

SIBAUDIO-B2/2

<http://sibaudio.ru/?id=30&pid=32&cid=13>



Вступление.

Предлагаемая в этой статье схема и конструкция является развитием схемотехники предыдущих разработок. Усовершенствованы все узлы усилителя (УН, выходной каскад). Итак по порядку.

1. Краткие характеристики.

Сопротивление нагрузки - от 2х Ом,
Напряжение питания для нагрузки 2Ом - до +-35В,
для 4Ом - до +-55В,
для 8Ом - до +-65В,

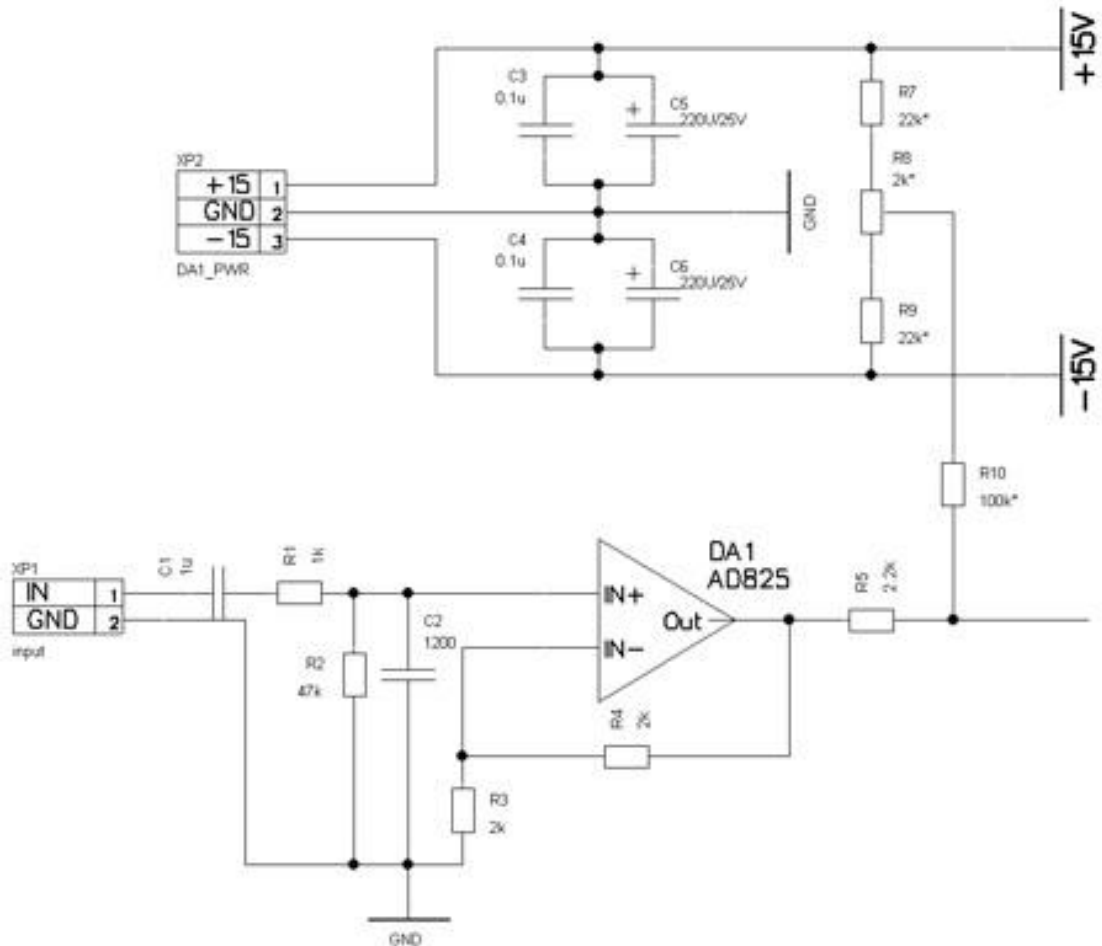
Макс мощность - 200-250Вт (на любой нагрузке, при соответствующем напряжении питания).

Рекомендуемое напряжение питания +-45-55В, нагрузка 4-8Ом.

Данные для транзисторов MJE21193/94 (ONSEMI), при применении других выходников - нагрузку и напряжение питание необходимо скорректировать с учетом ОБР транзисторов.

2. Входная часть.

Как и прежде на входе установлен повторитель на ОУ (при желании можно установить $K_{ус} > 1$). Из нововведений (забегая наперед) - теперь на плате устанавливается дополнительный разъем для питания ОУ отдельным стабилизированным источником питания. Так же установлены электролитические конденсаторы 220мкф + пленочные конденсаторы RIFA PHE426 0.1мкф. Тем самым достигается стабильность напряжения и избежание помех по питанию от выходного каскада и влияния их на входной ОУ. Схема:



Так же введена дополнительная коррекция постоянной составляющей напряжения на выходе. Это элементы R7-R10. Присутствие на выходе усилителя напряжения до 50-70мВ является некритичным, и в этом случае указанные элементы можно не устанавливать. В качестве подстроечного резистора применен многооборотный потенциометр PV36W производства MURATA.

4. Выходной каскад.

Выходной каскад реализован по зарекомендовавшей себя ранее схеме с незначительными нововведениями. На транзисторах формирующих смещение выходников и установку тока покоя резистор, подающий 15В заменен на ГСТ. На выходе применена тройка повторителей вместо двойки. В текущей версии устанавливается до 2х пар выходных транзисторов, что при установке транзисторов MJE21193/194 дает возможность получить порядка 200-230Вт на нагрузке 4-8Ом при соответствующем напряжении питания. Однако следует помнить, что для работы транзисторов в пределах ОБР напряжеине не должно превышать +-50-55В при работе на 4Ом, и +-60-65В при работе на 8Ом.

Дополнительно установлены диоды с выхода усилителя на шины питания, что позволяет несколько повысить надежность в случае импульсов напряжения, генерируемых катушками динамиков АС (VD11-VD12 на схеме). В данной реализации исключена схема защиты выходных транзисторов от перегрузок. При эксплуатации этих усилителей в течение нескольких лет она не пригодилась - главное аккуратность.

Так же, есть возможность установки датчиков тока (R85,R86,R91,R92) выходных транзисторов. Это дает возможность контролировать нагрузку на них внешним контроллером, блоком защиты и т.д. Их установка не обязательна.

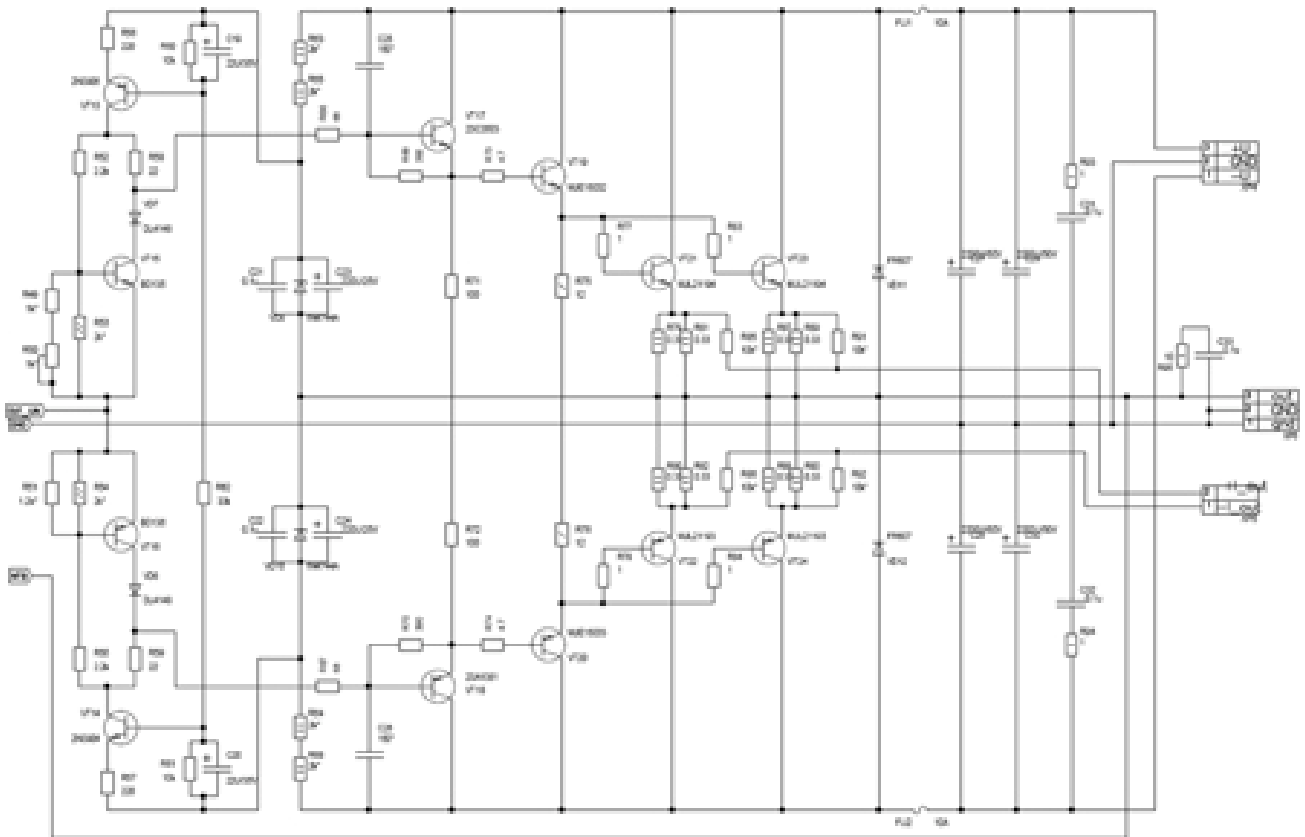
В качестве выходного каскада допускается установка следующих транзисторов:
2SC3503-2SC4793-2SC5200 (до 2х штук) - в положительном плече,
2SA1381-2SA1837-2SA1943 (до 2х штук) - в отрицательном плече.

либо набор -

2SC3503-MJE15032-MJL21194 (до 2х штук) - в положительном плече,
2SA1381-MJE15033-MJL21193 (до 2х штук) - в отрицательном плече.

Последний вариант с выходными транзисторами производства моторола является более предпочтительным и более мощным.

Схема выходного каскада:

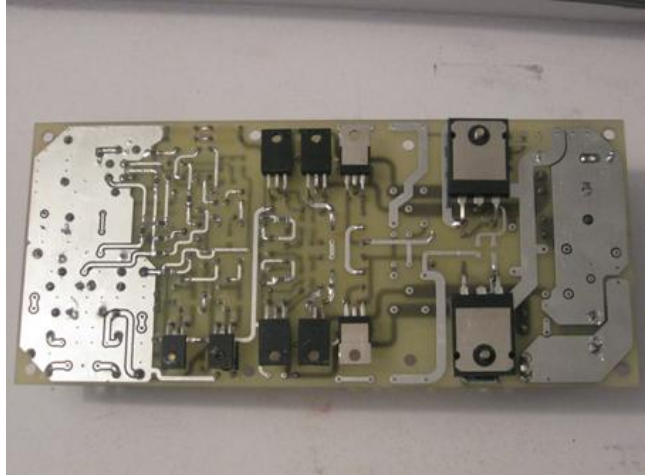
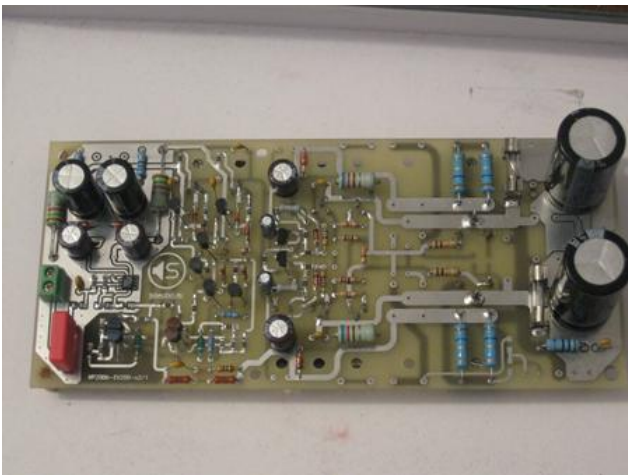


5. Конструкция и отладка.

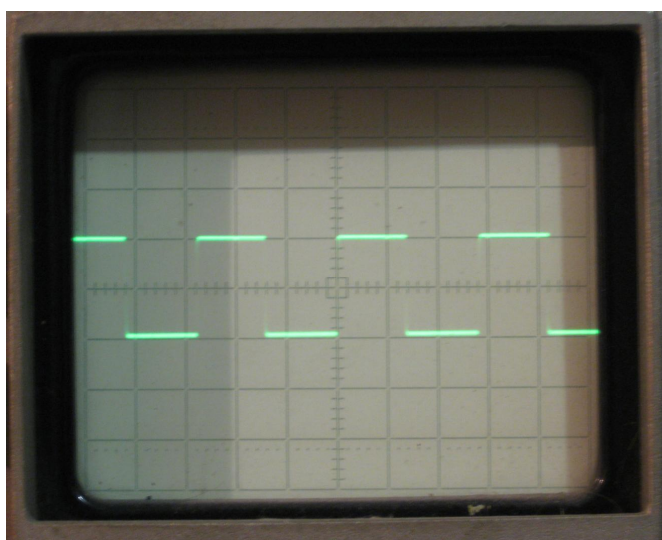
Конструктивно каждый канал усилителя выполнен в виде отдельного моноблока. Двусторонняя плата крепится непосредственно на радиатор, выходные транзисторы впаиваются в плату.

Вариант представленный ниже - рабочий макет. Размер платы 9x20см. Установлены не все элементы, показанные на схемах выше. Для упрощения входной ОУ запитан от стабилитронов, находящихся на плате, нет элементов регулировки постоянной составляющей на выходе усилителя, регулировка тока покоя осуществлена подбором постоянных резисторов, на выходе установлена одна пара выходников.

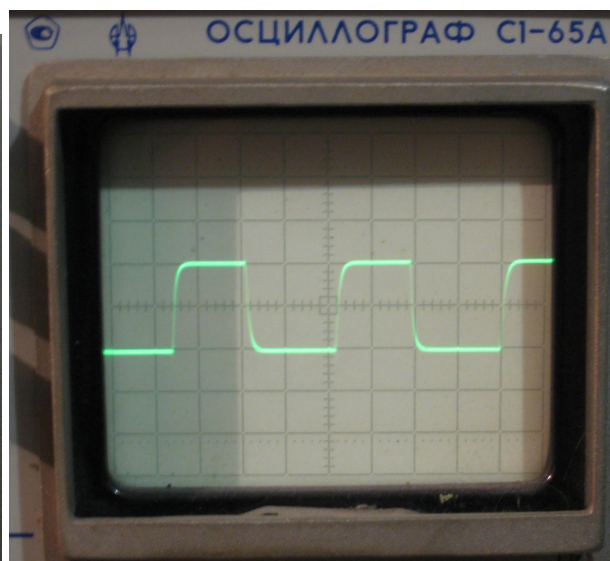
Фото первого макета:



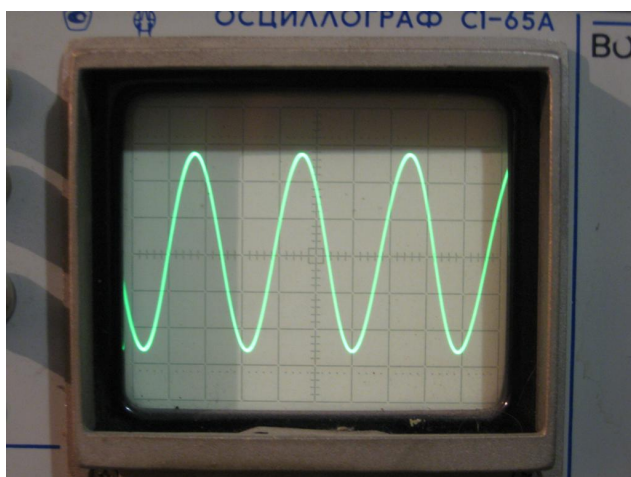
Осциллограммы:



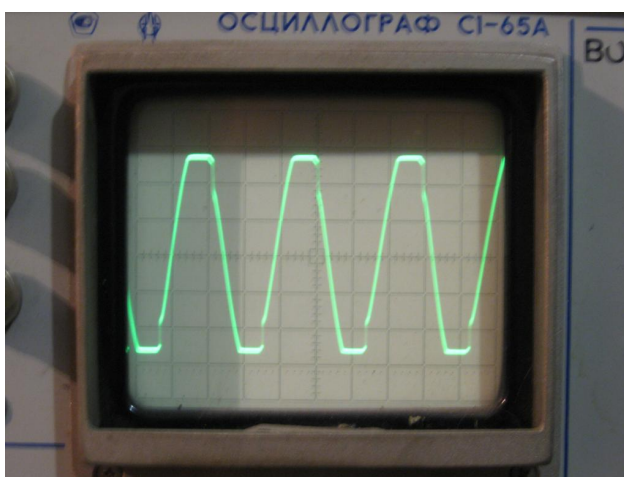
7ГГц на нагрузке 30м,



25ГГц на нагрузке 30м.



25ГГц, чистый синус, и вход/выход из ограничения.



На основании собранного и отлаженного макета - разработана усовершенствованная версия топологии. Новая плата имеет размер 7x22см. Так же использованы резисторы (мощностью до 0.125Вт) и конденсаторы (керамика NP0) смд 1206.

Главные изменения - установка транзисторов термостабилизации максимально близко от выходных. Более компактное расположение выходного каскада и УН. Что позволило на меньшей площади разместить большее кол-во компонентов (отдельное питание ОУ, по 2 конденсатора на плечо питания выходной части). В целом топология максимально оптимизирована.

Новая плата так же предназначена под заводское изготовление и имеет все прелести этого - покрытие маской, маркировка с двух сторон. Фото в конце статьи.

6. Настройка усилителя.

При заведомо исправных деталях настройка усилителя сводится к регулировке нуля на выходе (при необходимости) и установке тока покоя выходников. Итак, по порядку.

Для настройки усилителя понадобится: источник питания, источник сигнала (желательно генератор синуса и прямоугольника), мультиметр, желательны осциллограф.

Перед первым включением и настройкой усилителя, убедитесь в отсутствии ошибок в сборке. И прочитайте инструкцию до конца.

1. Перед установкой необходимо, в зависимости от напряжения питания, пересчитать номиналы гасящих резисторов - R33-R34 в УН, R63,R65,R64,R68 в выходном каскаде. Ток через стабилитроны УН можно выбрать в пределах 10-15мА, в выходной части - 20-30мА.

Для примера - при питании +50В. Номинал резисторов R33-R34 вычисляется следующим образом. $U_{пит}(50В) - U_{стаб}(15В) / 10мА = 3500Ом$, выберем ближайший стандартный номинал - 3.6кОм. Рассеиваемая мощность на каждом резисторе R33-R34 будет $(U_{пит}(50В) - U_{стаб}(15В))^2 / 3600Ом = 0,34Вт$, следовательно достаточно установить резисторы по 1Вт.

Для резисторов R63-R65,R64-R68 расчет будет следующий. $U_{пит}(50В) - U_{стаб}(15В) / 25мА = 1400Ом$. Поскольку резисторы у нас установлены попарно последовательно - номинал каждого из них будет $1400/2 = 700Ом$. Выберем ближайший номинал - 680 или 750Ом. Рассеиваемая мощность составит - $(U_{пит}(50В) - U_{стаб}(15В))^2 / 1500 = 0,8Вт$. Но так как резисторы попарно - на каждом из них будет вдвое меньшая мощность - 0.4Вт. Таким образом достаточно установить 4 одноваттных резистора.

Для других напряжений питания расчет будет аналогичный. Для примера приведу таблицу номиналов для некоторых стандартных напряжений питания:

Uпит, В	R343-R34, Ом	R343-R34, Вт	R63-R65,R64-R68, Ом	R63-R65,R64-R68, Вт
+35В	2k	1Вт	410Ом	1Вт
+45В	3k	1Вт	620Ом	1Вт
+60	4.3k	2Вт	1k	2Вт

2. Впаиваем в плату все детали кроме следующих: **R7-R10**, в зависимости от выбранного метода установки тока покоя (шаг 11), не устанавливаем либо **R53-R54** либо **R49-R51**. Если не планируется снимать значение тока через выходные транзисторы на внешнюю систему (защита, контроллер), то **R85-R86** и **R91-R92** а так же разъем **XP5** тоже не устанавливаем.

3. Назначение разъемов на плате:

XP1 - вход усилителя,

XP2 - +-15В питание входного буфера,

XP3 - +-V питание усилителя напряжения,

XP4 - +-V питание выходного повторителя,

XP5 - сигнал с датчиков тока выходных транзисторов (опционально),

XP6 - выход усилителя.

4. Первым делом подключаем питание к входному ОУ, подаем сигнал на вход и проверяем наличие сигнала на выходе опера - нога 6 микросхемы. Проверить желательно осциллографом, но при его отсутствии сойдет и простейший вольтметр переменного напряжения. При указанных на схеме номиналах Кус опера =2. При необходимости можно изменить подбором резистора **R4**. Убедившись что буфер у нас работает - переходим к проверке УН.

5. При проверке и при обычной работе транзисторы VT11-VT12 должны быть установлены на небольшие теплоотводы. Так же допускается установка на общий радиатор, как на приведенных выше фото.

6. Подключаем питание к усилителю напряжения (разъем **XP3**) соблюдая полярность. Для проверки УН необходимо временно переключиться ООС с выхода усилителя на выход УН. Проще всего это сделать зажав перемычку с точки соединения коллекторов VT11-VT12 к точке соединения R79-R80. Подаем сигнал на вход усилителя (сначала минимального уровня, затем плавно увеличивая до примерно 0.5-1В), осциллографом либо мультиметром контролируем сигнал на выходе УН, это **точка соединения коллекторов VT11-VT12**. Тем временем можно проверить потребляемый от источника питания ток, должно быть порядка 50мА, плюс минус. Убедившись в работоспособности УН снимаем, установленную ранее перемычку в цепи ООС, и переходим к выходному каскаду.

7. Первое включение в сборе целесообразно провести с включенной в разрыв первичной обмотки силового трансформатора лампочкой, мощность ее 150-200Вт. Тем самым в случае замыканий или повышенного потребления - лампа ограничит максимальный ток в нагрузке, и сослужит роль сигнала аварии - засветившись.

8. Устанавливаем плату усилителя на радиатор, если это еще не было сделано. Мы выберем настройку тока покоя с помощью подстроечного резистора **R50**. Предварительно движок должен быть установлен в положение **максимального сопротивления**. Подключив питание к всем узлам усилителя необходимо проконтролировать потребляемый от источников ток. Он должен находиться в пределах 40-60мА суммарно.

9. Необходимо проконтролировать наличие постоянного напряжения на выходе усилителя. Его уровень до 50-100мВ является не критичным. И в этом случае переходим к следующему шагу. В случае наличия постоянки до 300-500мВ необходимо его скорректировать. Для этого впаиваем резисторы R7-R10. Начальное положение движка R8- среднее. И плавным вращением R8 добиваемся нуля на выходе усилителя.

10. Подав сигнал на вход усилителя и плавно его увеличивая до 0.5-1В контролируем сигнал на выходе. Лучше всего это делать осциллографом, но сойдет и простой мультиметр. Убедившись, что сигнал на выходе присутствует, что потребление тока от источников питания не выходит за пределы разумного необходимо настроить ток покоя выходного каскада.

11. Закоротив вход усилителя, контролируем напряжение между эмиттерами любой пары выходных транзисторов, например VT21-VT22. **Плавным вращением движка R50** необходимо установить ток равный 100-150мА. Ток вычисляется как U/R . Где U - напряжение между эмиттерами, R- суммарное сопротивление цепи R79-R82. При указанных на схеме резисторах номиналах для 100мА тока - напряжение должно составлять 33мВ. Еще раз убедимся на наличие постоянки на выходе, при необходимости подстроим резистором R8.

11.1 Если вы хотите установить ток покоя с помощью подбора постоянных резисторов, делаем так. Впаиваем R53-R54, начальный номинал примерно 2кОм. При этом, как выше сказано **R49-R51 устанавливать не нужно**. Измеряем ток покоя, далее плавным подбором в сторону уменьшения R53-R54 - добиваемся необходимого уровня тока. У меня получилось примерно по 880Ом каждый резистор. Но это зависит от конкретных экземпляров примененных транзисторов. **Уменьшать номинал необходимо плавно, небольшими шагами. Т.к. в определенный момент ток возрастает скачкообразно. Будьте внимательны!**

12. При наличии осциллографа желательно убедиться в правильной форме сигнала при наступлении/окончании ограничения на выходе, в симметричности полуволн. А так же то же самое на нагрузке в виде резистора 4-10Ом. При этом, чем выше будет сигнал на выходе и меньше сопротивление нагрузки - сильнее должна загораться лампочка, включенная в разрыв первички трансформатора (мы ее еще не отключили).

13. Подключаем АС, слушаем музыку. При этом опять же наблюдаем за лампой. Убедившись, что все работает, проверив еще раз режимы (ток покоя и постоянку на выходе) на "прогретом" усилителе, можно отключить лампочку.

14. Ну и финальный шаг - слушаем свои любимые записи на новом, собственноручно изготовленном усилителе и радуемся 😊 .

7. Детали и аналоги.

1. Конденсатор С1 допустимо ставить любой качественный, подходящий по размерам.
 2. На входе допустимо применять любой ОУ, со стандартным расположением ног в корпусе SOIC8.
 3. Транзисторы КТ502-КТ503 можно заменить парой BC546-BC556.
 4. В качестве VT11-VT12 и VT17-VT18 допустимо применить KSE340-KSE350 (MJE340-MJE350).
 5. В качестве выходных транзисторов можно поставить связку 2SA1837/2SC4793-2SA1943/2SC5200. Но моторолы 21193-94 более предпочтительны, но и дороже.
 6. Конденсаторы по шинам питания - любые электролиты, как можно качественнее из доступного, подходящие по размеру. Желательно с низким импедансом.
 7. Конденсаторы 0.1мк по питанию - любая качественная пленка.
 8. Диоды VD5-VD6 допустимо заменить на быстрые 1N4934-1N4937.
-

8. Замечания и дополнения.

После сборки и полной настройки предложенного усилителя на различных вариантах транзисторов появились некоторые замечания и дополнения.

1. При использовании в выходной каскаде высокочастотных транзисторов (например, 2SA1943-2SC5200) резисторы в цепи базы (R77,R78,R83,R84) необходимо увеличить до 4.7-100 Ом в целях обеспечения устойчивости выходного каскада. Так же резисторы в базах предвыходных транзисторов (R73,R74) необходимо увеличить до 22 Ом.

2. Так же в случае неустойчивости выходного каскада необходимо установить конденсаторы C25,C26 емкостью 30-100 пФ (подобрать).

3. Транзисторы в источниках тока схемы установки и стабилизации тока покоя (VT13,VT14) в случае возникновения подвозбудов при ограничении сигнала на нагрузке 4-5 Ом желательно заменить на 2N5551,2N5401 соответственно полярности.

4. В дополнение к корректирующей цепи R95,C33 желательно установить цепь из катушки индуктивности и параллельного ей резистора, в нашем варианте эта цепь установлена на плате защиты (элементы L1,R1,R3,C3)

4. При использовании низкочастотных выходных транзисторов (MJL21193-194) - дополнительные корректировки не требуются.

Данную конструкцию усилителя желательно дополнить системой защиты АС от постоянного напряжения и задержкой подключения нагрузки к усилителю. Данное устройство подробно описано <http://sibaudio.ru/?id=30&pid=32&cid=2>.

Все вопросы и предложения можете присылать на e-mail evgeniy_veris@mail.ru.

Материал находится в стадии редактирования, статья будет дополняться. Следите за обновлениями.

Полная версия и последние обновления можно посмотреть на сайте.
