

БУКВАРЬ
ламповой аудиосамодельщины:
усилители
предварительные и оконечные

© 1993 J.C. Morrison

и еще кое-что от J.C. Morrison'a

Предисловие к оригиналу:

Памфлет этот задумывался как достаточно серьезное введение в ламповую аудиотехнику. Чтобы извлечь пользу из данной коллекции схем, нужно уметь их читать и иметь некоторые познания в электронике. Не рассчитывайте на подробное описание работы схем и последовательности их сборки. Вы - единственный, кто решился их делать! Каждая из конструкций получила одобрение аудиофанатиков и самодельщиков как здесь (Нью-Йорк), так и по всему миру. Можете считать любую из них великим делом и ожидать отличных результатов. Однако, большинство из этих схем просты и доступны для повторения амбициозным начинающим самодельщиком. Те, у кого уже есть опыт, приобретут новый, изучая разнообразные методологии проектирования, использованные в схемах этой коллекции, сочетающих грамотное проектирование и простоту.

Памфлет разделен на несколько глав:

[Предусилители.](#)

[Однотактные усилители мощности.](#)

[Двухтактные усилители мощности.](#)

Представлены два предусилителя, четыре однотактных и четыре двухтактных усилителя.

Я не могу призывать Вас пробовать собственными руками создать Ваше собственное высококачественное оборудование. Хотя все и повсеместно восхищаются ламповой звуковой техникой, невозможно уловить момент, когда произведение Ваших рук вдруг начинает играть музыку. Просто есть в ламповых аппаратах нечто, на что те самые "маленькие черные коробочки" неспособны, независимо от того чье имя на них начертано.

При тщательном изготовлении самодельная ламповая техника работает лучше чем большинство того, что промышленность бытовой электроники любит называть "hi-end".

И последняя мысль, с которой я хотел бы оставить Вас - почти любой может строить ламповые аппараты. Единственные предпосылки - терпение и желание учиться.

Эта брошюра обеспечит достаточно базовой информации, чтобы начать что-то созидать, и описанные схемы превосходно звучат.

Наслаждайтесь!

J.C. Morrison

Предисловие к web-варианту:

"Это - классическая брошюра J.C. Morrison'a "The Fi Primer", что-то вроде введения в аудиосамодельщину, изданная весьма давно. Оригинал продавался в старом магазине "Fi shop" Don'a Garber'a в Нью-Йорке на 30 Watts Street (без шуток!).

После закрытия магазина фотокопии книги циркулировали в виде некоего "Ultra-fi samizdat"а.

Сейчас, с любезного разрешения J.C., схемы и замечания по конструктивному исполнению выложены по адресу <http://members.fortunecity.com/ultrafi/>.

Схемы сканировал (и немного правил вручную) Gary Dahl; текст в формат html переведен мной."

Dave Stagner

Книга отличается отсутствием "аудиоснобизма" по поводу ООС, пентодов, серебряной проводки, а также твикерских заморочек и прочей требухи, которой навалом в аудиофильской литературе и в Инете (особенно русскоязычном). Основной принцип, исповедуемый J.C. Morrison'ом, заключен в одной его фразе, выражающей отношение J.C. к снобам-коллекционерам, слушающим только 300B Western Electric.

Не поленюсь процитировать: " Let 'em keep it, turn up the music! "

Что-то вроде - " И пусть себе продолжают, а мы включим музыку! "

При переводе ставилась цель сохранить стилистику автора; местами американский технический сленг заменен на соответствующий русский.

Кроме собственно книги, добавлено и другое:

- схемы J.C. Morrison'a, взятые из разных (порой даже упомянутых) источников;
- заметка J.C. Morrison'a о фазоинверторах из архивов рассылки Joenet (mailing list журнала Sound Practises).
- кое-какие картинки для иллюстрации;
- иногда - минимальные комментарии.

Перевод: И. Галеев, 2001г.,

никаких прав не защищено, замечания и предложения принимаются на rx3dbz@hotmail.com.

Предварительные усилители.

Полный предусилитель, 3 mV Фоно / 250 mV линейный вход.

Здесь представлен отлично звучащий предусилитель, к тому же не требующий большой возни при настройке.

В общих словах, схема содержит два каскада фонокорректора и один каскад линейного усилителя с регулятором уровня на входе.

Желающие могут адаптировать схему для своих целей, добавив коммутацию и выход на запись. Фонокорректор имеет усиление, достаточное для большинства головок с подвижным магнитом, и пассивные цепи коррекции по RIAA.

Полный предусилитель

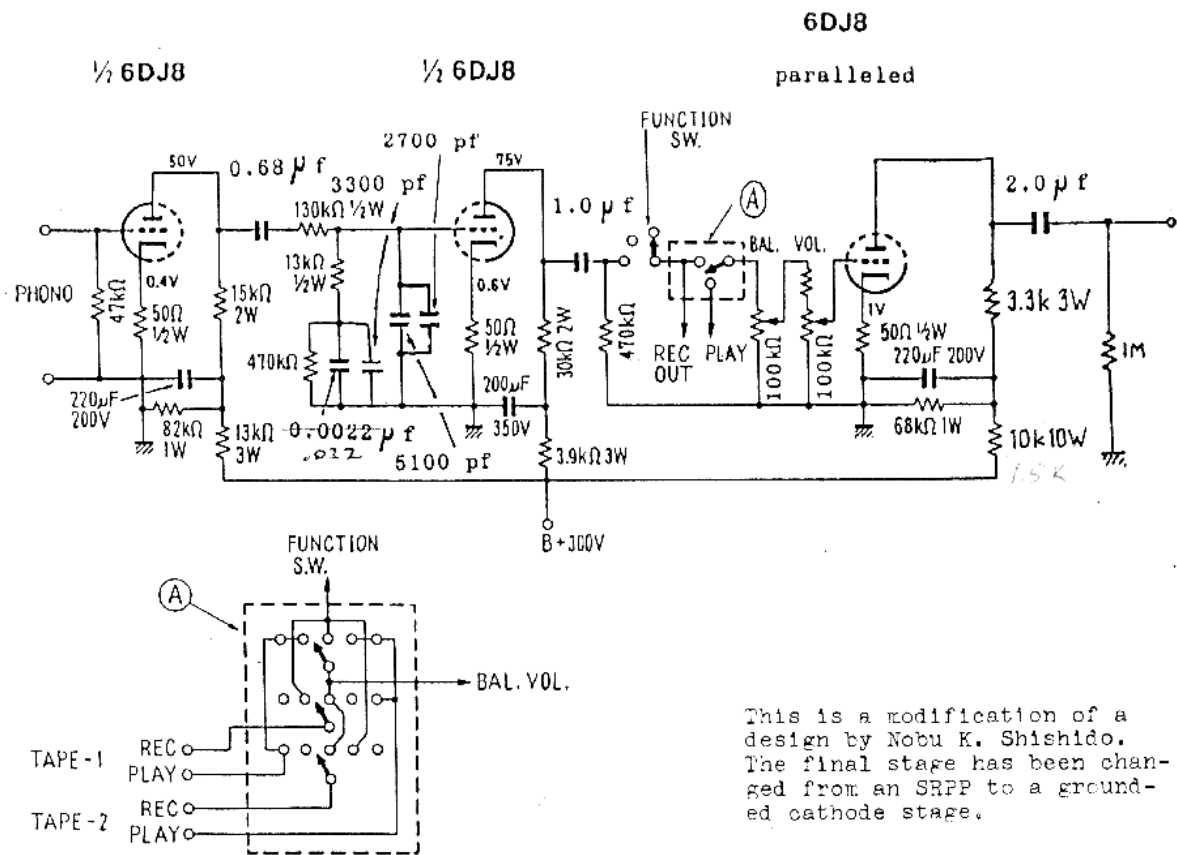
1/2 6DJ8

1/2 6DJ8

6DJ8

запараллелена

Full Function Preamp



This is a modification of a design by Nobu K. Shishido. The final stage has been changed from an SRPP to a grounded cathode stage.

**Это- модификация
схемы Nobu K. Shishido.
Схема выходного каскада
переделана из SRPP на схему
с общим катодом.**

Схема работает так: с однокаскадного усилителя на 6DJ8 сигнал подается на пассивную (RC) цепь, обеспечивающую необходимую при воспроизведении грамзаписи коррекцию, с ее выхода сигнал подается на второй каскад на 6DJ8, общее усиление составляет 32 db.

Для фильтра подбирайте резисторы и конденсаторы с допусками 1%.

Пассивные регуляторы уровня и баланса дают потери -6db. Линейный усилитель, на 6DJ8 с запараллеленными половинками, обеспечивает усиление примерно 24 db при выходном импедансе 1.3 килоома.

Полный предусилитель "В стиле 7С", 2 mV Фоно / 250 mV линейный вход.

Любимый почти всеми, Marantz 7С установил планку уровня качества и музыкальности на новую высоту. По многим критериям он является первым из массовых "high-end" предусилителей на рынке. В наши дни большинство американских и японских производителей ламповой аудиотехники имитируют его с теми либо иными усовершенствованиями (не буду упоминать имен - эти пажоны из Калифорнии и так знают, кто они такие... - **Ж.С.**)

Прослушивание этой штуки и сегодня может вызвать потрясение - если не забыть о нескольких важных вещах.

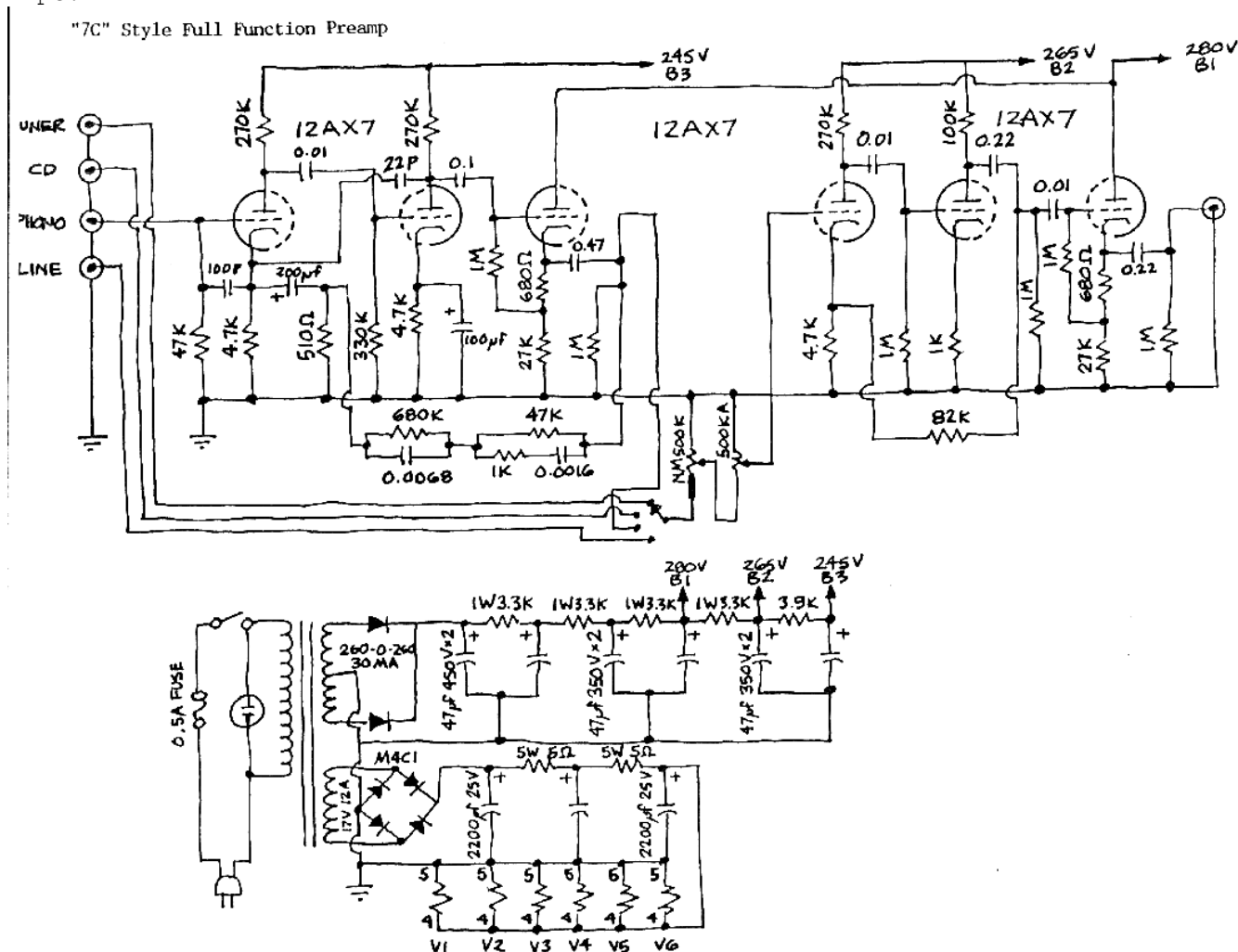
Во-первых, нужно удалить регуляторы тембра и упростить коммутацию.

И во-вторых, нужно максимально укоротить сигнальные цепи. Цепи обратной связи не требуют большого внимания, как и общая компоновка.

Хотя с технической точки зрения это уже не 7С, прямое сходство очевидно.

Схема приводится как пример отлично работающей схемы предусилителя с обратной связью, топологии, доминирующей в американских ламповых конструкциях.

Той самой топологии, которая, отмечу, все еще пользуется большой популярностью во всем мире.

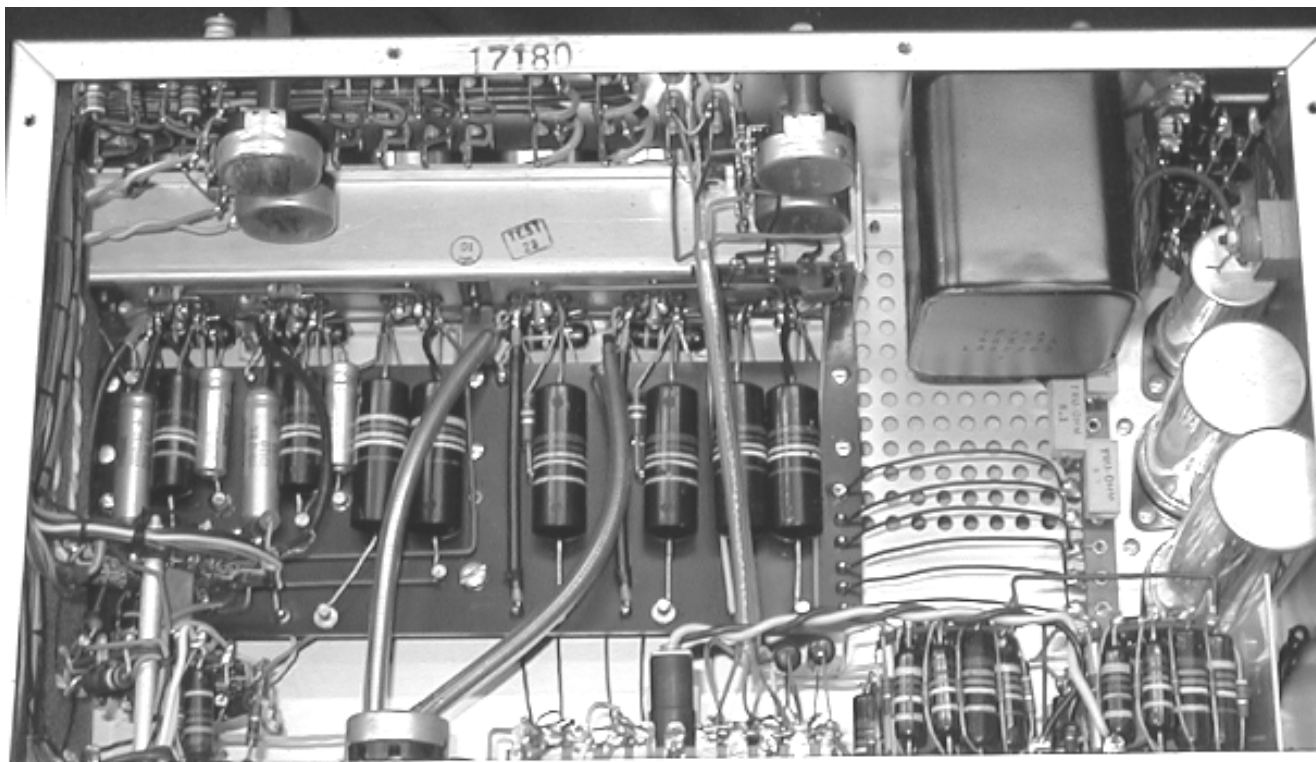


От переводчика:

Вот он - многократно упомянутый **Ж.С.** Marantz Model 7C.

Фото приведены для иллюстрации его замечаний по конструкции предусилителей.

Вид на монтаж.

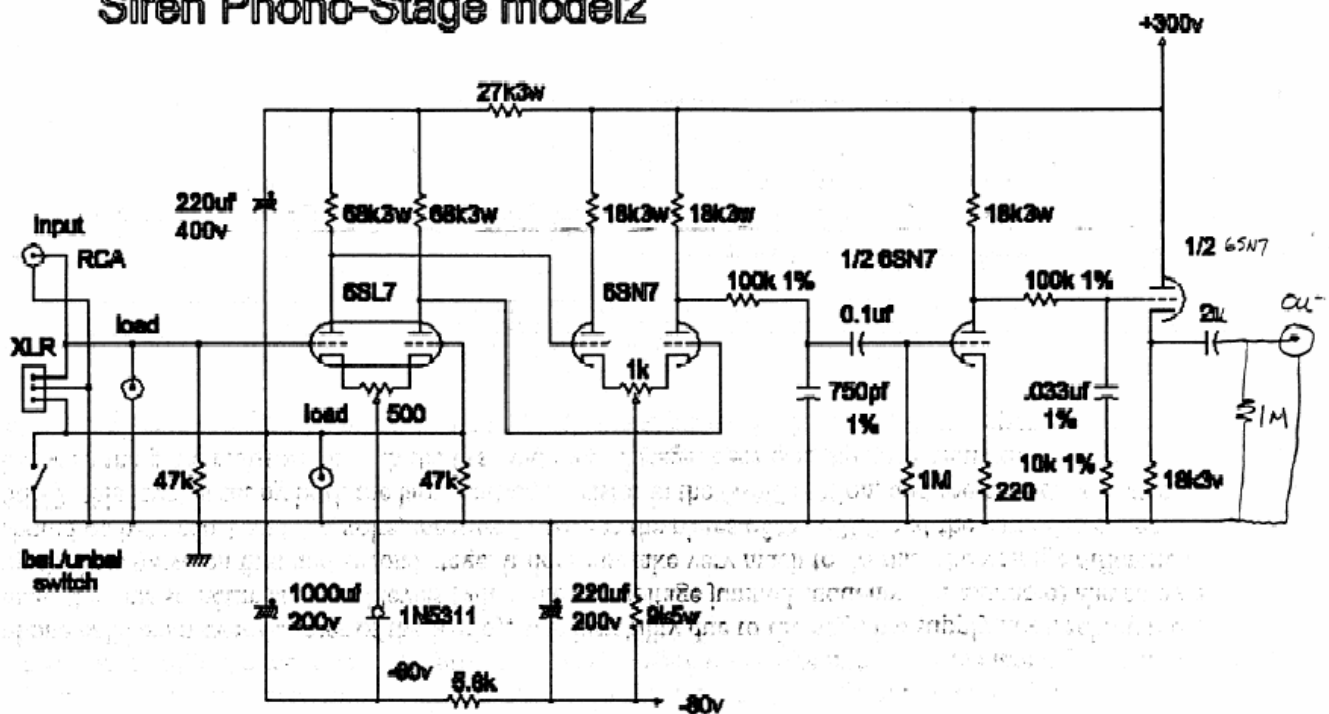


Вид сзади. Обратите внимание на лампы в экранах, установленные горизонтально.



first up is the current direction of the "siren" preamp. this circuit was originally presented in Sound Practices 1993. the main features of the design were the use of octal tubes, split passive riaa equalization and a simplified signal path (not much other than tubes).

Siren Phono-Stage model2

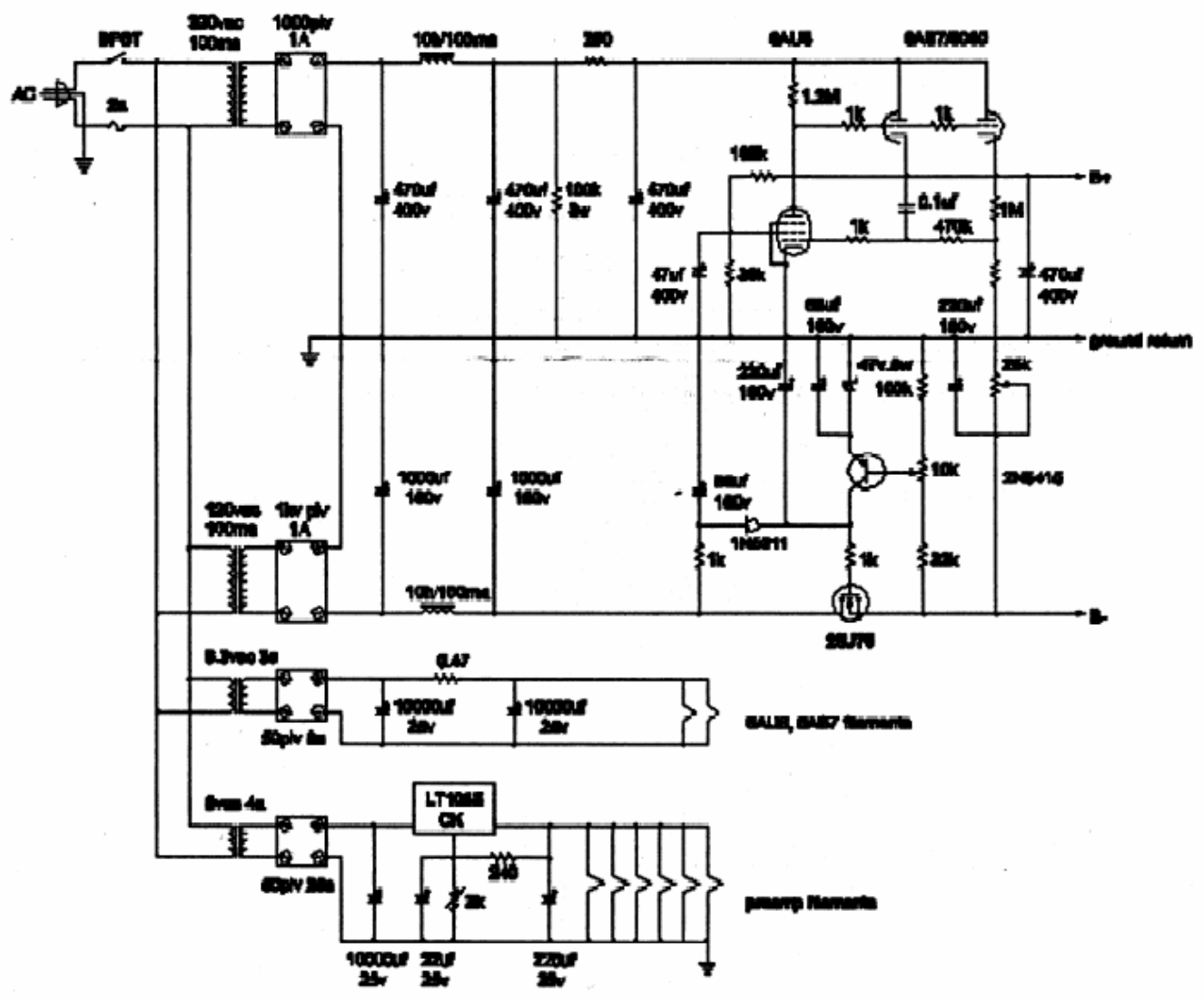


this version of the "siren" attempts to improve upon a good circuit architecture by clever management of impedances and loading. this should make for better bass and better transient resolution. by eliminating the 300k series resistors used for the 75us riaa filter and moving the whole mishigosh so it sits between the 6SN7 second stage and the third stage, the value of the resistor can be reduced to 100k. not a problem because the plate resistance of a 6SN7 is 1/5 that of a 6SL7. this is much more reasonable both in terms of reducing the effects of parasitic capacitance and resistor noise, both exacerbated in the previous design. the bass performance is also improved by lowering the overall impedance of the first stage.

another difficulty that i would like to address now, reported to me by several who built the original circuit, was bias instability. dc amplifiers are not always the most forgiving, but i feel the gains are still worth the trouble. the most common problem, as far as i could tell here in nyc (all the late night frantic phone calls from every corner of the world), was instability due to the negative supply not tracking the main B+. this sometimes shifted levels (when the line voltage jumped suddenly, for example) and screwed up the bias between first and second stage. it does not take very much to do this. the voltage difference should be between 1 and 1.5 volts, measured between the plates of the 6SL7 and the cathodes of the 6SN7. this level is set by both the large cathode resistor in the 6SN7 section, and the dropping resistor between the plate resistors of both the first and second stage. because i did not strictly define a power supply in the original article, but left it up to the builders, the level shifting problems reported to me

varied wildly. this time i am including a REGULATED power supply (below...) that addresses the difficulties mentioned in what i believe is a musically acceptable fashion.

Siren Phono-stage Power Supply



Однотактные усилители мощности.

Однотактный ультралинейный усилитель на 6L6-GC, 10 Ватт при 3% THD;
Выходной трансформатор с $R_a = 2.5 - 3$ кОм.

Отличный маленький усилитель против всяких правил. Мало того, что однотактный, так еще и на лучевой выходной лампе и с чертовой обратной связью... охватывающей не только цепь экранной сетки, но и выходной трансформатор!

Держу пари, что многие серьезные слушатели полюбят его.

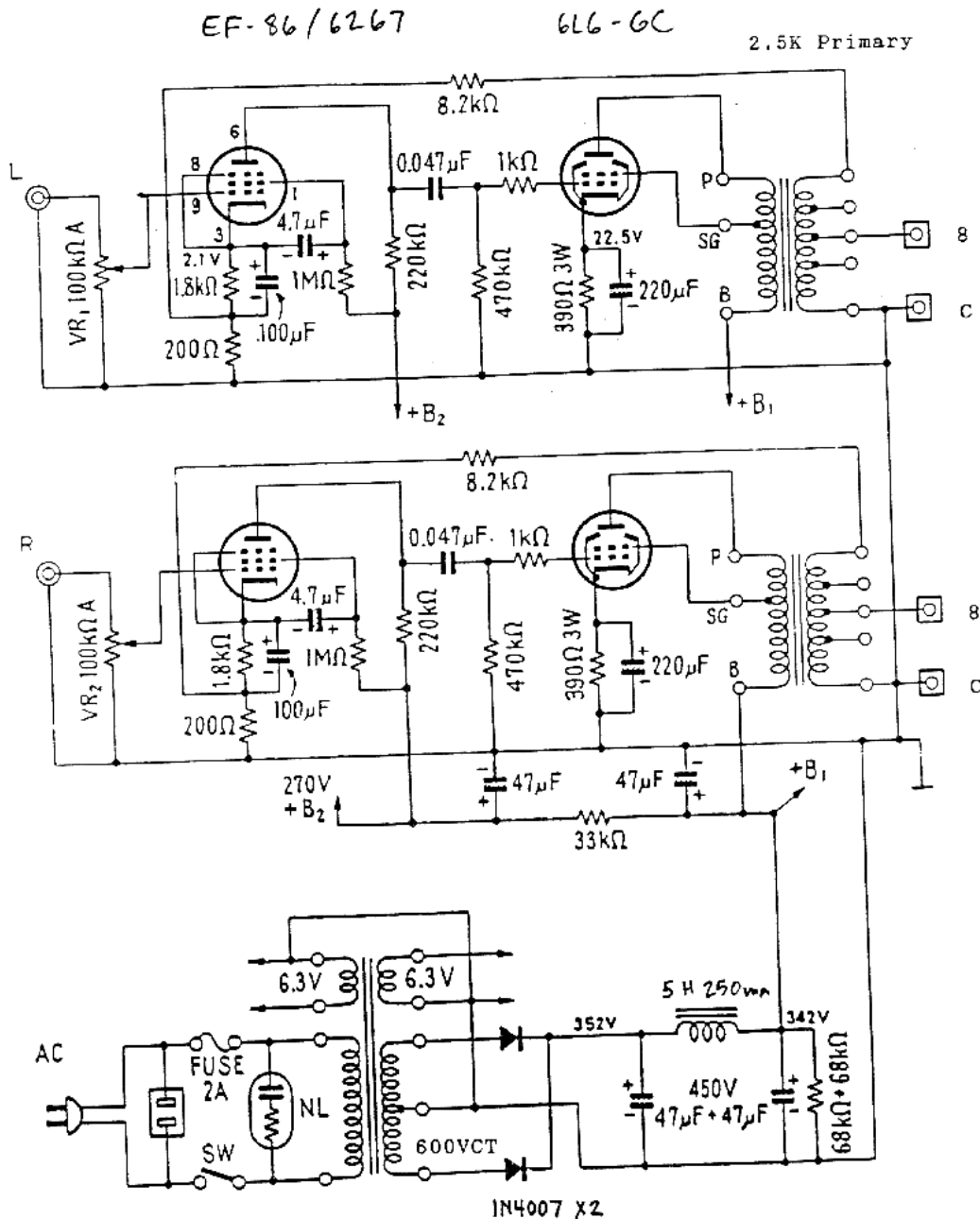
И мощность его вдвое больше, чем у одной 2A3.

Весь фокус здесь - в выходном трансформаторе. Нужен трансформатор с ультралинейным отводом: что-то около 43 - 50% от числа витков первичной обмотки. Подойдет Tango U-808 и некоторые трансформаторы Audio Note. Еще Michael La Fevre из Magnequest может сделать Вам DS-025 с ультралинейным отводом (заказывается как DS-025UL), и этот усилитель станет крошечным убийцей гигантов.

Те, кто не уживается с идеей применения "гитарной" выходной лампы, могут заменить 6L6-GC на EL-34.

Но, поверьте на слово, этот усилитель - просто конфетка!

6L6-GC Single-Ended Ultralinear



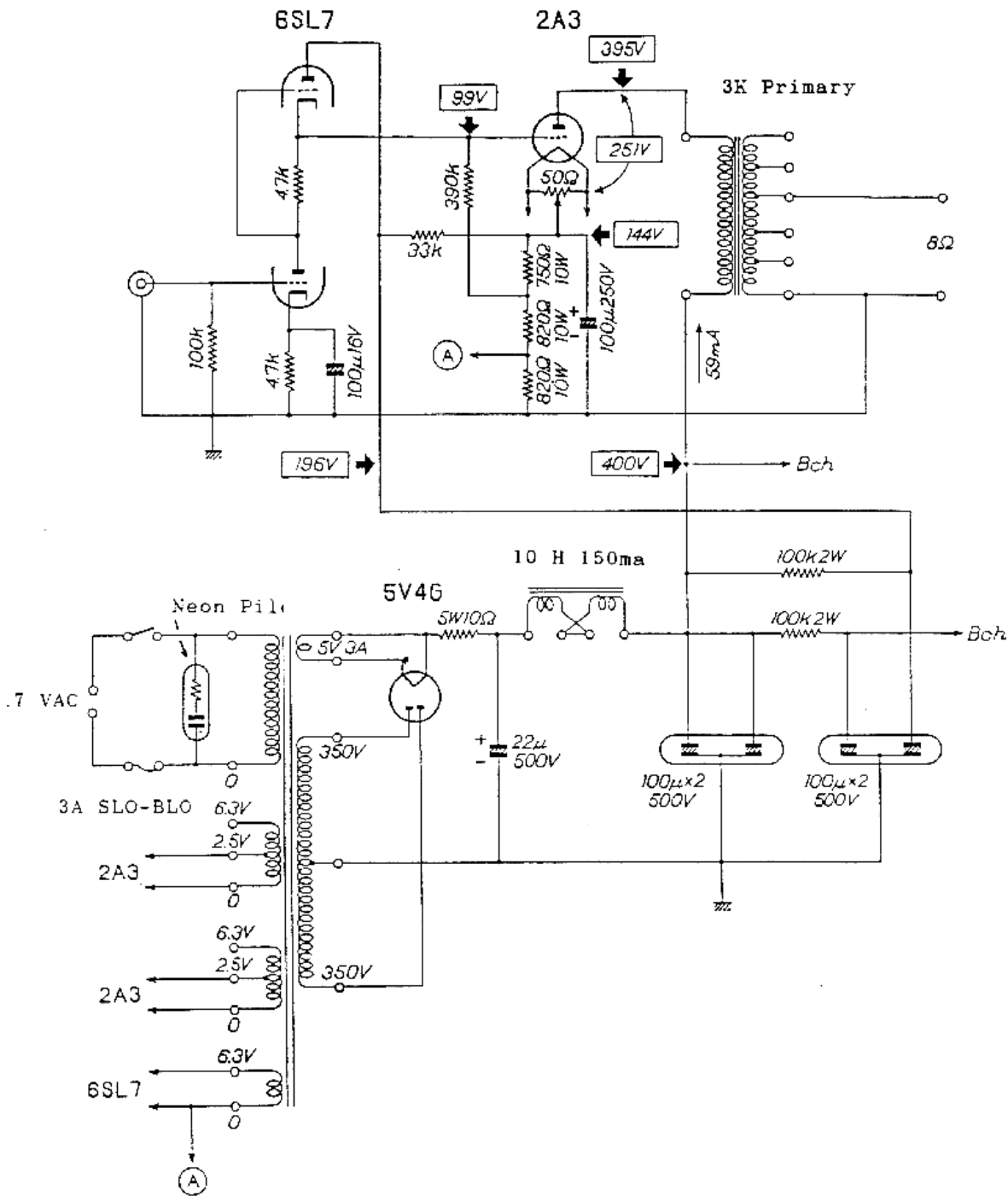
Loftin-White на 2A3 с SRPP драйвером.

3.5 Ватта при 2.5% THD; Выходной трансформатор с $R_a = 2.5 - 3.5$ кОм.

Мои многословные пояснения несколько диссонируют с элегантно простой схемой. Эта двухкаскадная схема с непосредственной связью была разработана, как Вы уже догадались, командой из Loftin'a и White'a в 30-е годы как лабораторный усилитель. В результате был достигнут уровень качества, вызывающий восхищение даже по прошествии стольких лет. Верность воспроизведения и польза от применения в качестве измерительного прибора ограничивались только качеством выходного трансформатора и входного преобразователя.

Драйвер - не раритет 30-х годов, он разработан несколько позже (есть несколько противоречивых мнений, когда эта схема впервые опубликована). В любом случае такой тандем достаточно интересен и демонстрирует некоторые "фигуры высшего пилотажа".

2A3 Single-Ended SRPP Loftin-White



Две важных вещи:

- 1) как организовано смещение выходной лампы - делителем напряжения между нагрузкой драйвера (верхняя половина 6SL7), самим драйвером (нижняя половина 6SL7) и необычно большим катодным резистором (последовательно соединенные резисторы в катоде 2A3), и
- 2) как получены высокое усиление, широкая полоса и низкий выходной импеданс (в обычных однокаскадных ламповых схемах - вещи взаимоисключающие...) - и все это при предельной простоте SRPP.

Хотя SRPP здесь (Нью-Йорк, 1993) меньше известен, чем его собратья вроде каскадного усилителя или повторителя с активной нагрузкой, он весьма популярен в Японии и Европе. По моему мнению, ни одна из этих схем (SRPP, Cascode, Mu-Follower) не обладает разрешающей способностью, свойственной простому каскаду на триоде с нагрузкой в аноде, и важно уяснить, что все эти схемы в действительности двухкаскадные, однако благодаря музыкальности и простоте SRPP занимает достойную позицию в мире аудиофилов.

Усилитель этот - ностальгическое вздыхание по временам 30-х.

Подключите его к соответствующей акустике, такой как рупоры д-ра Брюса Эдгара - и он будет скромно и униженно льстить Вашему "high-end" эго, или же Вы просто ощутите блаженство, слушая музыку.

От переводчика:

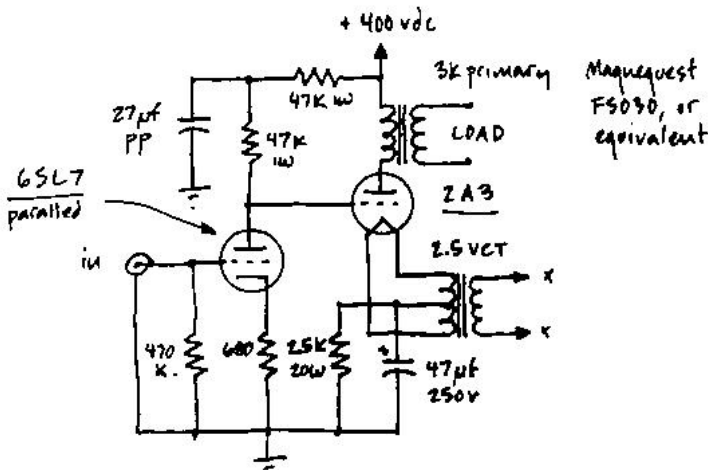
"Sound Practices" №6 - "The Micro 3.5"

Схема была опубликована J.C. Morrison'ом в Sound Practices (журнале, ныне почившим в бозе - как "Класс А").

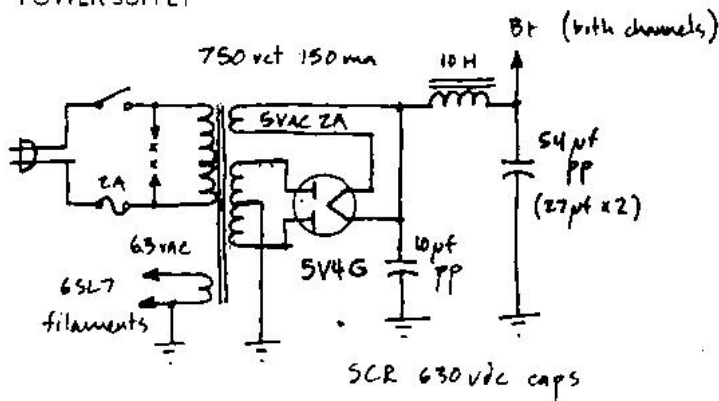
Усилитель отражает сильно изменившиеся за последнее время привычки J.C.

Драйвер - по любимой J.C. (см. выше) схеме с общим катодом.

В источнике питания - полипропиленовые конденсаторы.



POWER SUPPLY



300B Single-Ended,

8 Ватт при 2.5% THD; Выходной трансформатор с $R_a = 3 - 3.5$ кОм.

Хорошо, будем серьезны.

Вы все познали, пройдя свой путь до конца, фанатизм израсходован и теперь просто хотите сделать усилитель на все времена?

Дорогие мои, эта штука - для Вас.

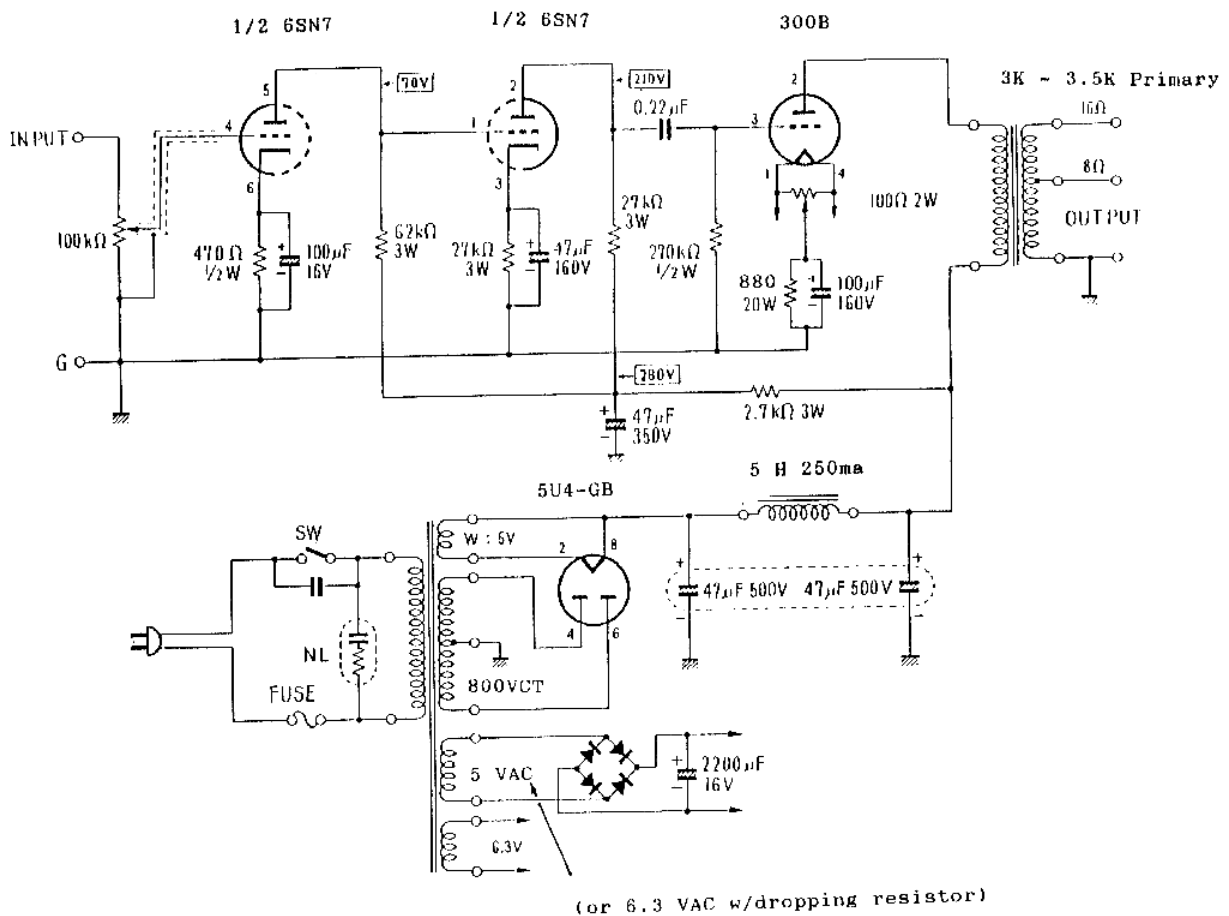
Это - квинтэссенция триодных усилителей. Он просто делает свое дело. Он честен, точен, певуч и способен раскачать удивительное множество коммерческих акустических систем до приемлемых уровней. Если при постройке использовать лучшие из доступных деталей и материалов (и запастись несколькими лампами на черный день), он перейдет по наследству Вашим детям и будет вызывать вопли восхищения в следующем тысячелетии.

Не нужно искать 300B Western Electric. Китайские и американские (Cetron) лампы современного производства прекрасно звучат и стоят одну треть (или меньше) от WE. Оставим Western'ы снобам-коллекционерам - и не будем выслушивать доводы против.

Я устал от этой кучки крыс (именуемых иначе коллекционерами), распространяющих мистерию про редкостные древности из старых запасов.

И пусть себе продолжают, а мы включим музыку!

300B Single-Ended



Драйвер с непосредственной связью и построение тракта на триодах с малым усилением - вот две причины хорошей работы схемы.

Хорошие трансформаторы - ключ к действительно выдающимся характеристикам. Я рекомендую выходные FS-030 от Michael LaFevre (Magnequest) или Tango XE-60S.

Помните, все решает именно именно железо, антик-трансформатор или катушка со свалки - не та вещь, что сделает эту конструкцию действительно законченной.

При некоторой фантазии, можно увидеть несколько путей усовершенствования схемы.

Возможна замена ламп на 56 или 76, 6DJ8 и 6CG7, 6L5 и 6AN4.

Небольшая ООС из вторичной обмотки выходного трансформатора в катод и отдельный источник питания усилителя напряжения и драйвера - для амбициозных твиков.

Все это требует обсуждения - так просто стройте, как нарисовано, и не пожалеете!

211/VT-4 Single-ended

18 Ватт при 4% THD

Внимание, эта схема - не для начинающих или людей с больным сердцем!

Это - самая вызывающая схема в данной коллекции!

Источник питания имеет смертельно опасные уровни напряжения, сама схема сложна в повторении и настройке!

Но если Вы - маньяк со здоровенной лампой в заначке - в добрый путь...

Даже просто желание построить такой усилитель - уже есть плод серьезного психического расстройства!

Совершенно необходимо изолировать этот усилитель в клетке - для защиты окружающих, домашних животных и маленьких детей.

Если Вы неуклюжи, работаете в тесноте или плохой слесарь - просто забудьте и купите билеты на концерт.

Другими словами, усилитель непрактичен и станет помехой во всех остальных Ваших делах - надеюсь, Вы меня понимаете?

Ну что ж, ненормальные, продолжим...

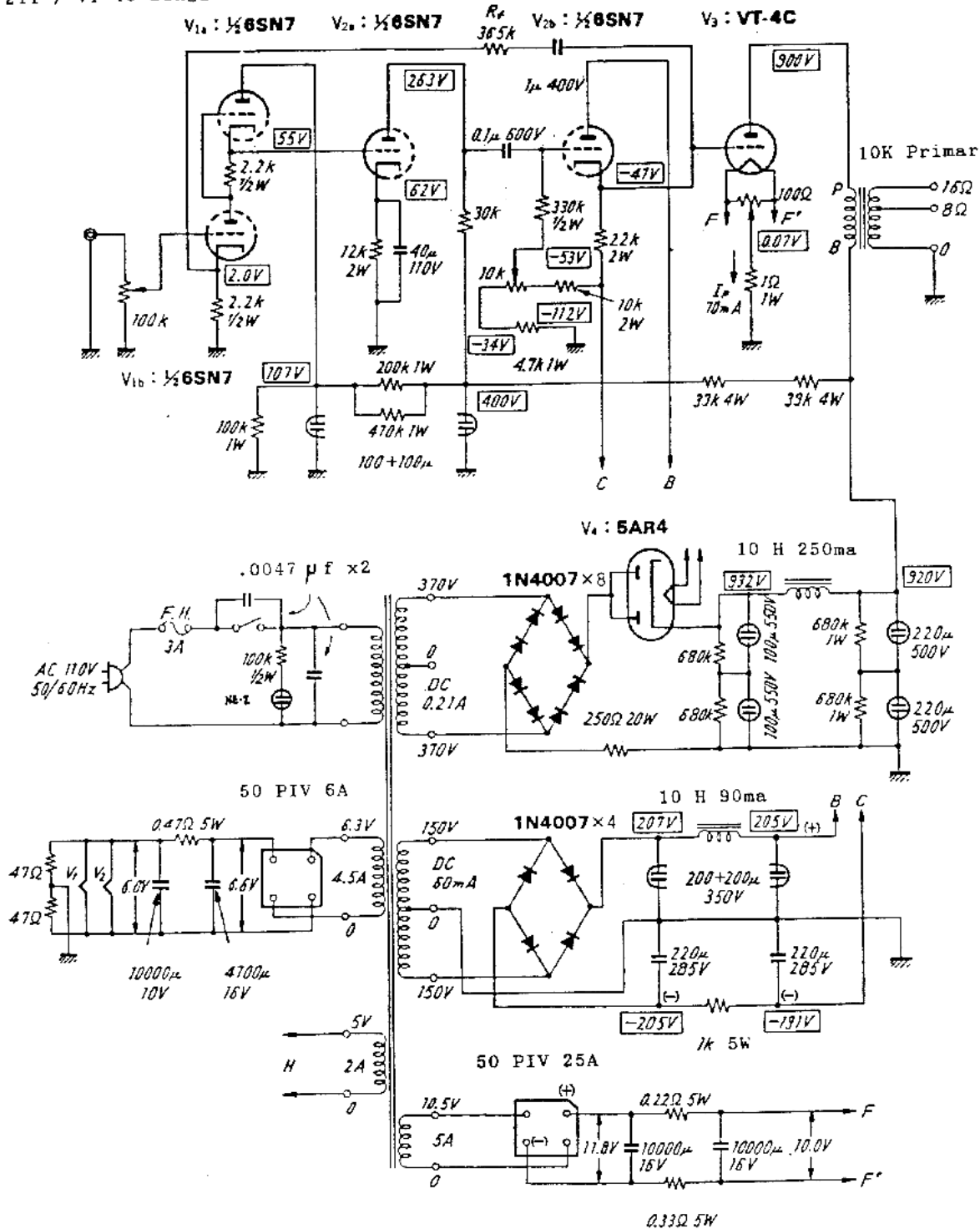
Подобные конструкции имеют культовый статус у японцев - обладателей электростатов Quad моделей ESL и ESL-63.

"Ongaku"- всего лишь модификация этой схемы в части ламп и некоторых деталей.

Если говорить об "Ongaku", то мне не нравятся 12AY7 (стоящие на входе), 6SN7 - совсем другое дело. И все же, у меня не хватает духу хаять генераторные лампы или намотанные серебром трансформаторы!

Но и прототип "Ongaku"- великая вещь. Нет места однообразию: SRPP, непосредственно связанный с ним усилитель, катодный повторитель и оконечный каскад с трансформаторным выходом. Эта смесь топологий уже двадцать лет является наиболее популярнейшим в Японии усилителем на 211-х. Есть много вариантов, но именно этот - на 6SN7 - является прародителем.

211 / VT-4C Single-Ended



Источник питания оснащен схемой плавного запуска на 5AR4 - и это тоже причина поместить схему здесь.

GENERAL ELECTRIC

Transmitting Tube GL-211 - Instructions

U. S. Army Signal Corps Tube Type VT-4-C

The GL-211 is a general-purpose three-electrode vacuum tube and may be used as a Class A, B, or C amplifier.

Technical Information

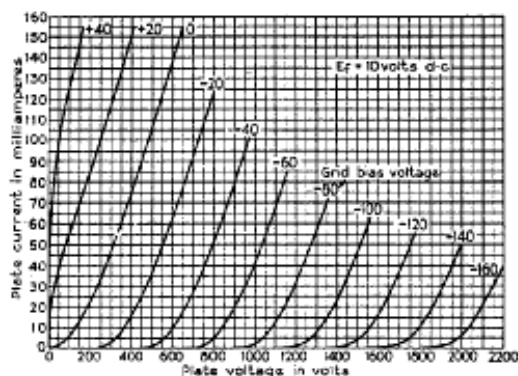
GENERAL CHARACTERISTICS:

| | |
|--|--------------------|
| Filament Voltage, volts | 10 |
| Filament Current, amperes | 3.25 |
| Amplification Factor | 12 |
| Grid-plate Transconductance, mmhos, | |
| $I_b = 60$ ma | 3600 |
| Direct Inter-electrode Capacitances, μF | |
| Grid-plate | 14.5 |
| Input | 6 |
| Output | 5.5 |
| Base | Jumbo 4- Large Pin |
| Net Weight, oz approx | 8 |
| Shipping Weight, lb approx | 4 |

MAXIMUM RATINGS AND TYPICAL OPERATING CONDITIONS

| | Typical Operation | Max Ratings |
|---|-------------------|-------------|
| CLASS A A-F AMPLIFIER AND MODULATOR: | | |
| D-c Plate Voltage, v | 750 1000 1250 | 1250 |
| Plate Dissipation, w | | 75 |
| D-c Grid Voltages, v | -46 -61 -80 | |
| Peak Grid Swing, approx volts | 41 56 75 | |
| D-c Plate Current, ma | 34 53 60 | |
| Plate Resistance, ohms | 4400 3800 3600 | |
| Load Resistance, ohms | 8800 7600 9200 | |
| Plate Power Output (5% Second Harmonic), w | 5.6 12 19.7 | |
| CLASS B A-F POWER AMPLIFIER (TWO TUBES): | | |
| D-c Plate Voltage, v | 1000 1250 1250 | |
| Max Signal Plate Current (per tube)%, amp | | 0.175 |
| D-c Max Signal Plate Input (per tube)%, w | | 220 |
| Plate Dissipation (per tube)%, w | | 100 |
| D-c Grid Voltage, v | -72 -95 | |
| Peak A-f Grid Input Voltage, v | 380 410 | |
| Zero Signal Plate Current, ma | 20 20 | |
| Max Signal Plate Current, ma | 320 320 | |
| Max Signal Driving Power, approx w | 7.5 8 | |
| Effective Load (plate to plate), ohms | 6900 9000 | |
| Max Signal Plate Power Output, watts | 200 260 | |

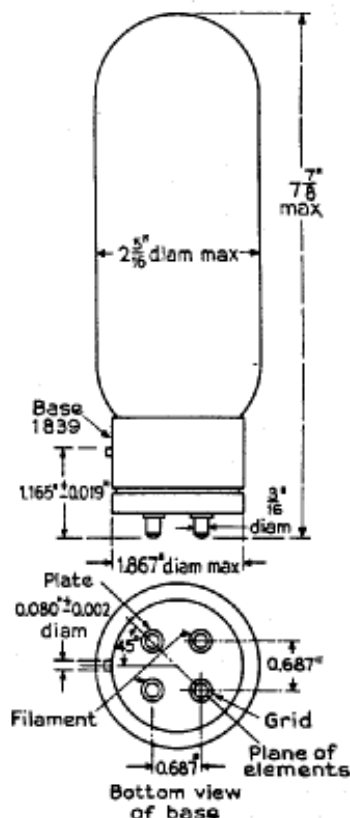
§ Averaged over any audio-frequency cycle



Average Plate Characteristics

K-6917423

9-20-39



K-4909036

9-20-39

Двухтактные усилители мощности.

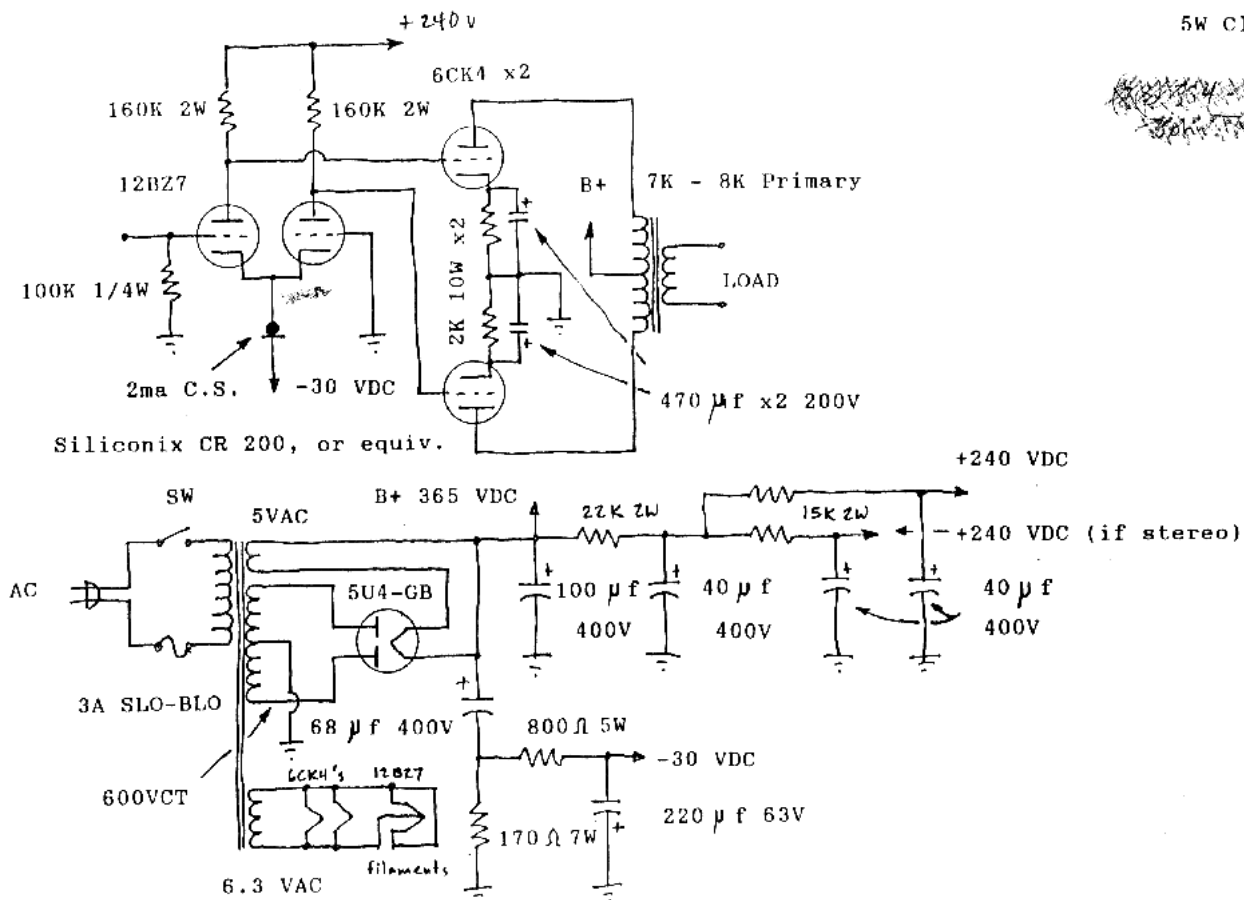
6CK4 Direct-Coupled Push-Pull

6 Ватт при 2% THD Выходной трансформатор: 7кОм - 8кОм Raа (первичная)

Не стану вдаваться в подробности того, почему этот усилитель так хорош. Это очень простая дифференциальная схема с источником стабильного тока, без блокировочных конденсаторов, обратной связи и всяческих трюков. Выдает несколько Ватт с присущей классу А безгрешностью. Выходная лампа несколько необычна - очень дешевая и ее никто не применяет, но, черт возьми, мы же не рабы моды? При наличии эффективной акустики Вам никогда не понадобится усилитель вроде вышеописанного монстра на 211-х. Это - моя личная идея наилучшего способа построить действительно великолепный усилитель. Ну что же, ставим на видное место! (хотя на 211-х выглядит круче...).

6CK4 Push-Pull

5W Class A



6B4-G Push-Pull с полностью дифференциальной раскачкой.

15 Ватт при 5% THD Класс AB1 Выходной трансформатор: Raa = 3.5K - 7K

Этот усилитель обладает всеми добродетелями предыдущего плюс мощностью, достаточной для раскачки гораздо большего числа типов акустики.

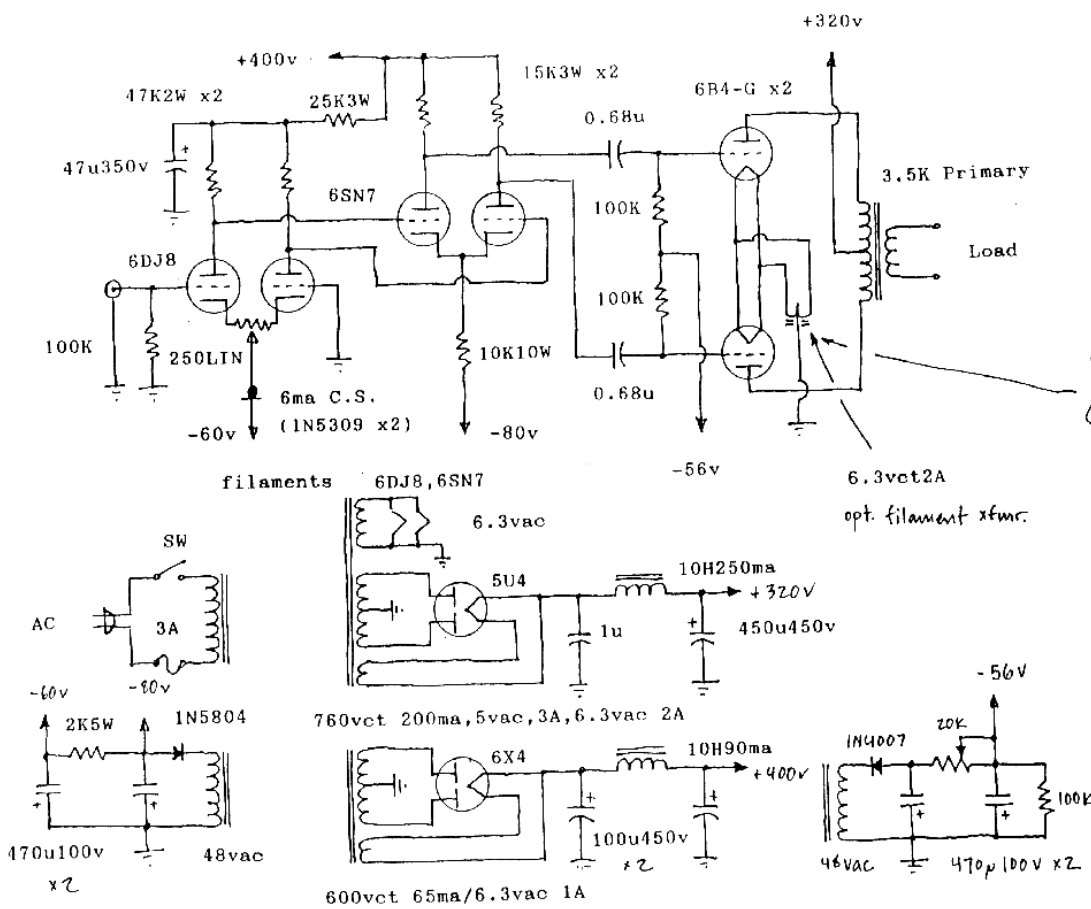
Вам, наверное, известно, что на выход можно поставить любые лампы семейства 2A3 (2A3, 6A3, 6A5, 6B4-G) и типов 45 или WE275, с учетом разницы в цоколе, напряжении накала и напряжении смещения.

Данные и режимы ламп приведены в большинстве справочников.

6B4-G показались наилучшими, потому что имеют октальный цоколь, накал 6,3 Вольта и лампы из старых запасов широко распространены. Есть еще, кроме того, китайские 2A3 по весьма разумной цене. И Sovtek делает отличные 6B4G с моноанодом.

Если Вы набрались достаточно терпения (да и денег!) на розыск раритетов, то хорошие 45-е в этом усилителе могут повергнуть этих вырожденцев из клуба аудиофилов в состояние апоплексии (и внушить не поддающееся контролю желание бросить их собственное оборудование с самого высокого места в округе).

В пределах своей мощности, все эти триоды победят Ваш основной (Mullard или Williamson) ультралинейный или пентодный ламповый усилитель. Фанатам Marantz 9 или любителям Мас 275 лучше бежать и прятаться.



6B4-G PP AB1 Fixed-bias

for self-bias use a 750 ohm 20W resistor on filament center tap to ground, bypassed with a 470u150V electrolytic cap; disconnect bias supply and ground the grid connection.

807 ультралинейный Push-Pull

20 Ватт при 0.1% THD Класс А (Тетродное включение)

Выходной трансформатор: $R_{aa} = 5-7\text{кОм}$

Это - интересный усилитель, который использует хитроумную комбинацию тонких трюков, позволяющих получить хорошие характеристики от простой схемы.

Комбинация положительной и отрицательной обратной связи с обратной связью в экранную сетку, перекрестное соединение вторичных обмоток трансформатора с катодами выходного каскада и работа его в режиме пониженного напряжения / повышенного тока, обеспечивает широкополосное линейное усиление, небольшой сдвиг фаз и низкий выходной импеданс.

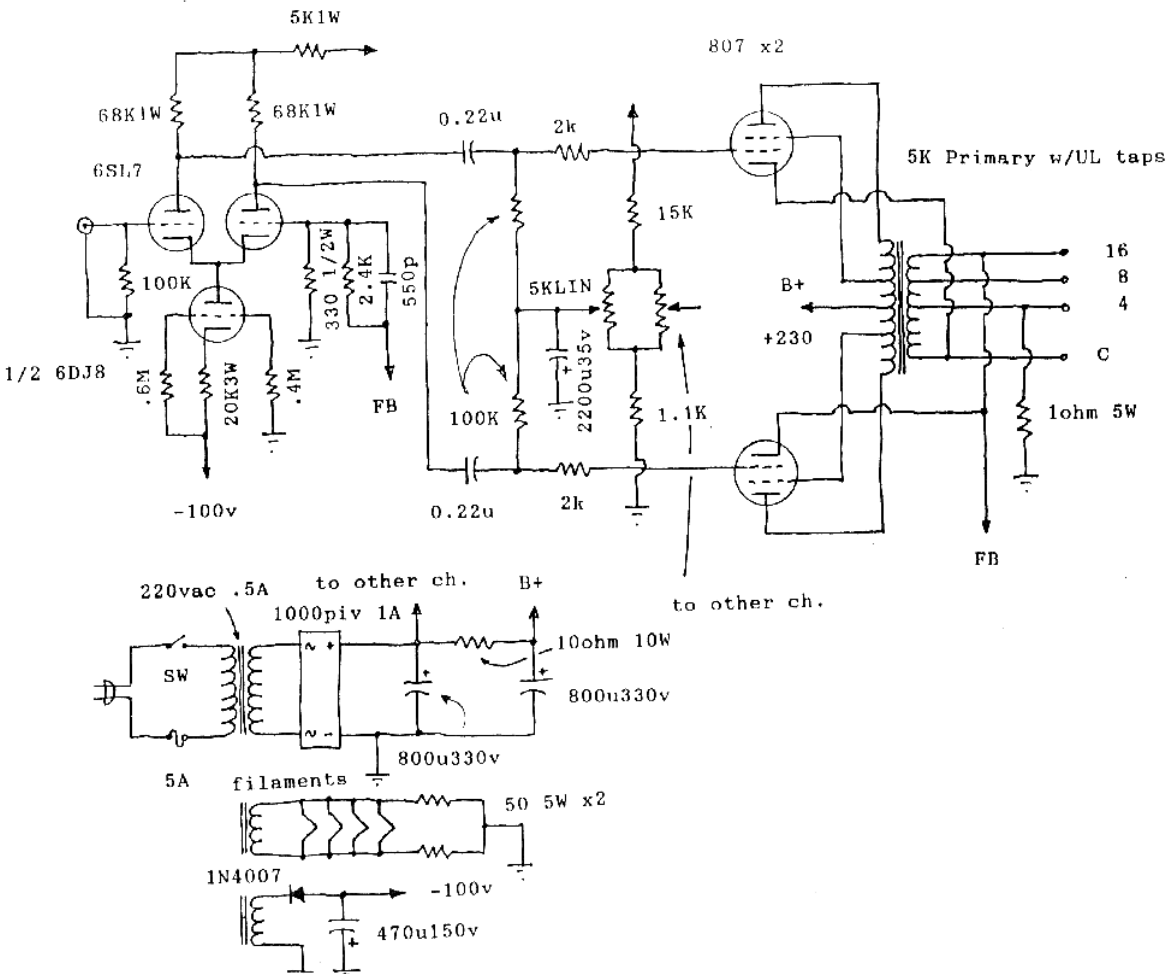
807 - странным образом недооцененная выходная лампа. Ну, я действительно не знаю. Так много дрянных усилителей были сделаны на 7868, 8417, 6LФ6, КТ90, КТ-99, и КТ-100 и т.д.; то есть на действительно извращенных лампах.

С другой стороны 807 не имеет никаких причуд, кроме простоты и надежности.

В классе А работает в диапазоне до нескольких МГц и рассеивает 25 Ватт.

Лампа распространенная и недорогая. Что еще можно ждать от лучевого тетрода?

Этот усилитель выстоит против любого "Ni End" пентодного усилителя независимо от его стоимости.



845 Push-Pull

30 Ватт при 0.8% THD Класс А Выходной трансформатор: 5К - 7К (50 Ватт)

Опять напоминаю: даже не думайте о постройке этого усилителя, если Вы не имеете рецепта на антидепрессант.

Семья и домашние животные плохо уживаются с этим устройством. Вы все поняли?

Комбинация из 845-х и источника питания типа применяемых в радиопередатчиках - вариант очень серьезного аппарата.

Если Вы используете электростатические АС или ленточные вроде Strathern (с умеренной эффективностью), этот усилитель раскачает их до приемлемого уровня.

Вы должны убедиться, что изоляция выходного трансформатора выдержит 1000 В.

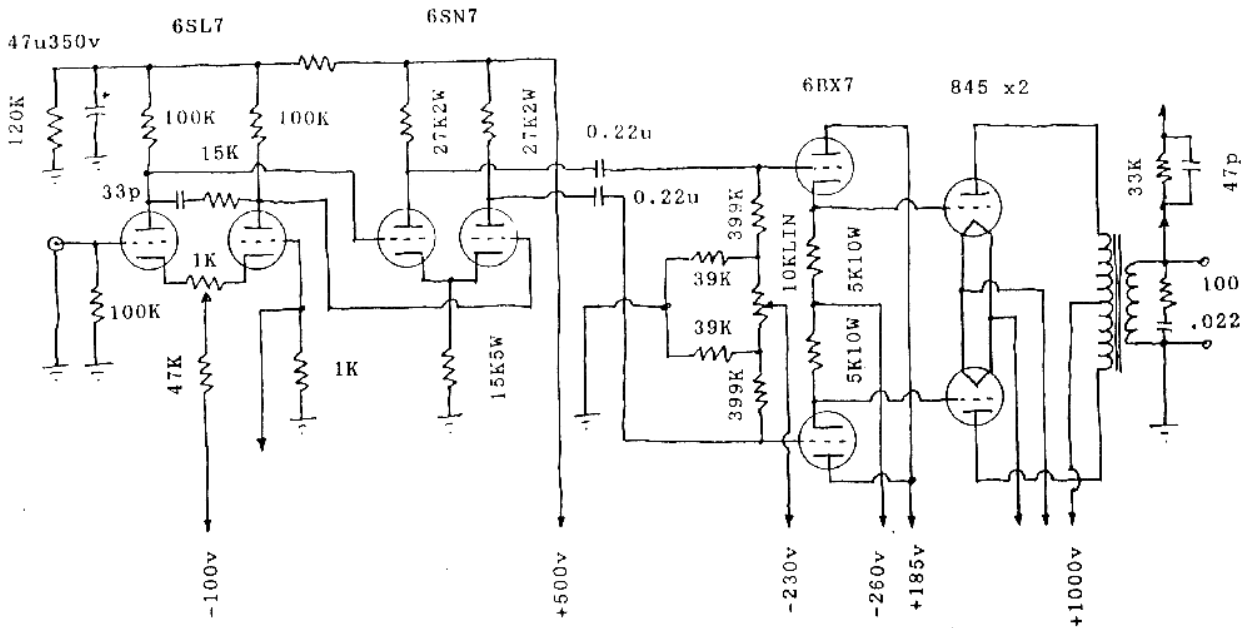
Tango XE-60 5P - превосходный кандидат. В прочих случаях, консультируйтесь с Вашим поставщиком трансформаторов - что из предлагаемого им удовлетворит данному условию. Источник правильных методов конструирования этого усилителя - справочники для радиолюбителей-коротковолновиков.

Следуйте этим советам, и Вы будете не только наслаждаться одним из наиболее замечательных усилителей, но также и выживете, чтобы послушать музыку еще денек-другой!

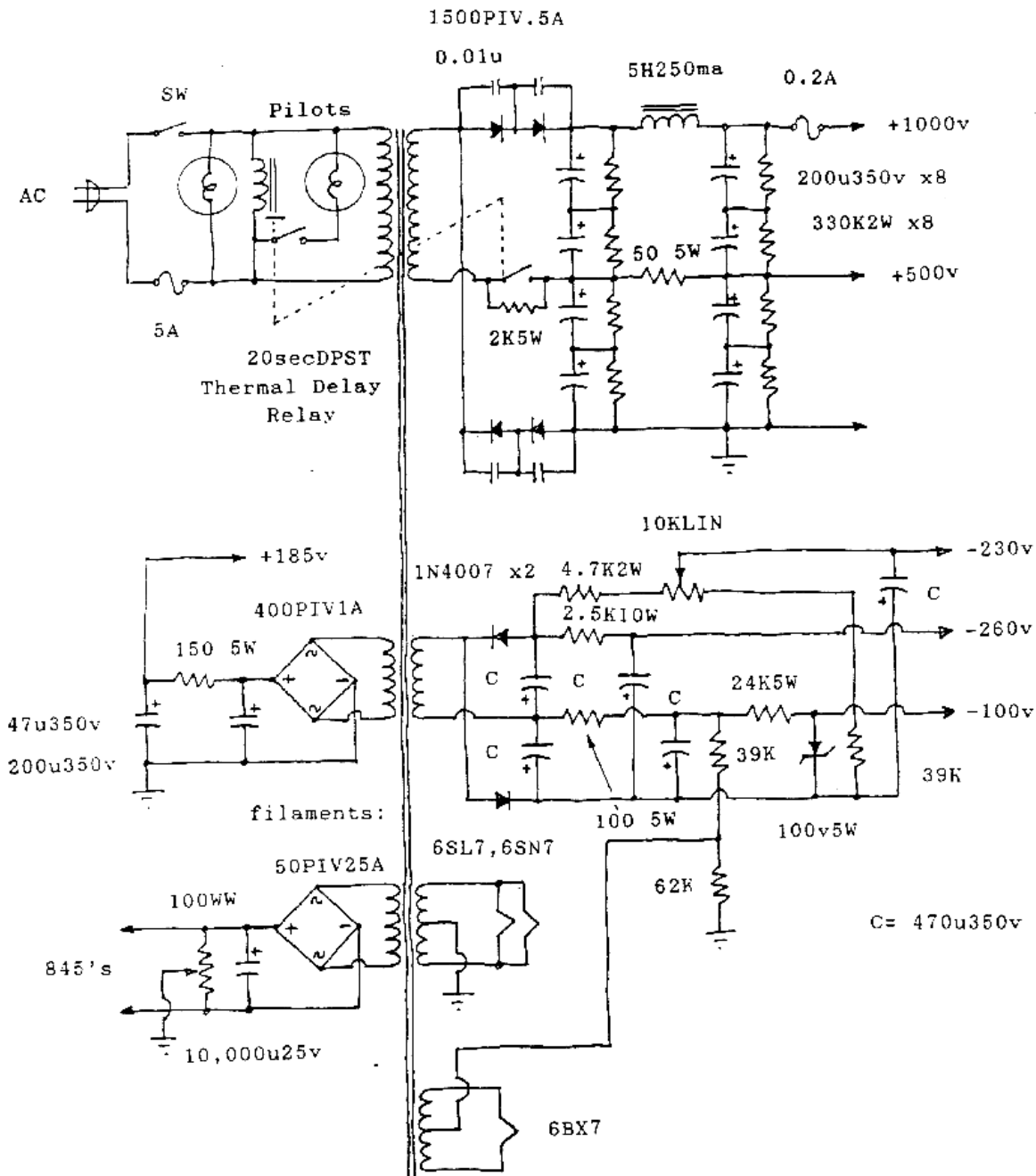
Эти большие лампы позволяют получать и высокую мощность, свойственную пентодам, и искусственность триодов, но - все имеет свою цену.

Планируйте изрядно потратиться и потрудиться при постройке и обслуживании этой вещи. Китайские 845 доступны по очень разумной цене. Они также звучат великолепно. Компоненты должны выбираться с учетом высоких напряжений - как постоянных, так и переменных.

Caddock и Mills производят замечательные резисторы для этой цели. Конденсаторы будут также тяжело нагружены, так что приготовитесь тратить ваши деньги на хорошие вещи.



845 PP Power Supply



845

EXACT REPLACEMENT FOR W.E.284-A

100 WATTS PLATE DISSIPATION

\$10.00

CLASS "A" AUDIO TUBE



GENERAL CHARACTERISTICS TYPE 845

| | |
|-------------------------------------|-------|
| Filament Voltage..... | 10 |
| Filament Current, amps..... | 3.25 |
| Mutual Conductance, μ Mhos..... | 3000 |
| Amplification Factor..... | 5 |
| Maximum Length..... | 7 1/2 |
| Maximum Diameter..... | 2 1/4 |
| Plate to Grid, mmf..... | 14 |
| Grid to Filament, mmf..... | 8.5 |
| Plate to Filament..... | 6 |

Nonex Glass

50 Watt Base

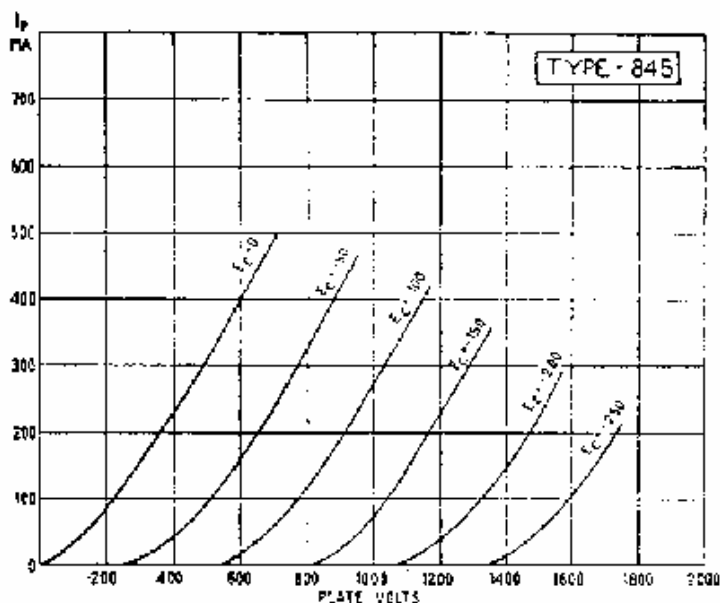
CLASS A-A-F POWER AMP. AND MOD., TYPICAL OPERATING CONDITIONS

| | | | |
|---------------------------------------|------|------|-------|
| Plate Volts, D-C | 750 | 1000 | 1250 |
| Plate Current, D-C, milliamperes..... | 95 | 90 | 80 |
| Plate Resistance, ohms | 1700 | 1700 | 1700 |
| Grid Volts, D-C | -99 | -145 | -195 |
| From Cathode Resistor of (ohms)..... | 1030 | 1610 | 2435 |
| Grid Swing, Peak A-F, volts..... | 93 | 140 | 190 |
| Transconductance, μ mhos | 3100 | 3100 | 3100 |
| Load Resistance, ohms | 3400 | 6000 | 11000 |
| Undistorted Power Output, watts | 15 | 24 | 30 |

A-F POWER AMP. AND MOD., CLASS AB

Unless Otherwise Specified, Values Are for 2 Tubes

| | | |
|--|------|------|
| Plate Volts, D-C..... | 1000 | 1250 |
| Plate Current, Zero-Signal, D-C, ma..... | 40 | 40 |
| Plate Current, Max. Signal, D-C, ma..... | 230 | 240 |
| Grid Volts, D-C | -175 | -225 |
| Grid-to-Grid, Peak A-F, volts..... | 340 | 440 |
| Load Resistance, ohms (per tube)..... | 1150 | 1650 |
| Load Resistance, Effective, ohms (plate to plate)..... | 4600 | 6600 |
| Max. Signal Power Output, watts..... | 75 | 115 |



J.C. Morrison о фазоинверторах.

Учтите, вопрос требует времени и сил и поэтому не бомбардируйте меня глупостями про резисторы/конденсаторы/трансформаторы или другими твикерскими извращениями, неспособными сформировать сколь-нибудь логичный подход к данному вопросу.

Мы будем обсуждать действительно важные вещи, а именно - противофазную раскачку сеток (баз, затворов и т.д.).

а) Что делает фазоинвертор?

Преобразует входной сигнал в два одинаковых противофазных.

б) Какие характеристики важны для определения его эффективности?

В первом приближении - баланс амплитуд выходных сигналов и минимальные нелинейности схемы.

Кроме того, некоторых удивит то, что важны и сами раскачиваемые устройства - да и их функционирование.

Итак, вопрос был: - "Так что же может быть кроме трансформатора?"

Варианты: основные схемы...

1. трансформатор.
2. каскад с разделенной нагрузкой.
3. "парафазная" схема
4. дифференциальный усилитель

и их комбинации :

5. Вильямсон: каскад с разделенной нагрузкой + дифференциальный усилитель
6. Муллард: непосредственно соединенный каскад с нагрузкой в аноде и "плавающий" дифкаскад.
7. дифкаскад с дополнительной лампой, подключенной к неинвертирующему выходу - достигаются одинаковые выходные импедансы...

Все эти схемы позволяют получить два противофазных напряжения одинаковой амплитуды.

(не буду вдаваться в подробности, читайте страницы 521-527 издания 4 RCA Radiotron Manual, все эти схемы могут обеспечить баланс в пределах 1% или 2% что, кстати, гораздо меньше разброса параметров подобранной пары выходных ламп. Если выходной каскад работает в классе А, более точная балансировка никак не повлияет на искажения. Например, в каскаде с разделенной нагрузкой на точных сопротивлениях достигается баланс в 0,1%. Трансформатор даст в лучшем случае то же значение. И вообще, трансформатор обычно сбалансирован настолько, насколько позволяет квалификация изготовителя.)

И если сделать все как надо, можно использовать любую из схем с одинаковым успехом! Но, как было уже упомянуто, есть еще одно требование, пока еще нами не исследованное. Это - нагрузка нашего фазоинвертора, а именно сетки (базы, затворы) двухтактного каскада. Что представляет собой нагрузка? В случае триода имеем весьма изменчивый импеданс (Каково сопротивление между сеткой и анодом? 10 мегОм? 20 мегОм?), переменная емкость (эффект Миллера), требующая перезарядки, что обуславливает некоторый сеточный ток, требующиеся напряжения находятся в пределах 30-60 Вэфф для большинства приемно-усилительных ламп (для генераторных будем иметь 50-100 Вэфф). И именно взгляд на проблему со стороны ламп, которые мы раскачиваем, делает вышеупомянутый перечень схем списком возможных причин для неудачи. Что же, рассмотрим их по порядку...

Трансформатор: как уже упоминалось, баланс зависит от качества намотки, разброса паразитных емкостей и индуктивностей и идентичности нагрузок плеч. Действительно большим преимуществом трансформатора является то, что импеданс на переменном токе и сопротивление постоянному току - вещи совершенно независимые. Даже в случае повышающего трансформатора сопротивление вторичной обмотки на несколько порядков меньше, чем сопротивление утечки сетки, выбранное с точки зрения оптимальной нагрузки для переходного конденсатора. Это выгодно - если учитывать, что сетка может потреблять ток (например, при ограничении): при увеличении потребления тока от вторичных обмоток изменения напряжения смещения будут гораздо меньше, чем в случае с резистором в 100кОм. Это означает очень стабильное смещение сетки с малой постоянной времени и низкой запасенной энергией. С другой стороны, трансформаторы ограничивают полосу пропускания, время нарастания, и имеют паразитные потери, не говоря уже о том, что действительно хорошо сбалансированный трансформатор является ДОРОГ. Все жалобы о NC-21 Танго - спросите любого изготовителя, сколько забавы доставляет выполнить прекрасно сбалансированную обмотку! Они в принципе должны стоить больше чем любые выходные трансформаторы. И как я говорил прежде (и никто не слушал ...), если есть дополнительная индуктивность до или после межкаскадного трансформатора, общая переходная характеристика системы будет иметь суммированное число полюсов. Например, усилитель с двумя трансформаторами между входом и выходом будет иметь переходную характеристику 2-го порядка с сопутствующим фазовым сдвигом, запаздыванием и звоном. Этого можно избежать в звуковом диапазоне, используя межкаскадный трансформатор с полосой пропускания по крайней мере на две октавы шире таковой у выходного трансформатора. Это "возможно".

Фазоинвертор с разделенной нагрузкой (катодин): Возможно, лучше всего сбалансированный изо всех фазоинверторов (в терминах баланса напряжений без нагрузки), но имеет два серьезных недостатка, а именно - что выходное сопротивление обоих выходов радикально различно, и не имеет НИКАКОГО усиления. В нем анодная и катодная нагрузки - идентичные резисторы, и выходные напряжения снимаются с анода и катода. Нижняя часть - функционально катодный повторитель, и верхняя часть - усилитель с общим катодом с большим незашунтированным катодным резистором. То есть, низкое z в катодной цепи и высокое z в анодной. Если высокий импеданс анодной части смотрит на голодный рот, который представляет собой сетка триода, Вы можете легко вообразить, что действительно легко перегрузить этот импеданс с заметным уменьшением выходного напряжения. Типичный триодный выходной каскад может иметь емкость сетка-анод 15pf, плюс панелька (5pf), умножим на число Миллера (μ на 20pf на число Миллера драйвера...). В целом, типично это изменяется от 60pf при нуле на выходе до 400 pf при полной амплитуде. Если импеданс около 50кОм (скажем 1/2 6SN7 с 20 к резисторами в аноде и катоде), полоса пропускания анодной цепи под нагрузкой составит 8kHz при полном размахе. Нижнее плечо не будет перегружаться и полоса составит 80кГц или около того. Кроме того, Вам понадобится источник анодного питания 400 В, чтобы качать 40 Вольт амплитуды, не говоря уже о том, что предыдущая лампа будет должна обеспечить 40 В на каскад фазоинвертора! Сверхъестественно! Вот почему Williamson использовал комбинацию катодина и дифференциального усилителя. Это - хорошее решение. Катодин с расщепляет фазу с почти превосходным балансом и раскачивает намного более простую нагрузку в виде сеток усилителей напряжения на маленьком двойном триоде со средним μ (2 или 3 pf вместо 15 или 20), который в свою очередь имеет тот же самый выходной импеданс и легко раскачивает сетки выходного каскада. Еще один вариант, который применяли немногие, использует мощный триод в катодине. EL34 в триодном включении с 4кОм в катоде/аноде может иметь достаточно низкий выходной импеданс, чтобы избежать проблем в звуковом диапазоне. Но все еще необходим 400 В источник...

"Парафазная" схема: Нечасто встречается, но была популярна в прошлом, потому что это обеспечивала сбалансированные сигналы при некотором усилении. В этом случае, часть сигнала с выхода каскада с общим катодом подается на другой такой же каскад, имеющий выходное напряжение такой же амплитуды и переворачивающий фазу. Трудность здесь состоит в том, что есть фазовый сдвиг между этими двумя выходами из-за небольшого различия группового времени задержки: к задержке на выходе первого каскада добавляется задержка на выходе второго. Это становится проблемой с увеличением частоты. Фактически мы нуждаемся в воспроизведении полосы гораздо шире той, что мы слышим, и гораздо шире полосы трансформатора (трансформаторов). Причина состоит в необходимости сохранить естественный спад амплитуды обертонов исходного сигнала для получения естественности его звучания. Если я должен воспроизвести постоянный тон 40 кГц одновременно с тоном 41 кГц в комнате, полной людьми, что они будут слышать? Если бы Вы сказали - 1кГц, Вы выиграли бы все наличные деньги и призы. Это ответ тем, которые утверждают, что полоса 19.6 кГц (КОМПАКТ-ДИСК) должна быть достаточна для любого. Спектр резкого удара по ободу барабана содержит составляющие в диапазоне от 12 Гц до 125 кГц (зависит от барабанщика и барабана). Вы когда-либо слышали КОМПАКТ-ДИСК с естественно звучащими барабанами (или фортепьяно...)? Держу пари, нет. (Кстати, новые LP имеют равномерный спектр до 60 или 70кГц, никакого крутого спада на верхней границе, и пилот-тон квадрафонических LP был на записях, а это что-то около 40 кГц...)

Дифференциальный усилитель: В базовой схеме дифференциального преобразователя несимметричного тракта в симметричный сигнал подан на одну сетку, другая заземлена. Дифференциальный каскад усиливает только разность напряжений между этими двумя входами. Дифференциальные каскады имеют два выхода - так же, как два входа: неинвертированный выход и инвертированный. Неплохо выглядит? В действительности, существует небольшая проблема. Одна лампа работает в схеме с общей сеткой, а другая с общим катодом. Это означает, что характеристики этих двух половин различны. У лампы с заземленной сеткой нейтрализация эффекта Миллера простирается до намного более высокой частоты чем у лампы с общим катодом. И усиление соответственно различается! Особенно с ростом частоты.

Есть, однако, еще одна причуда в этой схеме - взаимный баланс плеч управляется общим катодным импедансом. Если он действительно большой (как в источнике постоянного тока...), баланс почти совершенен, если он невелик, разбаланс может составлять целых 10% в предположении, что сопротивления в анодах равны. Большой или маленький - зависит от R_p (резистор в аноде).

Баланс может быть достигнут при использовании неодинаковых резисторов в анодах (ACRO UL-2, например) или подстроен потенциометром номиналом 10% от R_p (инструментальные усилители Testronix). Если эти меры приняты, дифференциальный усилитель способен обеспечивать и усиление, и расщепление фазы. Сложность схемы - значительно больше чем у трансформаторной или схемы с разделенной нагрузкой, при этом, необходимо биполярное питание, чтобы получить действительно хорошее функционирование. Инвертор "Mullard" - разумный компромисс, часто встречается в усилителях Altec и Marantz из США, он объединяет непосредственно соединенные каскад с общим катодом и "плавающий" дифкаскад с подачей постоянного напряжения на обе сетки, одна из которых заземлена по переменному току при помощи RC фильтра. Это оправданно, так как не требуется сложное электропитание, чтобы качать из-

рядную амплитуду, и схема может иметь превосходный баланс и симметричные выходные импедансы. Но теперь, если Вы не можете непосредственно подключить выход фазоинвертора к сеткам оконечного каскада, у Вас один выбор - использовать конденсаторы, чтобы блокировать постоянное напряжение.

Многие из Вас произнесут - "Фу"! А что это действительно означает?

В отличие от трансформаторов, конденсаторы хуже работают при низких уровнях сигнала. При повышении уровня они работают лучше. Чем больше емкость, тем больше проблема. Причина кроется в свойствах диэлектрика. Утечки и абсорбция "размывают" сигнал.

Трансформаторы работают все хуже и хуже с ростом амплитуды. Причина этому - в железе. И железо, и диэлектрик подвергаются воздействию физических полей. А почему? Накопление энергии и в индуктивности, и в емкости происходит именно в полях, окружающих проводники - магнитном и электрическом. Поля эти могут быть источником искажений, поскольку существуют одновременно и имеют различные амплитуды и фазы. Конечно, полистироловые и фторопластовые конденсаторы минимизируют "диэлектрические" проблемы (бумага - наихудший вариант с точки зрения абсорбции, хотя и может быть усовершенствована некоторыми типами пропиток), но очевидно, что выбор конденсаторов есть важный фактор, определяющий характеристики RC - схем. Именно поэтому межкаскадный трансформатор с хорошим экранированием, без каркаса и межслойной изоляции (опять диэлектрик!) на сердечнике с высокой магнитной проницаемостью может заметно лучше работать даже при больших уровнях...

Надеюсь, этим я ответил на вопрос о возможных вариантах. Как видим, есть несколько вполне работоспособных схем. Каждая обладает и некоторыми преимуществами, и некоторыми недостатками.

Попробуйте уяснить главное - раскачивать мощные триоды НЕПРОСТО. Для достижения выдающихся результатов потребуются принятие экстраординарных мер. По большей части это означает внимательный с выяснением причинно-следственных связей его реальных характеристик. Будьте осторожнее при согласовании выходных импедансов и соответствующих нагрузок. Внимательность почти всегда дает хорошие результаты.

j.c.