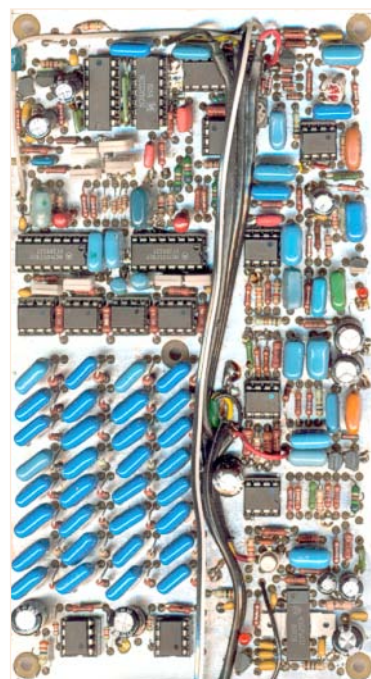


Трансивер прямого преобразования "ПИЛИГРИМ". Основная плата.

Основной тракт трансивера «Пилигрим» построен по принципу прямого преобразователя с применением 4-х фазного НЧ фазовращателя. Особенности данной конструкции:

- Применение цифрового фазовращателя сигнала гетеродина на регистре, совместно со смесителем, состоящем из 4-х независимо управляемых ключей позволяет получить стабильное подавление нерабочей боковой полосы более 60 дБ во всём диапазоне рабочих частот 0,15- 30 МГц.
- Использование фильтра Золотарёва-Кауэра (эллиптического) 8-го порядка (DA8-DA9) в тракте НЧ сигнала обеспечивает высокую избирательность при относительно малом числе элементов. При частоте среза 2,9 кГц ослабление на частоте 3,6 кГц достигает 40 дБ, на частоте 4,2кГц - 80 дБ.



Технические характеристики:

Диапазон рабочих частот	0,15-30 МГц
В режиме приёма	
Динамический диапазон при расстройках более 20 кГц, не менее	110дБ
Чувствительность при отношении С/Ш -10дБ, приведённая к входному сопротивлению 50 Ом, не хуже	0,3мкВ
Коэффициент прямоугольности сквозной АЧХ по уровням -6,-80дБ, не хуже	1,5
Ослабление приёма сигналов в зеркальной боковой полосе, не менее	60дБ
Избирательность при расстройке более 4,2кГц, не менее	80дБ
Полоса пропускания по уровню -6 дБ	2,7кГц
Неравномерность АЧХ в полосе пропускания 2,5кГц, не более	1 дБ
В режиме передачи	
Вид модуляции	SSB*
Уровень выходного напряжения однополосного сигнала	0,4В
Остаточный уровень несущей	
В диапазоне частот 0,15-10 МГц, не более	-55дБ
В диапазоне частот 10-30 МГц, не более	-50дБ

*Предусмотрена возможность подключения дополнительной платы для узкополосного приёма и передачи телеграфных сигналов

Основная плата ТПП "ПИЛИГРИМ"

Принципиальная схема тракта приведена на **стр.11**. ВЧ фазовращатель сигнала гетеродина выполнен на сдвиговом регистре DD2 (микросхеме 74AC164). Напряжение гетеродина подается на тактовый вход. Регистр охвачен цепью обратной связи с выхода второго разряда на вход данных через инвертор DD1.4. Такое включение позволяет получить на выходах регистра сигналы с относительным фазовым сдвигом 0, 90, 180 и 270°, необходимые для работы смесителя. Частота выходного напряжения фазовращателя в четыре раза ниже частоты гетеродина. Применение сдвигового регистра в этом узле вместо широко распространенной схемы ВЧ фазовращателя на двух D-триггерах (например, 74AC74), включенных по схеме счетчика Джонсона, обеспечивает повышенную точность формирования фазы выходных сигналов. Это позволяет добиться значительного подавления зеркального канала приема в широкой полосе частот. Смеситель выполнен по балансной схеме на современных быстродействующих ключах DD3 (микросхема FST3125).

Рассмотрим путь прохождения сигнала в режиме приема на **стр.10**. На вход смесителя с выхода диапазонного полосового фильтра (ДПФ) поступает принимаемый сигнал. Разностная частота входного и гетеродинного сигналов, лежащая в звуковом диапазоне, выделяется на конденсаторах C9 C12. Энергия остальных продуктов преобразования рассеивается на резисторах R6 R7.

В качестве C9 C12 применены широкодоступные пленочные конденсаторы K73-17, которые вследствие собственной паразитной индуктивности имеют повышенное сопротивление на высоких частотах. Поэтому выход смесителя по высокой частоте зашунтирован керамическими конденсаторами C5 C8. Дело в том, что при параллельном соединении керамического конденсатора емкостью 1000 пФ и пленочного 0,033 мкФ получается своеобразный колебательный контур.

Резонансная частота этого контура попадает в диапазон частот 10 - 30 МГц. Контур, подключенный к выходу смесителя, на указанных частотах создает дополнительный фазовый сдвиг, что в итоге приводит к ухудшению подавления зеркального канала приема. Образование этого нежелательного контура предотвращено включением резисторов R8 R11 между конденсаторами C5 C8 и C9 C12.

Фазы сигнала на выходах ключей смесителя 0, 90, 180 и 270°. Эти сигналы через коммутаторы DD4, DD5 и усилители на маломощных операционных усилителях DA1 DA4 поступают на низкочастотный 4-фазный фазовращатель (R_a , R_n и C_a , C_n), в котором выделяется требуемая боковая полоса. Переключение боковой полосы осуществляется переключением фаз 0 и 180° с помощью электронного коммутатора DD4 (микросхемы 4052).

С выхода фазовращателя сигнал через усилители на ОУ DA5 и DA6, дифференциальный сумматор на ОУ DA7.1 и ключ электронного коммутатора DD6 (микросхемы 4053) поступает на вход полосового фильтра Золотарева-Кауэра 8-го порядка, выполненного на ОУ DA8 и DA9. Полоса пропускания фильтра от 200 Гц до 2,9 кГц. С выхода фильтра через другой ключ коммутатора DD6 сигнал подается на каскад автоматической регулировки усиления, выполненный на ОУ DA11, а с его выхода на оконечный усилитель низкой частоты (ОУ DA12). С выхода усилителя сигнал через регулятор громкости на резисторе R96 поступает на громкоговоритель или головные телефоны.

Основная плата ТПП "ПИЛИГРИМ"

Путь прохождения сигнала в режиме передачи показан также на **стр.10**.

В этом режиме сигнал с микрофона усиливается каскадом на ОУ DA10.2, а затем через цепочку R71-C58, осуществляющую подъем АЧХ вблизи частоты 3 кГц, подается на компрессор, выполненный на ОУ DA10.1. Прототипом компрессора послужила схема, предложенная английским радиолюбителем G3YXM. Принцип работы схемы следующий. При повышении уровня сигнала на выходе ОУ DA10.1 увеличивается выпрямленное диодным мостом VD4 VD7 напряжение на светодиоде VD3. Когда напряжение превышает порог зажигания, светодиод VD3 освещает фоторезистор R75, включенный в цепь обратной связи. Сопротивление фоторезистора уменьшается, что ведет к снижению усиления каскада ОУ DA10.1. Для ограничения коротких выбросов напряжения на выходе компрессора, которые вызваны инерционностью фоторезистора, после компрессора установлен диодный ограничитель (VD8 и VD9).

В режиме передачи электронный коммутатор DD6 переключает вход полосового фильтра к выходу ограничителя компрессора. Пройдя фильтр, НЧ сигнал поступает на фазоинверсный каскад (ОУ DA7.2), необходимый для формирования противофазных сигналов. Эти сигналы через резисторы R12 R15 поступают на входы дифференциальных усилителей DA1 DA4, усиливаются и подаются на 4-фазный фазовращатель (R_a R_n и C_a C_n).

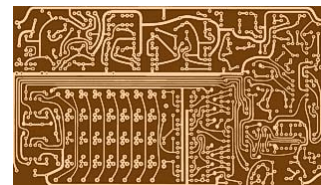
Сформированные фазовращателем НЧ сигналы с относительным фазовым сдвигом 0, 90, 180 и 270° усиливаются дифференциальными усилителями на ОУ DA5 и DA6, а затем через резисторы R24 R27 и электронные коммутаторы DA4 и DA5 поступают на смеситель, выполненный на микросхеме DD3. На выходе смесителя формируется однополосный ВЧ сигнал, который подается на ДПФ.

Основная плата ТПП "ПИЛИГРИМ"

Конструкция и детали:

Основной тракт собран на плате размером 172 x 98мм. Плата изготавливается из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 2-3 мм.

Шаблон на **стр. 9** подготовлен для изготовления двухсторонней печатной платы, но можно сделать только одну сторону с печатными дорожками, оставив на верхней стороне фольгу, которая является общим проводом. После сверления отверстий раззенковать слой фольги на верхней стороне сверлом диаметром 2 -2,5 мм под выводы элементов. Расположение элементов на плате **стр. 8**.



Резисторы:

R75 - любой фоторезистор имеющий R_T более 1мОм

R77 малогабаритный подстроечный

остальные - МЛТ 0,125 или аналогичные.

Диоды:

VD1-VD3 любые светодиоды красного свечения

остальные КД521, КД522, 1N4148.

Транзисторы:

VT1 - КТ209, КТ3107 с коэффициентом передачи тока от 150 до 400

VT2 - КП307В,Г, КП303Г,Д,Е

VT3,VT4 - КТ209, КТ3107 с коэффициентом передачи тока более 20.

Микросхемы:

DD3 - FST3125M, FST3126M, QS3125SO, QS3126SO, SN74CBT3125D, SN74CBT3126D

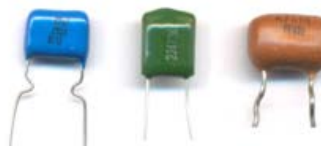
DD4, DD5 - CD4052, UTC4052, HCC4052, HEF4052, K561КП1

DD6 - CD4053, UTC4053, HCC4053, HEF4053, K561КП5.

Конденсаторы:

C9-C12, Ca-Ch, C21-C35

C52, C58-C51, C64 плёночные, типа К73-17 или аналогичные.



C39-C40 керамические, обладающие малой собственной индуктивностью типа КМ5 или дисковые.



Все электролитические конденсаторы на номинальное напряжение 16в.

Остальные - керамические многослойные.



Основная плата ТПП "ПИЛИГРИМ"

Для получения параметров ТПП, соответствующих техническим характеристикам некоторые элементы нужно подобрать :

Значения номиналов элементов могут отличаться от указанных на принципиальной схеме до 3%. Между собой элементы заключенные внутри скобок значения номиналов элементов могут отличаться до 1%.

(Ra), (Rb), (Rc), (Rd), (Re), (Rf)
(Rg), (Rh)
(Ca), (Cb), (Cc), (Cd), (Ce), (Cf)
(Cg), (Ch), (C30-C31), (C32-C33)
(C34-C35)

Значения номиналов элементов могут отличаться от указанных на принципиальной схеме до 10%. Между собой внутри скобок значения номиналов элементов могут отличаться до 1%.

(R6-R7), (R8-R11), (R12-R15)
(R18-R19), (R20-R23), (R24-R27)
(R28-R29), (R30-R33), (R34-R37)
(R38-R39)
(C9-C12), (C21-C22)

Значения номиналов элементов могут отличаться от указанных на принципиальной схеме до 3%.

R43-R63, C26-C27

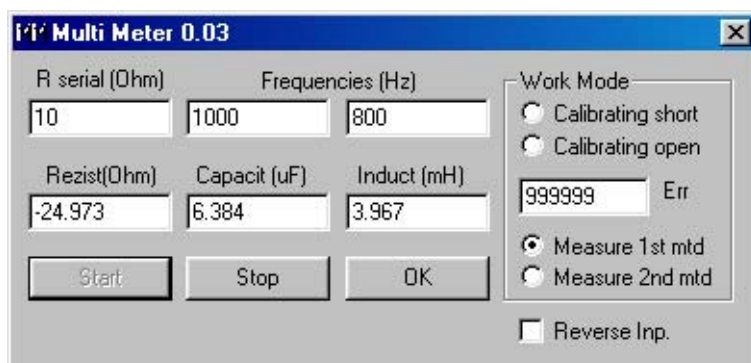
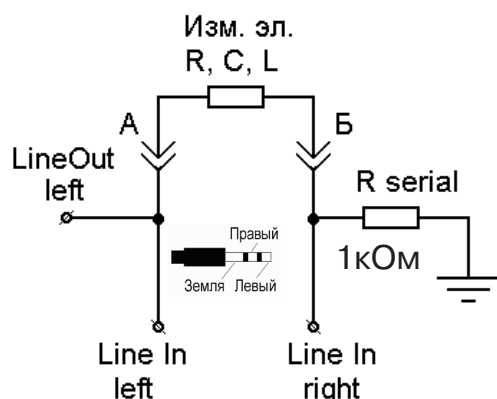
Значения номиналов остальных элементов могут отличаться от указанных на принципиальной схеме до 10%.

Для подбора элементов достаточно компьютера оснащённого звуковой картой и программы Multi Meter.

К измерительному кабелю подключается резистор сопротивлением 1кОм согласно схеме. Для увеличения точности измерений ёмкостей в ячейке [R serial](#) указывается значение 10 Ом. Измеренное значение ёмкости в ячейке [Capasit](#) в этом случае нужно будет разделить на 100.

Подключение измерительного кабеля.

Установки программы для измерения ёмкости.

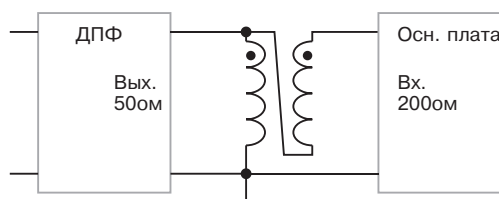


Основная плата ТПП "ПИЛИГРИМ"

Согласование с ДПФ:

Входное сопротивление сигнального входа основной платы 200 Ом, соответственно ДПФ должен быть рассчитан на такое же выходное сопротивление. При использовании стандартных ДПФ с выходным сопротивлением 50 Ом между ДПФ и основной платой подключается трансформатор согласно схеме. Обмотки наматываются двумя слабоскрученными проводами диаметром 0,3-0,4мм на ферритовом кольце. Начало первой обмотки соединяется с концом второй. Ниже приведены количества витков для некоторых типоразмеров колец.

1000н 10x7x2 - 15 витков
2000н 10x7x2 - 10 витков
1000н 20x10x5 - 7 витков
2000н 20x10x5 - 5 витков



Гетеродин:

Частота приёма/передачи в четыре раза ниже частоты гетеродина. В качестве гетеродина можно использовать любой ГПД или синтезатор частот с амплитудным значением выходного напряжения от 1 до 2,5 В.

Питание:

Осуществляется от двухполярного источника напряжениями +10...15 В и -10...15 В потребляемый ток по положительному каналу 150 мА, по отрицательному 70 мА.

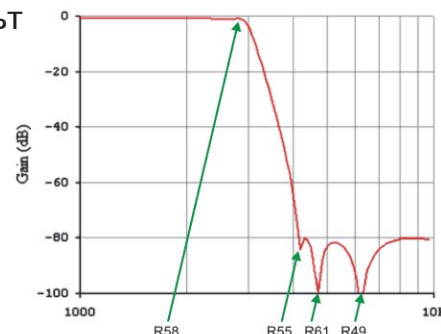
Наладка основной платы:

Движок подстроечного резистора R77 устанавливается в положение, составляющее приблизительно на 1/3 от полного сопротивления, считая от вывода, соединенного с общим проводом. При необходимости более точная подстройка производится по желаемому звучанию сигнала в режиме передачи при прослушивании на контрольном приёмнике.

Дополнительные возможности настройки:

В режиме передачи - Изменением R66 устанавливается чувствительность микрофонного входа. Изменением R40 устанавливается модулирующее НЧ напряжение, подаваемое на смеситель, не более 1,5 вольт амплитудного значения на выводах 11,3,8,6 FST3125. Громкость самоконтроля на выходе УНЧ устанавливается резистором R41.

В режиме приёма - время отпускания АРУ зависит от ёмкости C65. Ноль S-метра корректируется сопротивлением R83. Влияние основных подстроечных элементов фильтра R49, R55, R58, R61 на АЧХ показано на рисунке.



Основная плата ТПП "ПИЛИГРИМ"

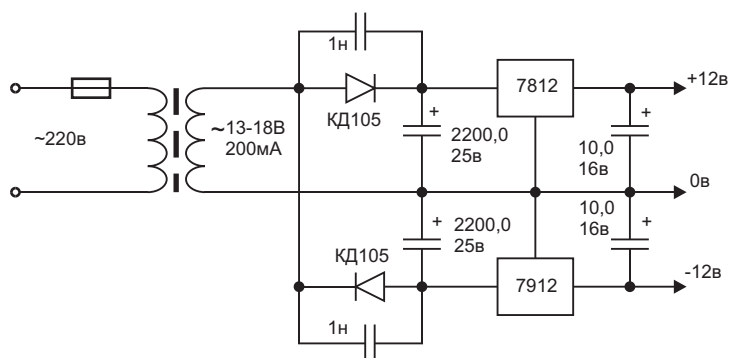
Возможные варианты выполнения фазовращателя:

Ca-Ch=47н		Ca-Ch=33н		Ca-Ch=22н		На разных ёмкостях			
Ra	1,1к	Ra	1,5к	Ra	2,2к	Ca	50н	Ra	1к
Rb	1,5к	Rb	2к	Rb	3к	Cb	46н	Rb	1,5к
Rc	2,4к	Rc	3,3к	Rc	4,7к	Cc	47н	Rc	2,4к
Rd	4,3к	Rd	5,6к	Rd	7,5к	Cd	46н	Rd	4,3к
Re	7,5к	Re	10к	Re	13к	Ce	47н	Re	7,5к
Rf	13к	Rf	18к	Rf	22к	Cf	48н	Rf	13к
Rg	22к	Rg	27к	Rg	36к	Cg	46н	Rg	22к
Rh	30к	Rh	36к	Rh	47к	Ch	47н	Rh	30к

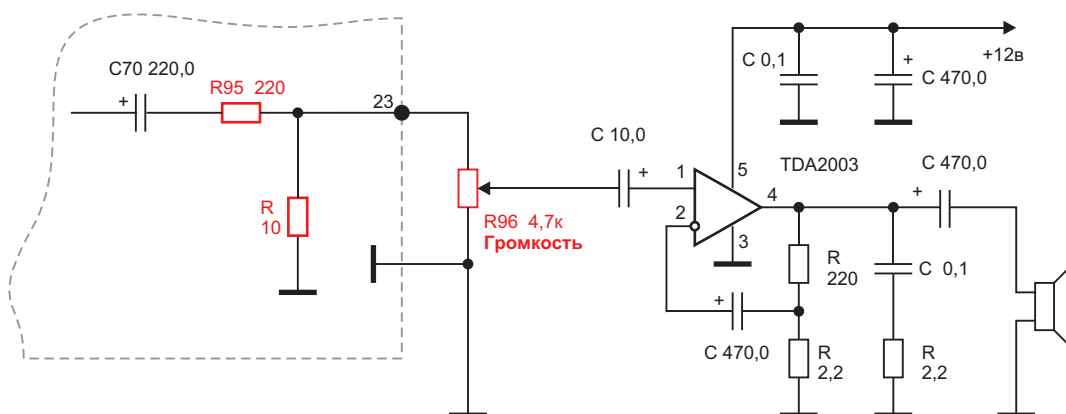
Изготовление оптопары VD3 R75 из полоски фольги, светодиода и фоторезистора.



Блок питания.

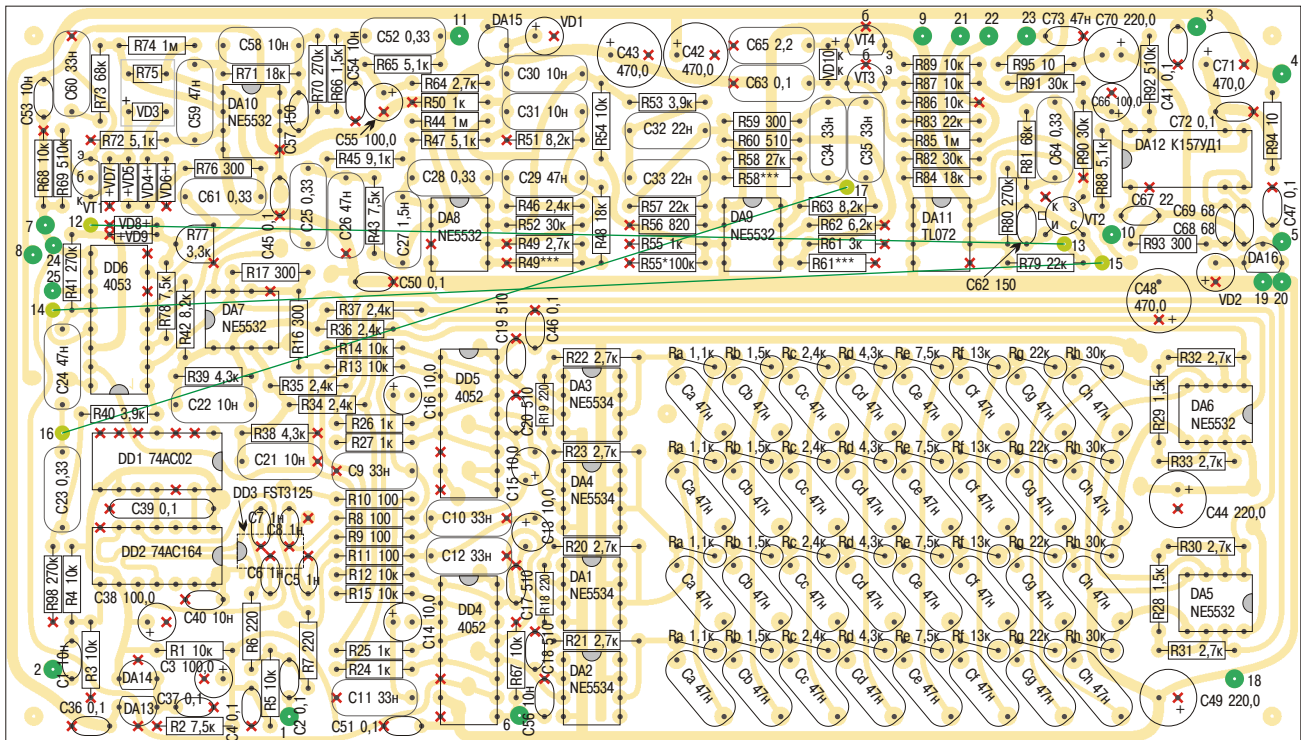


Подключение дополнительного УНЧ.



Основная плата ТПП "ПИЛИГРИМ"

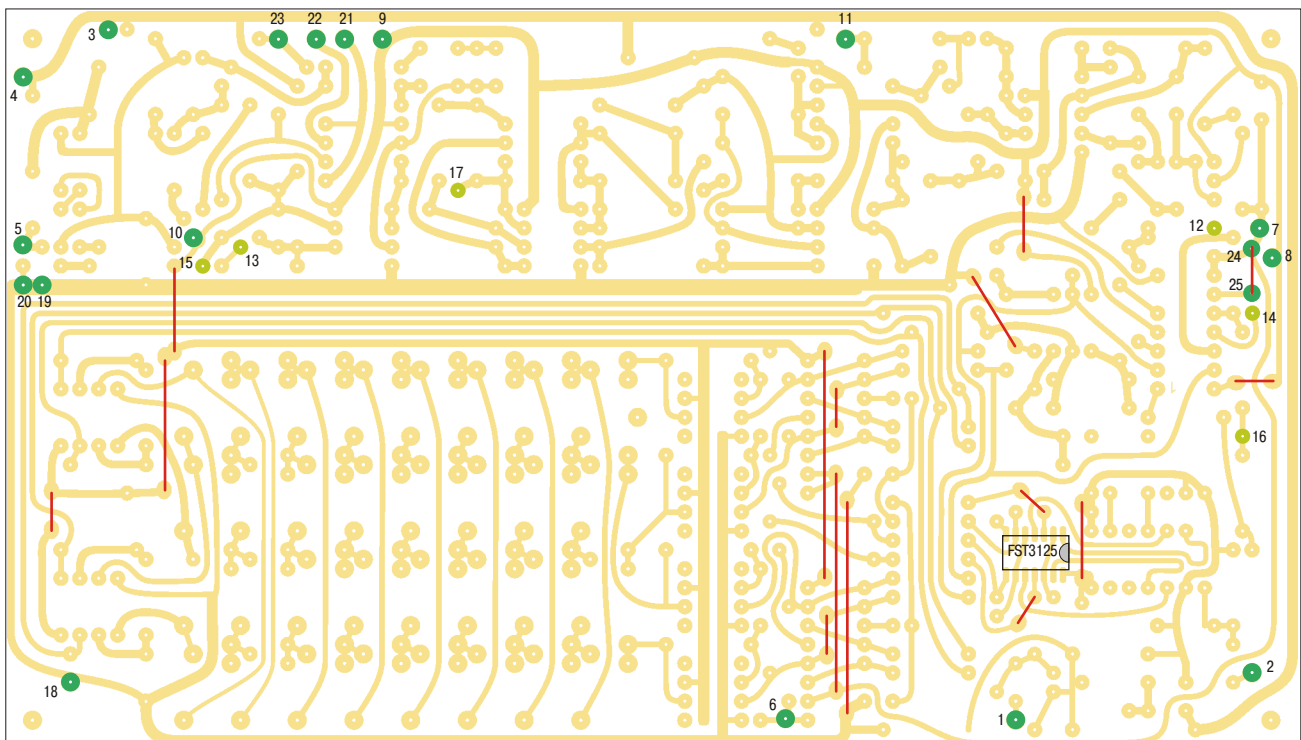
Расположение элементов. Вид сверху (со стороны элементов).



✗ Вывод припаивается к фольге верхней стороны платы.

— Соединения выполняются со стороны элементов тонким экранированным проводом экран соединяется с фольгой верхней стороны платы.

Соединения. Вид снизу (со стороны печатных проводников).



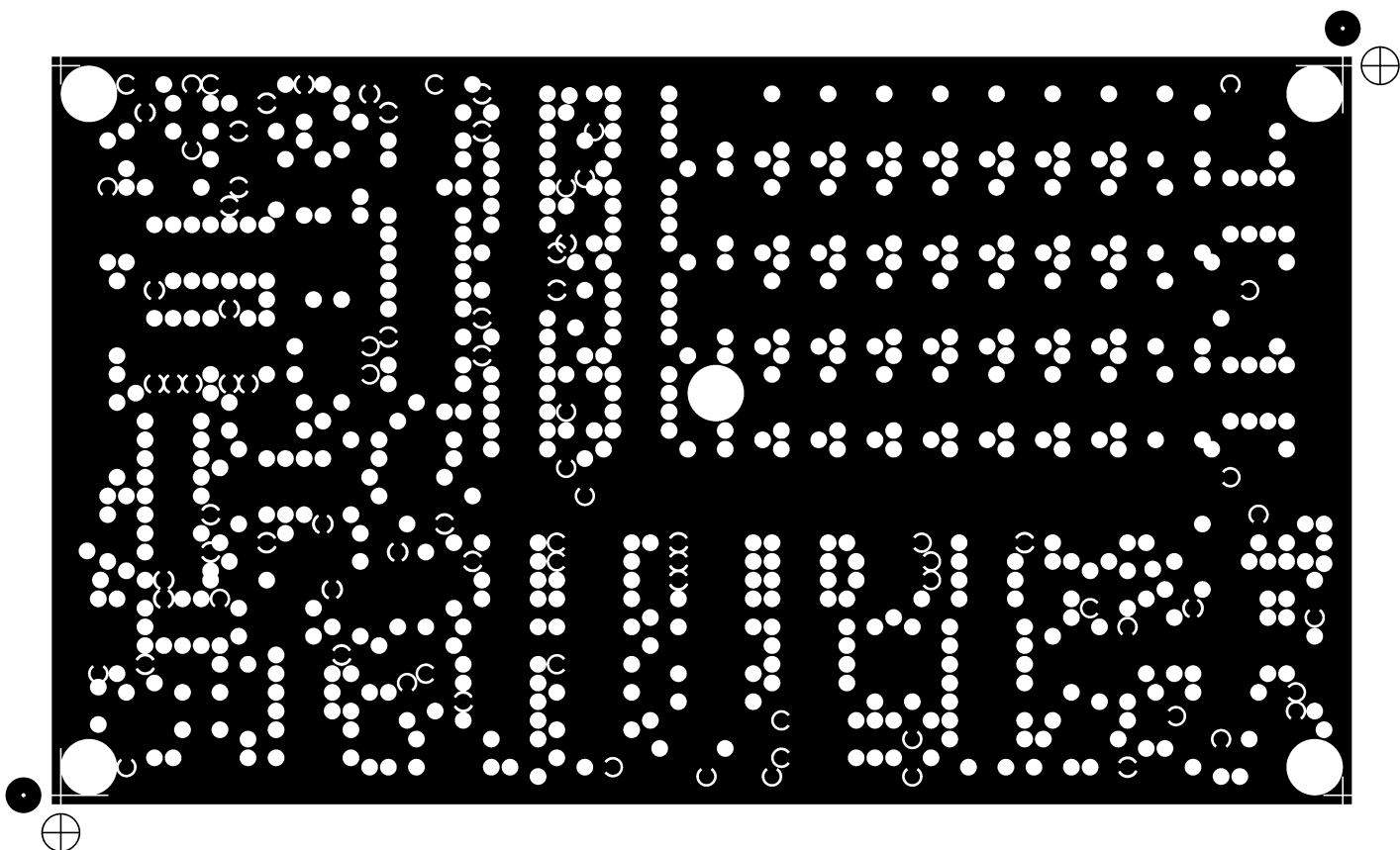
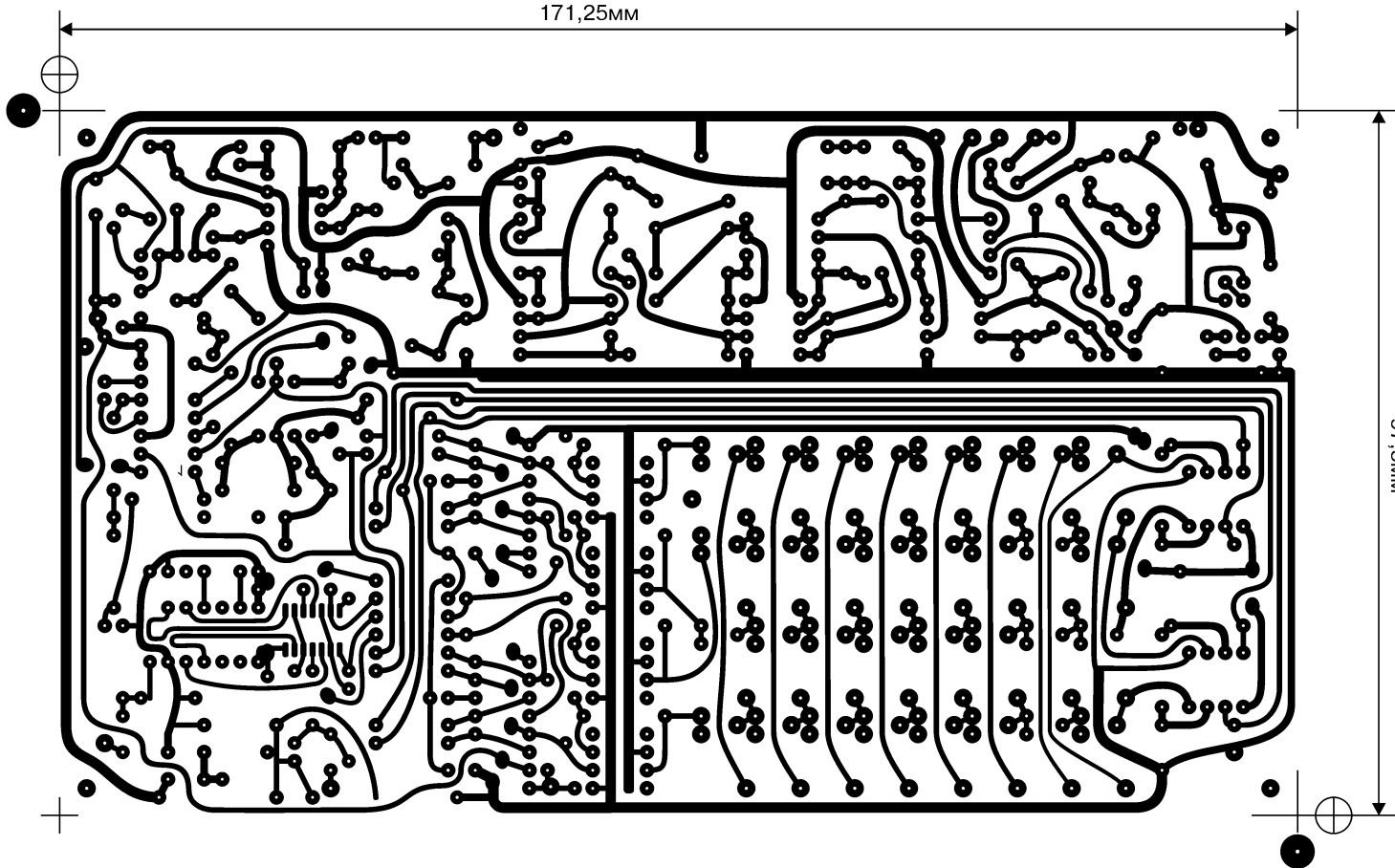
— Соединения выполняются со стороны печатных проводников тонким изолированным проводом.

Основная плата ТПП "ПИЛИГРИМ"

Печатный шаблон для ЛУТ или фоторезиста.

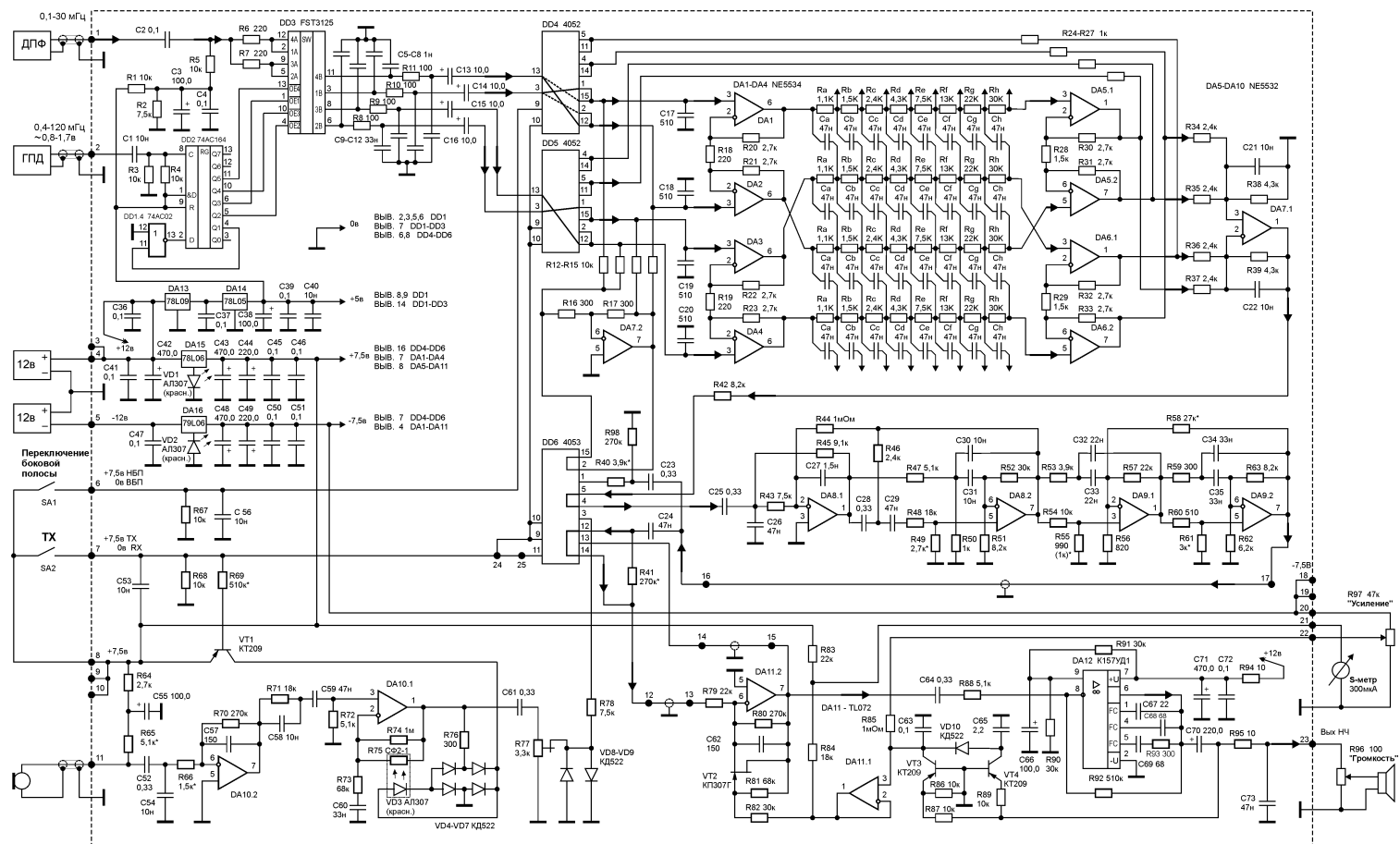
171,25мм

97,5мм

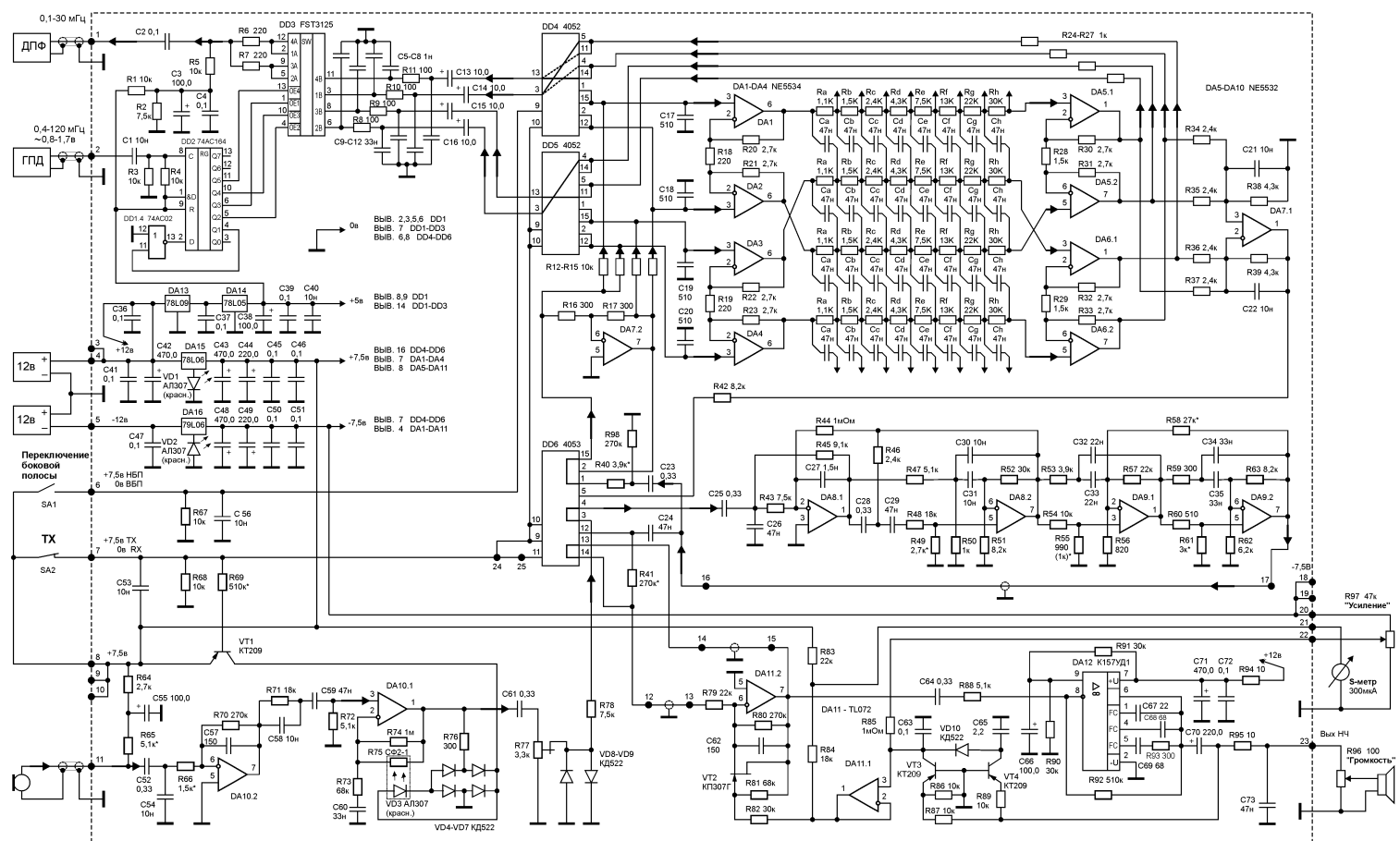


Прохождение сигнала в режиме приёма.

Прохождение сигнала в режиме приёма.



Прохождение сигнала в режиме передачи.



Прохождение сигнала через коммутатор DD4

— при включении верхней боковой полосы (0в на выв. 9)

----- при включении нижней боковой полосы (+7,5в на выв. 9).

Основная плата ТПП "ПИЛИГРИМ"

Принципиальная схема.

