

Усилитель на 2с4с

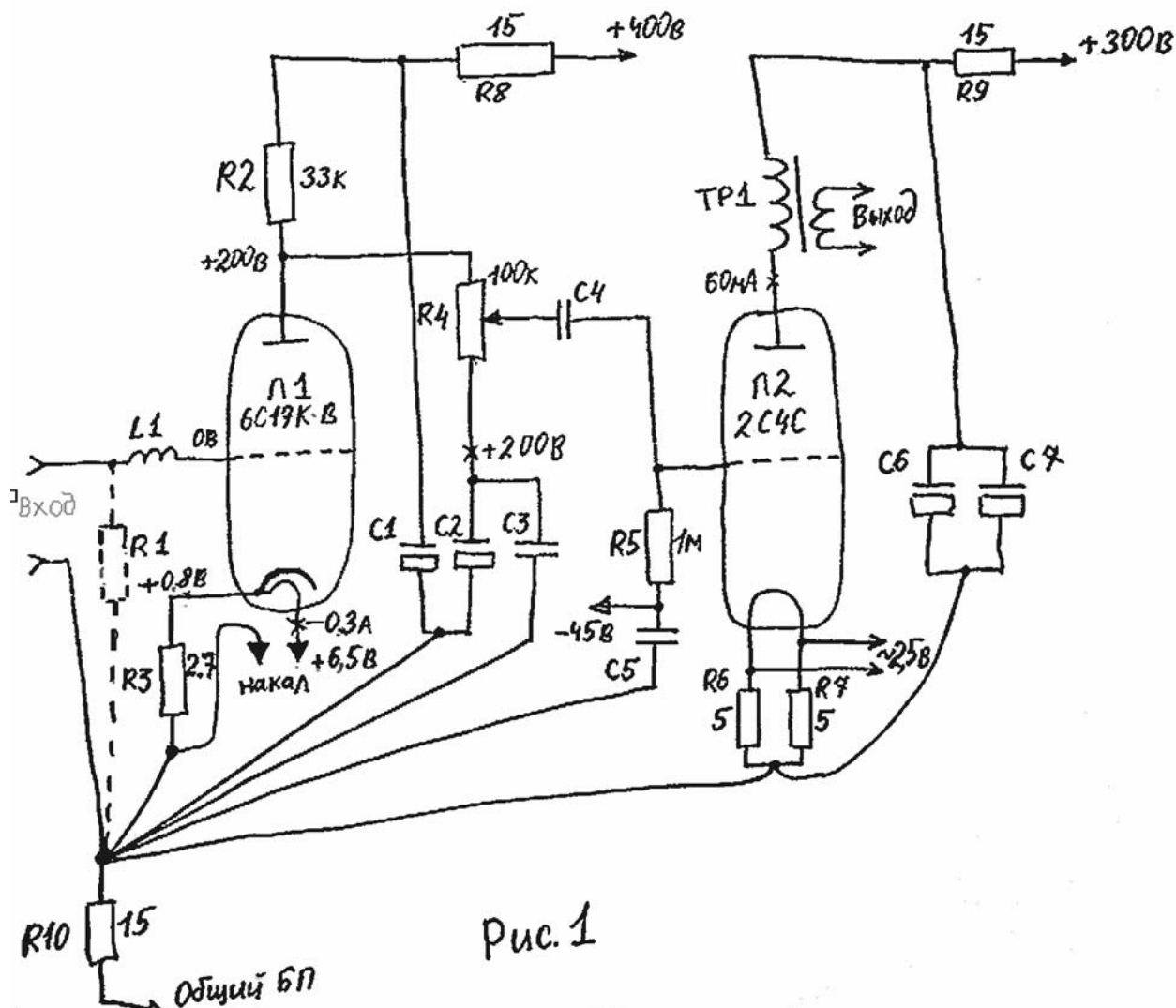


Рис. 1

L1 представляет собой 10 витков провода диаметром намотки 5 мм.

R1 отмечен пунктиром, поскольку в реальной конструкции на его месте резистор преобразователя I-U. В общем случае это резистор утечки номиналом 100 кОм.

C1 и C2 являются половинками сдвоенного конденсатора 100+100 мкФ 500В Black Gate WKZ

C6 и C7 являются половинками сдвоенного конденсатора 100+100 мкФ 500В Black Gate WKZ

C3 0.22x600В ФТ-2

C4 0.22x600В ФТ-2

C5 0.47x200В MultiCap RTX

TP1 Tango X5-S

R2 танталовый фольговый

R3, R6 и R7 типа C2-10

R4 ALPS с "трешоткой" (в Гиресе такой 70 долларов)

R5 – не помню, какой. То-ли MPX, то-ли из серии C2. Ну совсем не видно.

R8, R9 и R10 типа C2-10.

Монтаж входного каскада и цепей регулятора громкости сделан серебряной моножилой Jensen 0.8 мм. Входной дроссель L1 также серебряный. Все остальные цепи сделаны медью самого “безродного” свойства.

Описание схемы.

Входной сигнал поступает на сетку лампы Л1 через “антизвонный” дроссель L1. Выбор дросселя вместо традиционного резистора объясняется его лучшими “звуковыми” свойствами, а также тем, что лампа 6С17К проявляет неустойчивость на очень высоких частотах порядка 1 ГГц или даже выше. Предложенный же дроссель становится эффективен уже на частотах от 50 МГц ориентировочно. Без дросселя появляются странные эффекты, в том числе и небольшие изменения потребляемого тока при приближении руки на интервалы, кратные примерно 20 см. Люди опытные сразу увидят признаки автогенерации каскада на частоте порядка 1 ГГц. Применение обычного резистора 1 кОм проблему снимает, но слегка портит звук. Дроссель также устраняет автогенерацию, не внося заметных искажений. Посему в схеме остался дроссель.

Первый каскад построен по схеме с фиксированным смещением. Построение схемы определялось следующим “техзаданием”: требовалось получить схему без шунтирующего конденсатора в цепи катода, без нежелательной ООС в той же цепи, вызываемой классическим резистором, без входного конденсатора, а также необходимо было работать от источника сигнала с нулевым постоянным смещением. То-есть нельзя было возложить задачу организации сеточного смещения на источник сигнала. Была разработана и опробована схема с катодным резистором очень маленького номинала (от долей до единиц Ом), необходимое падение напряжения на котором получалось не за счет тока катода лампы, как в классической схеме, а за счет подачи на этот резистор большого тока от отдельного источника. На практике таким источником явился стабилизатор накала +6.5 В. Первоначально нужный ток задавался внешним резистором, номинал которого определялся из необходимого напряжения смещения на катоде. В конкретной же схеме оказалось возможным воспользоваться током накала самой лампы 6С17К (300мА), тем более, что один из выводов нити накала соединяется с катодом внутри лампы. Было много сомнений в качестве работы схемы, были опасения насчет “пролезания” помех из стабилизатора накала в усиливаемый сигнал, но всё оказалось хорошо. Даже очень ☺. При этом стабилизатор накала не представляет собой ничего особенного: мостовой выпрямитель на диодах с малым падением напряжения, конденсатор 10000 мкФ на 16В (для интересующихся, конденсатор Samsung) и стабилизатор 7806 с кремниевым диодом последовательно с “общим” выводом для повышения напряжения с 6 до 6.5 В. Качество звука оказалось однозначно лучше, чем в схемах с сеточным входным и/или шунтирующим катодным конденсатором независимо от качества этих конденсаторов. В течение года я два раза возвращался к классическим схемам и всегда убеждался в их худшем качестве. Нежелательная ООС на катодном резисторе также практически отсутствует благодаря малости его номинала. Схема чувствительна к типу катодного резистора. Углеродные, в том числе и БЛП просто отвратительны, проволочные удовлетворительны, но не более того. Наилучшими из имеющихся у меня оказались С2-10. Подозреваю, что фольговые танталовые или медные будут еще лучше, но пока не смог найти их на столь малые номиналы. Схема также чувствительна к качеству монтажа и количеству паек, причем настолько, что пришлось катодную цепь минимизировать абсолютно: катодный резистор одним выводом припаян прямо к лампе, другим – к “общей точке” схемы.

Не стану настаивать на абсолютной новизне этого схемного решения подачи смещения, но пусть кинет в меня камень тот, кто найдет другую схему усилителя с таким “извратом”☺.

Выбор лампы для входного каскада обусловлен двумя требованиями: нужно было ограничиться простой двухкаскадной схемой усилителя и при этом получить чувствительность не хуже 0.15-0.2 В. Были перепробованы всевозможные лампы, начиная от 6С2П, 6С3П, и кончая экзотикой типа нувисторов 6С53Н или сверхминиатюрных триодов, но усиления всё равно остро нехватало. Попутно выяснил, что разрекламированная лампа 6С45П в самом деле дерьмо полное: звук мутный и смазанный, что 6С3(4)П очень хороша, а нувисторы просто великолепны. И тут в справочнике обнаружилась ранее мне неизвестная лампа 6С17К-В. Сначала я “пролистнул” её не глядя, решив, что это очередное генераторное изделие с “правой” характеристикой. К тому же идиотское соединение накала и катода внутри баллона делало её непригодной практически для всех стандартных схем, чем и объясняется, видимо, её полное отсутствие в звукоусилительных схемах. Невозможность установки этой лампы в панельку видимо также отпугивала от неё усилителестроителей. И последний “гвоздь в крышку” был забит смехотворной цифрой наработки 200 часов, если верить справочнику. Но потом разум возобладал, и выяснились следующие вещи:

1. Лампа идеально подходит к моей схеме организации смещения.
2. Коэффициент усиления лампы 150-180 позволяет добиться вожаделенной чувствительности при двух каскадах.
3. Долговечность по вкладышу к этой лампе в действительности составляет 2000 часов, а с учетом недогрузки её по мощности (1.2 Вт при максимальных 2-х) и пониженного напряжения накала (5.7В, как нетрудно вычислить, глядя на схему) можно ожидать, что её долговечность окажется не хуже, чем у электролитических конденсаторов.
4. Прямой монтаж благотворно сказывается на звуке из-за отсутствия лишних контактов, проводов и паек.
5. В реальной схеме лампа весьма линейна и конкретно в моей схеме имеется запас в 6-8 дБ по перегрузке до появления слышимых искажений. Тем более об этом можно судить при таком, как у меня, включении регулятора громкости, но это некоторое забегание вперед.
6. Имеется ложка дегтя: лампы имеют большой разброс по параметрам, так что не удивляйтесь те, кто прочитал о моей оптовой закупке этих ламп у Ulrich'a на Аудиозоне ☺ .
7. И ещё ведро мёда: лампа не страдает микрофонным эффектом, несмотря на большую крутизну (10 мА/в) и коэффициент усиления под две сотни.

Примечание: катодный резистор непригоден как “настроечный элемент” для получения желаемой окраски звука усилителя в целом.

Далее, усиливаемый сигнал снимается с резистора анодной нагрузки R2 (эк сказал! Прямо как в учебнике ☺). Выбор типа этого резистора оказывает прямое влияние на звук. Сейчас это танталовый фольговый, но я так и не смог сделать окончательный выбор между ним и Riken Ohm. Да, звук у них разный. Riken Ohm дает очень красивый окрас середины, какую-то особую динамику, смягчая верх и несколько смазывая детальность. Да, тантал стерилен и абсолютно детален. С этим резистором меня и подстерегла засада: примерно год назад излившись на кофе мыслями по поводу разных резисторов, я забраковал тантал. Но позднейшие изыскания показали, что это была ловушка, от попадания в которую я сам же и предостерегал: хороший компонент может показаться плохим, если в результате его установки в схему проявятся недостатки других (предыдущих) узлов тракта. И резкость звука, которая мне тогда казалась свойством тантала, в действительности оказалась недостатком ЦАПа. Сейчас справедливость восторжествовала, но звук Riken Ohm

мне всё равно нравится ☺ . В общем, анодный резистор первого каскада – идеальный элемент для необходимой “подкраски” звука усилителя.

Сигнал с анода лампы Л1 идет на регулятор громкости, выполненный на переменном резисторе R4. Вынос регулятора из входных цепей в “середину” схемы объясняется просто: слишком сильно его негативное влияние на звук, несмотря на дороговизну и попытки включить его по схеме L-регулятора. Бескомпромиссное построение первого каскада как бы вытеснило регулятор громкости в “сильноточные” участки схемы. Сразу скажу, что такое построение схемы возможно только при гарантии отсутствия перегрузок по напряжению первого каскада. Это не составляет проблем при цифровом источнике (выше 0 дБ не прыгнешь), вряд ли будут проблемы и с магнитофоном, хотя аккуратность потребуется. Но с винилом или произвольным источником придется “скрипя сердцем” возвращать регулятор на стандартное место, либо предусмотреть для таких источников регулируемый (или нерегулируемый) аттенюатор на соответствующем входе. Были рассмотрены три варианта включения регулятора:

1. Параллельно анодному резистору R2. Недостатки очевидны: при регулировке происходит кратковременное изменение режима усилителя по постоянному току и практически наверняка будут шорохи при вращении ручки. К тому же меня повергло в беспокойство сообщение Сергея Рубцова о недопустимости подачи на этот тип резистора сколь-нибудь существенного постоянного смещения.
2. Резистор подключается к “земле” через развязывающий конденсатор. Так и сделано в моей схеме. В качестве развязывающего применяются Ворота C2, шунтированные фторопластом C3. Наблюдается некоторое снижение максимального размаха напряжения, что нетрудно компенсировать повышением напряжения питания. Вот почему оно (напряжение) на первом каскаде выше, чем на втором.
3. Резистор подключается к “земле” напрямую. Недостатки аналогичны пункту 1, при этом за счет образования делителя R2/R4 резко снижается максимальный размах напряжения первого каскада. Не пойдет, хотя отсутствие конденсатора теоретически могло бы улучшить звук.

Примечание 2: если для конденсатора анодного питания первого каскада C1 шунтирование не требуется, то для C2 оно желательно. Я объясняю это так: малое внутреннее сопротивление лампы Л1 (единицы кОм) с большим сопротивлением анодной нагрузки R2 образуют делитель, который эффективно отсекает от усиливаемого сигнала возможные “пакости” со стороны конденсатора C1. То-есть сигнал в основном определяется лампой. В случае же регулятора в положении “малая громкость” влияние C2 может оказаться существенным. Практика показала, что так оно и есть. Даже Ворота не идеальны ☺ . Влияние проявляется в первую очередь в слабой, но заметной резковатости верхов, а также в некотором их завале. По мере разогрева (не эзотерического, а самого что ни на есть температурного) примерно в течение часа эти эффекты существенно слабеют, и звучание улучшается и заметно “натурализуется”. Почему это так – посмотрите у Клаусмобиля. Там есть ссылка на исследования нелинейностей и потерь конденсаторов, где очень наглядно показано, насколько (во сколько раз!) улучшаются показатели электролитических конденсаторов с нагревом. Выбор типа шунтирующего конденсатора – вопрос ещё до конца не решенный, но выбор этот невелик: либо фторопласт, либо бумага-масло. Может быть, ещё и слюда. И всё. Никакие прочие пленки “не катят”, это я уже понял. Вопрос с “маслом” не решен по причине отсутствия нужных конденсаторов у меня. Эксперименты не закончены, процесс идет...

С регулятора громкости через разделительный конденсатор C4 сигнал поступает на сетку лампы Л2. Антизвонный резистор отсутствует, поскольку эксперименты показали его

полную ненужность. Построение второго каскада не имеет особенностей, разве что вместо мощного переменного резистора для организации искусственной “средней точки” в катод (“минимизация фона”, помните?) применены два постоянных резистора. Опыт показал, что вполне достаточно использовать постоянные резисторы с допуском не хуже 1% . Высокое качество такого решения очевидно, проблем с фоном, по крайней мере с 2С4С, не наблюдается. Тип резисторов не очень критичен. Могут быть проволочными, металлопленочными прецизионных типов. Надо избегать лишь углерода и всяких МЛТ. Малый номинал при малом же коэффициенте усиления и крутизне 2С4С не создают существенной ООС на этих резисторах, что, в свою очередь, не требует применения специальных мер для подавления этой ООС. Можно заметить, что лампы в моей схеме используются с некоторой перегрузкой по мощности на аноде. Это от жадности, не обращайтесь внимания, тем более, что за год с лишним лампам ничего не сделалось. К тому же они у меня не последние ☺ .

Сигнал с анода лампы Л2 идет на выходной понижающий трансформатор, из особенностей которого можно отметить лишь исключительно высокое качество и очень плохую цену. Качество его я оцениваю очень просто: он совершенно “прозрачен” для звука, его присутствие в тракте незаметно. Любые, даже самые малые изменения в тракте, проходят “сквозь” него без проблем.

Примечание 3: Если вы задумали строить усилитель, то затраты на выходные трансформаторы настоятельно рекомендую оценивать следующим образом:

1. Если вы располагаете энной суммой под построение усилителя и предполагаете потратить её более-менее сразу, то на трансформаторы отложите половину, и никак не меньше.
2. Если вы планируете потратить энную сумму в течение длительного времени (постепенная доводка), то повысьте стоимость трансформаторов до двух третей этой суммы. Постепенно тратить легче.

Выходные трансформаторы не бывают слишком хорошими, но бывает мало денег.

Не пытайтесь мотать выходные трансформаторы сами. К тому времени, когда они станут у вас получаться более-менее сносными, уже наступят возрастные болезни, в том числе и ухудшение слуха. Изготовление хороших трансформаторов под силу либо Александру, либо слаженному коллективу (Алексей Рубцов). Напоминаю, что трансформаторы Tango перестали выпускаться по причине преклонного возраста делавших их японских мастеров и невозможности передачи накопленного опыта “молодому поколению” ☺ .

Резисторы R8, R9 и R10 предназначены для “отсечения” от усилителя возможных нелинейностей выходных конденсаторов блока питания. Опять же это объясняется образованием делителя, состоящего из внутреннего сопротивления Black Gate в усилителе (не более десятков миллиом) и собственно вышеуказанных резисторов. Кроме того, эти резисторы существенно ослабляют индуктивные помехи, которые могут появляться при образовании внешних замкнутых петель соединительных проводов. Специальных экспериментов по выявлению влияния этих резисторов на качество звука не проводилось.

Примечание 4: Что касается выбора конденсатора С4, то остановка на ФТ определяется просто: это лучшее, из того, что я пробовал. Не буду утверждать, что они лучшие вообще. Например, очень хочу попробовать “медь-масло”, о которых так положительно отзывались ОХ и С. Рубцов. Будут деньги – будет и “медь-масло”☺ .

Прослушивались же такие конденсаторы: МБМ, К40-У9, К73, К71 (всё дерьмо полное); MultiCap RTX и PPFХ, Jensen “алюминий в масле” 1973 года, ССГ, К31 (сносно, но не более); и ФТ. По ФТ могу сказать то же, что и по танталовым резисторам: нейтральность и детальность без “яда” и резкости. Неудача Jensen вероятно вызвана тем, что они старые и чисто “электротехнические”, несмотря на то, что выдраны из какого-то АудиоНота. Сейчас же Jensen наверняка делает именно аудиофильские конденсаторы с соответственно изменённой рецептурой. Что касается “медь-масло” и “серебро-масло” – это однозначно, поскольку трудно представить их в каком-нибудь сверильно-долбёжном станке.

Если внимательно посмотреть на схему, то можно заметить, что общий провод накала первого каскада и общий вывод конденсаторов С6+С7 не присоединяются непосредственно к “общей точке”. Это не случайно, но о причинах пока умолчу. Должны же остаться какие-то тайны ☺ .

По блоку питания: он выносной, присоединяется через огромный “армейский” разъём с посеребрёнными пластинчатыми контактами. Все основные напряжения блока, кроме накальных, регулируются, для чего применены простейшие стабилизаторы на полевых высоковольтных транзисторах. Был также изготовлен макет блока питания на кенотронах (5Ц3С и 6Ц4П), но пришлось засунуть его подальше и забыть, поскольку напряжение в розетке у меня свободно гуляет от 170 до 220В ☹ . В любом случае благодаря разъёму смена блоков занимает минуту.

* * *

Продолжение следует. Планирую рассказать предысторию и дать несколько пройденных вариантов схем. Подумаю также над оптимальной комплектацией усилителя, исходя из разных бюджетов, если кому-то это будет интересно.

ИгорьТ

P S: схема не защищена авторскими правами и подлежит свободному распространению без указания моего имени