

ВВЕДЕНИЕ

Итак, все-таки решил взяться за клавиатуру компа и обсудить этот классный усилитель. Надеюсь, не наврал в схеме.

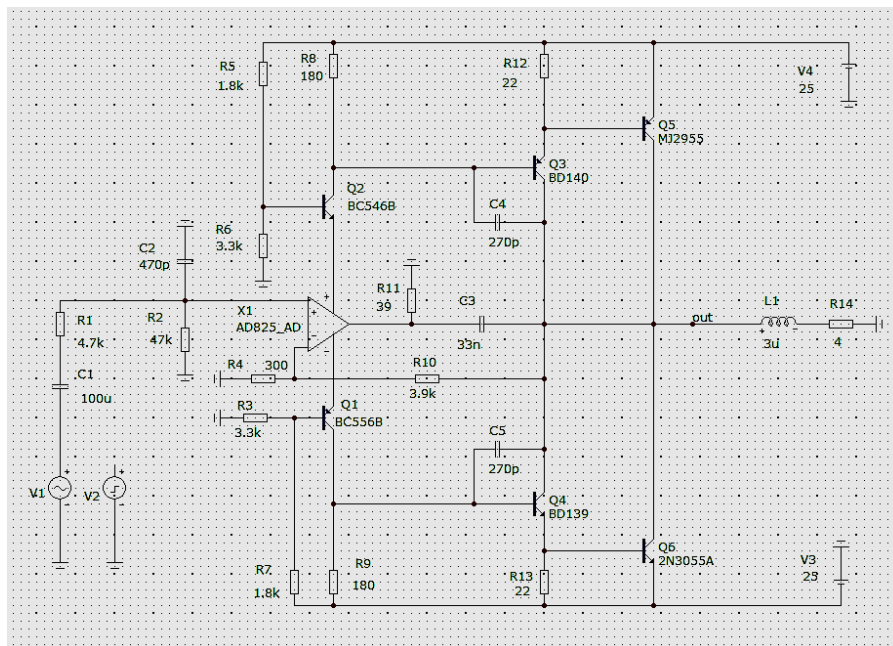


Рисунок 1 Схема усилителя.

Транзисторы MJ2955 и 2N3055A выбраны как наиболее подходящая комплементарная пара для замены KT818/819. ОУ AD825 выбран довольно случайно, просто на него имелась модель в СИМе. Однако в процессе моделирования выяснилось, что выбор оказался весьма удачен, поскольку некоторые параметры, присущие этому оперу, оказались весьма критичными для работы всего усилителя.

Сначала немного теории. Основные претензии к этому усилителю – повышенная неустойчивость, которая проявляется в перегреве транзисторов, сгорании их же, ну и, в общем, некоторыми странностями в работе. Неустойчивость в данном случае совершенно не означает, что усилитель обязательно загенерит при включении. Совершенно нет, что подтверждают многочисленные поклонники данного устройства, изготовившие его. Однако надо понимать, что приступая к его изготовлению в конце рискуем получить большой барабум, взявшийся, казалось бы, абсолютно ниоткуда.

Предпосылкой такого предварительного вывода могут служить следующие соображения, пока без расчетов.

1. В схеме имеются как минимум два действующих полюса: первый – это полюс операционника, второй – полюс выходного транзисторного усилителя, в образовании которого принимает участие конденсатор C3. Кроме того, возможно влияние еще нескольких полюсов: третьего, с конденсаторами C4, C5, и четвертого, который может подняться из-за влияния к-та усиления выходного каскада.
2. К-т усиления всего усилителя составляет всего 13. Возможно, ничего страшного, но чем меньше усиление, тем сильнее вылезают всяческие неприятности. Особенно если нарушено необходимое взаимное расположение полюсов.

Для облегчения себе жизни при анализе очень хочется провести некоторые упрощения.

1. Через эмиттерно-базовые переходы транзисторов Q2, Q1 и резисторы в их базах по цепям питания ОУ присутствует обратная связь. Для ее минимизации при симулировании резисторы удаляем, а базы подвешиваем на идеальные источники постоянного напряжения.
2. Конденсатор C2 заваливает АЧХ входного сигнала до начала обработки его усилителем. Может быть, это хорошо для всего усилителя, но его наличие маскирует те эффекты, которые я хочу представить на суд зрителей. Удаляем.
3. Конденсаторы C3, C4. Их наличие не совсем понятно. Возможно, предназначались для коррекции, типа «...обеспечивающие коррекцию на "опережение"». Но, разберем «на пальцах». Верхняя и нижняя полуволны работают поочередно. Предположим, на выходе усилителя появляется положительный импульс напряжения с крутым фронтом. Тогда конденсатор C4 начинает заряжаться током с выхода усилителя через резистор R9/базу Q4 на минус источника питания. При этом Q4 открывается базовым током и открывает Q6. В Q6 появляется ток, которого там не должно быть, т.е., сквозной.

Сказанное иллюстрирует Рис.2. Картинка сверху – начало выходного импульса. Снизу – токи через выходные транзисторы. Зеленым – через нижний, красным – через верхний. Как видим, через нижний транзистор в начале импульса имеется несанкционированный ток, величина которого достигает 4,6 А, который, в свою очередь, настолько же увеличивает ток верхнего транзистора. Длительность паразитного импульса тока определяется временем заряда конденсатора и составляет порядка 7 мкс. Напряжение импульса в момент максимума сквозного тока составляет порядка 20В.

Маленький расчет. Мгновенный ток через нижний транзистор составляет 4,6В. Напряжение на нем же $20+25=45\text{В}$. Пиковая мощность, рассеиваемая в транзисторе $4,6\text{А} \cdot 45\text{В} = 207\text{Вт}$. Учитывая, что тепловое сопротивление кристалл/корпус для выбранных транзисторов составляет 1,5 К/Вт, можно посчитать температуру кристалла в этот момент (температуру корпуса примем 25 град С): $207 \cdot 1,5 + 25 = 310,5 + 25 = 335,5$ град. Для выбранных транзисторов предельная температура 200 град. Таки не знаю, выдержит ли транзистор. Хорошо, что осциллограммы смотрим в симе. Попытка такого тестирования на железе привела бы к выходу усилителя из строя.

На Рис. 3 без этих конденсаторов никаких посторонних токов нет. Теория блестяще подтвердилась практикой.

Безжалостно ликвидируем конденсаторы C3, C4.

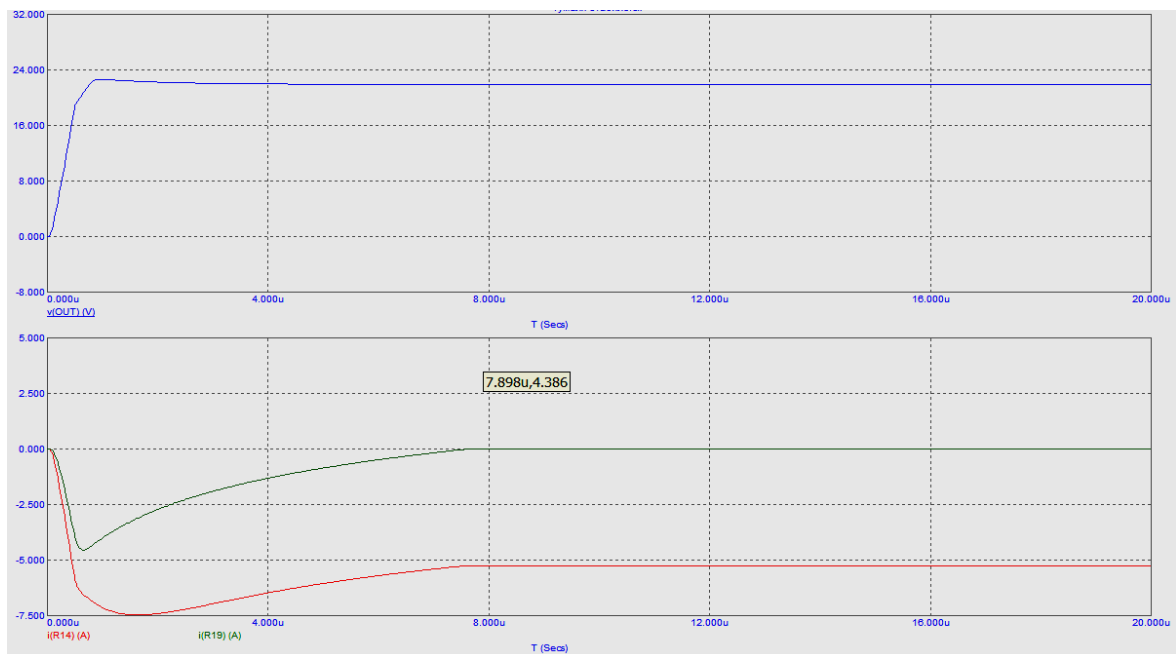


Рисунок 2 Эпюры выходного напряжения и токов выходного каскада.

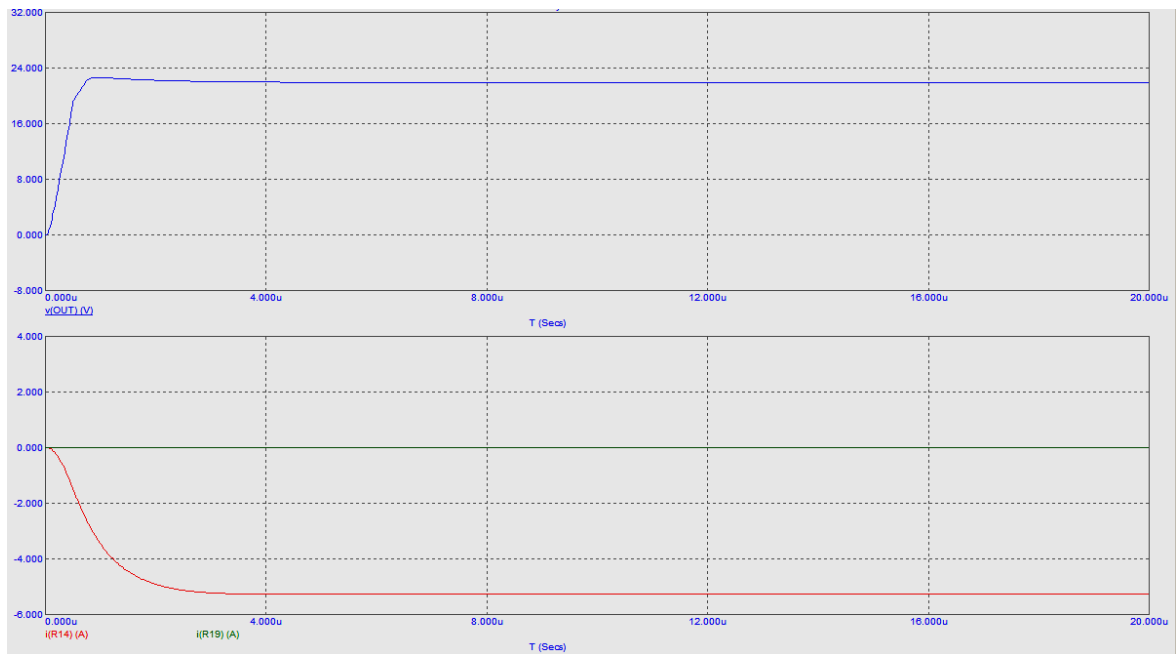


Рисунок 3 Эпюры выходного напряжения и токов выходного каскада без конденсаторов C3, C4.

В результате получилась вот такая схемка, с которой можно дальше удобно работать.

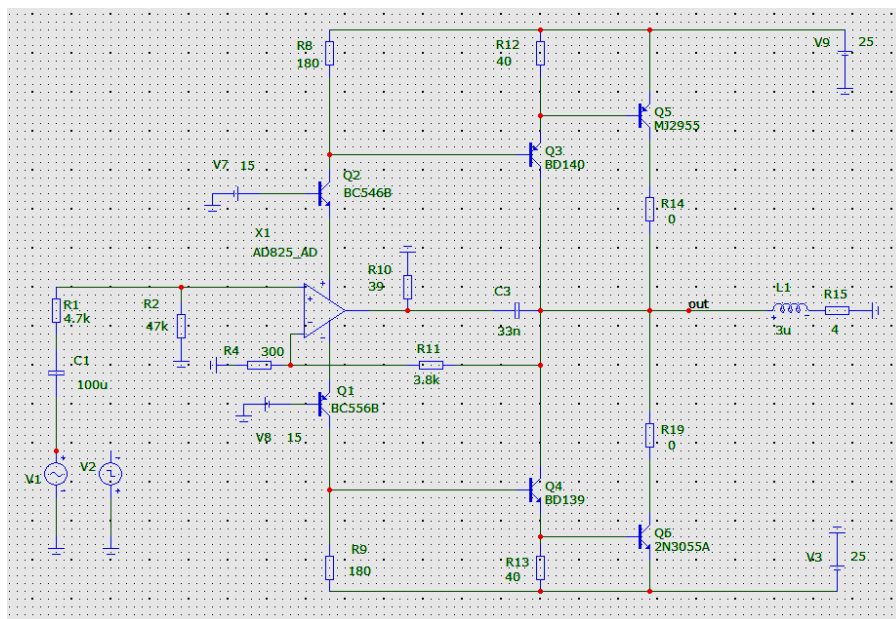


Рисунок 4 Схема усилителя для моделирования.