

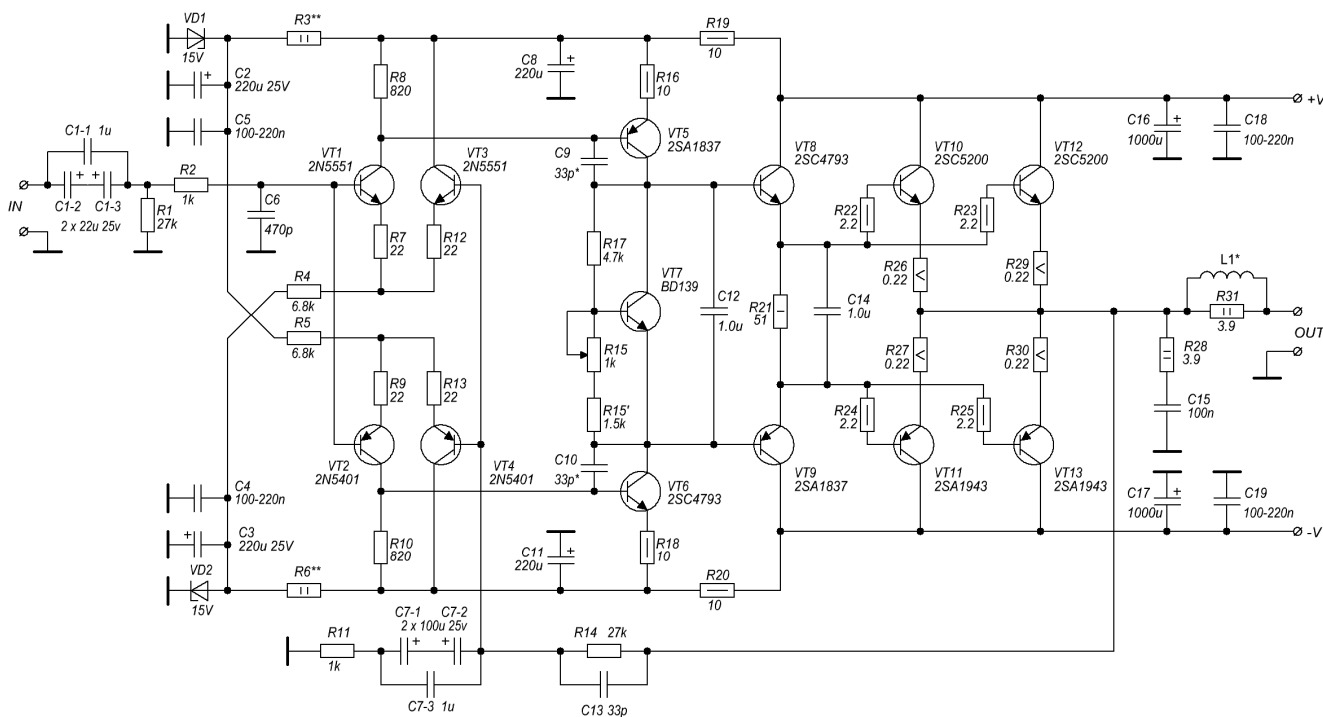
По всем вопросам просьба обращаться **к форумчанам**. Я не являюсь автором схемы, а просто попытался собрать в одном документе информацию, которая, на мой взгляд, поможет собрать данный усилитель тем людям, кто еще меньше, чем я, в этом разбирается.

СОБИРАЕМ ЛАНЗАР

Повторение одних и тех же вопросов на каждой странице обсуждения этого усилителя на побудило меня написать этот небольшой набросок. Все написанное ниже является моим представлением того, что нужно знать **начинающему** радиолюбителю, решившему сделать этот усилитель, и не претендует на абсолютную истину.

Допустим, вы находитесь в поиске схемы хорошего транзисторного усилителя. Такие схемы, как например «УМ Зуева», «ВП», «Натали», и другие вам кажутся сложными, или мало опыта для их сборки, но хорошего звука хочется. Тогда вы нашли то, что искали! Ланзар представляет собой усилитель, построенный по классической симметричной схеме, с выходным каскадом работающий в **классе АВ**, и обладает довольно неплохим звучанием, при отсутствии сложной настройки и дефицитных комплектующих.

Схема усилителя



Я счел нужным внести некоторые незначительные изменения в оригинальную схему: коэффициент усиления немного повышен – до 28 раз (изменен R14), изменены номиналы входного фильтра R1, R2, а также по совету **MayBe I'm a Leo** номиналы резисторов базового делителя транзистора термостабилизации (R15, R15') для более плавной настройки тока покоя. Изменения не являются критическими.

Нумерация элементов сохранена.

Характеристики (взято с interlavka.narod.ru)

Таблица 1

Параметр	Нагрузка		
	8 Ом	4 Ом	2 Ом (мост 4 Ом)
Макс. напряжение питания, В	±65	±60	±40
Макс. выходная мощность, Вт, при искажениях до 1% и напряжении питания:			
±30 В	40	85	170
±35 В	60	120	240
±40 В	80	160	320
±45 В	105	210	Не включать!
±50 В	135	270	Не включать!
±55 В	160	390	Не включать!
±60 В	200	Не включать!	Не включать!
±65 В	240	Не включать!	Не включать!
Коэффициент усиления	28		
Нелинейные искажения, % (при 2/3 от макс мощности)	0.04		
Скорость нарастания вых. сигнала, не менее, В/мкс	50		
Входное сопротивление, кОм	27		
Отношение сигнал/шум, не менее, дБ	90		

Питание усилителя

Источник питания усилителя – самое дорогостоящее звено в нем, поэтому начинать следует с него. Ниже несколько слов об ИП.

Исходя из сопротивления нагрузки и желаемой выходной мощности выбирается нужное напряжение питания (Таблица 1). Данная таблица взята с сайта-первоисточника (interlavka.narod.ru), **однако**, лично я **настоятельно** не рекомендовал бы эксплуатировать данный усилитель на мощностях более 200-220 Ватт.

ЗАПОМНИТЕ! Это не компьютер, никакое супер-охлаждение не нужно, конструкция не должна работать на пределе своих возможностей, тогда вы получите надежный усилитель, который будет работать долгие годы и радовать вас звуком. Мы ведь решили сделать качественное устройство, а не букет новогодних фейерверков, поэтому всякие «выжиматели» пускай идут лесом.

При напряжениях питания ниже ±45 В (8 Ом) и ±35 В (4 Ом) вторую пару выходных транзисторов (VT12, VT13) можно не ставить! При таких напряжениях питания получаем выходную мощность порядка 100 Вт, что для дома более чем достаточно. Замечу, что если при таких напряжениях все-таки установить 2 пары, то выходная мощность повысится совсем на незначительную величину порядка 3-5Вт. Но если «жаба не душит», то с целью увеличения надежности можно и 2 пары поставить.

Мощность трансформатора можно рассчитать, используя программу «PowerSup». Расчет, основанный на том, что примерный КПД усилителя равен 50-55%, а значит, мощность трансформатора равна: $P_{\text{транс}} = (P_{\text{вых}} * N_{\text{каналов}} * 100\%) / \text{КПД}$ применим только в том случае, если вы хотите долговременно слушать синусоиду. У реального же музыкального сигнала, в отличие от синуса, соотношение пикового и среднего значений гораздо меньше, поэтому нет смысла тратить деньги на лишние мощности трансформатора, которые все равно никогда не будут использованы.

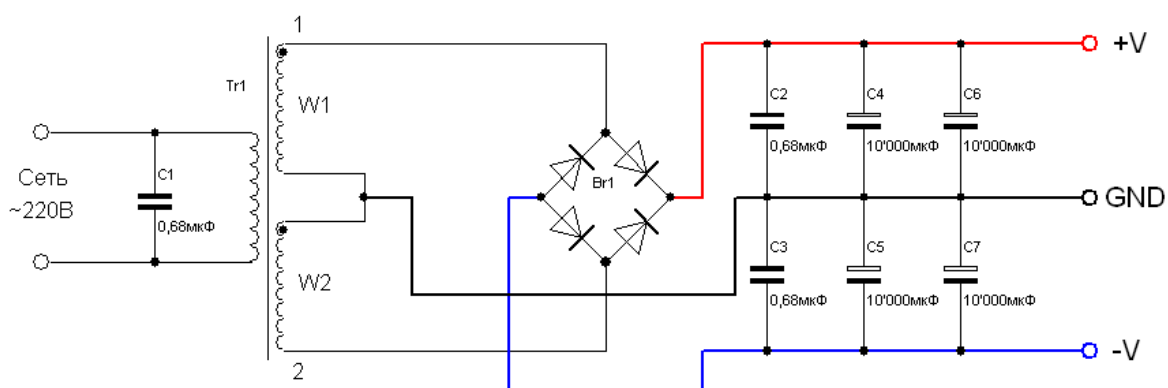
Кому не охота считать: для усилителя 2*100 ватт вполне достаточно трансформатора 100-150Вт и электролитов по 20000-30000мкф в плечо.

В расчете рекомендую выбирать самый «тяжелый» пик-фактор (8дБ), чтобы ваш БП не загнулся, если вдруг решите послушать музыку с таким п-ф. Кстати, выходную мощность и напряжение питания тоже рекомендую рассчитать с помощью этой программы. Для Ланзара dU можно выбрать порядка 4-7В.

Более подробно о программе «PowerSup» и методике расчета написано на сайте автора (AudioKiller'a): http://www.electroclub.info/article/power_sup_amp.htm

Все это особенно актуально, если вы решили купить новый трансформатор. Если же у вас в закромах он уже имеется, и вдруг оказался большей мощности, чем расчетная, то можно смело его использовать, запас – вещь хорошая, но фанатизма не нужно. Если же вы решили самостоятельно изготовить трансформатор, то на этой страничке Сергея Комарова есть нормальный метод расчета: <http://www.radiostation.ru/home/expexch1.html>

Непосредственно сама схема простейшего двуполярного БП выглядит так:



Сама схема и детали для ее построения хорошо описана Михаилом (D-Evil) в ФАКе по TDA7294: <http://cxem.net/sound/amps/amp129.php>.

Повторяться не буду, отмечу только поправку про мощность трансформатора, описанную выше, и про **диодный мостик**: так как у Ланзара напряжение питания может быть выше, чем у TDA729x, то мостик должен «держат» соответственно БОльшее обратное напряжение, не менее:

$$U_{обр_мин} = 1,2 * (1,4 * 2 * U_{пoлyoбмoткu_тpанcфopмaтopa}),$$

где 1.2 – коэффициент запаса (20%)

А при больших мощностях трансформатора и емкостях в фильтре с целью защиты трансформатора и мостика от колоссальных пусковых токов следует использовать т.н. схему «мягкого пуска» или «софтстарт».

Детали усилителя

Список деталей для одного канала приложен в архиве в файле «список деталей.xls»

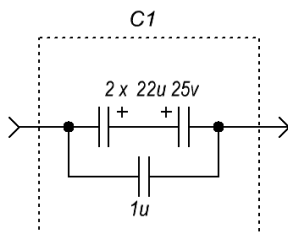
Некоторые номиналы требуют особых пояснений:

C1 – разделительный конденсатор, должен быть хорошего качества. По типам конденсаторов, используемых в качестве разделительных, существуют разные мнения, поэтому искушенные смогут сами выбрать для себя наилучший вариант оного. Для остальных рекомендую использовать пленочные полипропиленовые конденсаторы

известных брендов типа Рифа РНЕ426 и т.п., но при отсутствии таковых широкодоступные лавсановые К73-17 вполне подойдут.

От емкости этого конденсатора также зависит нижняя граничная частота, которая будет усиливаться.

В печатной плате от interlavka.narod.ru в качестве С1 предусмотрено посадочное место для неполярного конденсатора, составленного из двух электролитов, включенных «минусами» друг к другу и «плюсами» в цепь и шунтированных пленочным конденсатором 1мкф:



Лично я бы выкинул электролиты и оставил бы один пленочный конденсатор вышеуказанных типов, емкостью 1,5-3,3мкф – такой емкости достаточно для работы усилителя на «широкую полосу». В случае работы на сабвуфер, емкость требуется побольше. Тут то и можно было бы добавить электролиты емкостями 22-50мкф х 25В. Однако, печатная плата накладывает свои ограничения, и пленочный конденсатор 2.2-3.3мкф туда вряд ли влезет. Поэтому ставим 2 х 22мкф 25В+1,0мкф.

R3, R6 – балластные. Хотя изначально эти резисторы выбраны 2.7к, я бы пересчитал их на нужное напряжение питания усилителя по формуле:

$$R=(U_{\text{плеча}} - 15V)/I_{\text{ст}} \text{ (кОм)},$$

где $I_{\text{ст}}$ – ток стабилизации, мА (порядка 8-10 мА)

L1

10 витков провода 0,8мм на 12мм оправке, все смазывается суперклеем, и после высыхания внутрь вкладывается резистор **R31**

Электролитические конденсаторы **C8, C11, C16, C17** должны быть рассчитаны на напряжение не ниже, чем напряжение питания с запасом 15-20%, например, при ± 35 В подойдут конденсаторы на 50В, а при ± 50 уже нужно выбирать на 63 Вольта.

Напряжения других электролитических конденсаторов указано на схеме.

Пленочные конденсаторы (неполярные) обычно не делают рассчитанными менее чем на 63В, так что тут проблем возникнуть не должно.

Подстроечный резистор **R15** – многооборотный, тип 3296.

Под эмиттерные резисторы **R26,27,29,30** – на плате предусмотрены посадочные места под проволочные керамические **SQP** резисторы мощностью 5Вт. Диапазон приемлемых номиналов – 0.22-0.33 Ом. Хотя **SQP** – это далеко не самый лучший вариант, зато доступный.

Можно применить и отечественные резисторы С5-16. Я не пробовал, но возможно они даже будут лучше **SQP**.

Остальные резисторы – С1-4 (углеродистые) или С2-23 (МЛТ) (металлопленочные). Все, кроме указанных отдельно – на 0,25Вт.

Некоторые возможные замены:

Парные транзисторы меняются на другие пары. Составление пары из транзисторов двух разных пар недопустимо.

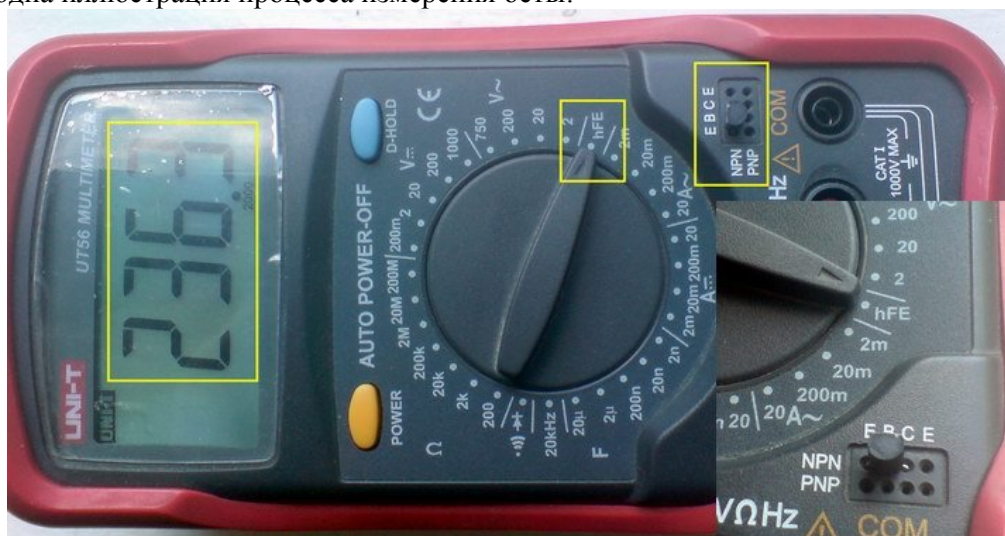
VT5/VT6 можно заменить на 2SB649/2SD669. Следует учесть, что цоколевка этих транзисторов зеркальна относительно 2SA1837/2SC4793, и при использовании их нужно развернуть на 180 градусов относительно нарисованных на плате.

VT8/VT9 – на 2SC5171/2SA1930

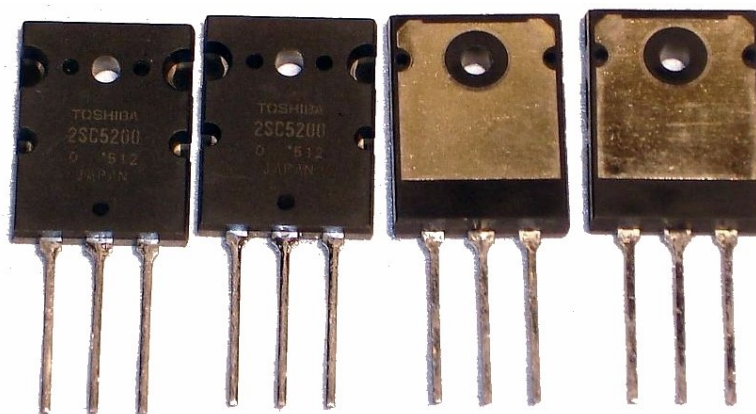
VT7 – на BD135, BD137

Транзисторы дифкаскадов (**VT1 и VT3**), (**VT2 и VT4**) желательно подобрать попарно с наименьшим разбросом беты (hFE) с помощью тестера. Точности 10-15% вполне достаточно. При сильном разбросе возможен несколько повышенный уровень постоянного напряжения на выходе. Процесс описан Михаилом (D-Evil) в ФАКе по усилителю ВП тут: <http://forum.exem.net/index.php?showtopic=5410>

Еще одна иллюстрация процесса измерения беты:



Транзисторы 2SC5200/2SA1943 являются самыми дорогостоящими компонентами в данной схеме, их часто подделывают. Похожие на настоящие 2SC5200/2SA1943 фирмы Тошиба имеют сверху два следа отлома и выглядят так:

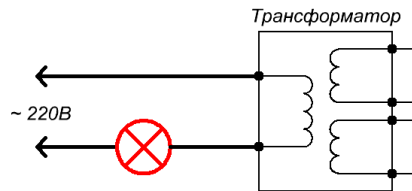


Одинаковые выходные транзисторы желательно взять из одной партии (на рисунке 512 – номер партии, т.е. скажем оба 2SC5200 с номером 512), тогда ток покоя при установке двух пар будет равномернее распределяться на каждую пару.

Первый запуск и настройка

Еще раз внимательно все проверяем, если на вид все нормально, нигде нет ошибок, «соплей», коротких замыканий на радиатор и пр., то можно приступить к первому запуску.

ВАЖНО! Первый запуск и настройку любого усилителя нужно проводить с **закороченным на землю входом**, с **ограничением тока источника питания** и **без нагрузки**. Тогда шанс спалить что-то сильно уменьшается. Самое простое решение, которым пользуюсь я – **лампа накаливания 60-150Вт**, включенная последовательно первичной обмотке трансформатора:



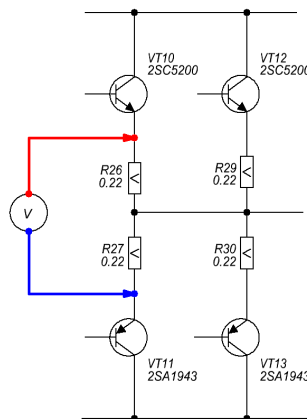
Запускаем через лампу усилитель, измеряем постоянное напряжение на выходе: нормальные значения – не более $\pm(50-70)$ мВ. «Гуляние» постоянки в пределах ± 10 мВ считается нормальным. Контролируем наличие напряжений 15В на обоих стабилитронах. Если все в норме, ничего не взорвалось, не сгорело, то приступаем к настройке.

Лампа при запуске исправного усилителя с током покоя = 0 должна кратковременно вспыхнуть (из-за тока при заряде емкостей в БП), а потом погаснуть. Если лампа ярко горит, значит что-то неисправно, выключаем и ищем ошибку.

Как уже было сказано, усилитель прост в настройке: требуется только **установить ток покоя (ТП)** выходных транзисторов.

Его следует выставлять **на «прогревом»** усилителя, т.е. перед установкой пусть поиграет некоторое время, минут 15-20. Во время установки ТП вход должен быть закорочен на землю, а выход висеть в воздухе.

Ток покоя можно узнать, измерив падение напряжения на паре эмиттерных резисторов, например на **R26 R27** (мультиметр установить на предел 200мВ, щупы – на эмиттеры **VT10** и **VT11**):



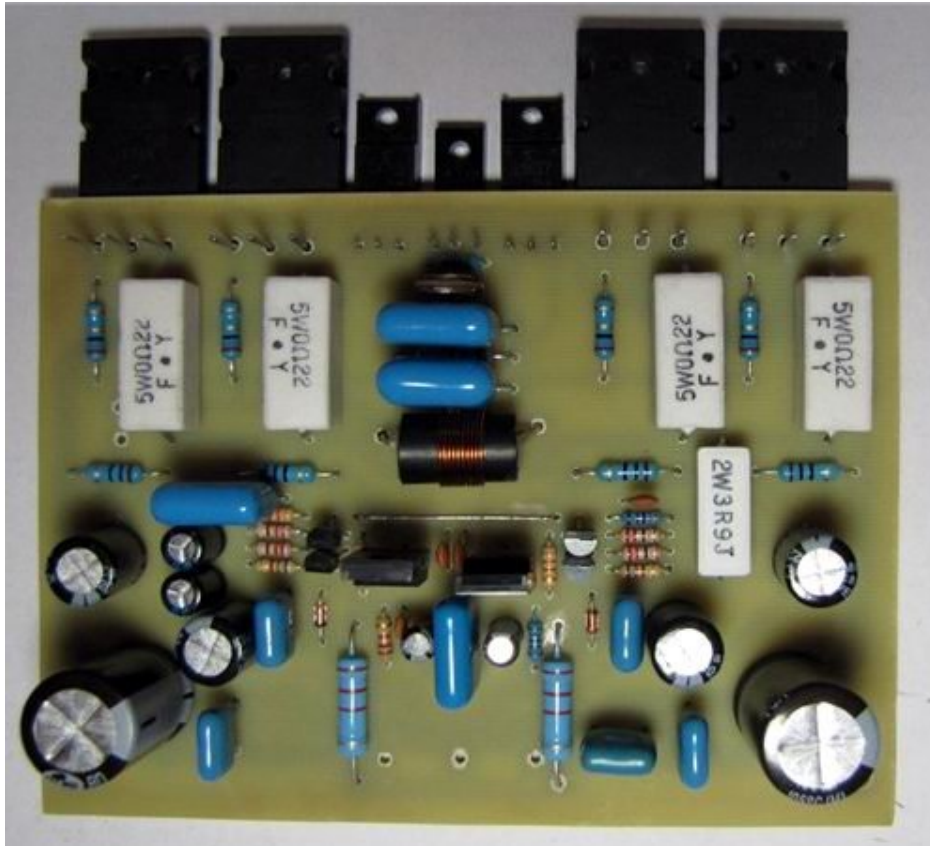
Соответственно, $I_{пок} = U_v / (R_{26} + R_{27})$.

Далее **ПЛАВНО**, без рывков крутим подстроечник и смотрим на показания мультиметра. Требуется установить **70-100мА**. Для указанных на рисунке номиналов резисторов это эквивалентно показанию мультиметра (30-44) мВ

Лампочка при этом может немного начать светиться. Проверяем еще раз уровень постоянного напряжения на выходе, если все в норме, можно подключать акустику и слушать.

Фото собранного усилителя

Собирал товарищ *RETICK*:



В этом варианте видно альтернативное расположение транзисторов для крепления платы параллельно радиатору. А также использование в качестве регулятора тока покоя однооборотного резистора. В случае отсутствия многооборотного так можно поступить, однако может возникнуть сложность с выставлением нужного тока из-за чрезмерно сильной его зависимости от угла поворота.

Другая полезная информация и возможные варианты устранения неисправностей

Самовозбуждение усилителя: Косвенно определяется по нагреву резистора в цепи Цобеля – **R28**. Достоверно определяется с помощью осциллографа. Для устранения попробовать увеличить номиналы корректирующих емкостей **C9, C10**.

Большой уровень постоянной составляющей на выходе: подобрать транзисторы дифкаскадов (**VT1 и VT3**), (**VT2 и VT4**) по «Бетте». Если не помогает, или подобрать точнее нет возможности, то можно попробовать изменять номинал одного из резисторов **R4, R5**. Но такое решение – не самое лучшее, лучше все же подобрать транзисторы.

Вариант небольшого повышения чувствительности: Повысить чувствительность усилителя (коэф. усиления) можно, увеличив номинал резистора **R14**. Коэф. усиления может быть рассчитан по формуле:

$$K_u = 1 + R14/R11, \text{ (раз)}$$

Но не стоит слишком увлекаться, так как с увеличением **R14**, уменьшается глубина ООС и увеличивается неравномерность АЧХ и КНИ. Лучше измерить уровень выходного напряжения источника при полной громкости (амплитуду) и подсчитать, какой K_u необходим для работы усилителя с полным размахом выходного напряжения, взяв его с запасом 3Дб (до клиппинга).

Для конкретики, пусть максимум, до которого терпимо поднять K_u – 40-50. Если надо больше, то делайте предусилитель.

Если возникли какие-то вопросы, пишите в соответствующую тему **на форум**.
Удачной сборки!