

Усилитель Джона Линсли-Худа (John Linsley-Hood), в простонародии JLH

Вместо предисловия.

1. Для начала рекомендую ознакомиться с материалами, выложенными на сайте, посвященном этому замечательному усилителю : <http://www.tcaas.btinternet.co.uk/index-1.htm> . Если с английским проблем нет, найдете там кучу крайне полезной информации. Также рекомендую заглянуть сюда <http://www.diyaudio.com/forums/showthread.php?threadid=3075> (опять же английский язык) и вот сюда : <http://www.vegalab.ru/forum/showthread.php?t=11445>.
2. Данный усилитель работает в классе А с достаточно большим током покоя, что предъявляет серьезные требования к охлаждению выходных транзисторов. Рекомендуется **не менее** 1500 кв.см. на один транзистор(для пассивного охлаждения)! В процессе работы, усилитель **постоянно** потребляет от сети 100-200+ Вт (в зависимости от напряжения питания и тока покоя) и немного меньше рассеивает на выходных транзисторах. Использовать такой усилитель в небольших комнатах, особенно в жару, следует с осторожностью ввиду возможного перегрева. Рекомендуется применять устройства тепловой защиты. При невозможности обеспечить достаточно эффективное пассивное охлаждение нужно использовать дополнительный обдув. Особенно это касается любителей задрать ток покоя.

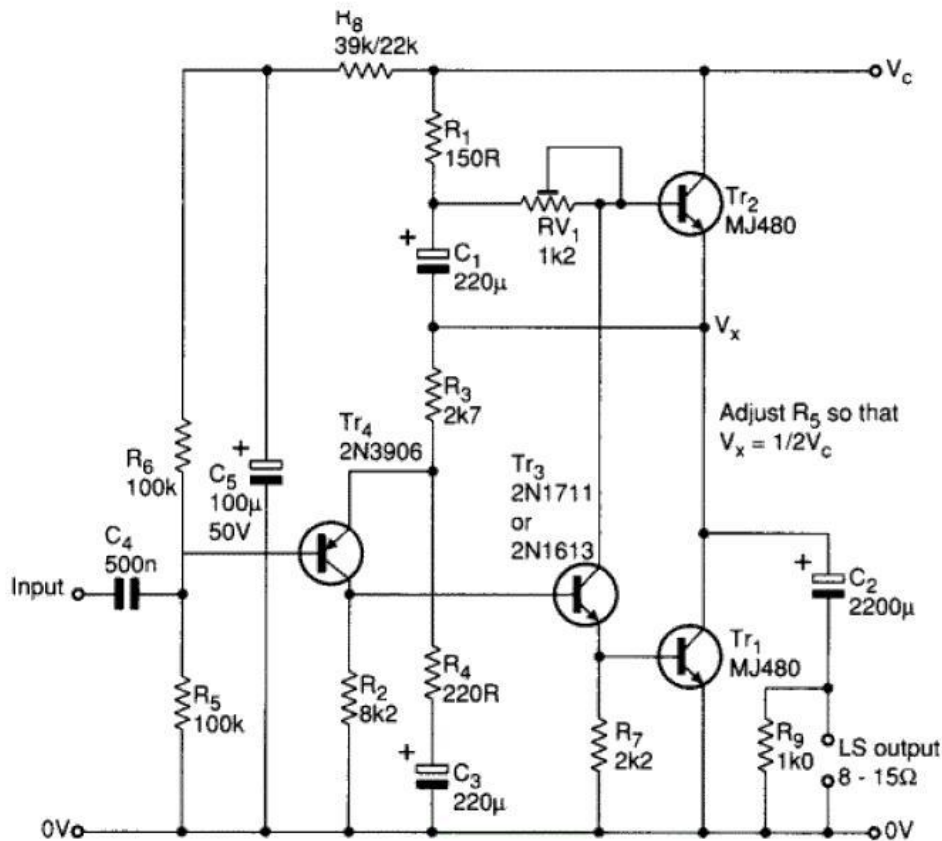
Схемы

С момента публикации схемы автором в далеком 1969 году : (<http://www.tcaas.btinternet.co.uk/jlh1969.pdf> и <http://www.tcaas.btinternet.co.uk/jlh1969-1.pdf> - английский язык) было создано много различных ее вариаций. В частности спустя почти 30 лет сам Худ опубликовал усовершенствованный вариант схемы своего усилителя : <http://www.tcaas.btinternet.co.uk/jlh1996.pdf> . В дальнейшем схема 1996 года была еще немного доработана.

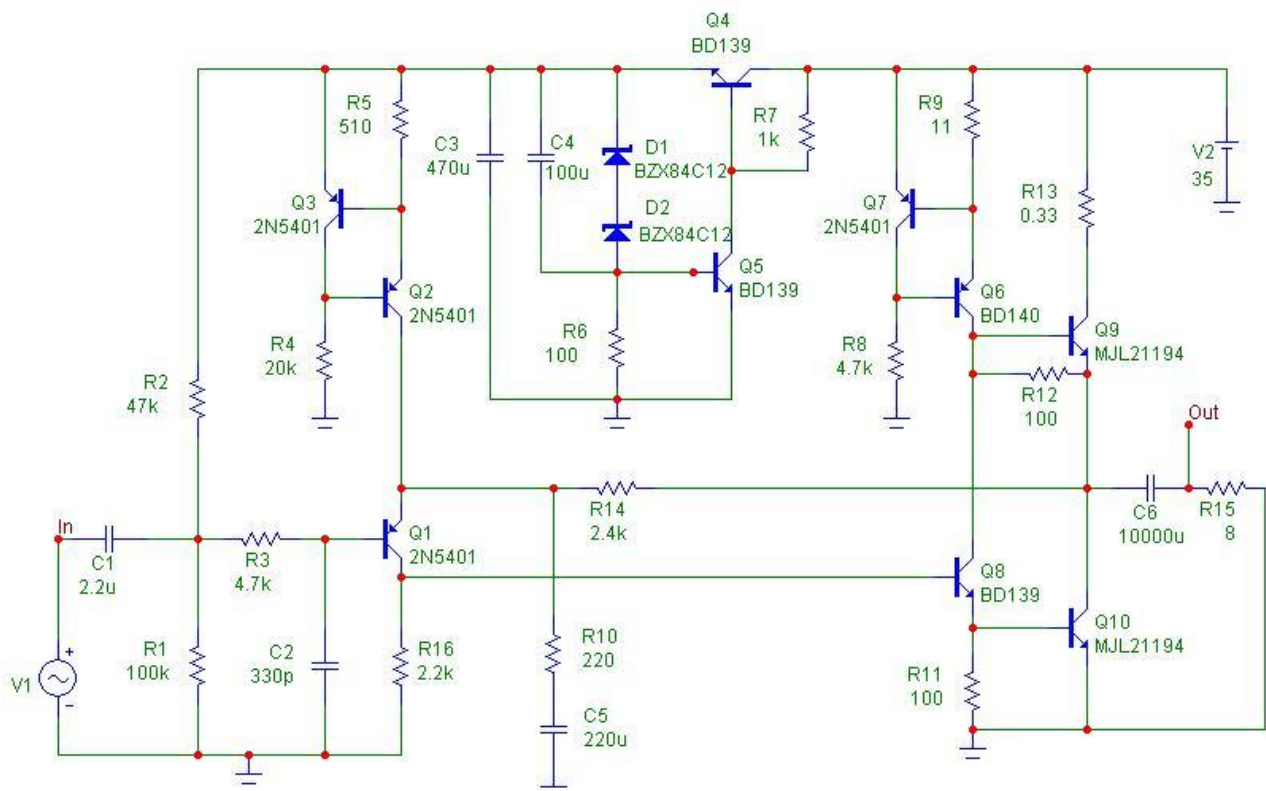
Схема 1969 года

Усилитель, собранный по этой схеме требует **однополярного** питания, **обязательного** наличия конденсатора на выходе (последовательно с нагрузкой) и развивает мощность порядка 10-12Вт. Напряжение питания 30..45в, ток покоя 1.5-2.5А (разумные пределы).

Оригинальная схема, опубликованная Худом в 1969 году :



Эта же схема, но немного модифицированная и переведенная на современную элементарную базу (by UliS):



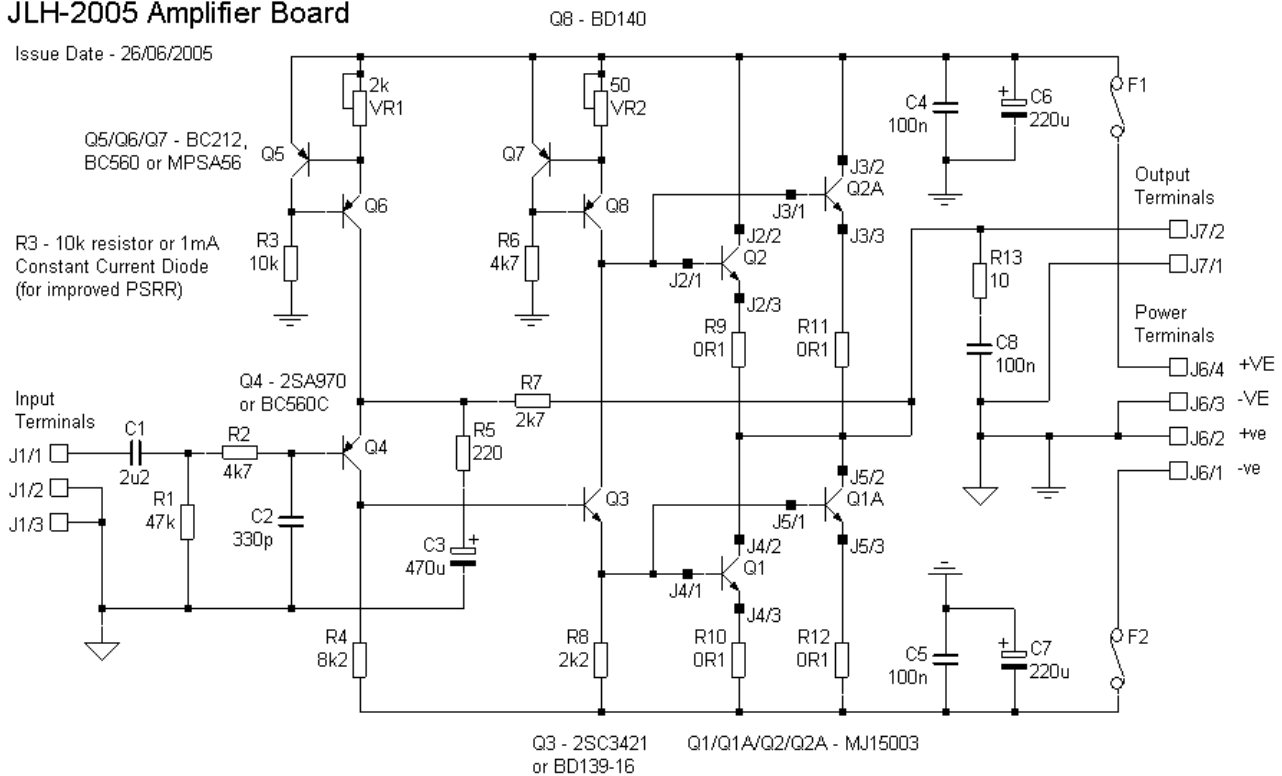
R2, R5 и R9 – подстроечные резисторы. R2 – 100кОм, R5 – 1кОм, R9 – 50..100 Ом

Схема 2005 года

Усилитель, собранный по этой схеме, требует **двухполярного** питания и развивает мощность до 20-25Вт. Напряжение питания от ± 18 до ± 28 в, ток покоя 1.5-3.5А (опять же разумные пределы).

JLH-2005 Amplifier Board

Issue Date - 26/06/2005



VR1 и VR2 – подстроечные резисторы. VR1 – 2 кОм, VR2 – 50 Ом.

Какую из них выбрать, решать вам. Обе обеспечивают высокое качество звука, имеют отличную повторяемость и просты в настройке. Какой вариант звучит лучше, тоже не скажу, ибо лично не сравнивал да и понятие лучше/хуже у всех разное. В плюс схеме 1969 года идет однополярное питание (меньше проблем с БП) и отсутствие необходимости использовать защиту АС от постоянного напряжения, ввиду присутствия на выходе электролита. К недостаткам можно отнести легкий «пук» в колонках при включении усилителя, т.к. этот самый выходной электролит заряжается через АС (в принципе от пука тоже можно избавиться) и влияние этого самого выходного электролита на звук. Плюсом схемы 2005 года является возможность снять большую мощность и отсутствие на выходе электролита. В минус несколько более сложный БП и желательное наличие защиты АС от постоянного напряжения.

Питание

От качества питания напрямую зависит качество звучания усилителя. Безусловно, есть пределы, налагаемые остальными частями вашей системы (АС, источник, музыкальный материал и т.д.), но сильно экономить все же не следует.

В целом, к блокам питания усилителей в классе А предъявляются несколько отличные от усилителей в классе АВ требования. Прежде всего следует учитывать тот факт, что блок питания будет постоянно находиться под нагрузкой. Это влечет за собой повышенный нагрев элементов БП, необходимость использования радиаторов на выпрямительных диодах и наличие хорошего запаса по току/мощности всех силовых элементов БП.

В условиях ограниченного пространства внутри корпуса также растут требования к температурной устойчивости/стабильности применяемых деталей. В отличие от усилителей класса АВ, усилители в классе А положительно относятся к применению стабилизаторов, СРС, СLC и прочих фильтров для сглаживания пульсаций питающего напряжения. Далее будут описаны несколько вариантов реализации БП, а сейчас подробнее остановимся на подборе деталей для БП и требованиях, которые к ним предъявляются.

Трансформатор

Выбор типа трансформатора остается за вами. Какой легче достать, тот и ставьте. В идеале конечно же нужен качественный тор с низкой индукцией, межобмоточным экраном и т.д., но в такие игрушки достаточно дороги и труднодоступны. Как минимум, ваш транс должен обеспечивать 50% запас по току и выдавать требуемое напряжение под нагрузкой. Ниже приводятся расчеты, позволяющие примерно оценить необходимую мощность трансформатора :

Однополярная версия

Для одного канала нам понадобится

$$\frac{U_{\text{пит}} * I_{\text{п}}}{0.66 * \eta_{\text{бп}}}$$

ватт. Здесь $U_{\text{пит}}$ – напряжение питания, $I_{\text{п}}$ – ток покоя. Коэффициент 0.66 берется для обеспечения 50%-го запаса по мощности, чтобы наш транс не работал на пределе. Коэффициент $\eta_{\text{бп}}$ – учитывает КПД блока питания. В таблице приведены примерные значения $\eta_{\text{бп}}$ для различных конструкций БП (на резистивную нагрузку) :

Конструкция блока питания	КПД (обычные диоды)	КПД (диоды Шоттки)
С – фильтр	0.9	0.93
СРС – фильтр (R = 0.22 – 0.5 Ом)	0.88	0.91
«Электронный дроссель»	0.78	0.81

С мощностью определились. Переходим к расчету необходимого напряжения вторичной обмотки. Итак, наш трансформатор нагружен усилителем с током покоя $I_{п}$, напряжение питания при этом $U_{пит}$. С учетом типа примененных диодов и конструкции БП напряжение вторичной обмотки будет равно :

$$\frac{U_{пит} * 0.7}{\eta_{бп}}$$

вольт. Теперь в качестве примера можно рассчитать транс для однополярного ЛН. Пусть наш усилитель питается напряжением 35в и имеет ток покоя 1,5А. Питается все это дело от БП типа «электронный дроссель» с обычными диодами. Необходимая мощность трансформатора для одного канала составит : $(35*1,5)/0.66/0.78 = 101,98\text{Вт}$ при потребляемой усилителем мощности в $35*1,5 = 52,5\text{Вт}$. При токе в 1,5А вторичная обмотка трансформатора должна обеспечивать $35*0.7/0.78 = 31,4\text{В}$ переменного напряжения. Для стерео варианта потребуются либо два таких трансформатора, либо один с двумя изолированными вторичными обмотками, обеспечивающими 31,4В переменного напряжения при токе 1,5А.

Двухполярная версия

Расчеты для двухполярной версии такие же как и для однополярной, с той лишь разницей, что для двухполярной нужен трансформатор с двумя вторичными обмотками или одной со средней точкой. Пример. Пусть наш усилитель питается напряжением +-22в с током покоя 2,5А от блока питания с простым С-фильтром, на диодах Шоттки и трансформатора с двумя вторичными обмотками. Необходимая мощность каждой из обмоток составит $(22*2,5)/0.66/0.93 = 89,6\text{Вт}$. При токе 2,5А каждая обмотка должна обеспечивать $22*0.7/0.93 = 16,55\text{В}$ переменного напряжения.

Если применять трансформатор со средней точкой на вторичной обмотке, то при токе в 2,5А она должна обеспечивать $2*16,5 = 33,1\text{В}$ переменного напряжения.

Диоды

Диоды/диодные мосты лучше брать с четырех и более кратным запасом по току и напряжению. Также следует обратить внимание на то, что при использовании больших сглаживающих емкостей (более 25000uF), ток заряда последних в момент подачи напряжения может вывести из строя диоды! Обезопасить себя от этой неприятности можно с помощью простенькой схемы мягкого включения усилителя (soft start), либо использовать очень мощные диодные мосты (на 35 и более ампер). Если вы приверженец использования диодов Шоттки или ультрафастов, то софт старт поможет сэкономить деньги на покупке высококачественных диодов. Лично я советую использовать устройство мягкого включения в любом случае, береженого бережет бог :)

Диодные мосты vs Шоттки и ультрафасты. В спорах о влиянии на звук разных типов диодов сломано немало копей и написана не одна тысяча сообщений на форумах :) Обычные мосты легкодоступны, дешевы, имеют широкий спектр параметров и высокое обратное напряжение. Если вы решили ставить мост – смело берите что помощнее.

Ампер на 35-50. С таким мостом можно обойтись без софт старта при емкости фильтрующих конденсаторов до 40mF. Правда огромный пиковый ток заряда емкостей негативно сказывается на трансформаторе, из-за этого может выбить входной автомат в квартире и т.д. Как я уже говорил, пользуйтесь софт стартом. Мощные диоды Шоттки (а также ультрафасты) достаточно дороги и не везде продаются. Также следует помнить, что у диодов Шоттки достаточно низкое обратное напряжение (обычно 150в и менее), это следует учитывать. Берите на 100-150в. По току следует ориентироваться на 10 и более ампер. Ну и про софт старт не забывайте :)_Все диоды и мосты настоятельно рекомендуется устанавливать на радиатор. Особенно это касается диодов Шоттки и ультрафастов. Маньячить не надо, хватит по 30-50см² на диод.

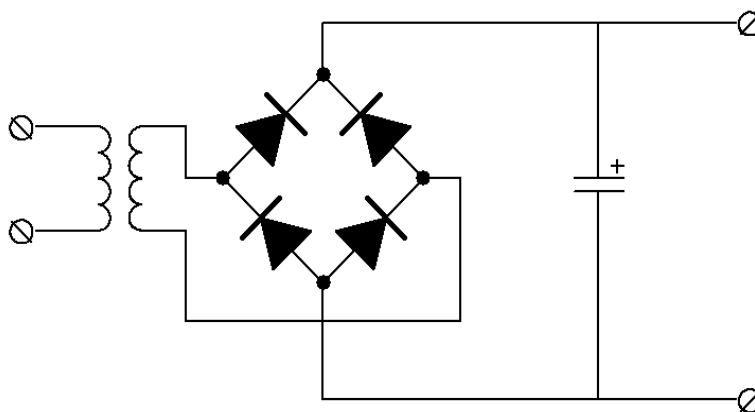
Фильтрующие конденсаторы

У электролитических конденсаторов как правило указываются три параметра : ESR – внутреннее сопротивление, ESL – индуктивность, Ripple current – максимальный ток, который гарантированно выдержит конденсатор. В общем случае, самый хороший электролит тот, который имеет самое низкое ESR и ESL, и самый высокий показатель ripple current. Использование китайского ширпотреба (равно как и подделок) естественно не приветствуется. Необходимость шунтирования качественных электролитов пленкой с моей точки зрения сомнительна, хотя в случае применения «обычных» конденсаторов можно повесить в параллель пленку 10-20uF.

Конструкция выпрямительной части БП

С – фильтр

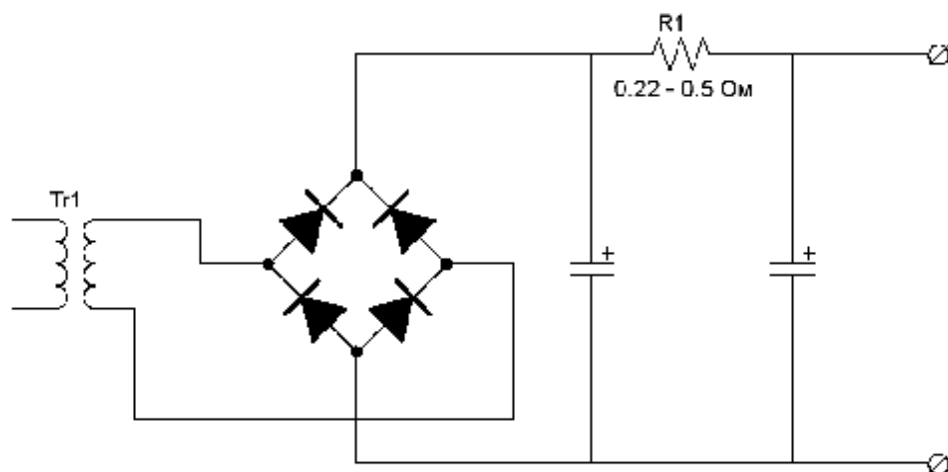
Схема С-фильтра проста как мяч, диодный мост и конденсатор(ы) :



Диоды/диодный мост лучше брать с приличным запасом по току, особенно в случае применения сглаживающих конденсаторов большой емкости (а их придется применять :). Если использовать обычные диодные мосты (что гораздо проще, чем использование просто 4-х диодов) , найти экземпляр на ток в 35-50А не составит труда. С диодами Шоттки несколько сложнее, т.к. мощные (с током более 15А) стоят достаточно дорого, да и найти их порой непросто. Выход из положения есть, называется он soft-start или по-нашему устройство «мягкого» запуска УНЧ. Минимально рекомендуемая суммарная емкость электролитов в таком БП должна составлять 30-40mF (если используется двухполярный БП, то 30-40mF в каждое плечо питания). Лучше раза в два больше.

CRC – фильтр

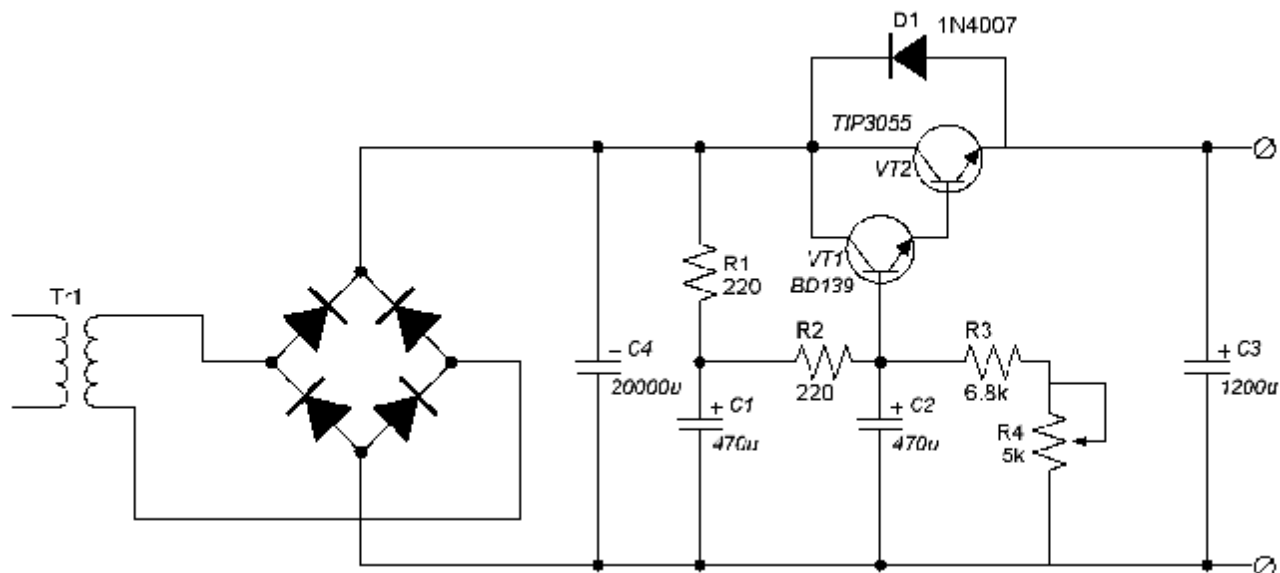
Данный тип фильтра позволяет получить пульсации выходного напряжения в 5-10 раз меньше, чем при использовании С-фильтра с идентичной суммарной емкостью конденсаторов. Схема :



Конденсаторы берем равной емкости, резистор R1 следует брать номиналом 0.22 – 0.5 Ом (чем выше сопротивление, тем ниже уровень пульсаций). Мощность, которая будет выделяться на этом резисторе, считается по закону Ома : $I^2 \cdot R$. Т.к. ток покоя у JLN больше 3А ставить нет необходимости, максимальная мощность на резисторе 0.5Ом будет 4,5Вт. Берите резисторы на 10+ , а лучше 20+ Вт. Самым лучшим вариантом можно считать мощные резисторы, корпус которых предусматривает монтаж на радиатор. Емкость электролитов 2x22...2x33mF можно считать достаточной.

Транзисторный фильтр или «электронный дроссель»

Данный тип фильтра очень эффективно подавляет пульсации, при более чем скромной емкости фильтрующих конденсаторов. По сравнению с С и CRC фильтрами более сложен, имеет достаточно низкий КПД. Схема одной из возможных реализаций приведена ниже :



Емкость С4 берется в пределах 10000 – 22000u, для тока покоя в пределах 1...3А. Емкость С2 можно увеличить до 1000uF. Сюда следует ставить емкости максимально доступного качества. С3 берется в пределах 1000-2000u, больше нет смысла. В эту позицию также нужно ставить очень хороший электролит. На транзисторе VT1 рассеивается мощность примерно по 90-100 мВт на каждый ампер тока покоя. Исходя из этого нужно решать, нужно ли ставить VT1 на радиатор или нет (хотя никто не мешает прикрутить небольшую металлическую пластинку). Транзистор VT2 рассеивает мощность примерно 2,5...3 ватта на каждый ампер тока покоя. VT2 необходимо устанавливать на радиатор 200-300 кв.см.! Можно также установить VT2 на один радиатор с выходными транзисторами усилителя, но по возможности дальше от них. Резистором R4 можно подстроить выходное напряжение в пределах 0.5-1в.

Сравнение эффективности фильтров (ток 2А, резистивная нагрузка БП). Уровень пульсаций выходного напряжения по данным расчета в Microcap 9.0:

Конструкция блока питания	Пульсация, мВ
С – фильтр (40000u)	496
CRC – фильтр (R = 0.5 Ом, 2 x 20000u)	73
«Электронный дроссель» (40000u + 1200u)	10

Элементарная база усилителя

Несмотря на свою простоту, усилитель Худа может заставить вас попотеть над выбором деталей. Если высчитаете, что все резисторы, транзисторы и пр. звучат одинаково, данный УНЧ убедит вас в обратном :) При комплектации усилителя старайтесь не жадничать, ставьте детали максимально доступного качества (в разумных пределах) и избегайте подделок. Далее я попытаюсь дать некоторые рекомендации.

Резисторы. С точки зрения минимума искажений и уровня шума лучшим выбором станут прецизионные металлопленочные резисторы. Точность 0,5...1% будет вполне достаточной, в качестве эмиттерных можно использовать и 5%, но все же лучше поискать 1%. Старайтесь избегать деталей непонятного происхождения, также не стоит применять белые проволочные резисторы в керамическом корпусе в качестве эмиттерных. Со своей стороны рекомендую Firstronics RM0207S (0.6W, 1%) – очень неплохие и относительно недорогие резисторы.

Входной или разделительный конденсатор. Если вы уверены в источнике сигнала, можно просто исключить этот конденсатор из схемы. Это будет самое лучшее решение с точки зрения качества звучания, однако я не настаиваю :)

Если конденсатор решено оставить, то по возможности применяйте конденсаторы с полипропиленовым диэлектриком. Выбор велик, от наших дешевых К78 до безумно дорогой продукции известных (и не очень) зарубежных фирм. Неплохи по сочетанию цена/качество конденсаторы Rifa PHE 426, Wima серий МКР и МКТ, некоторые серии Epcos и пр. Если у вас уже сформировались определенные пристрастия в этой области –

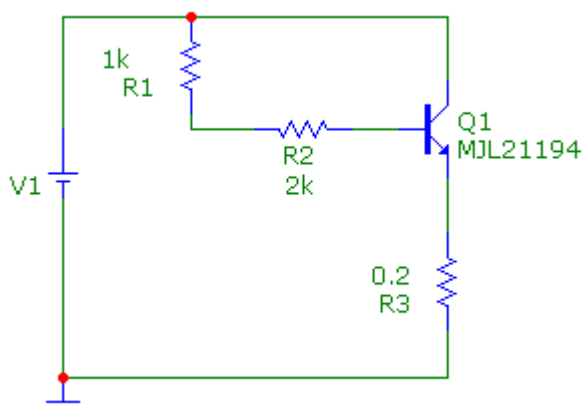
ставьте ваши любимые девайсы. В последней версии своего усилителя я использовал конденсаторы AudinCap KP-Sn, определенная разница с K78 имеется. Что касается емкости и вольтажа, то оптимальным выбором станут конденсаторы емкостью 1-4 μ F, рассчитанные на 100-400V. Тут уже смотрите на габариты. Электролиты в качестве разделительных ИМХО лучше не применять.

Конденсатор в ООС. Ставьте самый лучший, какой только сможете достать. Крайне желательно с низким импедансом. [Здесь](#) находится таблица с описаниями различных электролитических конденсаторов, включая рекомендуемые области применения. Нас интересуют индексы «а» и «А». Электролиты с такими индексами потенциально пригодны для цепи ООС. Если достать приличный электролит проблематично, можно попробовать поставить «обычный» и шунтировать его полипропиленом на 100-150nF, но в этом случае вы можете остаться недовольны звучанием усилителя. Очень хорошо в ООС подходят Elna Silmic / Silmic II.

Конденсаторы в цепях питания. Электролиты тоже желательно ставить низкоимпедансные, Elna Silmic/SilmicII, Sanyo MV-AX, BG(Std, FK) сюда очень хорошо впишутся. В качестве шунтов полипропилен 100-150nF.

Конденсатор в цепи АС (для однополярной версии). Емкость от 10000 μ F, желательно раза в два-три больше, максимально доступного качества. Напряжение 35-50V. Хорошие результаты дает шунтирование качественными полипропиленовыми конденсаторами общей емкостью 10-30 μ F.

Выходные транзисторы. Выходники желательно подбирать в пары/четверки. Причем производить отбор надо не тестером, он измеряет бэту при слишком малом токе коллектора, а с помощью простенькой схемы :



R2 – переменный резистор; R3 мощностью 2-5Вт; все резисторы точностью 1-5%. Для MJL21194 R1=1кОм, R2=2кОм; для MJ15003 скорее всего придется увеличить R2 до 5кОм. Используйте БП от усилителя. Установите первый транзистор на радиатор (**помните о том, что необходимо обеспечить адекватное охлаждение транзистора!**), **выкрутите переменный резистор R2 на максимальное сопротивление**, подключите схему к БП и медленно начинайте устанавливать ток коллектора (уменьшая сопротивление R2), контролируя падение напряжения на эмиттерном резисторе R3 (ток

через резистор вычисляем по закону Ома). Если вы собираете однополярную версию, то измерения следует проводить при токе равном (или близком) току покоя усилителя, в случае двухполярной версии с двумя парами выходников при половине тока покоя усилителя. По мере прогрева радиатора ток через транзистор будет постепенно увеличиваться, поэтому первоначально устанавливайте около 80% от запланированного значения. Подождите пока радиатор прогреется, скорректируйте ток и запишите его значение (I_k). Через несколько минут отключайте питание, дайте разрядиться конденсаторам в БП и так же проверяйте остальные транзисторы, **не трогая больше R2!** В результате для каждого транзистора вы получите свое значение I_k . Далее нужно сгруппировать пары/четверки транзисторов с близкими и максимально высокими значениями I_k . Если отобрать четверку не удастся, можно собрать две пары и ставить пару с большей бетой в позицию Q1, Q1A.

Высокочастотные транзисторы типа 2SC5200 следует использовать с осторожностью, можно нарваться на проблемы со стабильностью усилителя. Общеизвестными лидерами по совокупности параметров и качеству звучания считаются MJ15003, единственным их «недостатком» можно считать корпус (ТО-3), не очень удобный для монтажа на радиаторе, в остальном эти транзисторы идеальны для ЛН. Если не хотите заморачиваться с монтажом MJ15003, ваш выбор MJL21194. В отличие от MJ15003 они производятся в корпусе ТО-3Р, что избавляет от лишних телодвижений при их монтаже на радиатор. Достаточно низкая бета обуславливает немного больший, чем в случае MJ15003, уровень третьей гармоники. В целом обе модели транзисторов обеспечивают очень чистое и приятное звучание.

В случае возникновения генерации при использовании высокочастотных выходных транзисторов можно попробовать установить компенсационный конденсатор между коллектором Q3 и эмиттером Q4 (рекомендация Худа) или между базой и коллектором Q3. Номинал конденсатора 22-100р, более точный подбор осуществляется с помощью подачи меандра на вход усилителя и последующего контроля его формы на выходе (названия транзисторов даны согласно схеме 2005 года). Также не мешает цепь Цобеля на выходе усилителя (на схеме 2005 года она представлена резистором R13 и конденсатором С8). Как видите, все вышесказанное относилось к двухполярной версии, т.к. она более склонна к генерации, чем однополярная. В последней, как правило, достаточно цепи Цобеля.

Драйверный транзистор. Желательно отобрать транзистор с максимально возможной бетой (можно мультиметром). В случае применения выходников MJL21194 это поможет снизить уровень третьей гармоники. Выбор подходящих по параметрам моделей транзисторов достаточно богат :

BD139/137 – порадовали звучанием BD137 производства Philips и BD139 производства Fairchild. Последние поставляются в изолированном корпусе, что облегчает монтаж на радиатор. Разница в звучании на уровне нюансов.

2SC3421 – лично не пробовал, отзывы положительные. Есть шанс возникновения возбуда.

2SC5171 – эти транзисторы порадовали детальностью. По ощущениям имел место небольшой возбуд, но инструментально проверить не было возможности.

Входной транзистор. Здесь следует применять малошумящие транзисторы. На данный момент самыми доступными кандидатами являются 2SA970 (берите с индексом BL) и BC560C. Тут я не заморачивался и поставил то, что удалось достать быстрее – 2SA970BL.

Транзисторы источников тока. MPSA56/92 будут лучшим выбором. В случае применения 2SA970, судя по некоторым отзывам на форумах, иногда имел место возбужд. Подбирать по бете особо не нужно, хотя для себя любимого можно купить пару десятков и минут пять помучить мультиметр. В качестве Q8 ставьте BD140 от ONS или Fairchild.

Ну и напоследок еще раз предостерегу вас от применения комплектующих сомнительного происхождения.

Конструктивное исполнение

Как уже неоднократно упоминалось, усилители, работающие в классе А, имеют достаточно большое тепловыделение. Фактически греется все начиная от силового трансформатора в БП и кончая выходными транзисторами. Это необходимо учитывать при проектировании корпуса усилителя. Прежде всего следует обеспечить хороший теплоотвод для выходных транзисторов. Вам понадобится массивный алюминиевый (или силуминовый) радиатор с толстым основанием. На каждый транзистор (для пассивного охлаждения) рекомендуется площадь около 1500 кв.см. Для активного охлаждения требования можно снизить, но все равно не советую увлекаться - минимум 1000 кв.см. В качестве примера приведу свой усилитель, в котором на пару выходных транзисторов и один транзистор от БП типа «электронный дроссель» (около 67Вт тепла в сумме) приходится один радиатор типа Р-600 (не самый лучший радиатор хочу заметить) суммарной площадью около 3900 кв.см. Греется все это дело до 60+ градусов. При этом внутри корпуса температура достигает 55 градусов. Естественно радиаторы без обдува.

Как правило выходные транзисторы изолируют от радиатора с помощью специальных теплопроводящих прокладок. **Ни в коем случае не используйте различные силиконовые прокладки (например «Номакон» и т.д.)!** Либо тонкая слюда, либо керамика. Не забывайте также о термопасте.

Если выходные транзисторы приходится соединять с платой усилителя с помощью проводов, необходимо помнить следующее :

- 1) провода должны быть максимально короткими ;
- 2) сам провод должен иметь достаточное сечение (достаточно 1,5-2мм², не надо ударяться в крайности), проводник из качественной меди / серебра (по вкусу) и надежную изоляцию;
- 3) для уменьшения наводок на провода а также от проводов, настоятельно рекомендуется эти самые провода свить, в крайнем случае просто стянуть вместе.
- 4) для борьбы с ВЧ помехами (если таковые оказывают негативное влияние на работу усилителя) можно одеть маленькие ферритовые бусины на ножки выходных транзисторов.

Транзисторы Q3 и Q8 необходимо устанавливать на отдельные радиаторы площадью 40-50 кв.см. На Q8 рассеивается примерно в два раза большая мощность чем на Q3.

Делайте в корпусе вентиляционные отверстия, это поможет смягчить температурный режим. Неплохим конструктивным решением для двухполярной версии могут стать моноблоки.

Запуск и настройка

Блок питания

Прежде всего нужно протестировать БП на предмет его работоспособности. Сначала включите БП без нагрузки и убедитесь в наличии нужного постоянного напряжения на его выходе. Далее БП отключаем, разряжаем электролиты, подсоединяем тестовую нагрузку и снова включаем. Дайте поработать несколько минут, контролируя нагрев элементов БП и выходное напряжение. В качестве пробной нагрузки удобно использовать нихромовую проволоку из нагревательных элементов старых утюгов, например. Необходимое сопротивление рассчитывайте по закону Ома. После окончания проверки не отсоединяйте нагрузку сразу, подождите секунд 10, чтобы конденсаторы в БП полностью разрядились.

В схеме «электронного дросселя» есть переменный резистор (R4), перед запуском БП нужно выкрутить этот резистор на максимальное сопротивление. После запуска усилителя, этими резисторами можно попробовать выровнять напряжения (абсолютные величины) в положительном и отрицательном плечах питания двухполярной версии ЛН. В принципе, на расхождение в 1v и менее можно закрыть глаза.

Усилитель (двухполярная версия)

Перед первым запуском обязательно выкручиваем на максимальное сопротивление переменный резистор, отвечающий за регулировку тока покоя (на схеме обозначен как VR2) , переменник, регулирующий уровень постоянного напряжения на выходе (на схеме обозначен как VR1), ставим в среднее положение. После этого подсоединяем БП через мощные предохранители (ампер 5), закорачиваем вход усилителя на землю, к выходным клеммам ничего не подключаем. Мысленно сказав «с богом», включаем усилитель. Если все прошло удачно, ничего не бахнуло, не загорелось и не завоняло, начинаем устанавливать ток покоя. При этом мультиметром контролируем падение напряжения на эмиттерных резисторах и медленно уменьшаем сопротивление переменника, отвечающего за ток покоя. Помните, что по мере прогрева усилителя ток покоя будет увеличиваться, поэтому не надо сразу устанавливать намеченное значение. Ограничьтесь где-то ~80-85% от номинального. Дождитесь полного прогрева усилителя, попутно контролируя ток покоя. Он будет постепенно увеличиваться, а потом (при благоприятном исходе :)) его рост прекратится. Далее устанавливаем уровень постоянного напряжения на выходе усилителя (+-10..20мВ), медленно вращая соответствующий переменный резистор на плате усилителя. После регулировки постоянки можно отрегулировать величину тока покоя до выбранного

значения. Далее усилитель выключаем, даем ему полностью остыть и включаем снова. Меряем постоянно в холодном состоянии (как правило она держится на уровне 90-100мВ), ждем полного прогрева и окончательно регулируем сначала уровень постоянки, а потом тока покоя (если потребуется конечно). Далее (в идеале) следует проверить усилитель осциллографом и генератором, хотя если у вас есть эти приборы, вам вряд-ли нужно все это читать :) На этом настройку можно считать законченной. Убирайте предохранители между БП и усилителем (если они не предусмотрены для постоянного применения). Подключайте источник, акустику и наслаждайтесь!

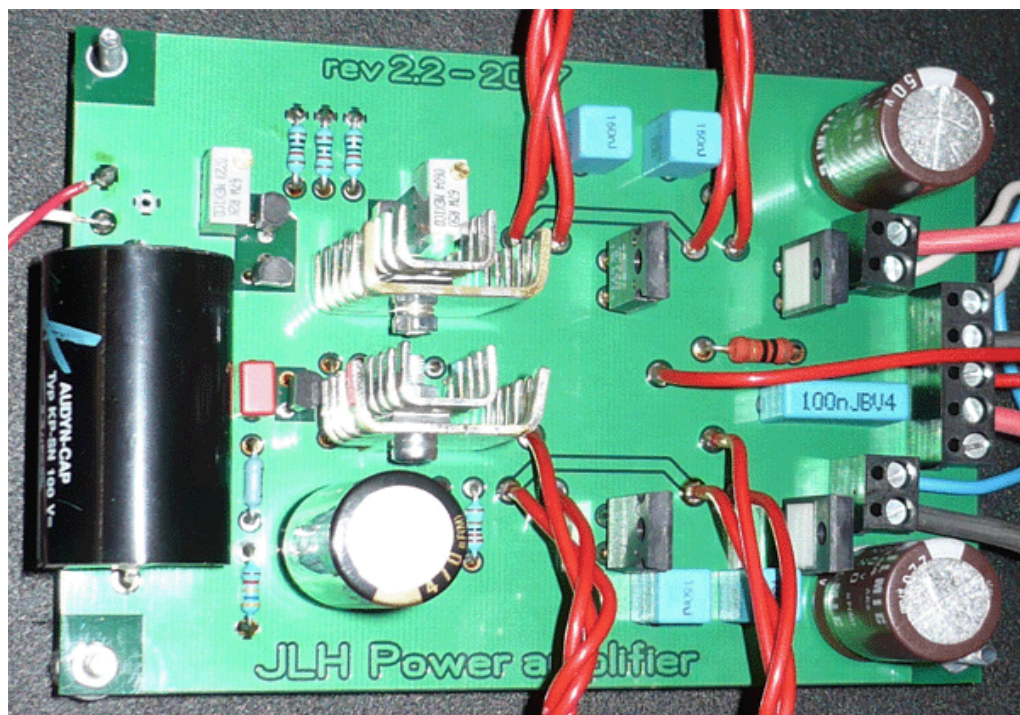
Двухполярную версию JLH желательно оснастить защитой акустики. Не игнорируйте этот момент, ибо экономя несколько сотен рублей, вы можете потерять намного больше.

Усилитель (однополярная версия, схема by UliS).

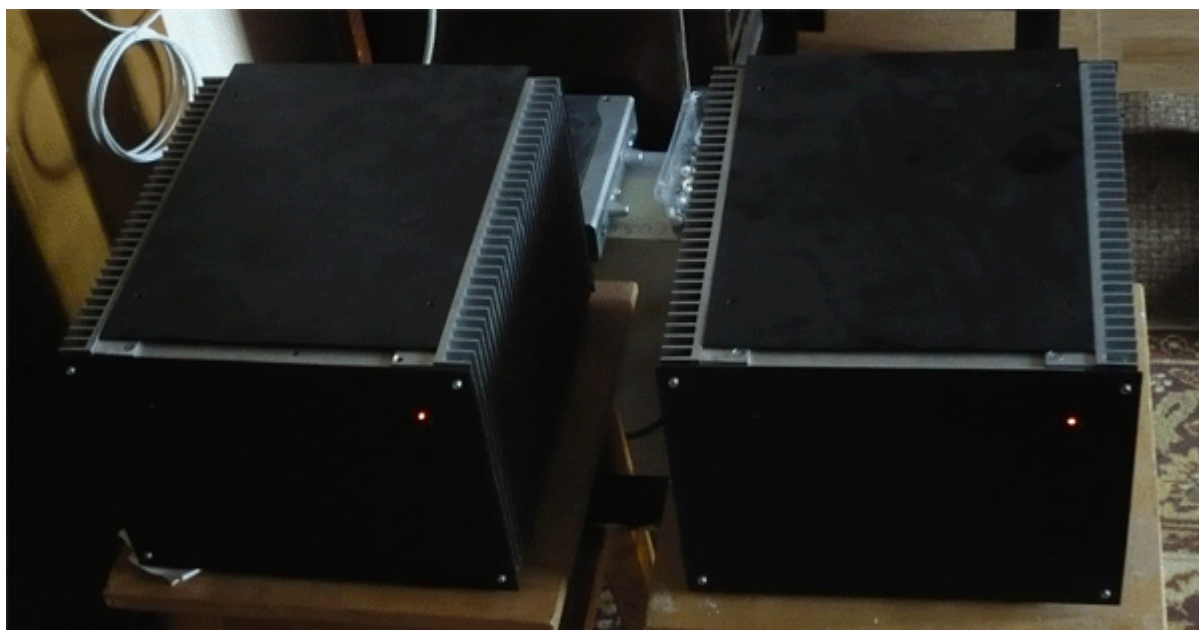
Перед первым запуском обязательно выкручиваем на максимальное сопротивление переменный резистор, отвечающий за регулировку тока покоя (на схеме обозначен как R9) , переменник, регулирующий уровень постоянного напряжения на выходе (на схеме обозначен как R5), ставим в среднее положение, резистор R2 тоже в среднее положение. Включаем усилитель (процедура первого запуска усилителя описана выше). Резистором R2 выставляем половину напряжения питания на выходе усилителя (измеряем ДО выходного электролита). С помощью R5 добиваемся нулевого (или близкого к тому) падения напряжения на резисторе R14. После этого медленно устанавливаем ток покоя (пока 80-85% от запланированного), медленно(!) уменьшая сопротивление R9. Величину тока покоя контролируем по падению напряжения на R13 (ток считаем по закону Ома). Ждем прогрева усилителя и повторяем манипуляции с R2,R5 и R9, добиваясь нужного эффекта (половина напряжения питания на выходе усилителя ДО конденсатора, нулевое падение напряжения на резисторе R14 и нужное значение тока покоя). Опять же неплохо бы проверить усилитель с помощью осциллографа и генератора. После чего можно приступить к прослушиванию вашей фонотеки :)

Немного картинок

1) Собранная плата усилителя (двухполярная версия) :



2) Мои моноблоки за работой :



3) Альтернативные конструктивные исполнения :

