

## Усилитель ЗЧ для приёмника прямого преобразования

Для приёмника прямого преобразования (ППП) необходим УЗЧ с очень большим коэффициентом усиления. Объясняется это тем, что требуется усиливать очень слабые сигналы, уровень которых после смесителя не превышает, в лучшем случае, несколько милливольт. (В супергетеродинном приёмнике часть усиления берёт на себя УПЧ). Усилитель должен обладать малым уровнем собственных шумов, питаться от источника с малым уровнем пульсаций и иметь защиту (развязку и экранировку) от внешних наводок. Поскольку уровень шумов зависит и от полосы пропускания УЗЧ – широкополосный усилитель больше шумит и менее устойчив к самовозбуждению, - полоса пропускания описываемого УЗЧ искусственно сужена: сверху за счёт частото-зависимой отрицательной обратной связи (ООС) в первых двух каскадах, снизу - за счёт относительно малых переходных межкаскадных емкостей.

Обратимся к блок-схеме УЗЧ (Рис. 1):

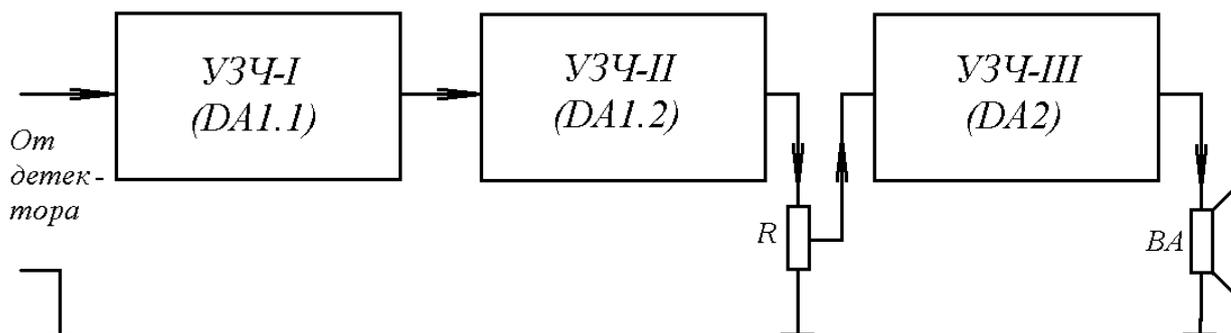


Рис. 1. УЗЧ для ППП. Блок-схема

Входной сигнал со смесителя приёмника прямого преобразования поступает на вход операционного усилителя DA1.1, усиливается им и поступает на вход второго ОУ DA1.2, идентичного первому, усиленный сигнал подаётся на регулятор громкости, с движка которого, частично или полностью, сигнал ЗЧ поступает на вход оконечного усилителя, выполненного на части комбинированной ИМС, на выходе которой, через разделительный конденсатор, подключена динамическая головка.

Коэффициент усиления УЗЧ по напряжению составляет 80 дБ и распределён так: 20 дБ (DA1.1) + 20 дБ (DA1.2) + 40 дБ (DA2) = 80 дБ (10000 раз). При выходном напряжении 0,5 В, входное напряжение составит:  $0,5 \text{ В} : 10000 = 0,00005 \text{ В} = 50 \text{ мкВ}$ . Номинальное напряжение питания усилителя  $U_{пит} = 9 \text{ В}$ , но может снижаться до 7,5 В или повышаться до 12 В.

Принципиальная схема УЗЧ приведена на Рис. 2.

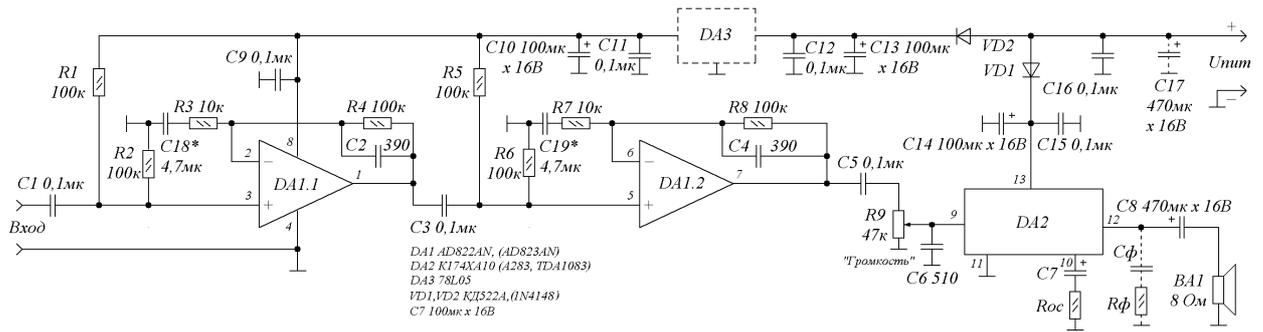


Рис. 2. Усилитель ЗЧ для приёмника прямого преобразования

Сигнал (отфильтрованный от РЧ составляющих) с фильтра (после детектора) детекторного приёмника или приёмника прямого преобразования поступает на вход УЗЧ и через разделительный конденсатор С1 проходит на неинвертирующий вход операционного усилителя (ОУ) – вывод 3 DA1.1, с вывода 1 этого ОУ усиленный сигнал поступает через разделительный конденсатор С3 на неинвертирующий вход второго ОУ-вывод 5, идентичного первому, - DA1.2, усиливается им и с выхода (вывода 7), через разделительный конденсатор С5 поступает на переменный резистор R9, служащий регулятором громкости в УЗЧ, с движка этого резистора сигнал поступает на вход ИМС DA2 (вывод 9), усиливается её УЗЧ и, через разделительный конденсатор С8, подключенный к выводу 12 ИМС, проходит на электродинамическую головку ВА1 или головные телефоны (на схеме не показаны), где преобразуется в звук.

Резисторы R1...R2 обеспечивают режим работы DA1.1, а R5...R6 – DA1.2 по постоянному току, соотношением сопротивлений резисторов R3, R4 и R5, R6 определяется коэффициент усиления ОУ по переменному току, конденсаторы C2, C4, являясь звеньями частото-зависимой отрицательной обратной связи (ООС), ограничивают полосу пропускания УЗЧ со стороны верхних частот ЗЧ диапазона, C18, C19 – со стороны нижних частот. Конденсатор С6 блокирует проникновение напряжений верхних частот ЗЧ диапазона и РЧ наводок на вход DA2. Конденсаторы C1, C3, C5 и C8 разделительные и служат ещё и ограничителями полосы пропускания со стороны нижних частот ЗЧ диапазона (по инфразвукам). Остальные конденсаторы (кроме С7) служат для развязки по цепи питания ИМС УЗЧ. С7 устраняет 100%-ную ООС по току ЗЧ в DA2, существующую без него. Резистор R0c позволяет регулировать степень и частотную характеристику обратной связи по переменному току ЗЧ – может быть заменён проволочной перемычкой. Чем больше его сопротивление, тем меньше устраняется отрицательная обратная связь по току ЗЧ и выше верхняя граничная частота действия ООС.

Микросхема DA3 – интегральный стабилизатор с выходным напряжением 5 В служит для поддержания постоянным питающего напряжения предварительных каскадов УЗЧ, образованных ИМС DA1 и, одновременно, дополнительным звеном, сглаживающим пульсации питающего напряжения и развязывающим по питанию предварительные каскады УЗЧ от оконечного и, при отсутствии негативных явлений (повышенного коэффициента пульсаций питающего напряжения, достаточной развязки по питанию предварительных каскадов от оконечного при предустановленном низком коэффициенте

усиления УЗЧ и при желании иметь УЗЧ с низким напряжением питания – от 3 В), стабилизатор DA3 может быть упразднён. Диоды VD1 и VD2 также являются звеньями развязки между предварительными и окончными каскадами УЗЧ. При необходимости обеспечить питание УЗЧ минимальным напряжением, смирившись с увеличением уровня шумов и спадом устойчивого усиления УЗЧ, можно упростить цепи его питания, удалив стабилизатор, часть развязывающих конденсаторов и диоды, однако, в зависимости от применённых компонентов и монтажа, это может привести к нестабильности УЗЧ, его склонности к самовозбуждению, тем более, если УЗЧ будет применяться на любительской радиостанции, а, значит, при наличии близко расположенного передатчика (при РЧ наводках). Исходя из последнего фактора, необходимо поместить УЗЧ (вместе с приёмником) в экранирующий корпус (металлический или металлизированный), исключая также и наводки на УЗЧ со стороны гетеродина приёмника прямого преобразования. Очень часто пренебрегают экранировкой динамических головок и проводов, подводящих к ним ЗЧ напряжение, а они являются “хорошими антеннами” для подвода РЧ к цепям УЗЧ, который, при этом, меняет режим работы и самовозбуждается. В тяжёлых случаях, необходимо, установить в цепь “фазного” провода (изолированного от общего провода) небольшой дроссель с индуктивностью до 1 мкГн (намотанного проводом достаточно большого сечения (0,5...1,0 мм)), установив его или на плате или связующим звеном от платы к динамической головке, или применить намотку на ферритовом колечке нескольких витков проводами, идущими к динамической головке ВА1 и разместив колечко непосредственно у платы УЗЧ. Непосредственно с вывода 12 ИМС DA2 на общий провод устанавливается цепочка из конденсатора ёмкостью до 0,1 мкФ (Сф) и резистора сопротивлением в несколько Ом (Rф). С одной стороны, резистор Rф (Рис. 2) является нагрузкой для высокочастотных составляющих ЗЧ сигнала, которые конденсатор Сф способен пропустить при действующем сопротивлении нагрузки, при конечной величине своей ёмкости, с другой стороны - резистор Rф является паразитным звеном (демпфером), включенным в параллельный контур СфL<sub>ВА1</sub> (где L<sub>ВА1</sub> – индуктивность катушки динамической головки ВА1), служащего для устранения резонансных явлений с катушкой динамической головки, одновременно, Rф является и нагрузкой для ВЧ составляющих, наведённых на катушку динамической головки ВА1 - L<sub>ВА1</sub> и соединительные провода.

В качестве DA1 можно применить AD822 или AD823, тип корпуса ИМС (\_AN или \_AR) повлияет лишь на конфигурацию печатных проводников на монтажной плате, DA2 – отечественная K174XA10, импортные A283, TDA1083. При желании сделать УЗЧ миниатюрным, следует применить ИМС в соответствующих корпусах. В качестве DA2 можно применить, например, TBA820M или другой окончный УЗЧ, обеспечивающий выходную мощность 100..500 мВт на нагрузке 8 Ом (или меньшую мощность, если УЗЧ будет применяться чисто с головными телефонами, например, с сопротивлением 32 Ом). ИМС DA3 можно заменить соответствующим стабилизатором с выходным напряжением 5 вольт отечественного производства (серии K142, например). Резисторы и конденсаторы можно применить в чип-исполнении, исключение составляют электролитические конденсаторы, т.к., ёмкости их здесь значительны, - такие в чип-исполнении не встречаются... При изменениях в типах применяемых деталей, придётся переработать

монтажную плату. Монтаж с применением чип-компонентов не только позволяет уменьшить габариты устройства, но и значительно сокращает паразитные ёмкости, существующие между выводами деталей и величину индуктивностей, которые образуют выводы деталей. Малые размеры позволяют очень легко экранировать устройство.

Изменением номиналов резисторов R3, R4 и R7, R8 изменяют коэффициент усиления DA1.1 и DA1.2 по переменному току, соответственно. Резисторами R1, R2 и R5, R6 “вывешивают” середину напряжения источника питания на выводах 1 и 7 (выходах ОУ) для обеспечения линейного режима их работы (и одинакового усиления, как отрицательных, так и положительных полувольт напряжения ЗЧ). Резисторы R4 и R8 обеспечивают 100% ООС по постоянному току и способствуют поддержанию половины напряжения источника питания на выходах ОУ. Конденсаторы C2 и C4 служат для уменьшения усиления ОУ, в зависимости от частоты (увеличивают ООС с ростом частоты в DA1.1 и DA1.2, соответственно), обеспечивая функцию двухкаскадного ФНЧ. Конденсаторы C18 и C19 обеспечивают частото-зависимую работу цепи ООС по переменному току в области нижних частот ЗЧ диапазона (чем меньше ёмкость этих конденсаторов, тем с больших частот будет начинаться диапазон усиливаемых частот). Уменьшая ёмкости этих конденсаторов и увеличивая ёмкости конденсаторов C2 и C4 можно сужать диапазон усиливаемых УЗЧ частот и, если поступать наоборот, - расширять.

Номинальное напряжение питания УЗЧ составляет 9 В и может изменяться от 6,7...7,6 В (зависит от экземпляра и типа DA3) до 12 В, при отказе от DA3 (см. выше) – от 3 до 12 В.

Поскольку разброс номиналов активных элементов от типовых табличных, в наше время, может составлять до 20...50%, при необходимости и желании, можно подкорректировать как усиление УЗЧ, так и его частотную характеристику. Номинальная полоса пропускания УЗЧ должна быть в пределах 300...2700 (3000) Гц с неравномерностью не более 3 дБ, а усиление 80 дБ с распределением от входа к выходу УЗЧ покаскадно – 20 + 20 + 40 дБ.

Конденсаторы C11 и C12 применены в чип-исполнении и располагаются со стороны печатных проводников, остальные – обычные для навесного монтажа, отечественные или импортные с расстоянием между выводами 5 мм (K10-17, например). Для применения в составе радиостанции, лучше всего, плату выполнить из стеклотекстолита, фольгированного с двух сторон: фольга со стороны расположения деталей служит экраном и соединяется с “общим проводом” со стороны печатных проводников посредством металлизации отверстий, пистонами или отрезками одножильного монтажного провода, которые вставляются в отверстия в плате, обозначенные на эскизе монтажной платы (Рис. 3 и Рис. 4) как отверстия большего диаметра, помеченные крестиками, пропайкой выводов деталей, идущих на общий провод, с обеих сторон платы. Несмотря на экран-фольгу на плате со стороны деталей, металлический или металлизированный корпус для УЗЧ (приёмника) крайне желателен. Поскольку выводы деталей припаяны со стороны печатных проводников, а сами детали расположены с противоположной стороны платы, под каждый их вывод предусмотрено сквозное

отверстие, раззенкованное со стороны установки деталей сверлом большего, чем отверстие диаметра: так, например, под выводы микросхем, обычно требуется сверло диаметром 0,6 мм, под большинство других деталей 0,7...0,8 мм, порой приходится сверлить отверстия до 1 мм и более – по месту, под конкретные детали. Зенковку отверстий, в зависимости от их диаметра, выполняют остро отточенным сверлом диаметром 3...7 мм.

В узлах, стоящих на входе чувствительной аппаратуры (с большим коэффициентом усиления), желательно зенковать и отверстия для выводов деталей, соединённых с общим проводом, причём, это тем более актуально, чем больше толщина фольгированного материала. Дело в том, что вывод детали, припаянный к “земляному” проводнику со стороны “печати”, на высоте земляной фольги со стороны деталей уже имеет некоторый потенциал, относительно “земли”, если отверстие не раззенковать, то появится непостоянный контакт, который будет создавать определённой величины шорохи и трески, которые, усиленные УЗЧ многократно, снизят соотношение сигнал-шум в приёмнике, одним словом, нужной реальной чувствительности приёмника, в этом случае, мы не получим и самые слабые сигналы просто “утонут” в шумах. На практике с этим борются, применяя металлизацию отверстий, пропаивая “земляные” выводы деталей с обеих сторон платы или применяя перемычки между экранирующей фольгой и фольгой общего провода платы, как можно чаще “пропущенные” через плату. Конденсатор С17, (обычно является выходным у стабилизаторов питания аппаратуры), при необходимости, может быть установлен вне печатной платы. Диоды VD1 и VD2, кроме полезной функции, описанной выше, могут детектировать напряжение РЧ наводок, поэтому необходимо обеспечить минимальную площадь проводников, подводящих питание и (или) развязать их по РЧ, экранировать. Питание производить по экранированному проводу и/или установить у платы ферритовое колечко: на котором проводами питания (+ и - одновременно) сделать несколько витков.

На Рис. 3 приведён эскиз монтажной платы УЗЧ, на Рис. 4 – эскиз расположения деталей.

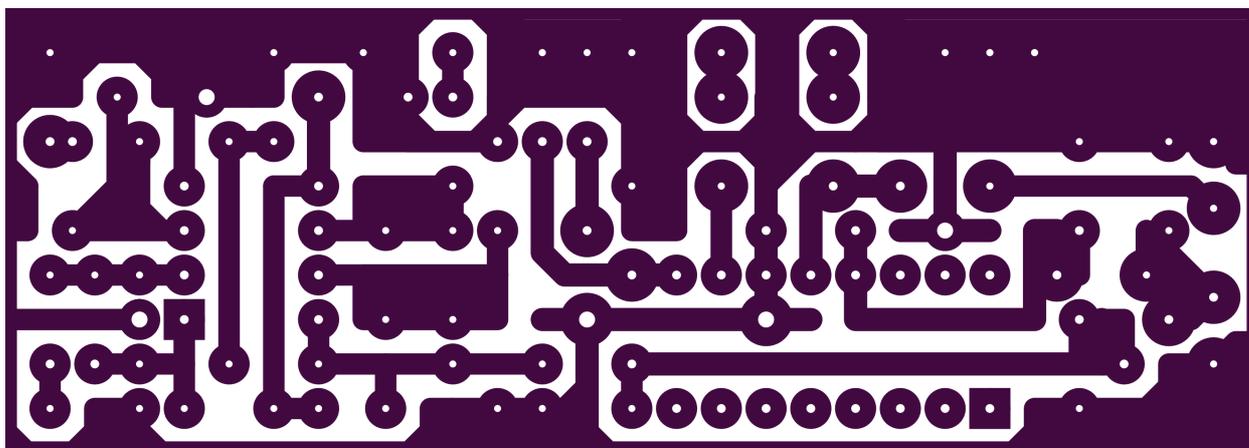


Рис. 3. Эскиз монтажной платы усилителя. Вид со стороны печатных проводников. Размер 70 x 25 x 1,0...1,5 мм. Отверстия большего диаметра предназначены для установки пустотелых заклёпок-пистонов (или проволочных перемычек), соединяющих фольгу с обеих сторон платы.

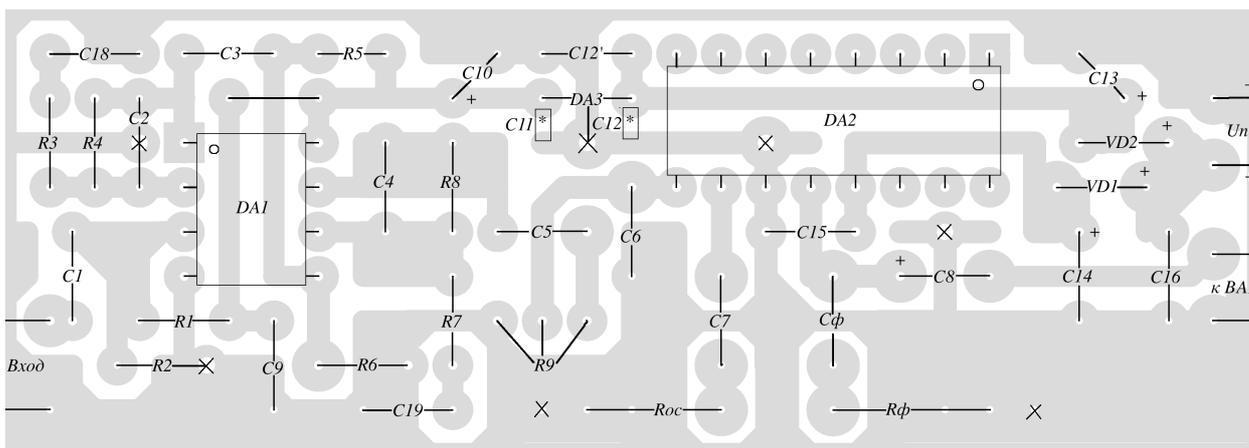


Рис. 4. Эскиз расположения деталей на плате усилителя. Знаком \* отмечены элементы, устанавливаемые со стороны печатных проводников. Это – конденсаторы C11 и C12 чип-конструкции типоразмера 0805 (плюс-минус один типоразмер), которые впаяются между печатными проводниками общего провода и “плюсом”, непосредственно у выводов ИМС DA3. На плате предусмотрены отверстия под дополнительный конденсатор C12’ 1 мкФ для случая сильных РЧ наводок и под цепочку из последовательно соединённых конденсатора Cφ и резистора Rφ, соединяющих выход ИМС (вывод 12) DA2 с общим проводом. Крестиками обозначены места соединения фольги с нижней и верхней стороны платы.

Для сравнения: в [ 1 ] приведено описание УЗЧ с усилением до 74 дБ на микросхеме LM386, он проще, содержит всего одну микросхему, но больше шумит, чем предлагаемый здесь, и вблизи максимума усиления неустойчив, т. е., срывается в генерацию, начинает работать при большем напряжении питания.

\* \* \*

Вырезаем плату по размерам (70x25 мм) из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,0...1,5 мм. Отверстия под выводы деталей можно просверлить сразу, после кернения по шаблону, если рисунок платы будет наноситься обычным способом – рисованием и, после травления, если применяется ЛУТ (лазерно-утюжная технология). Вырезанную заготовку обрабатываем, убираем заусенцы, могущие повредить руки, очищаем от окислов и грязи (лучше всего с этим справляется “чернильный” ластик, в материале которого присутствуют абразивные вкрапления). Затем поверхность заготовки обезжиривают, например, чистым ацетоном или спиртом (после этого к поверхности фольги не прикасаться руками) и, с помощью разогретого утюга прикатывают “зеркальный” отпечаток рисунка проводников, выполненный на лощёной бумаге на лазерном принтере с использованием максимального количества тонера. Время прикатывания отпечатка к фольге заготовки зависит от температуры подошвы утюга, толщины бумажной прокладки, через которую прикатывается отпечаток и от усилия (прижима утюга) при прикатывании и определяется экспериментально так, чтобы, с одной стороны, тонер приклеился намертво по всей площади отпечатка к заготовке, с другой – чтобы он не “поплыл”, размазывая рисунок. После прикатывания, под стружкой холодной или чуть тёплой воды или, просто, периодически смачивая, бумажный слой прикатанного

отпечатка “катышками“ удаляется, причём, чем ближе к тонеру, тем аккуратнее нужно проводить эту операцию. Удалив остатки бумажной подложки, осматриваем нанесённый на фольгу рисунок, дефекты устраняем, подкрашивая, например, лаком для ногтей, нанося его с помощью заострённой спички, маленькой кисточки (без прижима) или медицинским шприцем с иглой, после высыхания лака, оставшиеся огрехи подравниваем острым ножом или чертилкой по краям изображения проводников. Фольга с противоположной стороны платы защищается скотчем, приклеивая его к заготовке платы, нужно удалить под ним все воздушные пузырьки. Травление медного покрытия заготовки производится в холодном или чуть тёплом растворе хлорного железа, покачивая ванночку, в которой производится травление, для более быстрого и равномерного вытравливания меди между дорожками – печатными проводниками. После окончания травления, плата промывается проточной водой, затем, тонер смывается растворителем (ацетоном). Проводники с хорошо смытым тонером оказываются обезжиренными и к ним не нужно прикасаться руками. Плату берут за края, равномерно покрывают жидким флюсом (например, R41i) с помощью кисточки, затем облуживают, прижимая к печатным проводникам жалом разогретого паяльника (не перегревая) и протаскивая вдоль них кусочек экранной оплётки проводов, предварительно смоченный флюсом с расплавленным на оплётке кусочком легкоплавкого припоя, например ПОС-61. Паять и лудить лучше припоем, вытянутым в нитку диаметром 0,8...1,5 мм с флюсом внутри. После окончания лужения (покрытия с помощью припоя) проводников на плате, необходимо облудить и противоположную сторону платы – экран (зачищенную и обезжиренную), затем смыть флюс растворителем и насухо вытереть плату. Произвести кернение и сверление всех необходимых отверстий по месту на плате. Сверление отверстий необходимо производить под углом 90° к плате, с помощью остро заточенного сверла, во избежание подъёма фольги проводников у отверстий, и на большой скорости. Под выводы микросхем отверстия сверлятся сверлом диаметром 0,6 мм, под выводы большинства других деталей 0,7 мм. Для устранения замыкания выводов деталей на общий провод, со стороны установки деталей производится зенковка отверстий (удаление фольги вокруг отверстий) с помощью сверла диаметром 3...4 мм, не зенкуются лишь отверстия под выводы, соединённые с общим проводом: эти выводы пропаиваются с обеих сторон платы. В первую очередь на плату устанавливаются проволочные перемычки, затем, неактивные детали – диоды, резисторы, конденсаторы и, наконец, - ИМС. В последнюю очередь устанавливаются детали, номиналы которых нужно подобрать, эти детали впаиваются полными выводами (выводы не укорачиваются), чтобы потом их можно было использовать в другой аппаратуре. ИМС стабилизатора напряжения DA3 необходимо впаивать только после того, когда работа усилителя на ИМС DA2 будет отлаженной и безупречной: будет отсутствовать самовозбуждение, при работе на динамическую головку с сопротивлением 8 Ом. Конденсатор Сф пропускает ультразвуковые колебания, которые выделяются на паразитной индуктивности конденсатора С8 и индуктивности звуковой катушки головки ВА1, эти колебания утилизируются (рассеиваются) на резисторе Rф. Конденсатор С6 защищает вход ИМС DA2 от РЧ наводок, С7 устраняет отрицательную обратную связь по току ЗЧ, С8 – разделительный по постоянному току. Диод VD1, при питании усилителя напряжением 9...10 В, может отсутствовать, хотя, в отдельных случаях, он помогает избежать завязок по питанию (служит звеном фильтра С16С17VD1С14С15) в полной конфигурации

высокочувствительного УЗЧ. Так же средством развязки по питанию служат элементы С9, С10, С11, DA3, С12, С13, VD2, С16, С17. Впаяв ИМС стабилизатора DA3, замыкаем вход УЗЧ на общий провод и, с помощью подбора соотношения сопротивлений резисторов R1/R2 и R5/R6 устанавливаем напряжения на выходах DA1.1 и DA1.2, соответственно, точно равными половине напряжения их питания (при  $U_{пит} = 5 \text{ В}$  эти напряжения будут равны по 2,5 В). Соотношением сопротивлений резисторов R3/R4 и R7/R8 устанавливаем коэффициент усиления каждого ОУ (DA1.1 и DA1.2, соответственно) равный 20 дБ (десять раз по напряжению (*здесь: 11*)). Конденсаторы С2 и С4 определяют завал АЧХ УЗЧ на верхних частотах; С1 и С3 – завал на нижних частотах звукового диапазона. Сигнал с выхода детектора приёмника (входной для УЗЧ) амплитудой 0,1 мВ (частотой, например, 1 кГц) в полосе 300...2700 Гц должен давать на выходе ОУ DA1.1 - 1 мВ, на выходе DA1.2 – 10 мВ, на выходе УЗЧ – 1 В, при движении потенциометра R9 в верхнем (по схеме) положении. То есть усиление каскадов УЗЧ распределяется следующим образом: 20 дБ + 20 дБ + 40 дБ = 80 дБ = 10000 раз. Для некоторой стабилизации этого коэффициента усиления и коэффициента вносимого шума (соотношения сигнал/шум), питание предварительных каскадов производится через стабилизатор (DA3), который развязан по РЧ, непосредственно у выводов DA3, с помощью конденсаторов С11 и С12 в чип-исполнении (таким образом, уменьшена индуктивность выводов конденсаторов). На вход стабилизатора необходимо подавать минимально: напряжение стабилизации плюс напряжение перепада между входом и выходом стабилизатора, минимально необходимое для его работы, что, согласно паспортным данным на стабилизатор 78L05, составит  $5 \text{ В} + 2 \text{ В} = 7 \text{ В}$ , прибавим сюда падение напряжения на диоде VD2 – 0,6 В и получим минимальное напряжение питания УЗЧ - 7,6 В (обычно: 7,5 В и менее). Если нет риска переполюсовки питающего УЗЧ напряжения, то немного уменьшая степень развязки каскадов по питанию, диод VD2 можно упразднить и применить, вместо DA3 стабилизатор с меньшим рабочим перепадом напряжений на нём, так называемые “Low Drop“, тогда минимальное питающее напряжение для УЗЧ сократится с 7,6 В до 7 В и 6 В, соответственно. Максимальным входным напряжением для DA3 считается напряжение 20 В, а для DA2 – 12 В, поэтому для питания УЗЧ таким напряжением (12 В...15 В) один или последовательно включенная цепочка диодов (на месте VD1) являются обязательными и осуществляют защитную функцию, уменьшая напряжение питания микросхемы, примерно, на 0,6 В, в расчёте на один диод. При питании УЗЧ, например, от аккумулятора автомобиля, напряжение на котором в полностью заряженном состоянии составляет 14,2 В, в такую цепочку нужно последовательно включить не менее 5 диодов. Номинальное напряжение питания УЗЧ составляет 9 В. Усилитель ИМС DA2 начинает работать при напряжении питания менее 3 В, при таком же напряжении уже работает и ИМС DA1, поэтому, если не предъявлять к УЗЧ высоких требований, то можно отказаться от стабилизации напряжения, упразднив ИМС DA3 и оставить низковольтный вариант усилителя с питанием 3...4,5 В. Для сохранения стабильности его работы, в этом случае, возможно, потребуется включение ещё одной П-образной цепочки фильтра питания, последовательную часть которой составляет диод, а параллельные – конденсаторы. УЗЧ с комбинированным способом питания (высоковольтным и низковольтным) можно осуществить, продумав коммутацию, при этом, вход и выход ИМС DA3 можно (для осуществления низковольтного режима работы) просто замыкать накоротко (например, с

помощью выключателя), не удаляя DA3 с платы. Главное, в этом случае, быть внимательным и не подать высокое напряжение питания (можно предусмотреть блокировку), хотя DA1 имеет максимальное допустимое напряжение до 36 В и вынесет такое включение с улыбкой (Hi!). Если конденсатор С17 не подключен (а его наличие может быть необязательным, например, при питании от блока питания, - уже есть в БП на выходе), то усилителю, из-за наличия диодов VD1 и VD2, не страшна переполусовка источника питания (тем более, что конденсаторы развязки “за диодами“ уже есть). С17 может оказаться необходимым, пожалуй, только, при питании УЗЧ от батареи с высоким внутренним сопротивлением (полуразряженной, старой), поэтому, для исключения переполусовки, если такая опасность есть, следует предусмотреть, либо механические меры (разные по размерам гнезда подключения) или включать ещё один диод последовательно в цепь питания...

Литература: 1. Kazuhiro Sunamura, JF1OZL. How to get 74 dB gain from LM386 IC

<http://www.intio.or.jp/jf10zl/LM386.htm>

Виктор Беседин

г. Тюмень

P.S. Благодарю за критические замечания Владимира Тимофеевича Полякова (RA3AAE).

Обозначения	Наименование	Номинал	Примечания
R1	Резистор постоянный	100 кОм	МЛТ-0,125
R2	Резистор постоянный	100 кОм	МЛТ-0,125
R3	Резистор постоянный	10 кОм	МЛТ-0,125
R4	Резистор постоянный	100 кОм	МЛТ-0,125
R5	Резистор постоянный	100 кОм	МЛТ-0,125
R6	Резистор постоянный	100 кОм	МЛТ-0,125
R7	Резистор постоянный	10 кОм	МЛТ-0,125
R8	Резистор постоянный	100 кОм	МЛТ-0,125
R9	Резистор переменный	47 кОм	33...68 кОм
Roc	Резистор постоянный	0...200 Ом	МЛТ-0,125
Rф	Резистор постоянный	1...10 Ом	МЛТ-0,125
Сф	Конденсатор постоянной ёмкости	0,1 мкФ	К10-17 или

			импорт.
C1	Конденсатор постоянной ёмкости	0,1 мкФ	K10-17 или импорт.
C2	Конденсатор постоянной ёмкости	390 пФ	K10-17 или импорт.
C3	Конденсатор постоянной ёмкости	0,1 мкФ	K10-17 или импорт.
C4	Конденсатор постоянной ёмкости	390 пФ	K10-17 или импорт.
C5	Конденсатор постоянной ёмкости	0,1 мкФ	K10-17 или импорт.
C6	Конденсатор постоянной ёмкости	510 пФ	K10-17 или импорт.
C7	Конденсатор оксидный	100 мкФ-16В	K50-35 или импорт.
C8	Конденсатор оксидный	470 мкФ-16В	K50-35
C9	Конденсатор постоянной ёмкости	0,1 мкФ	K10-17 или импорт.
C10	Конденсатор оксидный	100 мкФ-16В	K50-35 или импорт.
C11	Конденсатор постоянной ёмкости	0,1 мкФ	Чип 0603...1206
C12	Конденсатор постоянной ёмкости	0,1 мкФ	Чип 0603...1206
C13	Конденсатор оксидный	100 мкФ-16В	K50-35 или импорт.
C14	Конденсатор оксидный	100 мкФ-16В	K50-35 или импорт.
C15	Конденсатор постоянной ёмкости	0,1 мкФ	K10-17 или импорт.
C16	Конденсатор постоянной ёмкости	0,47 мкФ	K10-17 или импорт.
C17	Конденсатор оксидный K50-35 или	470 мкФ	До 4700 мкФ-16 В

	импорт.		
C18	Конденсатор постоянной ёмкости	4,7 мкФ	Неполярный 3,3 ...4,7 мкФ
C19	Конденсатор постоянной ёмкости	4,7 мкФ	Неполярный 3,3 ...4,7 мкФ
VD1	Диод	КД522А	1N4148
VD2	Диод	КД522А	1N4148
DA1	Микросхема сдвоенный ОУ	AD822AN	AD823AN
DA2	Микросхема многофункциональная	K174XA10	A283, TDA1083
DA3	Микросхема - стабилизатор	78L05	+5 В

Примечание: в качестве C18 и C19 можно применить и оксидные конденсаторы, но они менее стабильны во времени и производят больший уровень шумов, что критично в усилителях с большим коэффициентом усиления. Лучше, в этом случае, применить хотя бы оксидно-полупроводниковые конденсаторы типа K53.

В статье приведено некоторое количество “излишеств”, от которых можно отказаться, если усилитель будет устойчив, но, при попытке увеличить усиление УЗЧ и при других причинах приведённый “инструментарий” не помешает. Подав питание, проверяют наличие половины напряжения питания на выходах ОУ 1 и 7 DA1. Ограничение полосы пропускания сверху можно получить увеличивая ёмкости конденсаторов C2 и C4. Коэффициенты усиления ОУ равны  $R4/R3+1$  и  $R8/R7+1$ , при этом, здесь коэффициент усиления по напряжению (точнее) составит:  $100\text{кОм} : 10\text{кОм} + 1 = 11$  в расчёте на один ОУ. Испытан вариант усилителя с усилением 100 дБ, при этом резисторы обратной связи ОУ увеличены со 100 кОм до 330 кОм, можно увеличивать усиление и уменьшением сопротивлений резисторов R2, R6. При большем усилении следует применить  $U_{пит} = 12\text{В}$ .

ОУ (DA1) – малошумящие, с большим входным сопротивлением и большим диапазоном питающих напряжений, поэтому можно рассматривать данный усилитель и как полигон для испытания и производства усилителей с ещё бóльшим коэффициентом усиления, подбирая соотношения сопротивлений резисторов в делителях и питая их различными напряжениями.

Монтажная плата УЗЧ разработана с учётом установки микросхемного стабилизатора напряжения, при отказе от его применения в отверстия предназначенные для DA3 со входа на выход впаивается проволочная перемычка, низкоомный резистор или диод в прямом направлении прохождению тока.