

Схемотехника ламповых гитарных преампов.

Автор А.Калина

Когда я только начинал заниматься конструированием ламповых предусилителей для электрогитары (а это было очень давно), у меня возникало множество затруднений. Конечно, кое-какие познания в этой области у меня были, но опыта в изготовлении и наладивании (подбор номиналов схемы, подстройка режимов работы ламп и т.д.) было все-таки маловато. И поэтому, по большей части, до всего приходилось доходить самостоятельно, по крупицам выискивая и собирая информацию.

Теперь я без особого труда разбираюсь в ламповой схемотехнике, знаю назначения и роль каждого элемента схемы, в общем, появилась уверенность в своих силах. Но как-то я подумал, что многим начинающим примочкостроителям довольно трудно, а подчас и невозможно разобраться во всех тонкостях и нюансах ламповой гитарной схемотехники, и поэтому решил написать эту небольшую статью, призванную вооружить всех желающих необходимыми знаниями для постройки ламповых гитарных преампов.

КАСКАД УСИЛЕНИЯ ИЛИ ОГРАНИЧЕНИЯ

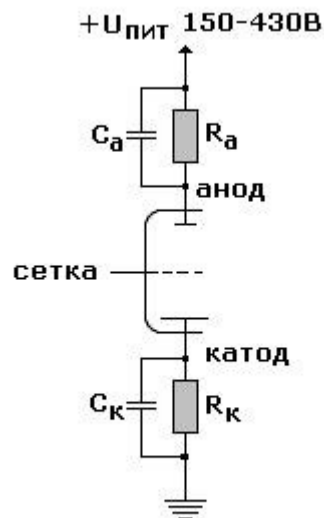


Рис.1

Как правило, самыми важными частями схемы всех без исключения ламповых гитарных преампов являются, собственно каскады усиления или ограничения и междукаскадные RC связи.

Типичный ламповый каскад усиления изображен на **рис.1**. Рассмотрим подробнее элементы схемы и их роль в формировании звучания инструмента.

Резистор **R_a** может иметь номинал от 47Ком до 470Ком. Обычное его значение в различных схемах - 100Ком. Большее значение номинала этого резистора дает большее общее усиление каскада, и наоборот. Однако следует иметь в виду, что начиная с некоторого его значения картина

измениться - усиление будет снижаться (см. комментарии).

Номинал катодного резистора **Rк** находится в пределах от 820 Ом до 10Ком. В большинстве схем используются резисторы номиналом от 1,5Ком до 3,3Ком. И здесь уменьшение сопротивления ведет к увеличению усиления, но необходимо всегда помнить о влиянии катодного резистора на конденсатор катода **Ск**, который, в свою очередь, влияет на усиление в определенной частотной области.

Значение катодного конденсатора **Ск** может находиться в весьма широком диапазоне - от 0,01мкф до 250мкф. Меньшие значения **Ск**, порядка 0,01мкф - 0,047мкф, повышают усиление только на высоких частотах, тогда как значения до 0,68мкф - 1мкф увеличивают уровень сигнала как на высоких, так и на средних частотах. Номинал катодного конденсатора **Ск** от 25мкф и выше поднимет усиление уже на всех частотах, но больше всего в низкочастотной части диапазона частот электрогитары.

Поскольку напряжение постоянного тока на катоде лампы обычно небольшое, допустимо использовать конденсаторы на номинальное напряжение 25В - 50В.

Шунтирующий конденсатор анода **Са** используется чаще всего в одном или двух каскадах преампа, именно в тех, в которых происходит ограничение сигнала. Применение этого конденсатора позволяет устранить или уменьшить "визжащие" высокие частоты (песок) в гитарном сигнале. Конденсатор **Са** совместно с анодным резистором **Ra** образует фильтр низких частот, обрезая самые высшие гармоники сигнала, обычно возникающие в ламповых каскадах переусиления/ограничения.

Конденсатор **Са** применяют только в тех случаях, когда в этом действительно есть необходимость: например, в звучании инструмента присутствует неприятный "визжащий" оттенок, или возникает возбуждение на высоких частотах. Для решения этих проблем можно попробовать поставить конденсатор номиналом от 50пф до 330пф, а в некоторых случаях - 500пф и даже 1000пф.

Ниже приводятся номиналы элементов типовых предварительных каскадов усиления для широко используемых ламп, таких, как **6Н1П**, **6Н2П**, **6Н8С** и **6Н9С**. Кстати, по мнению многих конструкторов и просто "самодельщиков", лампы **6Н8С** и особенно **6Н9С** являются наиболее подходящими для усиления и обработки гитарного звука, превосходя по звучанию даже американские **12AX7**.

ДАННЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ НА ЛАМПАХ 6Н1П, 6Н2П, 6Н8С и 6Н9С

6Н1П				
U анода, В	Ra, кОм	Rк, кОм	I* анода, мА	K*, раз
130-150	220	6.2	0.5	12-14
180-200	220	6.2	0.6	13-15
230-250	220	6.8	0.6	19-22
280-300	220	3.3	1	24-28

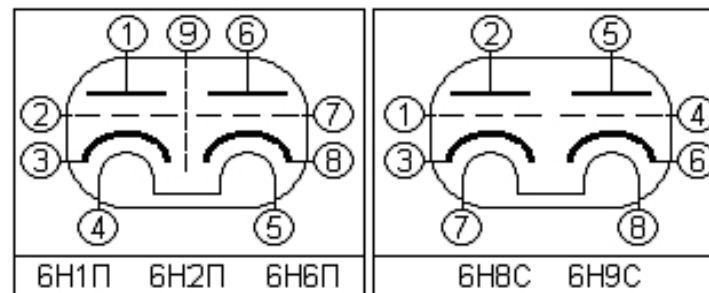
6Н2П				
U анода, В	Ra, кОм	Rк, кОм	I* анода, мА	K*, раз
180-200	220	2.2	0.5	40-45
230-250	220	1.5	0.6	45-50
280-300	220	2.7	0.6	50-55

6Н9С				
U анода, В	Ra, кОм	Rк, кОм	I* анода, мА	K*, раз
180-200	220	3.9	0.4	30-35
230-250	220	2.7	0.6	40-45
280-300	220	2.2	0.7	35-45

6Н8С				
U анода, В	Ra, кОм	Rк, кОм	I* анода, мА	K*, раз
130-150	220	5.6	0.5	11-13
180-200	220	8.2	0.5	12-14
230-250	220	6.2	0.8	13-15
280-300	220	6.8	0.8	13-15

* - приблизительный ток потребления и коэффициент усиления даны для одного триода

ЦОКОЛЕВКА ЛАМП



МЕЖДУКАСКАДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СХЕМ ЛАМПОВЫХ ГИТАРНЫХ ПРЕАМПОВ

На **рис. 2** представлены типовые междускадные элементы схем ламповых преампов. Это самые обычные переходные части схемы гитарных предусилителей, которые используются в том или ином виде практически в любом ламповом гитарном преампе.

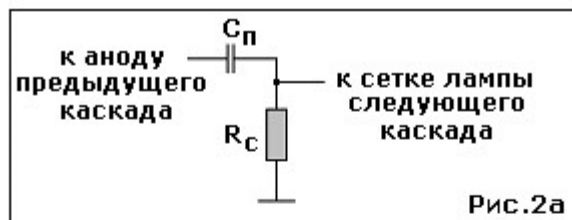


Рис.2а

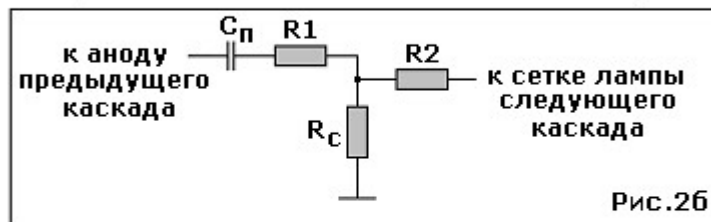


Рис.2б

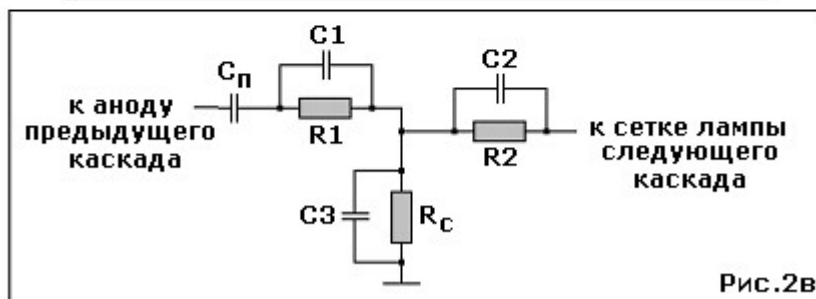


Рис.2в

Рис.2

В общем случае междускадная схема состоит из переходного конденсатора C_n после анода, первого междускадного аттенюатора на резисторе $R1$, резистора делителя Rc

(или сеточного резистора, если используется схема на **рис. 2а**) и второго междукаскадного аттенюатора на резисторе **R2**, перед сеткой лампы следующего каскада усиления. Как же эти элементы влияют на уровень сигнала и АЧХ гитарных преампов?

Переходный конденсатор **Cп** соединяет выход одного каскада усиления со входом следующего. Он блокирует высокое анодное напряжение постоянного тока, не пропуская его на сетку лампы последующего каскада. В качестве переходного конденсатора следует использовать качественные и заведомо исправные конденсаторы на номинальное рабочее напряжение не ниже 400В. Очень часто причиной плохой работы (или звучания) всего предусилителя являются именно некачественные (или неисправные) переходные конденсаторы. Иногда плохое качество такого конденсатора может привести к выходу из строя лампы.

Другая, очень важная функция переходного конденсатора **Cп** - междукаскадная частотная коррекция. Значение **Cп** определяет, какие именно частоты он пропускает. Самое распространенное значение - 0,022мкф, хотя 0,0022мкф (которое пропускает меньше низких частот) тоже используется довольно часто.

В усилителях **Fender** и **Mesa-Boogie** часто применяются переходные конденсаторы со значительно большими номиналами - 0,047мкф и 0,1мкф, которые пропускают большее количество низких частот. Именно поэтому перегруз, произведенный усилителями **Mesa-Boogie**, звучит более плотно и "толсто", чем перегруз усилителей **Marshall**. Впрочем, некоторые считают, что усилители **Mesa-Boogie** играют более "грязно", нежели маршалловские. В усилителях для баса часто используются конденсаторы со значениями 0,1мкф и 0,22мкф. С другой стороны, встречаются и весьма маленькие значения, порядка 500пф (например, в секции **Top Boost** усилителя **Vox AC30**). Естественно, такое малое значение **Cп** очень сильно подчеркивает высокие частоты, поскольку почти все низкие и большинство средних частот в этом случае не пропускаются. Таким образом, диапазон используемых значений конденсатора **Cп** может лежать в пределах от 500пф до 0,1мкф.

Резистор **R1** часто называют "междукаскадным аттенюатором", так как он уменьшает уровень сигнала. В некоторых схемах встречаются значения этого резистора до 4,7Мом, а в некоторых он может и вовсе отсутствовать. В общем случае типовые значения резистора **R1** могут быть следующими: 1Мом, 750Ком, 680Ком, 500Ком, 470Ком, 330Ком, 250Ком и 100Ком. И так, чем выше номинал этого резистора, тем большее падение уровня сигнала на нем, и тем меньше усиление.

Резистор **R2**, подобно резистору **R1**, также является "междукаскадным аттенюатором", и тоже призван уменьшать уровень сигнала. В паре с резистором **Rc** он создает напряжение смещения на сетке лампы следующего каскада (см. ниже). Типичное значение **R2** - от нуля до 680Ком, очень часто встречаются значения от 68Ком до 500Ком. По желанию можно использовать резисторы большего номинала. Для большего усиления уменьшают значение этого резистора, а для меньшего - увеличивают, точно так же, как и в случае с резистором **R1**.

Резистор **Rc** буржуи обозвали (буквально) "резистор утечки сетки". Это резистор выполняет важную функцию - он помогает создавать смещение на сетке лампы следующего каскада. Сетка лампы любого каскада усиления нуждается в подаче напряжения постоянного тока через резистор, включенный на общий провод (без шунтирующего конденсатора, блокирующего постоянный ток). Так, что если параллельно с резистором **Rc** включен блокирующий конденсатор, необходимо добавление нового резистора от общего проводника к сетке лампы, иначе следующий каскад усиления работать **НЕ БУДЕТ**.

Другая, не менее важная функция этого резистора - возможность управлять уровнем сигнала, поступающего на следующий каскад, так как

сигнал через резистор **Rc** "стекает" на "землю". Более высокие значения этого резистора блокируют эту утечку, позволяя поддерживать больший уровень сигнала для последующего усиления в следующей части схемы, а более низкие значения делают эту утечку больше и уровень сигнала понижается. Таким образом, для увеличения усиления увеличивают номинал **Rc**, а для меньшего - уменьшают.

Резистор **Rc** очень помогает в "приручении" усиления в многокаскадной схеме. Как известно, лампу довольно легко можно "перегрузить" слишком большим входным сигналом и она начнет "запираться". Один из способов избавиться от этого неприятного явления - включение резистора на общий провод, чтобы ослабить входной сигнал.

Номиналы резистора **Rc**, встречающиеся в схемах гитарных преампов, могут быть от 10Ком до 2,2Мом. Часто используются следующие значения: 1Мом, 750Ком, 500Ком, 330Ком, 220Ком, 100Ком, 68Ком и 47Ком.

Конденсатор **C1** шунтирует резистор **R1** и позволяет проходить некоторому диапазону частот через **R1**, как если бы его не было вовсе. Небольшие значения этого конденсатора - от 50пф до 500пф, позволяют проходить главным образом высоким частотам, срезая большинство средних и все низкие частоты, прошедшие через **Cп** и **R1**. Если низкие частоты ослаблены, тембр звучания инструмента становится более ярким, что похоже на повышение усиления на высоких частотах.

В том случае, когда требуется добавить больше средних частот, используются большие значения конденсатора **C1**, порядка 0,001мкф - 0,01мкф. Обратите внимание, что большее содержание средних и высоких частот повышают общее усиление.

Конденсатор **C2** в значительной степени является тем же самым, что и конденсатор **C1**, только **C2** шунтирует резистор **R2**. Точные частоты, которые затрагивают эти элементы, зависят от целого ряда факторов, включая сопротивления в междукаскадной цепи. Считается, что в данном случае наилучшие результаты дает подбор номинала конденсатора **C2** на слух. Если необходимо вычислить точные значения затрагиваемых частот, обращаемся к учебникам. (Данная статья предназначена в первую очередь для "чайников", поэтому я постарался избежать пространных объяснений и физических формул).

Конденсатор **C3** работает отлично от конденсаторов **C1** и **C2**, точно так же, как работа резистора **Rc** отличается от работы резисторов **R1** и **R2**. Если конденсаторы **C1** и **C2** увеличивают уровень высоких частот, то **C3** их уменьшает. Здесь конденсатор **C3** работает подобно низкочастотному фильтру. Небольшое значение этого конденсатора, около 500пф, позволяет срезать только высокочастотные максимумы, а более низкие частоты беспрепятственно проходят к следующей части схемы - на сетку лампы последующего каскада усиления. Таким образом, образуется низкочастотный фильтр.

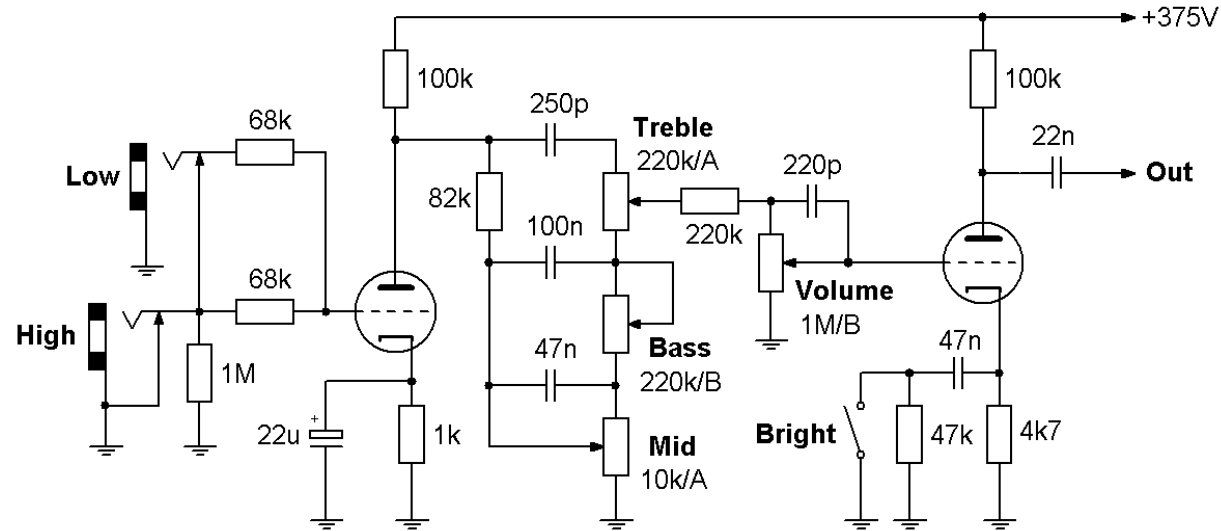
В различных схемах встречаются значения конденсатора **C3** - от 20пф до 0,001мкф. Очень редко можно увидеть значение 0,1мкф. В то же время существует известная уловка конструкторов: включение резистора не параллельно, а последовательно с конденсатором **C3**, чтобы частично уменьшить потерю высоких частот. Как правило, используются резисторы номиналом 50Ком, 100Ком, 250Ком и 470Ком.

Резисторы **R1**, **R2** и **Rc** являются, по сути, обычным делителем напряжения и одновременно контролем чувствительности. В некоторых случаях этот делитель напряжения может быть заменен потенциометром управления громкостью (или чувствительностью).

Для более полного понимания принципов работы различных каскадов и элементов схем настоятельно рекомендую ознакомиться со статьей [«Теория лампового триода»](#) на сайте Игоря Шаева. Там все подробно расписано.

FENDER

Я читал, что Лео Фендер спроектировал свой первый усилитель, как усилитель категории Hi-Fi. Не знаю, правда ли это или одна из легенд, но классическая схема FENDER - это два типовых каскада усиления на двойном триоде 12AX7(ECC83), с темброблоком и регулятором громкости между ними. Каскады лампы работают в чистом классе А, и эту схему почти невозможно перегрузить. Предусилитель выдает чистый и собранный, «стеклянный» звук.

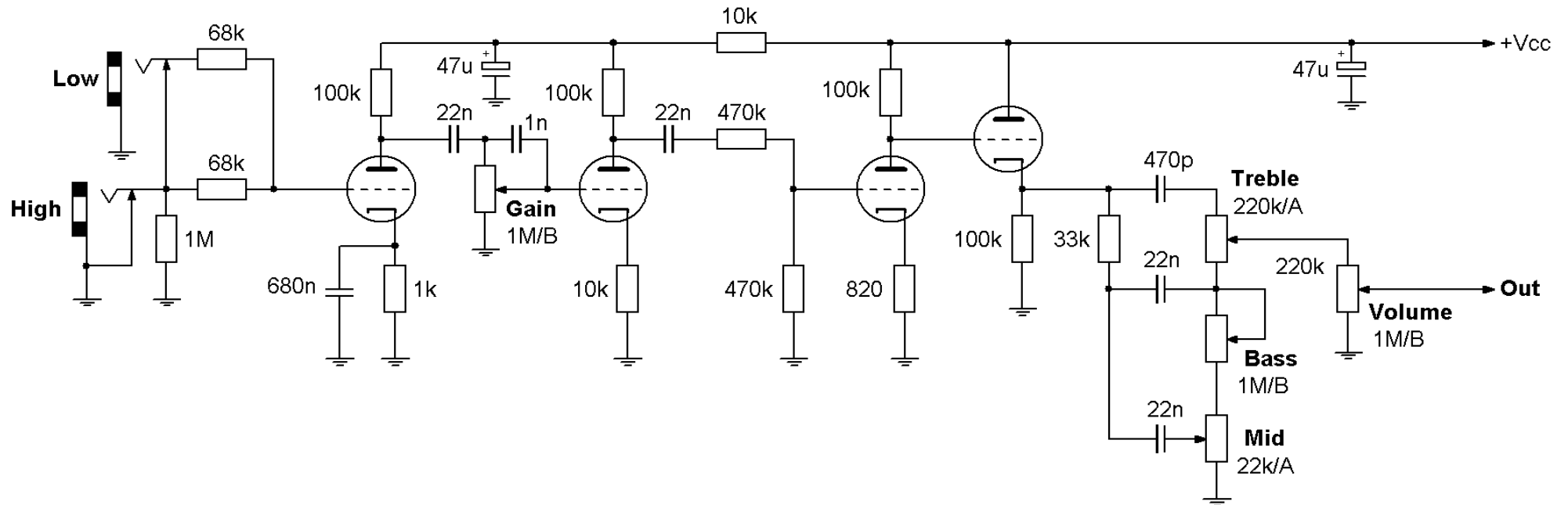


FENDER PREAMP

В тех или иных модификациях эта схема довольно широко используется во многих усилителях в качестве канала CLEAN. В предусилителях для бас-гитары, например FENDER BASSMAN, ставятся обычно лампы 12AU7(ECC82) или 12AT7(ECC81).

MARSHALL

Вообще, между нами говоря, автором первой классической схемы усилителя MARSHALL является вовсе не Джим Маршалл, как наверное, многие считают, а инженер Кен Брен, работавший на него. Произошло это эпохальное событие в 1962 году.



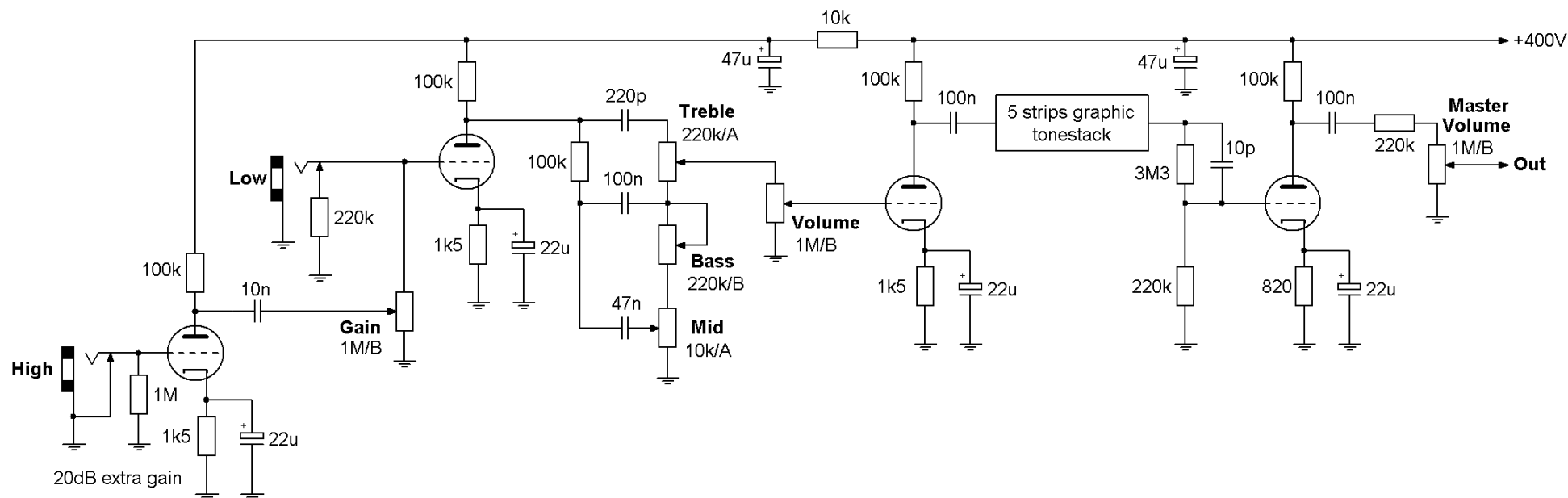
MARSHALL PREAMP

Классическая схема предусилителя MARSHALL построена на двух лампах 12AX7(ECC83). В первом каскаде стоит катодный резистор сравнительно большого номинала 2,7k, зашунтированный конденсатором 680nF. Усиление каскада больше на средних и высоких частотах, а на низких имеет место плавный спад АЧХ, что весьма благотворно сказывается на дальнейшей обработке сигнала. При больших входных сигналах рабочая точка каскада сдвигается в область режима АВ, и сигнал начинает немного ограничиваться. Через потенциометр GAIN, которым устанавливают необходимый уровень перегруза, сигнал поступает непосредственно на сетку второго триода. Благодаря катодному резистору номиналом 10k и отсутствию шунтирующего конденсатора этот каскад работает в режиме малых токов сетки. Ограничение сигнала в таком режиме носит мягкий характер (soft clipping). В целом усиление этого каскада во всей полосе частот сравнительно небольшое. С анода второго триода сигнал через развязывающий делитель 470k/470k поступает на сетку третьего каскада. Сопротивление в катode третьего триода имеет номинал 820 Ohm, что обеспечивает весьма глубокое ограничение сигналов большой амплитуды, обогащая спектр нечетными гармониками. И, наконец, четвертый каскад - это катодный повторитель, согласующий высокое анодное сопротивление третьего триода с относительно низким сопротивлением темброблока. Надо заметить, что катодный повторитель также ограничивает сигналы больших амплитуд. Подчеркну, что знаменитый маршалловский звук обеспечивает не

только сам предусилитель, но и оконечный усилитель на EL84, и выходной двухсекционный трансформатор, и, конечно, маршалловский гитарный кабинет 4×12.

MESA ENGINEERING

Рассмотрев схему прототипа предусилителя MESA, нетрудно заметить, что, по сути, это развитие схемотехники классического FENDER, но с добавлением дополнительного каскада усиления (с коэффициентом усиления около 20dB), и графического полупроводникового(!) эквалайзера. 5-ти полосный эквалайзер служит здесь для коррекции ограниченного сигнала с большим количеством интермодуляционных искажений.

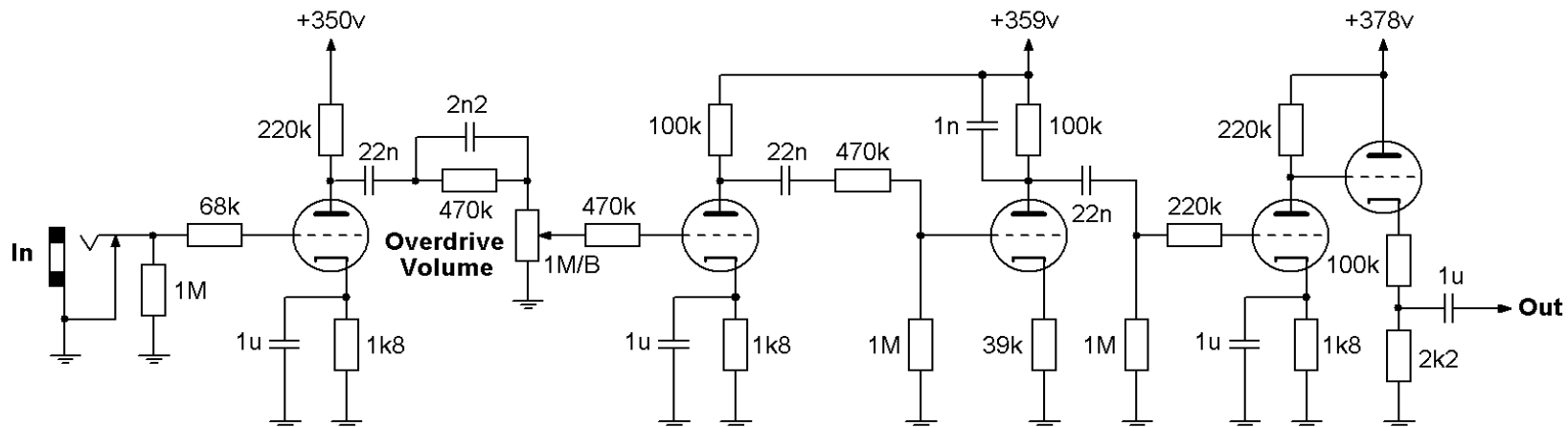


MESA PREAMP

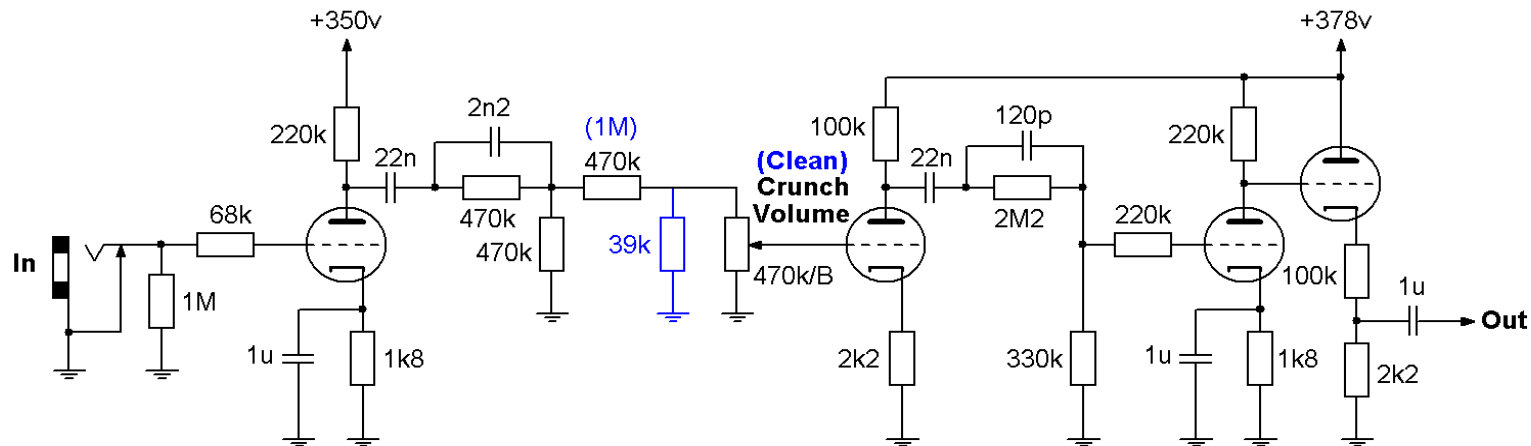
Основное ограничение происходит в третьем и четвертом каскадах, где стоят катодные конденсаторы довольно большой емкости, что приводит к глубокому ограничению даже очень слабых сигналов в широкой полосе частот. Темброблок перед третьим каскадом позволяет эффективно влиять на спектр сигнала перед ограничением, тем самым, изменяя структуру перегруза.

SOLDANO

Этот преамп и по сей день является примером грамотного комбинирования каскадов с помощью коммутации на оптопарах и получения в итоге трех различных каналов (с общими каскадами): CLEAN, CRUNCH и OVERDRIVE. Для упрощения будем рассматривать каждый канал в отдельности.



OVERDRIVE CHANNEL



CRUNCH (CLEAN) CHANNEL

SOLDANO PREAMP

От предусилителя MESA эту схему отличает, прежде всего, отсутствие темброблока (который значительно ослабляет сигнал) между каскадами. В канале OVERDRIVE четыре каскада усиления/ограничения и выходной катодный повторитель. В первых двух каскадах в катодах стоят относительно небольшие емкости. В катоде третьего триода номинал резистора непривычно большого номинала, что сдвигает рабочую точку и значительно снижает усиление этого каскада. Цепочка 470k/2n2 перед регулятором OVERDRIVE VOLUME и конденсатор номиналом 1n в аноде третьего триода являются элементами частотной коррекции сигнала. Эти меры позволяют ограничить высокие частоты без применения на выходе каких-либо корректирующих RC цепочек. Канал OVERDRIVE выдает очень агрессивный, мощный звук, с довольно жестким спектром на высоких частотах.

Каналы CRUNCH и CLEAN практически идентичны (различия показаны на схеме синим цветом), и образованы, по сути, каналом OVERDRIVE, только без второго и третьего триодов.

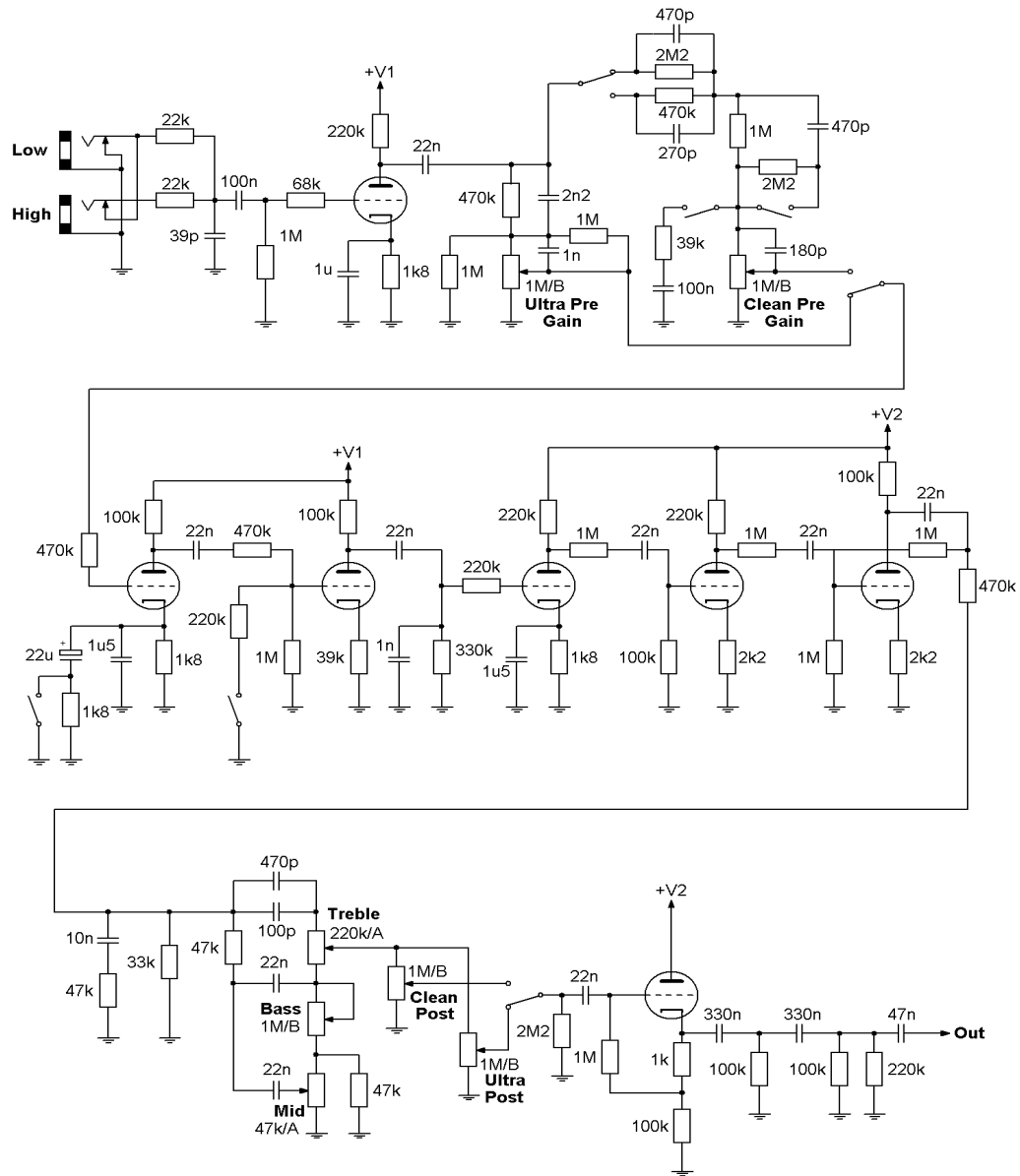
Классическая схема предусилителя SOLDANO послужила основой для многих замечательных усилителей, в том числе и для таких, как MESA BOOGIE DUAL RECTIFIER SOLO HEAD и BOGNER TRIPLE GIANT.

Надо отметить, что усилители SOLDANO всегда отличались высочайшим качеством изготовления и повышенной надежностью.

Собственно, на этом можно было и завершить наш небольшой обзор, но я считаю, что он был бы неполным без еще одного предусилителя, достойного называться классическим.

PEAVEY 5150

Как известно, этот усилитель проектировался при непосредственном участии знаменитого гитариста Эдди Ван Халена, и, что говорится, специально «под него».



PEAVEY 5150 PREAMP

Схема усилителя содержит пять каскадов усиления/ограничения. Шестой каскад по принципу действия приближен к катодному повторителю, но инвертирует фазу сигнала. Для того, чтобы сигнал электрогитары ограничивался как положено, после первого каскада усиления включены довольно сложные цепи коррекции. В целом, нетрудно заметить определенное сходство со схемой SOLDANO. Звучание усилителя PEAVEY 5150 очень плотное и насыщенное.