

## ВЧ преобразователь сигнала

Под таким заголовком в [1] была опубликована статья с описанием устройства, сдвигающего спектр входных сигналов вверх или вниз по частоте. Незабываем тот восторг, который вызвало применение подобного устройства на одном из новогодних вечеров, когда взявшие микрофон женщины заговорили вдруг басом, а мужчины – высоким фальцетом. Такое устройство полезно и по сей день, например, для формирования новых тембров в электронной музыке. Работая совместно со встроенным генератором вибрато, преобразователь создаёт эффект эха, который выражается так же чётко, как и при использовании ревербератора.

Очень интересные звучания образуются при работе преобразователя с электрогитарой и другими ЭМИ. При этом нужно учитывать, что сдвиг частоты изменяет тональность звучания ЭМИ (можно применить сдвиг на октаву, например).

Схема ВЧ преобразователя звукового сигнала приведена на рис. 1. Входной сигнал усиливается линейным усилителем на микросхеме DA1 и поступает на балансный модулятор VD2...VD5. На него же подаётся синусоидальное ВЧ напряжение с кварцевого генератора на транзисторе VT1. В отсутствие входного сигнала, на выходе смесителя (катушке L4) напряжения не будет. При появлении ЗЧ сигнала на базу транзистора VT2 поступает ВЧ сигнал, содержащий, в основном, две частоты: суммарную  $F_{вч}+F_{зч}$  и разностную  $F_{вч}-F_{зч}$ , амплитуды которых прямо пропорциональны амплитуде ЗЧ сигнала.

Электромеханический фильтр ZF1 пропускает на балансный смеситель VD6...VD9 только сигнал  $F_{вч}+F_{зч}$ . На этот смеситель поступает также напряжение с перестраиваемого генератора на транзисторе VT4 (на транзисторе VT3 собран буферный усилитель). Частоту перестраиваемого генератора изменяют варикапом VD11, подавая на него напряжение с переменного резистора R26. Фильтр C20-R25-C21 подавляет на выходе смесителя суммарный сигнал, а разностный (низкочастотный) проходит на вход линейного усилителя на транзисторе VT7.

Допустим, на вход приставки подан сигнал частотой 1 кГц. Кварцевый генератор работает на частоте 500 кГц. На выходе электромеханического фильтра получим сигнал с частотой 501 кГц. Если перестраиваемый генератор настроен на частоту 499 кГц, то на выходе фильтра C20-R25-C21 частота сигнала будет  $501 - 499 = 2$  кГц, т.е., в два раза больше, чем у входного. Если перестраиваемую частоту установить равной 500,5 кГц, на выходе получим сигнал с частотой вдвое меньшей, чем на входе.

Управляя частотой перестраиваемого ВЧ генератора, можно в широких пределах изменять частоту НЧ сигнала на выходе. При этом образуется звуковысотный сдвиг голоса человека, звучания гитарной струны или другого сигнала, поданного на вход устройства. По принципу действия преобразователь подобен SSB-устройствам спортивной радиоаппаратуры.

Преобразователь содержит также синусоидальный генератор вибрато на транзисторах VT5, VT6. Подавая сигнал вибрато на варикап VD11 перестраиваемого генератора, можно получить частотную модуляцию выходного ЗЧ сигнала. Для питания преобразователя необходимо хорошо стабилизированное и отфильтрованное напряжение. Вместо указанного на схеме электромеханического фильтра (ZF1) можно применить ЭМФДП-500В-9Д. Чем более широкополосный сигнал нужно сдвигать по частоте, тем шире должна быть полоса пропускания ЭМФ: для голоса достаточно 2...3 кГц, для музыки – 3...6 кГц. Для устойчивой работы генератора вибрато следует выбрать транзистор VT5 с коэффициентом  $h_{21э}$  не менее 300, а VT6 – не менее 60.

В статье [1] отсутствовал чертёж печатной платы, что затрудняет повторение конструкции, учитывая необходимость выполнения правил монтажа высокочастотных устройств. Пришлось мне его разработать самому. ВЧ преобразователь размещён на печатной плате из двухсторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,0...1,5 мм, размерами 120x65 мм (рис. 2). Сплошная металлизация стороны платы, на которой расположены детали, служит экраном (общим проводом). Выводы деталей, не соединённые с общим проводом, проходят сквозь плату через зенкованные отверстия. Соединения общего провода с верхней и нижней сторон платы обозначены крестиками на чертеже расположения деталей (рис. 3). В соответствующие отверстия сквозь плату пропускаются проволочные перемычки, которые запаиваются с обеих сторон платы. Роль этих перемычек могут выполнять и "земляные" выводы деталей, которые следует тогда пропаять с двух сторон. Выводы деталей, соединённые с общим проводом, могут паяться к фольге на верхней стороне платы "внахлест". Собранный плата огибаётся по периметру полоской белой жести, к которой припаивается "земля" с обеих сторон платы, и закрывается крышками - экранами сверху и снизу, образуя экранирующую коробку. Органы управления преобразователем устанавливаются на панели устройства, в которое встраивается преобразователь.

Плата разработана с учётом установки микросхемы K118УН1Д в DIP-корпусе, электро-механического

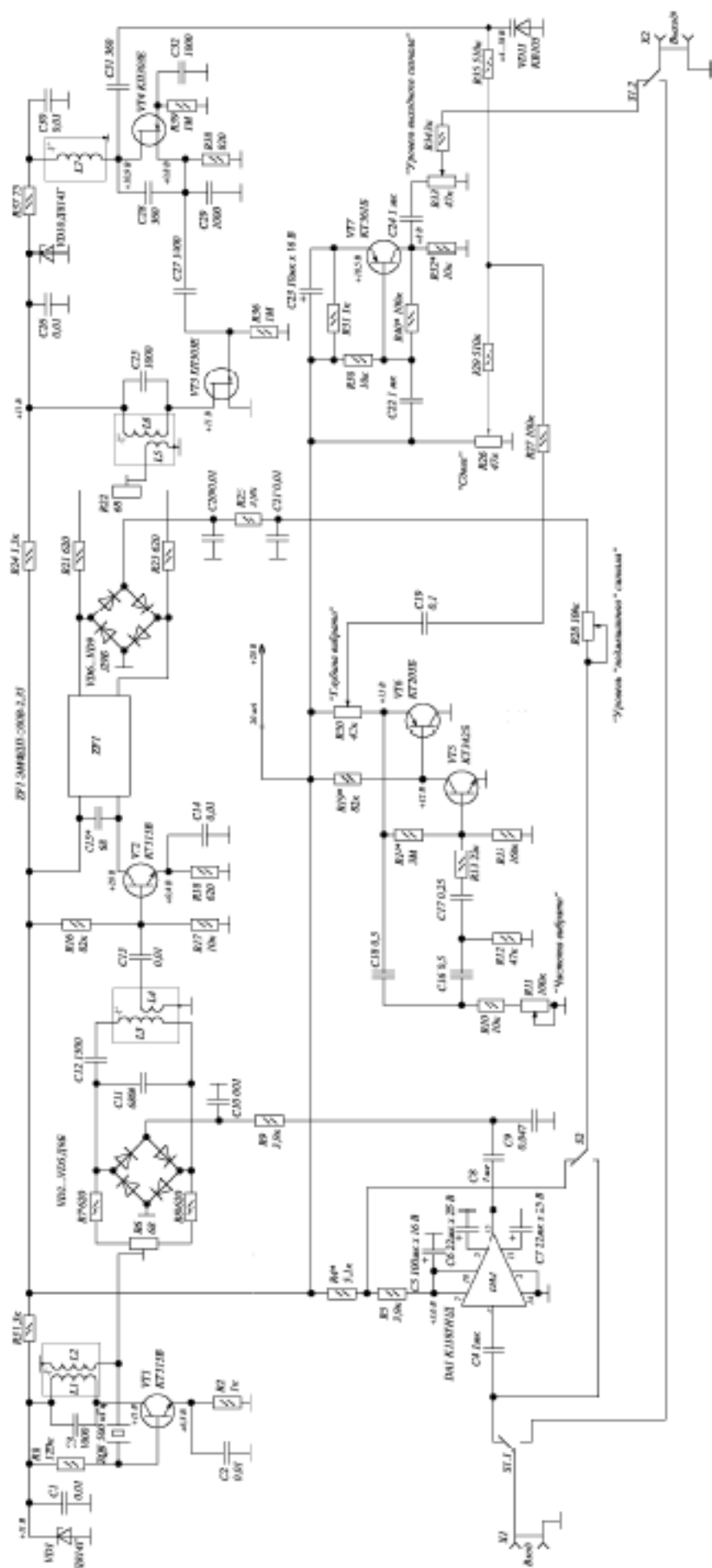
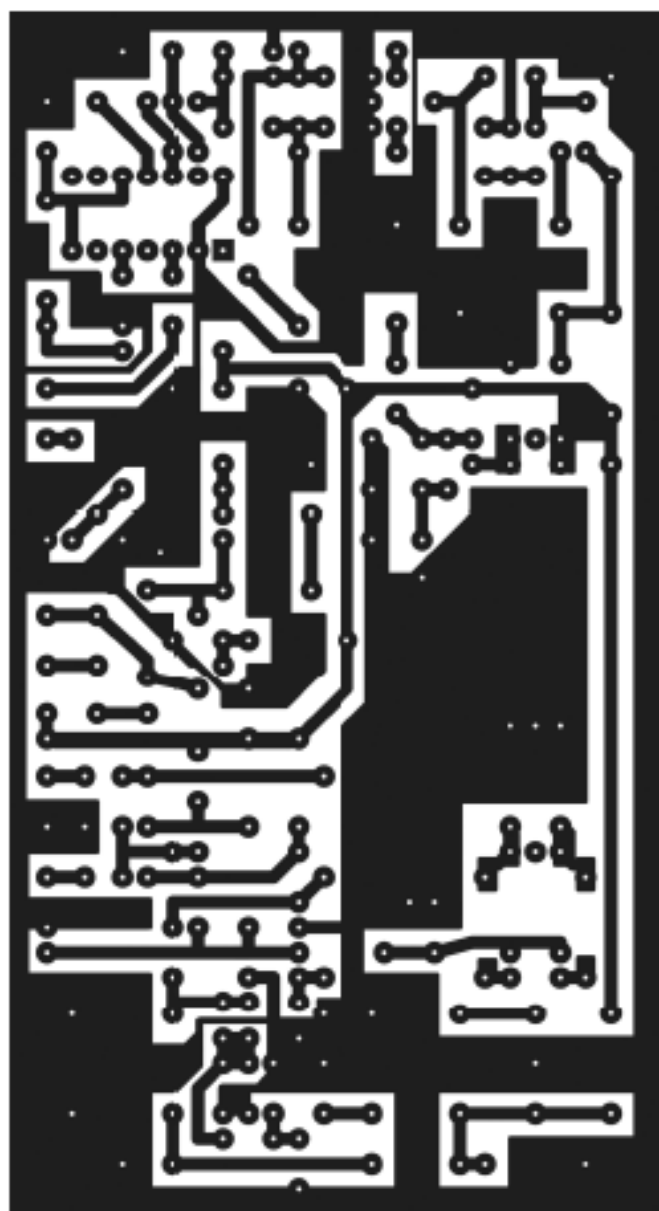


Рис. 1. ВЧ преобразователь сигнала. Схема принципиальная электрическая

фильтра ЭМФДП-500В-2,35 и малогабаритных конденсаторов зарубежного производства с расстоянием между выводами 5 мм. Некоторые конденсаторы в генераторе вибратора имеют расстояние между выводами 10 мм (например, К73-17). Резисторы могут быть МЛТ-0,125 или импортные аналогичные. Часть резисторов установлена на плате "стоя" (можно судить по расстоянию между площадками для пайки на плате). Конденсатор С15 припаян прямо к выводам ЭМФ (можно к площадкам фольги у его выводов, оставленным для SMD-монтажа со стороны печатных проводников). Таким же образом смонтированы диоды смесителя VD6...VD9 и резисторы R21, R23.

Данные контуров для устройства можно взять из описания тракта ПЧ приёмника или трансивера с ПЧ = 500 кГц [2]. Можно применить контуры от приёмника "Сокол" [3]. Когда я делал конструкцию, то изрядно помучившись с этими катушками, взял "горшки" СБ-12а и намотал катушки в них. Каркас такой катушки состоит из трёх секций. Катушка L7 мотается равномерно по 33 витка в каждой секции (всего 99 витков). Провод ПЭВ диаметром 0,12 мм. Остальные катушки мотаются таким же проводом. L1, L3 и L6 содержат по 2x38 витков и размещаются в двух нижних (ближних к плате) секциях (всего 76 витков). В оставшихся верхних секциях наматываются катушки L2, L4 и L5, содержащие по 20 витков. Если не хватает диапазона перестройки индуктивности какой-либо катушки, то, чтобы не разбирать сердечники, проще подобрать ёмкости конденсаторов (С3 для L1, С11 для L3, С25 для L6 и С28, С29 и С31 для L7, причём, соотношение всех ёмкостей у L7 необходимо сохранить), установив сердечники катушек в среднее положение. В данной конструкции ширина полосы пропускания контуров не имеет решающего значения, так что можно варьировать соотношение ёмкость - индуктивность в контурах в широких пределах, лишь бы они были настроены на 500 кГц. Увеличение

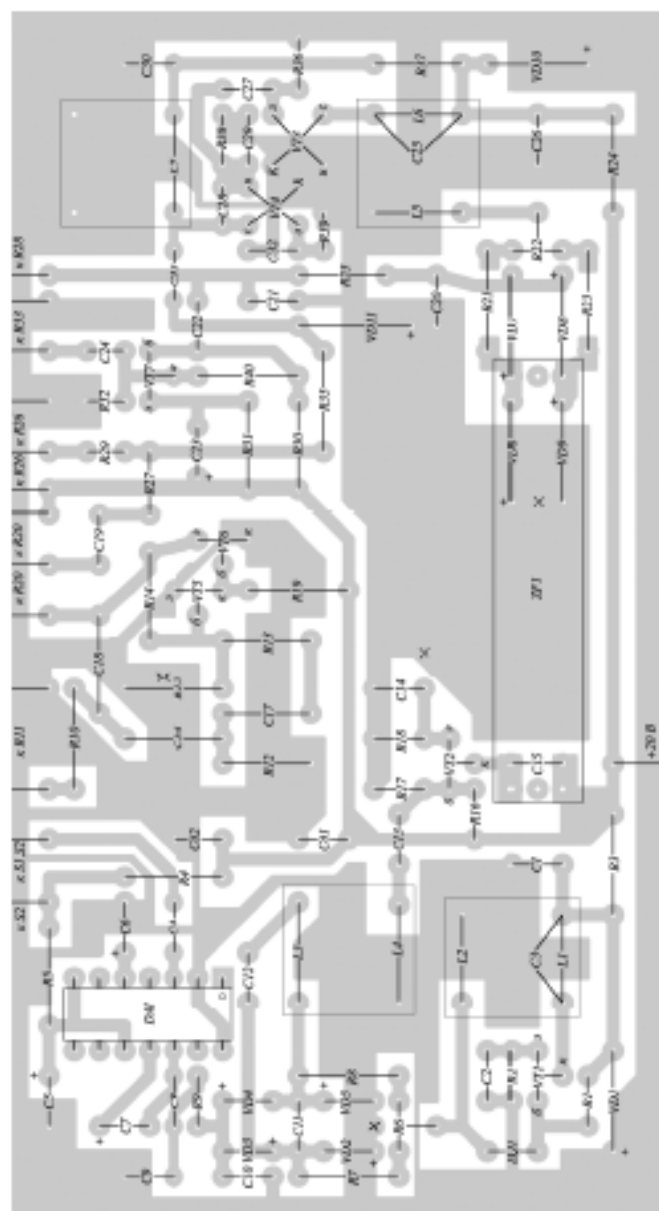




**Рис. 2.** Эскиз монтажной платы ВЧ преобразователя сигнала. Вид со стороны печатных проводников. Размеры платы: 120х63х1,5 мм

индуктивности и уменьшение ёмкости приводит к небольшому увеличению общего усиления устройства. Горшкообразные сердечники обычно позволяют обойтись без экранов, но, если возникнут какие-либо проблемы, можно их и заэкранировать.

Хорошо наладить преобразователь можно только с помощью приборов (генераторов ВЧ и ЗЧ, осциллографа и т.п.). Сначала настраивают контур L1C3 на максимум сигнала на катушке связи L2 и по частотомеру (или резонансному волномеру) убеждаются в том, что частота генерации равна 500 кГц. Отключают ЗЧ сигнал и, подстраивая резистор R6, добиваются минимального сигнала ВЧ на базе транзистора VT2. Если теперь снова подать на вход ЗЧ сигнал, то на базе (и на коллекторе) этого транзистора появится модулированный ВЧ сигнал. Контур L3C11C12 настраивают на



**Рис. 3.** Эскиз монтажной платы ВЧ преобразователя сигнала. Вид со стороны установки деталей

максимум этого сигнала. Затем осциллограф подключают к выходу ЭМФ и подбором ёмкости конденсатора C15 добиваются максимума сигнала. Выходной сигнал генератора уменьшают до нуля, движок резистора R26 ставят в среднее положение и настраивают катушку L6 по максимуму сигнала на катушке L5. При этом частота перестраиваемого генератора должна быть такой, чтобы пределов её регулирования было достаточно для практического использования.

В последнюю очередь настраивают генератор вибрато. Для этого отключают левый по схеме вывод конденсатора C18 и к точке соединения конденсатора C16 и резистора R10 подключают генератор ЗЧ. Установив частоту 10...50 Гц, и постепенно увеличивая напряжение, подбором сопротивлений резисторов R14 и R19 добиваются симметричного ограничения сигнала

на выходе генератора (на R20). После этого восстанавливают цепь C18. Частоту генератора вибратором устанавливают подстроечным резистором R11. В нижнем по схеме положении переключателя S2, к преобразованному сигналу можно "подмешать" исходный. Уровень исходного сигнала устанавливают подстроечным резистором R28.

С момента публикации статьи [1] прошло достаточно много времени, изменилась компонентная база, поэтому на сайте Редакции размещаю эскиз платы в среде Sprint Layout 6.0 для того, чтобы плату можно было легко подкорректировать под имеющуюся компонентную базу и после изготовления, например, по лазерно-утюжной технологии. На монтажной плате есть два "лишних" конденсатора (Cд1 и Cд2), которые можно выбрать из ряда оксидных с ёмкостью 100...470 мкФ на 25 В и неполярных 0,1...1,0 мкФ и впаять в случае нестабильной работы устройства (дополнительная развязка по питанию). Отрицательную шину питания

можно припаять к земляной фольге платы в любом удобном для монтажа месте. Экраны катушек припаиваются к экранирующей фольге платы со стороны установки деталей. Переменные резисторы, переключатели и соединители с внешними цепями устанавливаются на панели управления устройства, внутрь корпуса которого впаивается (устанавливается) плата. Резистор R34 монтируется прямо между выводом движка потенциометра R33 и выводом переключателя S1.2.

Правильно собранное и отлаженное устройство позволит наполнить досуг необычными звучаниями, быть частью игротеки, может быть применено в ансамблях электромузыкальных инструментов и при индивидуальном исполнении, например, на гитаре, может являться частью синтезатора тембров.

Рисунок печатной платы (файл *vch-p\_lay.zip*) вы можете загрузить с сайта нашего журнала: <http://www.radioliga.com> (раздел "Программы")

### Литература

1. В. Кетнерс. ВЧ преобразователь сигнала. - Радио, 1981, №3.
2. Ю. Кудрявцев. Коротковолновый трансивер. - Радио, 1970, №5 и №6.
3. Радио, 1963, №9, стр. 38.

