



РАДИОКЛУБ МИЭТ

Радиоприемник прямого преобразования (Радиоприёмник В.Т. Полякова)

Инструкция по сборке и наладке



Зеленоград 2020

Здравствуйте!

Итак, Вы получили комплект для сборки приёмника прямого преобразования радиоклуба МИЭТ. Здесь мы опишем его схему, шаги по сборке и настройке.

Характеристики

Диапазон: 40 м (7000...7200 кГц), двухполосный приём (DSB)

Напряжение питания: 9 В («Крона»)

Ток потребления: ~15 мА

Выход: низкоомные наушники или малогабаритный динамик

Схема

Приёмник сделан на основе классических схем прямого преобразования [1, 2]. Гетеродин - плавного диапазона (ГПД) с регулировкой варикапами.

В колебательный контур гетеродина входят L2 (первичная обмотка) и (VD3+VD4)–C11–(C12+C14)–C15, причем цепочки емкостей (VD3+VD4)–C11 и (C12+C14)–C15 входят в контур параллельно. Ёмкость контура определяют VD3+VD4 (переменная часть) и C12+C14 (постоянная часть). Цепочка резисторов R3-R5-R4 создает отрицательное смещение на варикапах VD3+VD4 и позволяет регулировать частоту – грубо и плавно. Гетеродин настроен на половинную частоту диапазона и перестраивается от 3500 до 3600 кГц с небольшим запасом сверху и снизу. Питание гетеродина 6 В стабилизировано DA1 и блокировочными конденсаторами C19 и C21.

Простой входной контур L1C5 связан с антенной через небольшую ёмкость C6 и со смесителем через вторичную обмотку L1 – так согласовывается высокое сопротивление контура с низким сопротивлением смесителя и антенны.

Смеситель на встречно-параллельных диодах VD1-VD2 (1N4148) позволяет выделять разностную частоту между частотой сигнала и удвоенной частотой гетеродина.

Через конденсатор C7 сигнал гетеродина со вторичной обмотки L2 поступает на смеситель, и тот же C7 входит в состав фильтра низкой частоты (ФНЧ) C7L3C9 с частотой среза около 3 кГц, что позволяет комфортно слушать SSB станции.

УНЧ состоит из предусилителя (VT3-VT4) и усилителя мощности (VT5-VT6-VT7), разделённых регулятором громкости. Выход и вход предусилителя связан

отрицательной обратной связью (ООС) R9, которая выставляет режим транзисторов по постоянному току. Конденсатор C17 ослабляет ООС по звуковой частоте, что поднимает коэффициент усиления. Конденсатор C16 вместе с выходным сопротивлением предусилителя и регулятором громкости R14 образует дополнительный ФНЧ, ослабляя мешающие сигналы в районе нескольких килогерц.

После регулятора громкости сигнал усиливается усилителем мощности на двух каскадах, причём второй каскад – эмиттерный повторитель на транзисторах разной проводимости. С точки соединения эмиттеров VT6 и VT7 сигнал, с одной стороны, поступает через R18 на вход, образуя ООС усилителя мощности (так образуется смещение на базе транзистора VT5), а, с другой – идёт на низкоомную нагрузку через разделительный конденсатор C23. Цепочки C18 R15, C22 R19 развязывают по питанию каскады УНЧ друг от друга и от гетеродина, препятствуя самовозбуждению.

Детали и наладка

Прежде всего собирают УНЧ и проверяют его работу, подключив наушники и включив питание через миллиамперметр. Нормально работающий УНЧ должен потреблять около 10 мА, при этом в наушниках должен быть слышен белый шум. Если коснуться пинцетом входа УНЧ (левый по схеме вывод C20), в наушниках будет громкий фон 50 Гц. Вольтметром измеряется напряжение в точке Д соединения эмиттеров VT6–VT7 – оно должно быть равно половине напряжения питания. Также проверяются контрольные напряжения в точках Б (0,8...0,9 В), В (1,0 В), Г (0,65 В). Если при работающем УНЧ ток покоя значительно больше 10 мА (20...30 мА), то стоит его уменьшить, увеличив значение резистора R18, например, до 2 МОм. Поскольку схема и конструкция приёмника рассчитаны на маломощную «Крону», то лучше сделать приёмник максимально экономичным. Выходной каскад VT6–VT7 является главным потребителем тока в приёмнике, и коэффициент усиления этих транзисторов, во-первых, должен быть примерно одинаков, а, во-вторых, он совместно с R18 и определяет потребляемый ток.

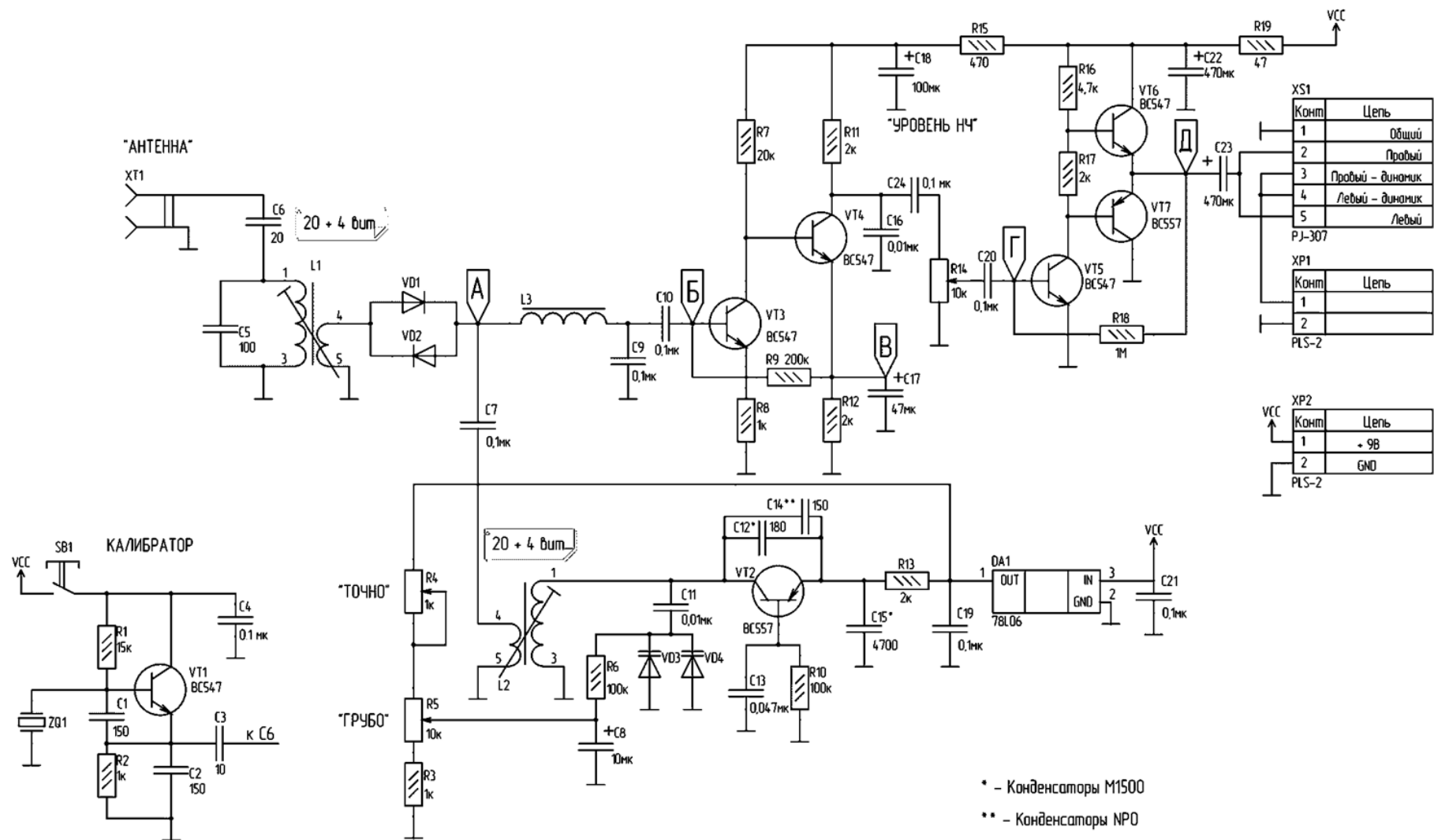


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

Усиление УНЧ получается с запасом, его хватает и на работу динамика. Если всё же предполагается использовать наушники, а сигнал получается слишком громким и/или усилитель самовозбуждается, рекомендуем заменить значение $R8$ на большее, например, 2...4,7 кОм – это снизит коэффициент усиления.

Дроссель $L3$ наматывают на входящем в набор ферритовом сердечнике с проницаемостью 10000 размером 10х6х4. С помощью челнока наматывают 200 витков (это соответствует индуктивности 0,16 Гн). Еще один вариант – использовать головку от магнитофона. Также интересны недавно появившиеся сердечники из аморфного железа (см. статью [3]), тогда число витков будет сильно меньше. $L4$ закрепляют на плате термоклеем.

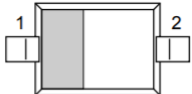

Затем можно приступить к гетеродину, смесителю и входному контуру. Катушки $L1$ и $L2$ – одинаковые, они наматываются на каркасах диаметром 5 мм с ферритовым подстроечным сердечником эмалированным проводом 0,11 мм (намоточный провод длиной 3 м входит в комплект – его хватает на $L1$, $L2$ и $L3$). Для первичной обмотки 20 витков, для вторичной – 4 витка. Первичную катушку лучше мотать виток к витку, туго прижимая витки к каркасу и друг к другу. Крайние витки можно закреплять нитками, а можно воспользоваться хитростями промышленных технологий ручной намотки (рис. 2): вырезается тонкая полоска плотной бумаги шириной примерно 1 мм и длиной около 2 см. Прежде чем намотать первый виток на катушку, один виток провода завязывают вокруг этой полоски у ее края. Прикладывают эту полоску к катушке – вдоль каркаса, так чтобы маленькая петля была у основания катушки – так закрепляется первый виток. Затем плотно наматывают первичную катушку, начиная от этой петельки, чтобы полоска бумаги была плотно прижата намоткой к каркасу. Последний виток также закрепляют в виде петельки вокруг бумажной полоски. Аналогично делают вторичную обмотку на расстоянии 1...2 миллиметров от первичной. В конце желательно закрепить обмотки парафином, лишние хвостики бумажной полоски обрезают.



Рис. 2. Фиксация намотки на каркасе.

Довольно тонкой работы требуют SMD варикапы BB133 (рис. 3), они паяются снизу основной платы. Перед пайкой стоит определить их полярность мультиметром в режиме проверки диодов. При пайке лучше использовать лупу и тонкий пинцет.

Table 1: Pinning

Pin	Description	Simplified outline [1]	Symbol
1	cathode		
2	anode		

sym008

Рис. 3. Расположение выводов варикапа BB133

После того, как приёмник спаян полностью, проверяют работу гетеродина с помощью осциллографа (при его наличии), либо сделав простейший пробник из германиевого диода, последовательно соединенного с вольтметром – так можно оценивать амплитуду переменного напряжения в различных точках схемы. В точке А измеряют амплитуду переменного напряжения – оно должно быть около 0,5...0,7 В (среднее значение должно быть равно 0).

Далее необходимо отрегулировать рабочий диапазон гетеродина. Можно воспользоваться осциллографом или частотомером, но удобнее использовать калибратор с кварцевой стабилизацией на 7000 кГц в составе приёмника (см. схему). При вывернутых влево ручках настройки собираемого приёмника (нижний край диапазона) вращением сердечника катушки L2 находят частоту 7000 кГц (частота гетеродина 3500 кГц).

Затем поворачиваем ручку грубой настройки вправо – смотрим, какая частота получается. В идеале должно быть около 7220...7240 кГц (оставляем по десять-двадцать килогерц запас сверху и снизу). Верхний край диапазона можно найти в вечернее время с подключенной антенной – сразу после любительского диапазона начинается вещательный диапазон, на нижнем краю которого (начиная с 7205 кГц) обычно работают громкие вещательные станции. Ширину диапазона можно сделать такой, чтобы можно было настроиться на несущую одной из таких станций.

Если диапазон получается слишком широким или слишком узким, надо подобрать значение конденсаторов C12 и C14. Ещё один способ регулировки ширины диапазона: изменить значение эмиттерного резистора R13. Дело в том, что при этом будет меняться амплитуда сигнала гетеродина, а она будет влиять на эффективную ёмкость варикапов: чем больше R13, тем меньше амплитуда, и тем больше эффективный интервал перестройки варикапов, шире диапазон. В

пределах амплитуды 0,5...0,7 вольт в точке А смеситель будет работать хорошо, и некоторый запас в вариации амплитуды гетеродина обычно есть. И, наконец, можно также увеличить значение сопротивления R3 до нескольких килоом в случае слишком широкого диапазона.

Обратите внимание: в комплект входят конденсаторы колебательного контура гетеродина с нормируемыми ТКЕ (температурный коэффициент ёмкости). Варикапы и катушка имеют положительный температурный коэффициент, и их надо компенсировать отрицательными ТКЕ C12-C14. Для этого в двух из них стоит ТКЕ M1500 (-1500 ppm на градус), а в третьем NP0 (нулевой температурный коэффициент).

При желании можно измерить такой параметр приёмника, как уход частоты при изменении температуры. Проверять этот параметр лучше после того, как приёмник остынет после пайки. Потребуется термометр, небольшая картонная коробка и какой-либо источник тепла либо холода. Включённый приёмник вместе с термометром закрывают в коробку и дают частоте и температуре внутри застabilizироваться вдали от источника тепла или холода. Замечают частоту гетеродина внешним приёмником, и записывают температуру. Затем переносят коробку на подоконник (если на улице холодно) или ставят на нагреватель, и ждут установления новой стабильной частоты и новой стабильной температуры. Достаточно перепада температуры около 10 °С. Для использования приёмника в домашних условиях желательно добиться, чтобы частота уходила не больше нескольких сотен Гц/°С. Значения вложенных в набор конденсаторов C12-C14 удовлетворяют этим требованиям.

В конце, подключив антенну, регулируют входной контур подстройкой ферритового сердечника L1 по максимуму громкости сигнала или шума в середине диапазона, затем еще раз точно выставляют начало диапазона катушкой L2, и отладка приёмника завершена.

Конструкция и порядок сборки

Приёмник выполнен в виде трёх плат, которые собираются пайкой в жёсткую конструкцию. Сначала собирают основную плату, проверяют работу УНЧ и гетеродина – эти узлы начинают работать и без переменных резисторов. Затем собирают переднюю панель – прикручивают переменные резисторы (R14 – с выключателем) и припаивают их ножки к контактам на плате (ножки нужно пригнуть к плате пинцетом). Светодиод припаивают к контактными площадкам и соединяют анод через резистор 4.7К к выключателю питания на потенциометре громкости R14, к тому же контакту выключателя идёт провод к «+» XP2 на

основной плате. Плюсовой вывод от батареи питания припаивают ко второму контакту выключателя, минусовой – к «-» ХР2. Передняя панель припаивается снизу контактными площадками.

Затем собирается калибратор, прикручивается антенный разъём, припаивается его центральный контакт коротким проводом к контакту Х1 на плате, и задняя панель также припаивается снизу контактами к основной плате. В таком положении приёмник можно настраивать, а при крайней необходимости переднюю и заднюю платы несложно отпаять.

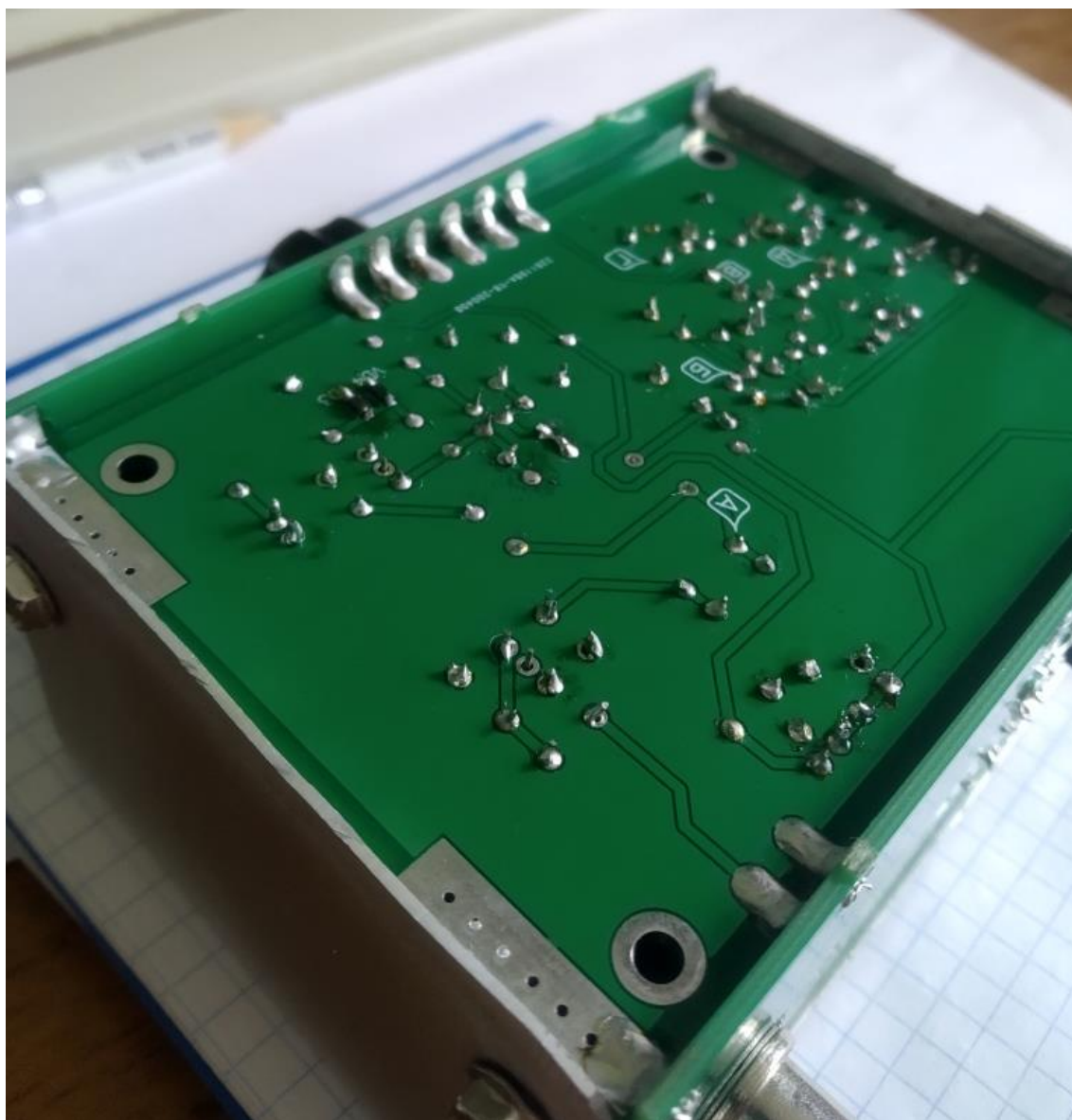


Рис. 4. Вид снизу на монтаж радиоприемника.

Наконец, после окончательной настройки на диапазон выравнивают положение плат друг относительно друга (под углом 90°) и припаивают уголки. «Крону» можно прикрепить к основной плате двусторонним скотчем.

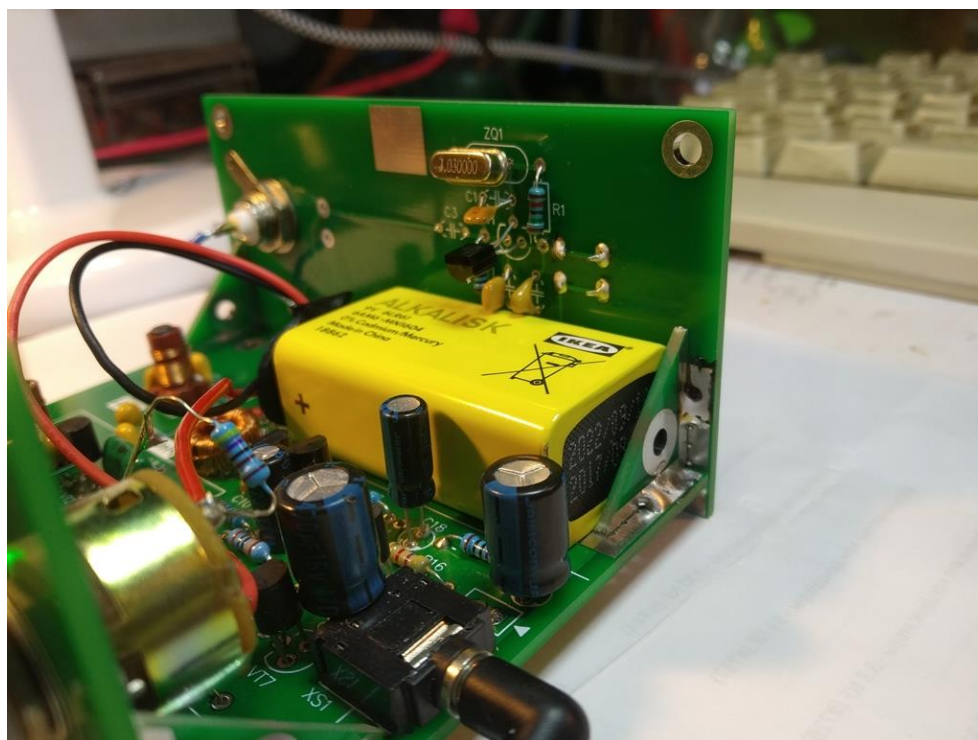
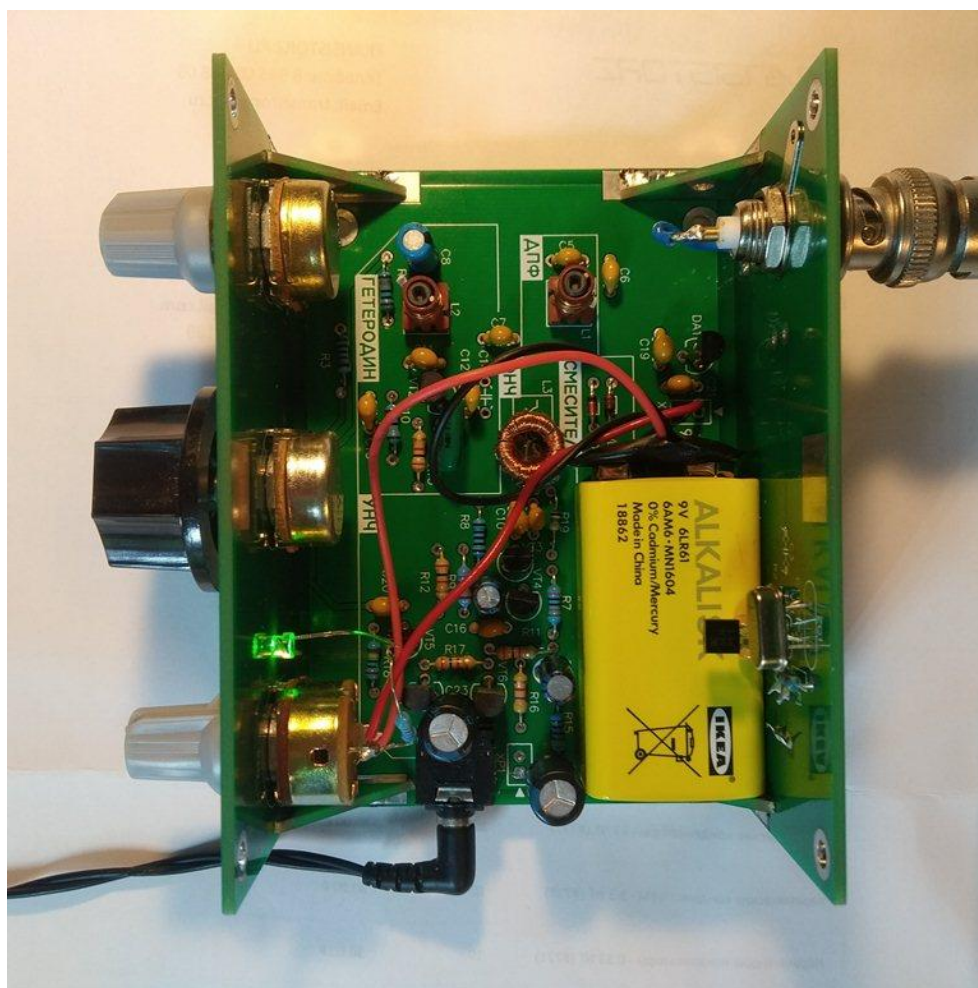


Рис. 5. Вид на монтаж радиоприемника.

Можно также изготовить металлический кожух (не входит в комплект) и закрепить его винтами (рис. 6), тогда конструкция будет более жесткой и влияние внешней температуры снизится. Малогабаритный динамик (не входит в комплект) можно закрепить на кожухе, проделав отверстия.

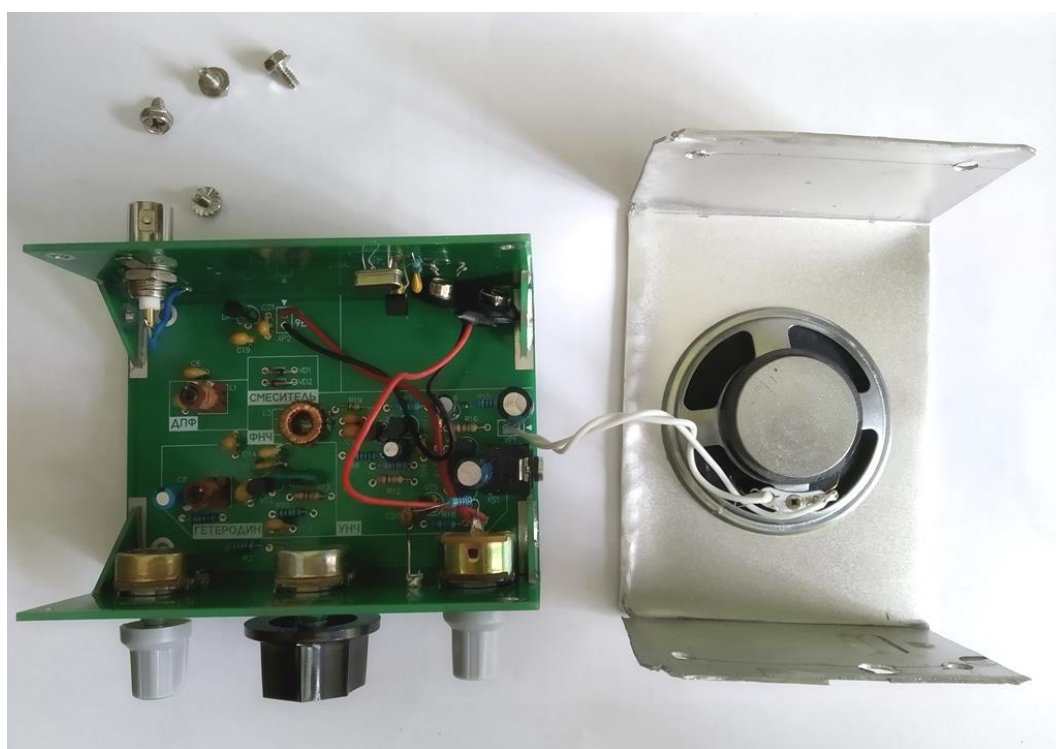
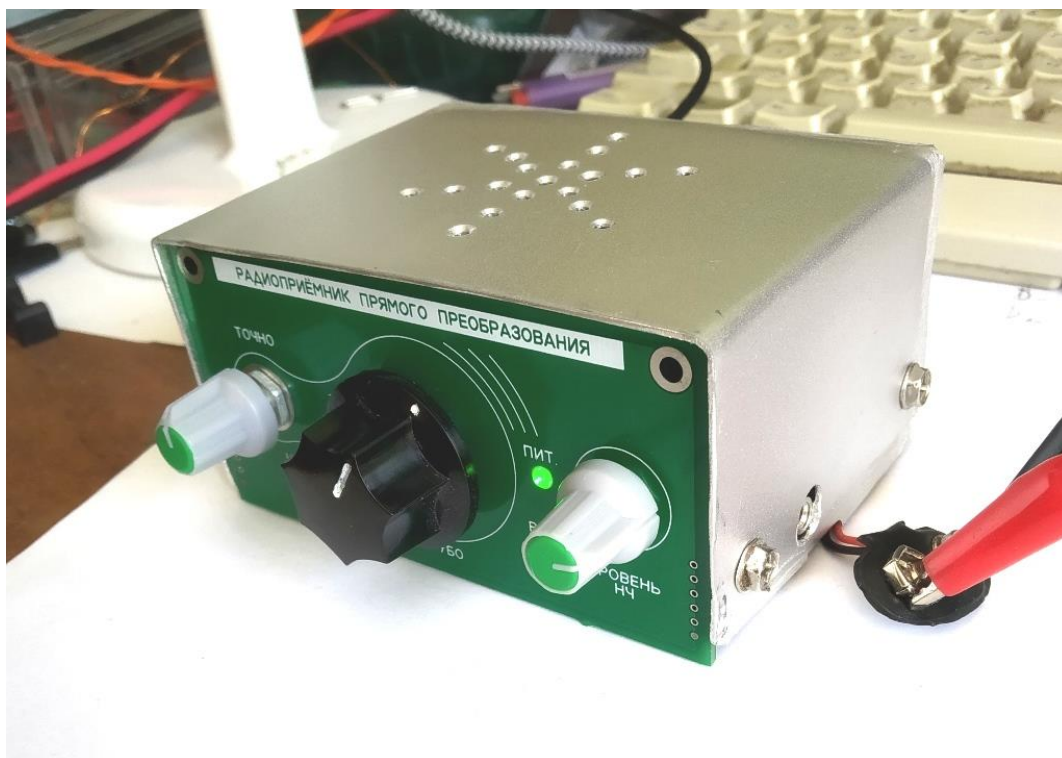


Рис 6. Вариант изготовления корпуса.

Благодарим вас за внимание к нашему проекту! Желаем получить удовольствие от сборки и наладки приемника. 73!

С любыми вопросами обращайтесь:

Влад Жигалов (R2DNN) zhigalov@gmail.com

Герман Антошкин (R3YAB) r3yab@mail.ru

Радиоклуб МИЭТ (RK3AZB) <https://vk.com/rk3azb>

Литература:

1. В.Т. Поляков. Радиолюбителям о технике прямого преобразования (1990). <http://grp.ru/files/literature/category/10-ra3aaedocs?download=247%3Adc>
2. В.Т. Поляков. Приемник прямого преобразования для "охоты на лис", журнал "Радио" за 1982 год, №4, стр. 49-52; №7, стр.54, 55. <http://grp.ru/files/literature/category/10-ra3aaedocs?download=376%3Afoxhuntedcrra3aae>
3. Д. Горох. Применение сердечников из аморфного железа. CQ-QRP#70 (Весна 2020). <http://grp.ru/cqgrp-magazine/1536-cq-grp-70>
4. Тема про данный приёмник на форуме клуба RU-QRP: [RU-QRP Club forum :: Тема: Приёмник ППП радиоклуба МИЭТ](#)

Приложение. Перечень элементов

Обозначение	Номинал	Описание	Кол-во
C1, C2	180 или 220	Конденсатор керамический	2
C11, C16	0.01мк	Конденсатор керамический	2
C12	180	Конденсатор керамический M1500	1
C14	150	Конденсатор керамический NPO	1
C13	0,047мк	Конденсатор керамический	1
C15	4700	Конденсатор керамический M1500	1
C17	47мк	Конденсатор электролитический	1
C22, C23	470мк	Конденсатор электролитический	2
C3	10	Конденсатор керамический	1
C4, C7, C9, C10, C19, C20, C21, C24	0.1мк	Конденсатор керамический	8
C5	100	Конденсатор керамический	1
C6	22	Конденсатор керамический	1
C8	10мк	Конденсатор электролитический	1
C18	100мк	Конденсатор электролитический	1
DA1	78L06	Стабилизатор напряжения	1
L1, L2	–	Катушка индуктивности подстроечная	2
L3	–	Катушка индуктивности	1
R1	15к	Резистор	1
R11, R12, R13, R17	2к	Резистор	4
R15	470	Резистор	1
R16	4.7к	Резистор	1
R18	1М или 2М	Резистор	1
R19	47	Резистор	1
R2, R3, R8	1к	Резистор	3
R4	1к	Резистор переменный	1
R5, R14	10к	Резистор переменный с выключателем	2
R6, R10	100к	Резистор	2
R7	20к	Резистор	1
R9	200к	Резистор	1
SB1	KLS7-TS6601	Кнопка тактовая	1
VD1, VD2	1N4148	Диод	2
VD3, VD4	BB133	Варикап	2
VT1, VT3, VT4, VT5, VT6	BC547	Транзистор биполярный	5
VT2, VT7	BC557	Транзистор биполярный	2
XP1, XP2*	PLS-2	Вилка штыревая	2
XS1	PJ-307	Розетка	1
XT1*	DG128-50-02P-14	Соединитель	1
ZQ1	7 MHz	Резонатор кварцевый	1

* – не комплектуются

Дополнительно: розетка BNC, ручки малые (2 шт), ручка большая, колодка батарейная, светодиод, резистор 4,7к для светодиода.