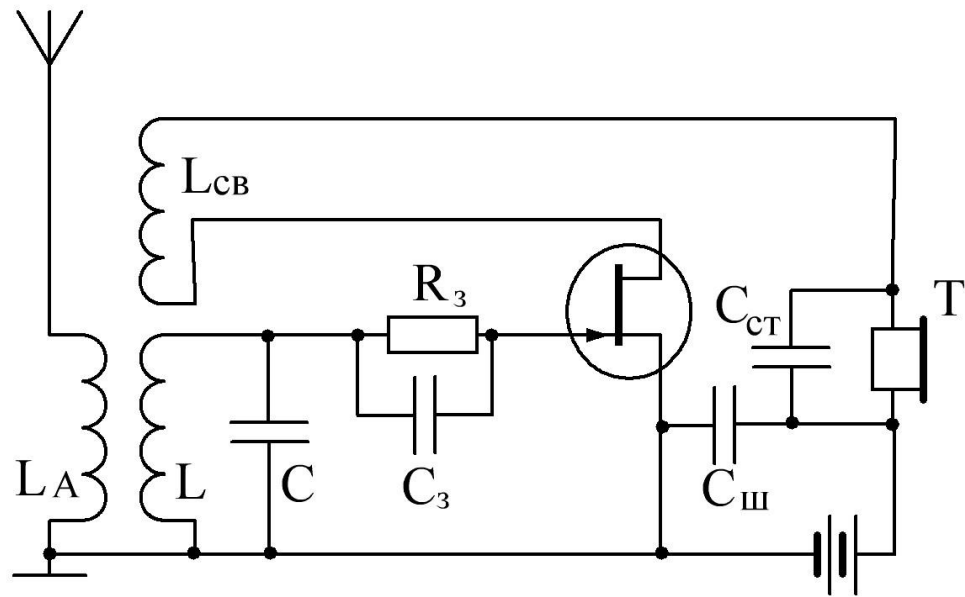
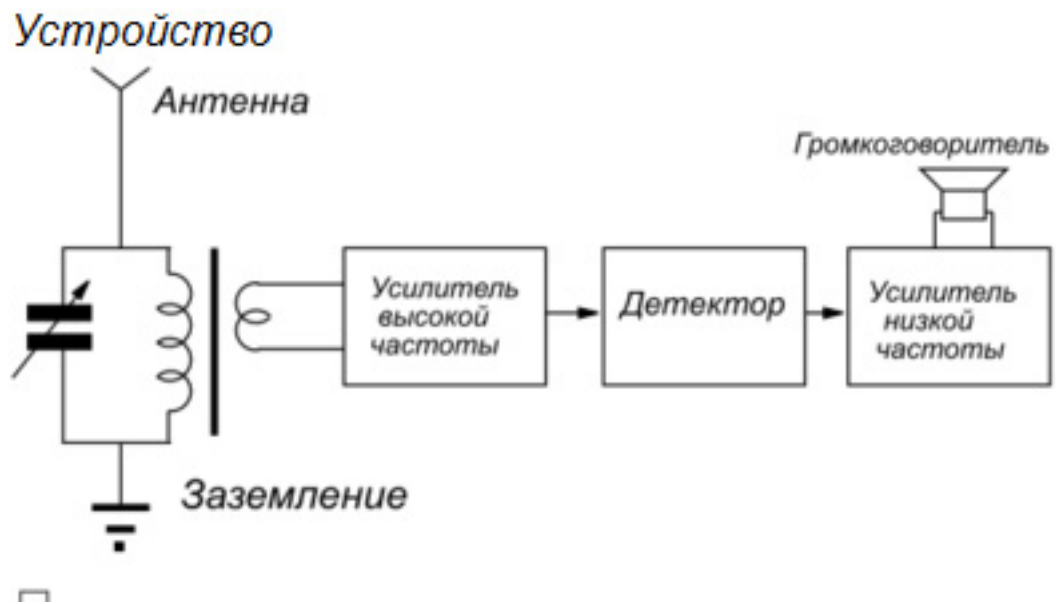
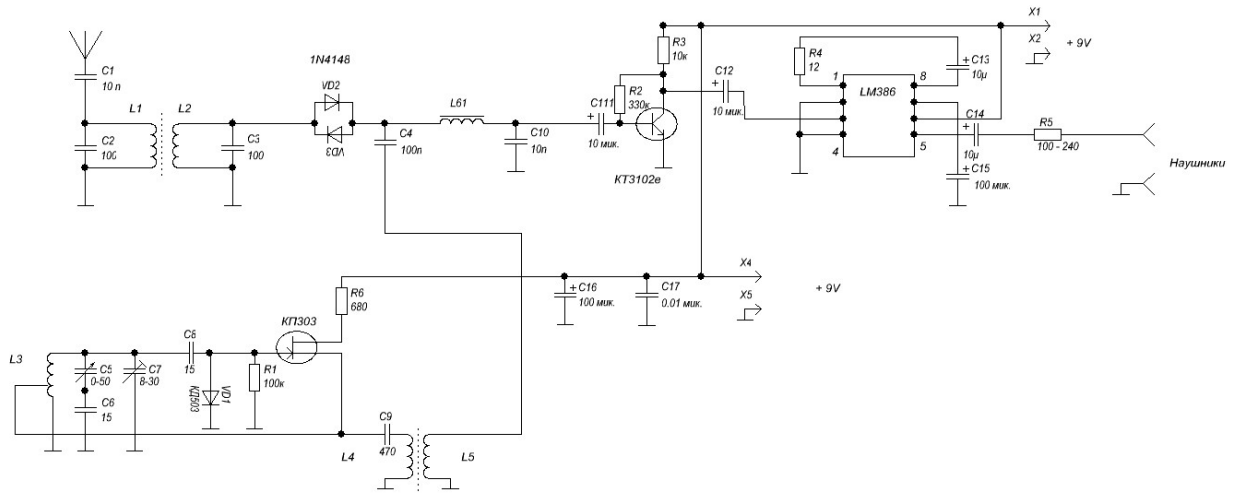


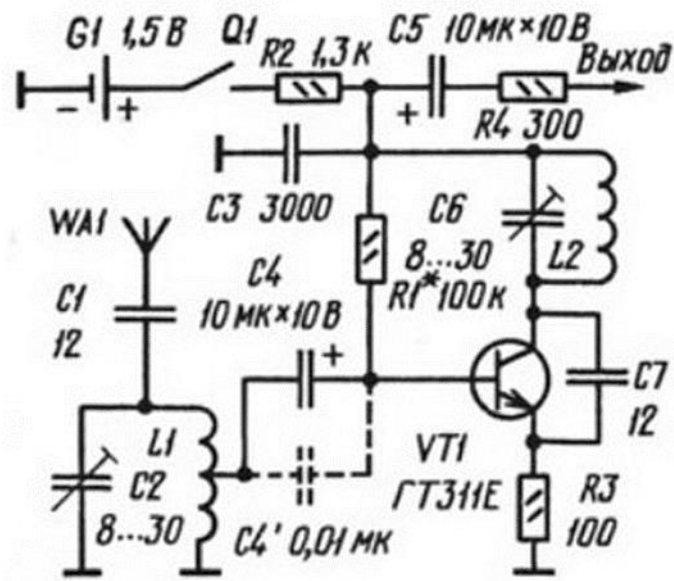
Схема регенеративного радиоприёмника



Блок-схема приёмника прямого усиления



Принципиальная схема радиоприёмника прямого преобразования [13]



Оригинальная схема приёмника Захарова

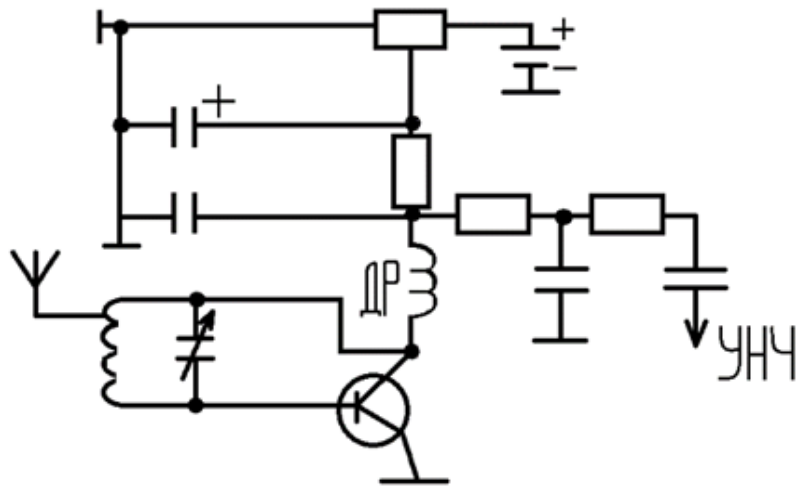


Схема с корректировками