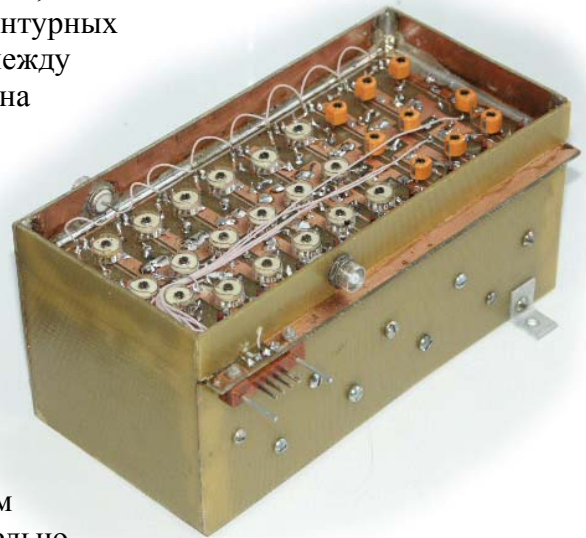


## Блок ДПФ

В трансивере применен блок ДПФ выполненный аналогично блоку ДПФ РА3АО [1]. Незначительные изменения в конструкции связаны с введением дополнительного диапазона и другой схемой коммутации.

Внешний вид блока ДПФ приведен на рис.1, а схема - на рис.2. Блок содержит девять трехконтурных фильтров с индуктивной связью между контурами. Катушки контуров намотаны на каркасах из фторопласта диаметром 14мм.

Фильтры коммутируются реле РЭС49 (на напряжение 24В, отобранные по напряжению срабатывания 11В). Для управления реле использована микросхема ВU2090. Эта микросхема содержит 12-ти разрядный регистр сдвига, регистр хранения и имеет выходы с открытым стоком, рассчитанные на работу при напряжении до 30В. Применение этой микросхемы (с учетом микропроцессорного управления) значительно



упрощает коммутацию фильтров.

Рисунок 1 Внешний вид блока ДПФ

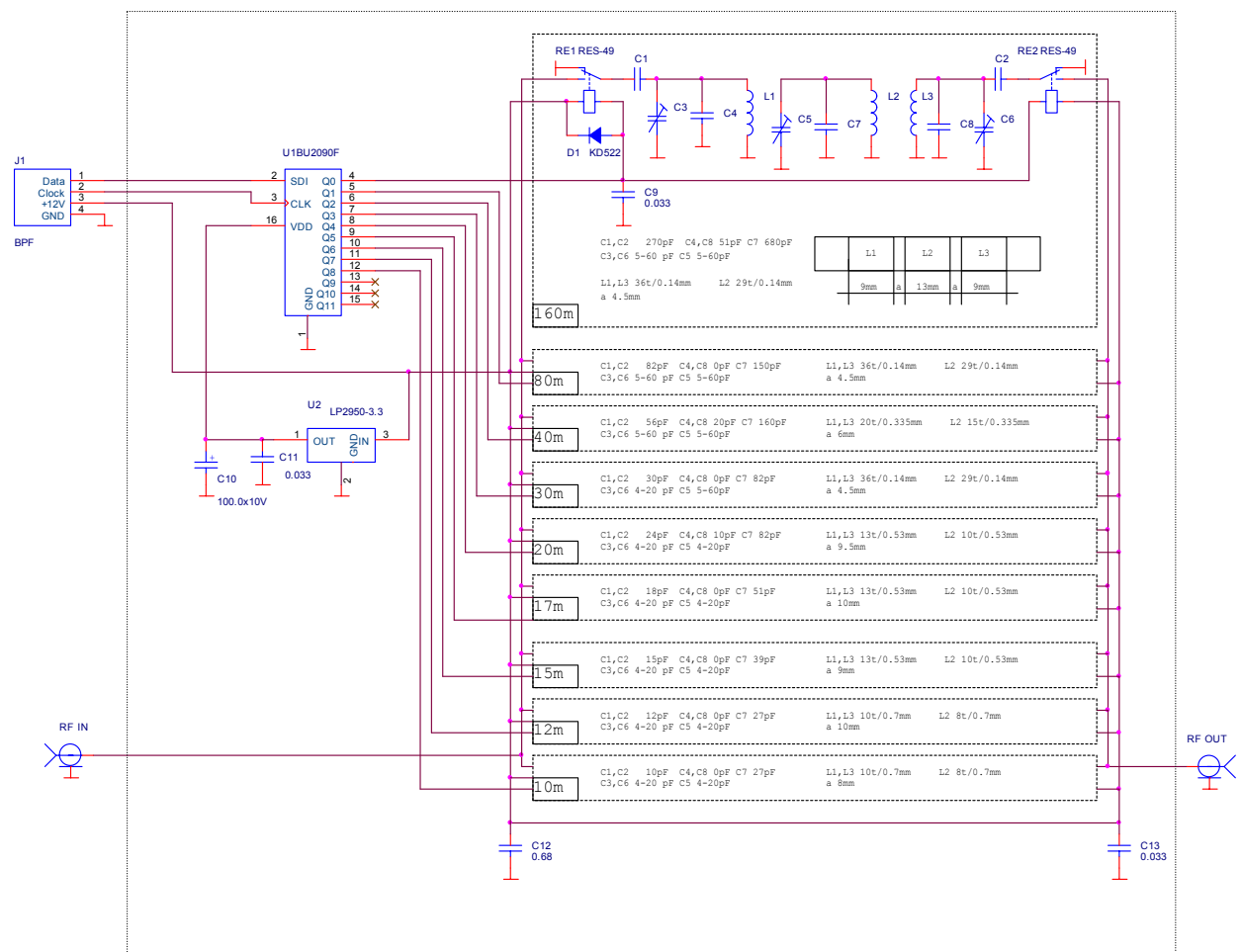


Рисунок 2 Принципиальная схема блока ДПФ

Передача данных по двухразрядной шине происходит только в моменты переключения диапазонов, аттенюатора и антенного коммутатора, этим обеспечивается отсутствие помех при нормальной работе (несмотря на то, что конструктивно провода этой шины расположены в одном жгуте с сигнальными цепями).

Экранирующая коробка блока по конструкции аналогична блоку РА3АО ([1], стр.113), но удлинена на 15 мм с целью установки 9-го фильтра.

### Усилитель ВЧ

В трансивере используется отключаемый усилитель высокой частоты (рис.3,4). Коэффициент усиления УВЧ выбран около 10дБ, чтобы не ухудшить динамику трансивера.

Усилитель ВЧ собран на транзисторе КП903А включенном по схеме с ОЗ с использованием «бесшумной» ООС. Схема «позаимствована» из однодиапазонного телеграфного трансивера РА3АО [2]. С целью упрощения схемы фильтрация сигнала после УВЧ не производится.

Коммутация УВЧ производится герконовыми реле РЭС55А, в режиме передачи УВЧ обесточивается, и реле отключают УВЧ.

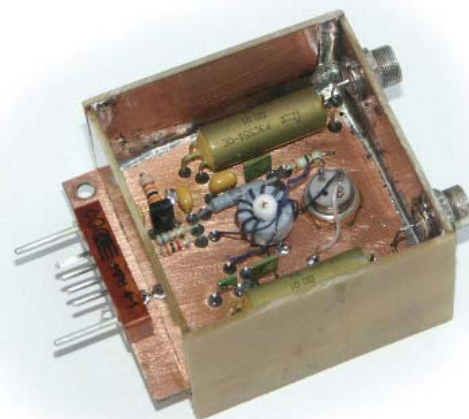


Рисунок 3 Внешний вид усилителя ВЧ

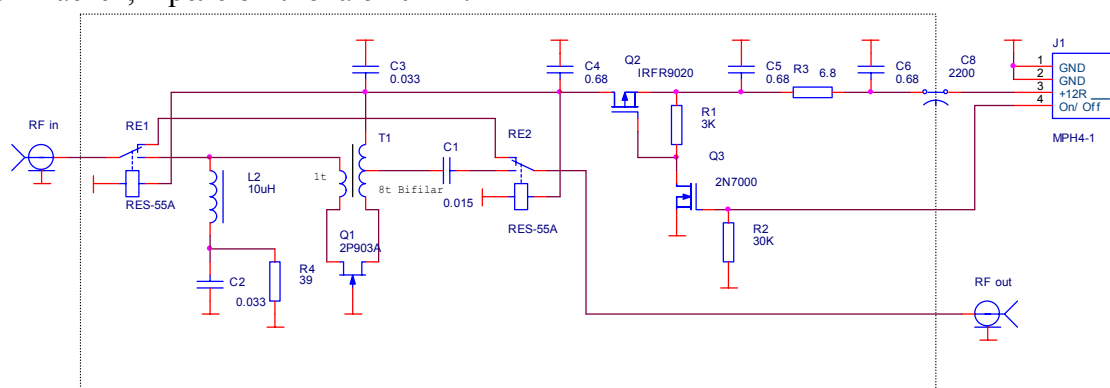


Рисунок 4 Принципиальная схема усилителя ВЧ

### Блок ВЧ

При проектировании трансивера было уделено много внимания первому смесителю. Были проведены эксперименты со смесителями на микросхеме КР590КН8А, быстродействующих шинных коммутаторах, активным смесителем РА3АО [1] и балансным смесителем на КП905А.

После серии экспериментов выбор был остановлен схеме с использованием быстродействующих шинных коммутаторов FST3125.

Внешний вид блока ВЧ приведена на рис. 5, схема – на рис. 6. Ключи микросхемы

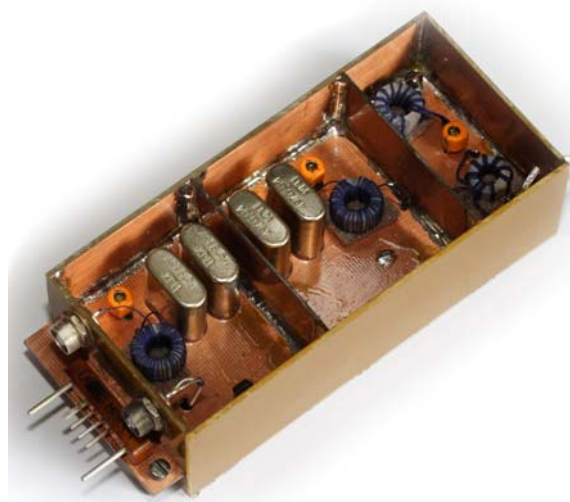


Рисунок 5 Внешний вид блока ВЧ

Высококачественный трансивер с цифровой обработкой сигнала T03DSP - Олег Скидан UR3IQO

включены по балансной схеме (фактически данный смеситель это половинка смесителя Н-типа). Для получения импульсов управления с необходимой скважностью сигнал гетеродина делится на 2 микросхемой U2 (74AC74).

В ходе проведения экспериментов было замечено увеличение ДД при уменьшении величины нагрузочного сопротивления диплексора (до 0 Ом). Было решено использовать нулевую нагрузку диплексора (это позволило наряду с увеличением ДД, дополнительно упростить его конструкцию).

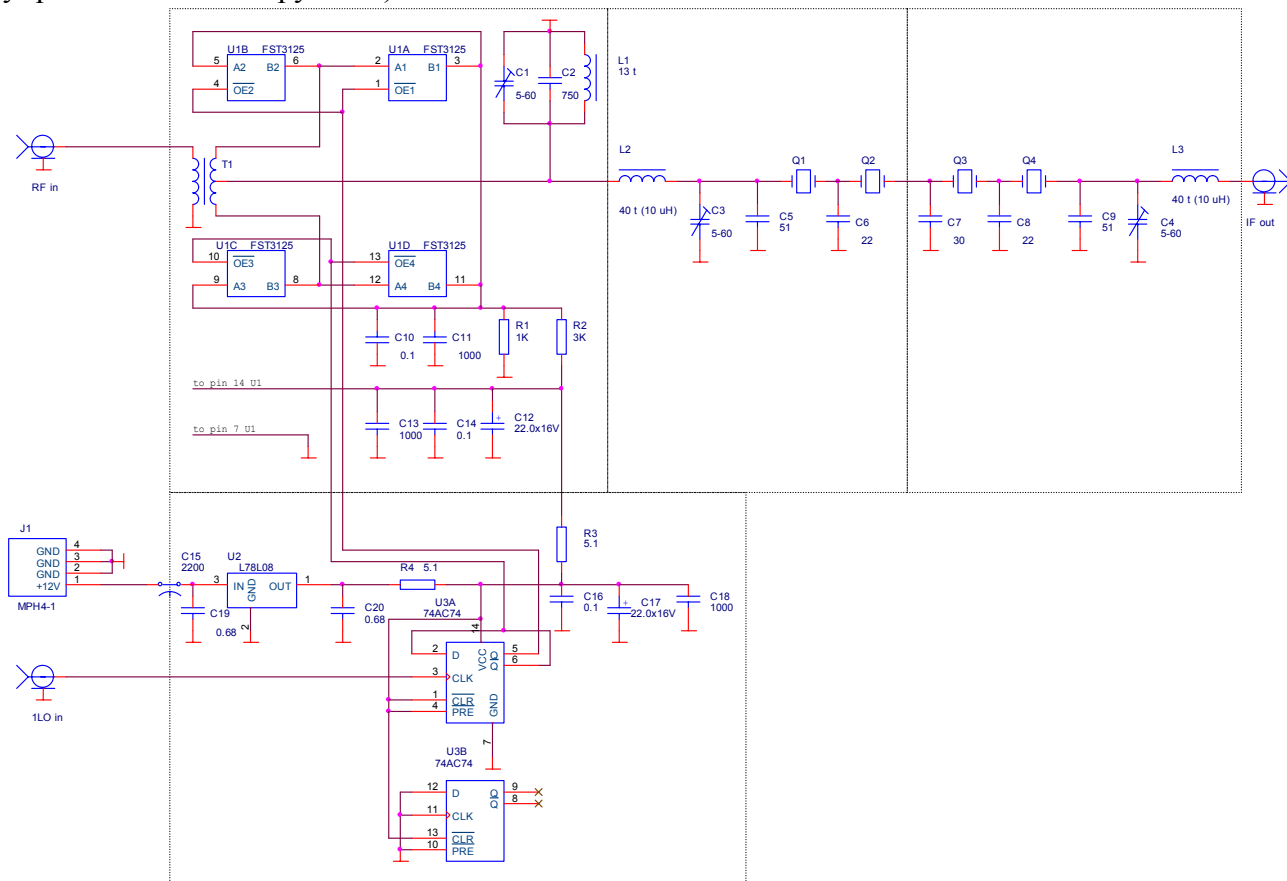


Рисунок 6 Принципиальная схема блока ВЧ

Смеситель нагружен на четырехкристальный кварцевый фильтр первой ПЧ (4.976МГц) с полосой 3кГц, собранный по лестничной схеме. Основная задача этого фильтра подавление зеркального канала приема по второй ПЧ и фильтрация мощных внеполосных сигналов (применение кварцевого фильтра здесь неизбежно ввиду низкого значения второй ПЧ – 24кГц). Необходимое согласование обеспечивается Г-звеном (L3,C3,C5).

Такое решение позволяет в полной мере использовать динамический диапазон смесителя, т.к. при достаточно больших расстройках динамический диапазон будет определяться исключительно динамическим диапазоном смесителя. Кроме того, весь блок ВЧ состоит только из пассивных узлов и, соответственно, сигнал может проходить в любом направлении без дополнительной коммутации.

## Блок ПЧ

Как говорилось выше, до усилителя первой ПЧ используются только пассивные узлы (при выключенном УВЧ), соответственно сигнал от антенны приходит ослабленным примерно на 9дБ. Поэтому усилитель первой ПЧ должен обладать высокой

чувствительностью, а так как основная избирательность обеспечивается DSP на низкой второй ПЧ, то еще и хорошей линейностью.

Внешний вид блока ПЧ приведен на рис. 7, а схема – на рис. 8.

В трансивере используется усилитель первой ПЧ на транзисторе КП903А (Q3) с «бесшумной» ООС по цепи истока [3]. Такой усилитель имеет отличные шумовые параметры ( $Kш < 2\text{дБ}$ ) и линейность ( $A_{з\text{вых}} = +30\text{дБм}$ ), при коэффициенте усиления 18дБ. Кроме того усилитель обеспечивает значительную развязку входа и выхода.

В оригинальном усилителе [3] используются четыре параллельно включенных транзистора J310. Как показали эксперименты, один КП903А с успехом заменяет четыре J310.

Следует отметить, что подобные параметры достижимы только при изготовлении трансформатора Т2 на специальном двухдырочном магнитопроводе (бинокль). Обмотка, включенная в цепь истока выполнена из одного витка оплетки кабеля, первичная обмотка помещена внутри вторичной.

Усилитель первой ПЧ через аттенюатор (R3-R5) нагружен на подчисточный кварцевый фильтр (Q1,Q2) основная задача которого подавить шумы УПЧ в полосе зеркального канала прима по второй ПЧ. Аттенюатор позволяет улучшить согласование кварцевого фильтра с выходом УПЧ и обеспечивает более благоприятную нагрузку для усилителя, что важно для обеспечения высокой линейности.



Рисунок 7 Внешний вид блока ПЧ

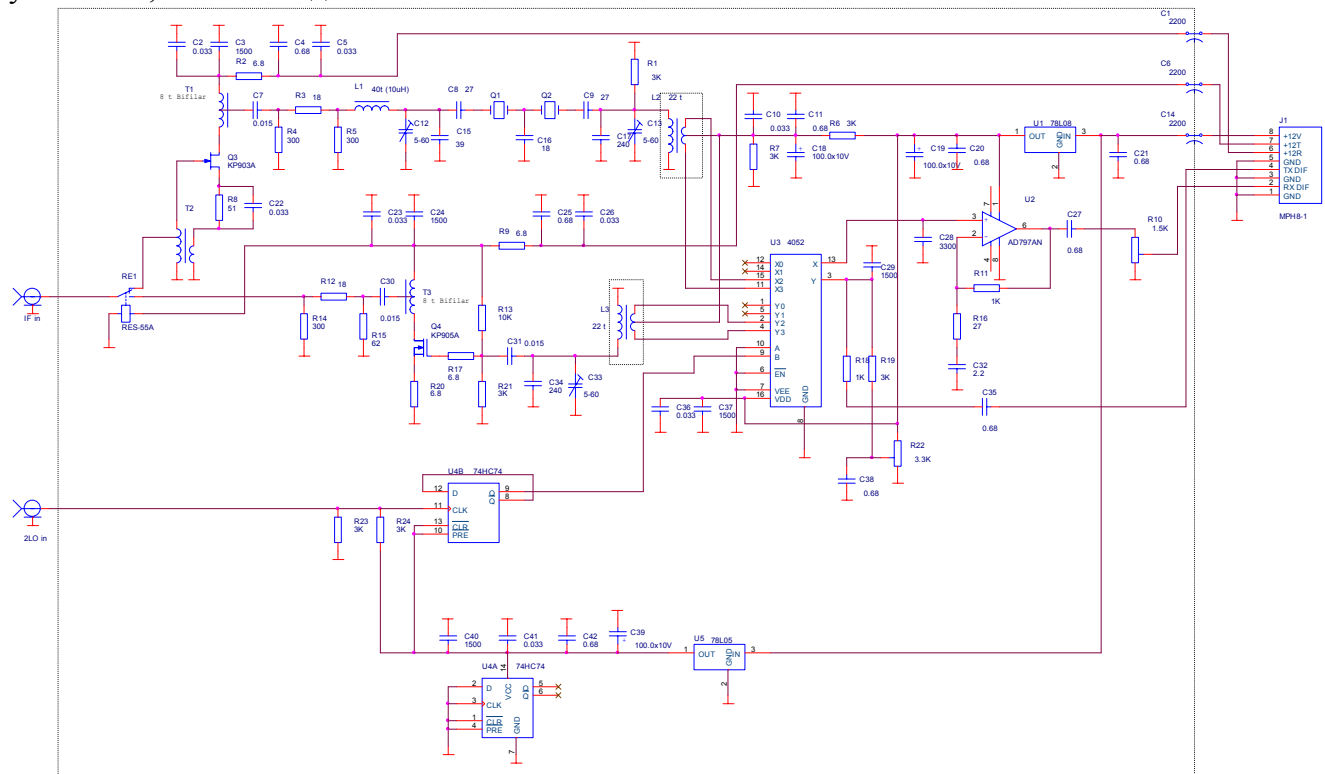


Рисунок 8 Принципиальная схема блока ПЧ

После подчисточного кварцевого фильтра сигнал поступает на второй смеситель, выполненный на микросхеме U3 (74HC4052). Эта микросхема содержит два четырехканальных аналоговых коммутатора, которые используются в качестве ключевых

смесителей (один на прием, второй – на передачу). Такой смеситель имеет очень хорошую линейность, т.к. микросхема способна коммутировать аналоговые сигналы с амплитудой до  $E_n/2$  (4В в данном случае).

Микросхема U4 (74НС74) формирует меандр из синусоидального напряжения второго гетеродина.

В качестве усилителя второй ПЧ (U2) применен один из лучших операционных усилителей для профессиональной HiFi аппаратуры AD797. Усиление устанавливается резисторами цепи ООС (R11,R16).

Резистором R10 производится установка коэффициента передачи аналоговой части приемного тракта. Уровень шумов аналоговой части приемного тракта (на выходе блока ПЧ) установлен на 6 дБ больше уровня шума АЦП. Это компромиссное решение позволяет при незначительном ухудшении чувствительности трансивера наиболее полного использовать односигнальный динамический диапазон АЦП, что очень важно с учетом полностью цифровой системы АРУ.

Дальнейшая обработка сигнала производится в блоке DSP. Подробнее об этом будет рассказано в третьей части описания.

При работе на передачу сформированный сигнал на частоте второй ПЧ поступает на смеситель, собранный на микросхеме U3 (74НС4052). Резистором R22 осуществляется балансировка смесителя. Напряжение сигнала с частотой первой ПЧ выделяется на контуре L3,C33,C34 и усиливается ШПУ на транзисторе Q4 (КП905А). Атенюатор R12,R14,R15 обеспечивает более благоприятную нагрузку для усилителя Q4 и улучшает согласование с кварцевым фильтром, находящимся в блоке ВЧ.

Коммутация прием-передача осуществляется герконовым реле RE1 (РЭС55А).

## Блок НЧ

Демодулированный сигнал поступает с выхода блока DSP на вход блока НЧ (рис.9, 10).

Усилитель НЧ выполнен по типовой схеме на микросхеме U4 TDA2003 (аналог К174УН14). Используется типовая схема включения.

При работе на передачу (в режиме SSB) сигнал с микрофона поступает на микрофонный усилитель U2 собранный на мал шумящем ОУ ОРА134А. Коэффициент усиления установлен небольшим - около 30дБ. При таком коэффициенте усиления сигнал на выходе микрофонного усилителя никогда не превысит 1В (эфф.) и будет обеспечена нормальная работа АЦП без перегрузки.

Далее сигнал через коммутатор U3 (4053) поступает на вход блока DSP. При работе цифровыми видами данный коммутатор подключает источник сигнала напрямую на вход блока DSP, что благоприятно сказывается на качестве излучаемого сигнала. Транзистор Q1 согласовывает логические уровни высоковольтной CMOS логики и управляющего сигнала LVCMOS.

Формирование сигнала передатчика осуществляется блоком DSP. Подробнее об этом будет рассказано в третьей части описания.

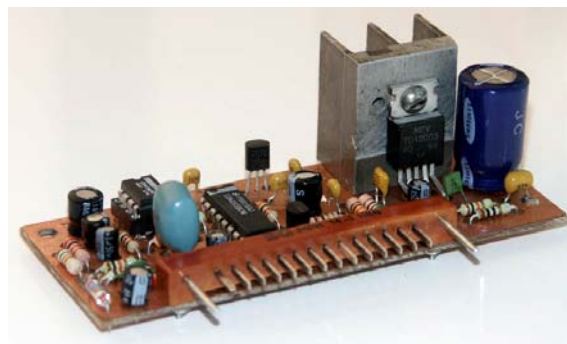


Рисунок 9 Внешний вид блока НЧ

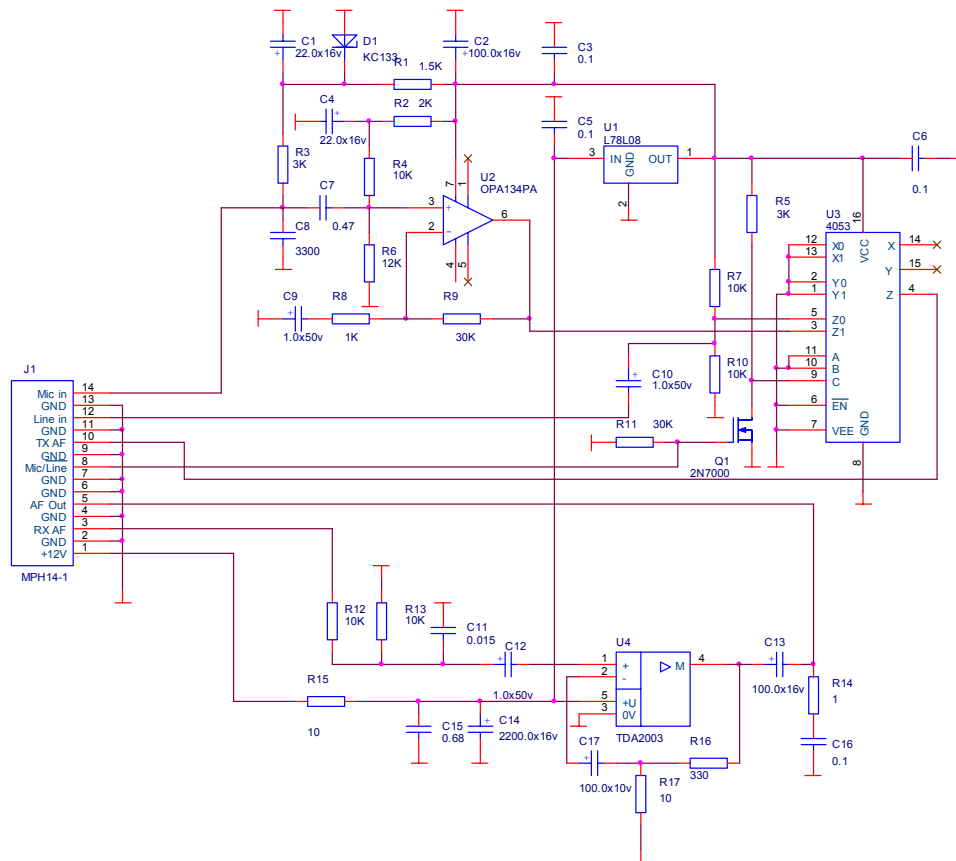


Рисунок 10 Принципиальная схема блока НЧ

## Второй гетеродин

В качестве второго гетеродина используется обычный генератор на полевом транзисторе, частота которого стабилизирована кварцевым резонатором (рис. 11).

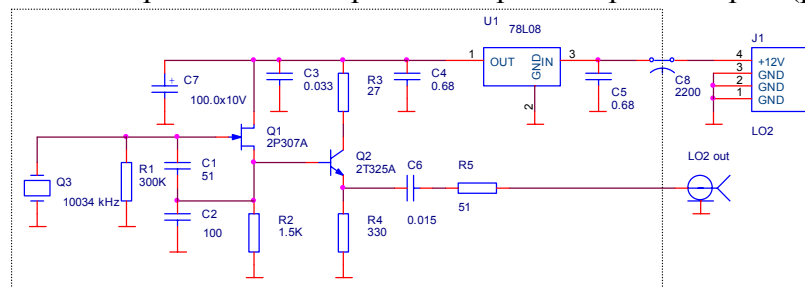


Рисунок 11 Принципиальная схема второго гетеродина

## Блок УМ

Усилитель мощности трансивера трехкаскадный (рис. 12, 13). Первые два каскада работают в режиме А, окончательный каскад в режиме АВ.

При разработке усилителя ставилась задача получить качественный сигнал, а не «разогнать мощу». Усилитель мощности отдает 20Вт сигнала среднего качества - уровень продуктов интермодуляции третьего порядка -29дБ, пятого -52дБ, и 10Вт сигнала высокого качества (для работы с внешним УМ) уровень продуктов интермодуляции третьего порядка -42дБ, пятого -58дБ.

Схемотехника подобных усилителей подробно описана в [3,4].

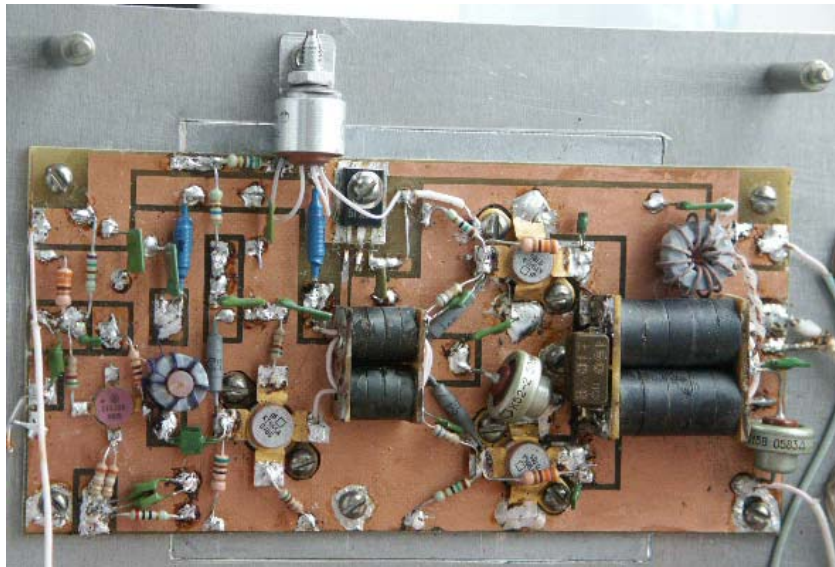


Рисунок 12 Внешний вид усилителя мощности

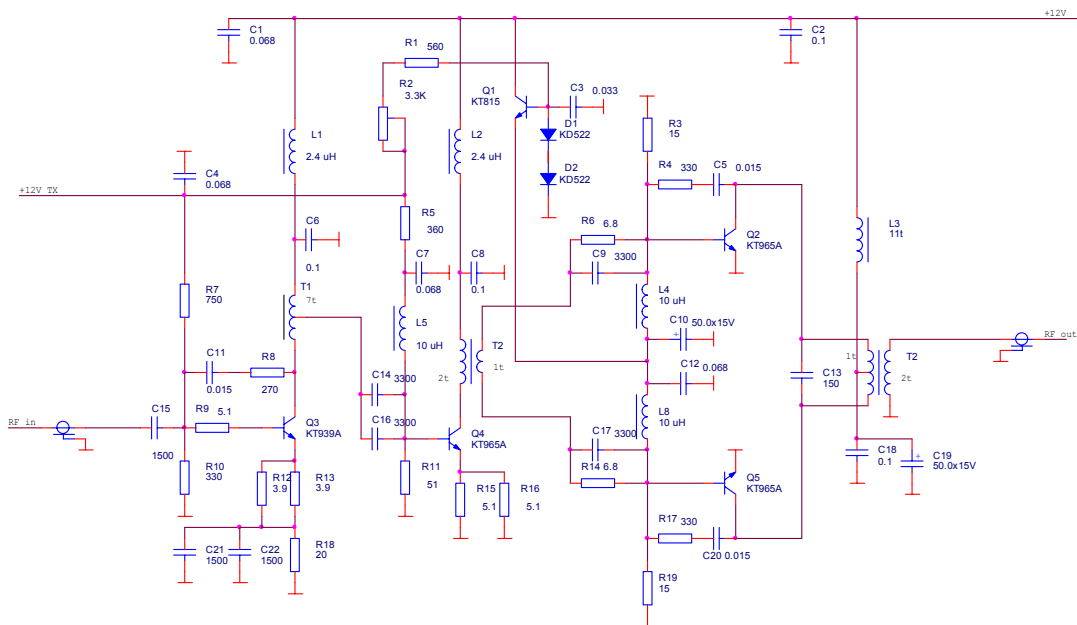


Рисунок 13 Принципиальная схема усилителя мощности

**Блок ФНЧ**

Несмотря на получившее широкое распространение в последние годы использование транзисторных ШПУ без ФНЧ на выходе [1,4], я считаю обязательным наличие фильтров на выходе ШПУ работающих в классе АВ или В.

В трансивере используется пять двухконтурных ФНЧ (см. рис. 14, 15, таблица 2).

Таблица 1. Коммутация ФНЧ по диапазонам

Диапазон	ФНЧ
160м	L1, L2, C2-C4
80м	L3, L4, C7-C9
40м, 30м	L5, L6, C13, C14, C16-C18
20м, 17м	L7, L8, C26, C29-C31
15м, 12м, 10м	L9, L10, C38-C40

ФНЧ коммутируются реле РЭС-49. Схема переключения диапазонов аналогична блоку ДПФ (на базе микросхемы BU2090).

На плате ФНЧ также расположены: отключаемый аттенюатор (RE14, R9, R11, R12), КСВ-метр с АЦП, антенный коммутатор и схемы переключения прием-передача.

КСВ-метр собран по классической схеме с трансформатором тока. Напряжение падающей и отраженной волны оцифровывается АЦП (U7) и подается в блок DSP для дальнейшей обработки.

Антенный коммутатор собран на двух реле РЭС-55А (RE4, RE9) и позволяет переключать две антенны. Полезным свойством данного коммутатора является отключение (и заземление) всех антенн от трансивера при выключении последнего.

Как видно из схемы (рис. 16) в трансивере используются маломощные реле (РЭС-49, РЭС-55А) для коммутации ВЧ цепей мощностью до 20Вт. Как показала практика, эти реле надежно работают в подобном режиме при условии правильной коммутации (ни в коем случае не переключать реле при наличии ВЧ сигнала на контактах). Правильный порядок переключения обеспечивается программным обеспечением трансивера и подсоединением антенного реле (RE3) к цепи +12В RX (при переходе на передачу реле включается до включения усилителя мощности, а при переходе на прием отпускает после выключения УМ).

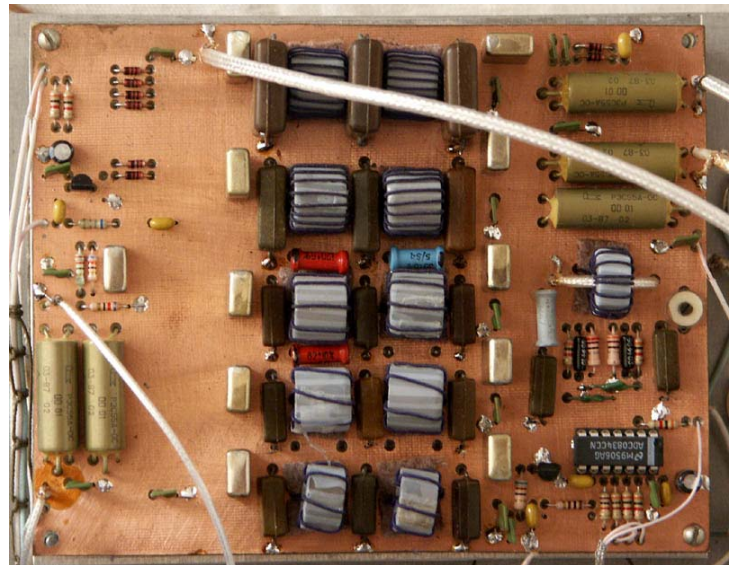


Рисунок 14 Внешний вид блока ФНЧ

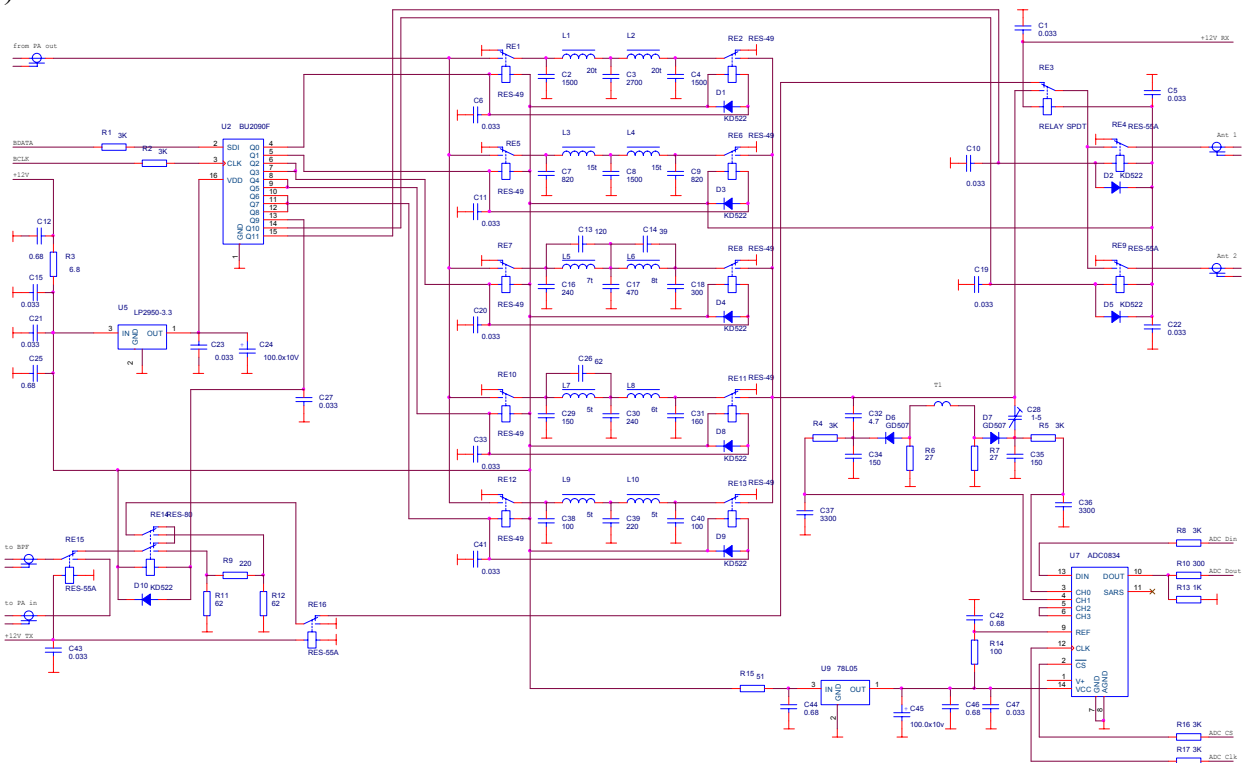


Рисунок 15 Принципиальная схема блока ФНЧ



## Блок коммутатора RX-TX

Схема и внешний вид коммутатора прием-передача приведена на рис. 16, 17.

Блок коммутатора состоит из двух аналогичных коммутаторов (один вырабатывает напряжение +12В RX, другой - +12В TX). Элементы R2, R5, R7, R10, D1-D4, C2, C4, C6, C8 предназначены для предотвращения возникновения сквозного тока через транзисторы Q1, Q3 и Q4, Q6.

Процесс переключения (временные параметры) контролируется блоком DSP.

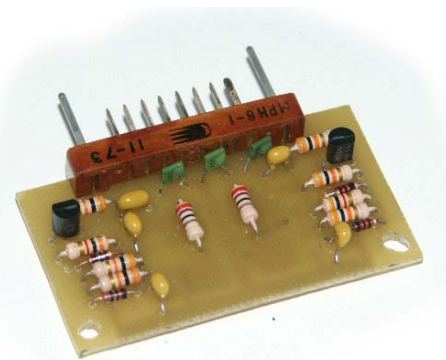


Рисунок 16 Внешний вид коммутатора прием-передача

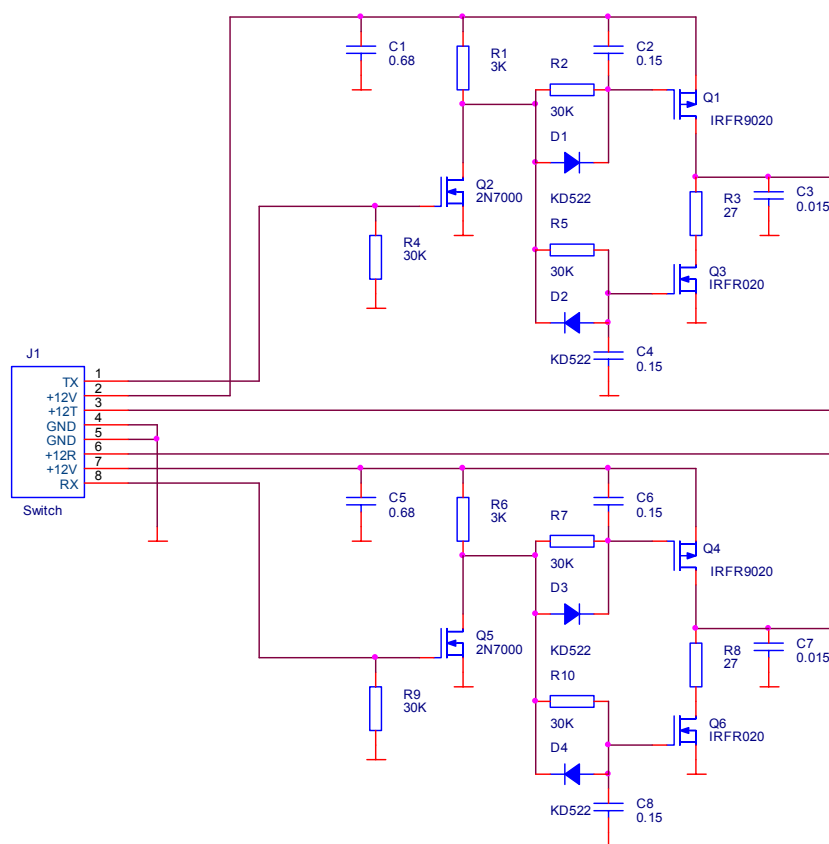


Рисунок 17 Принципиальная схема коммутатора прием-передача

1. Дроздов В.В. Любительские КВ трансиверы, М. Радио и связь, 1988
2. Дроздов В.В. Однодиапазонный телеграфный трансивер. Радио 1983г. №11.
3. Шумилин М.С. и др. Проектирование транзисторных каскадов передатчиков, М. Радио и связь, 1987
4. Тарасов А. Портативный КВ трансивер. Радиолюбитель 2000г. №1