

Гибридный усилитель мощности на базе повторителя Andrea Ciuffoli

Илья Липавский, г. Кирьят Ата, Израиль

В статье описывается гибридный усилитель, выходной каскад которого - это усилитель мощности на базе повторителя Andrea Ciuffoli [1], а предварительный каскад выполнен на лампе - двойном триоде.

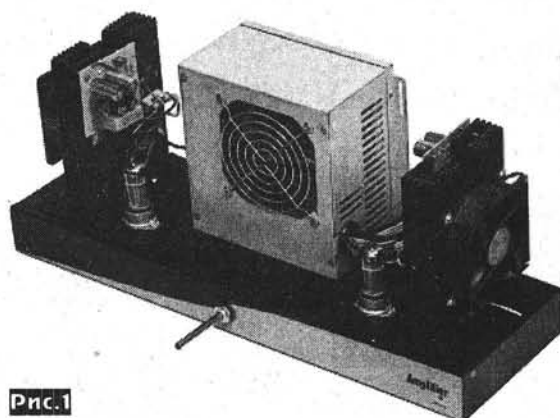


Рис.1

Этот усилитель я решил собрать после почти года эксплуатации гибридного усилителя, описанного в [2], и попыток собрать и послушать усилитель с выходным каскадом на лампах.

У меня имелось несколько ламп 6X600WA, усилитель класса А на них развивал мощность всего в несколько ватт. В классе АВ удалось получить около пяти ватт. Для раскачки выходного каскада требовалось напряжение амплитудой около сорока вольт, а это требовало применения высоковольтного источника питания. Трудности с поисками трансформаторов для полностью лампового усилителя и проведенные предварительные замеры параметров заставили отказаться от идеи построения чисто лампового усилителя.

Я решил проверить, можно ли улучшить объективные технические параметры гибридного усилителя, особенно КНИ на высоких частотах, о значительной величине которого я говорил в [2].

Как всегда, усилитель должен был быть собран из доступных деталей. Внешнему виду усилителя не уделялось особого внимания, хотелось проверить его функциональные возможности, поэтому он выглядит скорее, как макет (рис. 1).

Основной трудностью при конструировании усилителя оказался блок питания. Попытки найти два трансформатора, способные отдавать ток в 3-3.5 ампера при напряжении 30-35 вольт закончились неудачей. После недолгих размышлений,

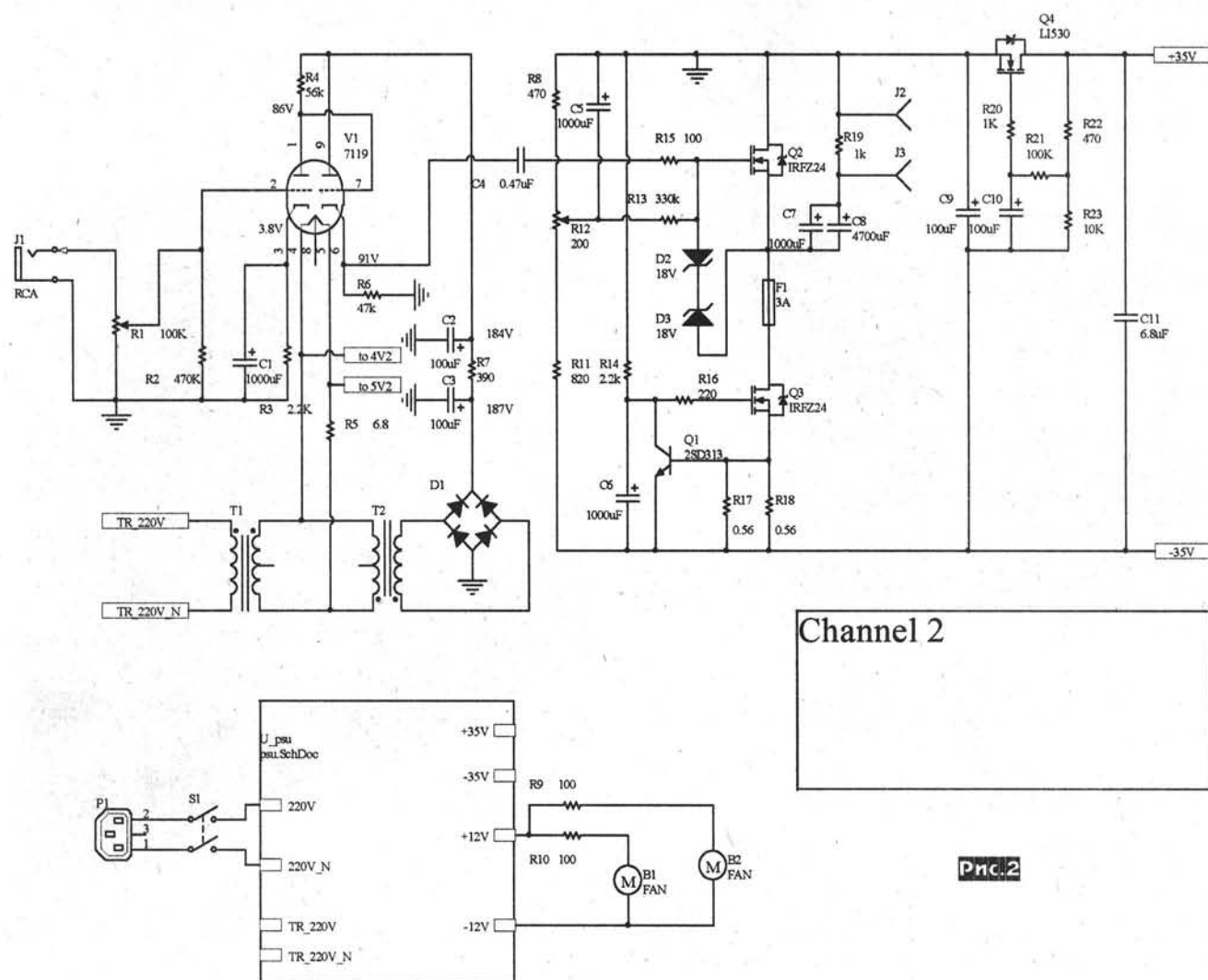


Рис.2

решил питать усилитель от компьютерного блока питания. Те, кто считает, что питать усилитель от импульсного блока питания нельзя, могут дальше не читать, а сначала побороться со своими предрассудками.

Схема усилителя приведена на **рис. 2**. Выходной каскад — это повторитель Andrea Ciuffoli [1]. Изменения номиналов резисторов и конденсаторов связаны с имевшимися у меня деталями. Преднамеренно увеличил только R13, чтобы входное сопротивление каскада стало больше. Ещё изменен номинал R22, чтобы уменьшить падение напряжения на Q4, в качестве которого использован транзистор LI530. Падение напряжения на этом транзисторе минимальное, из испробованных мной. Полевые транзисторы Q2 и Q3 в корпусах TO220. Опробованы были транзисторы с малой входной ёмкостью (Ciss), как-то IRFZ24 (Ciss=600 пФ), IRLZ24 (Ciss=870 пФ), NDP4050L (Ciss=510 пФ), P20N06 (Ciss=650 пФ). Все эти транзисторы показали одинаково хорошие результаты.

Конструктивно сам повторитель собран на двух радиаторах, которые скреплены между собой вентилятором. Все не-

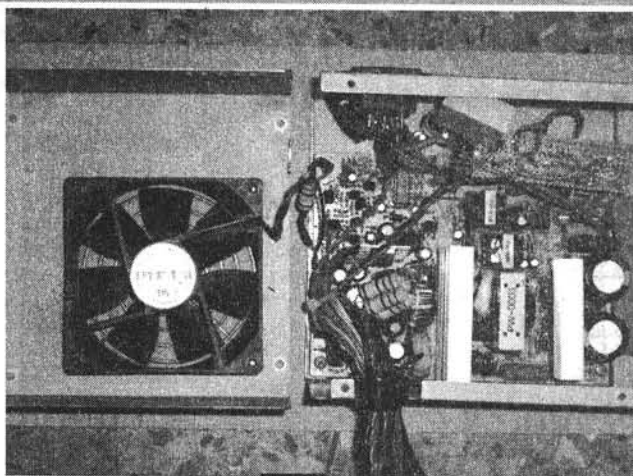


Рис.5

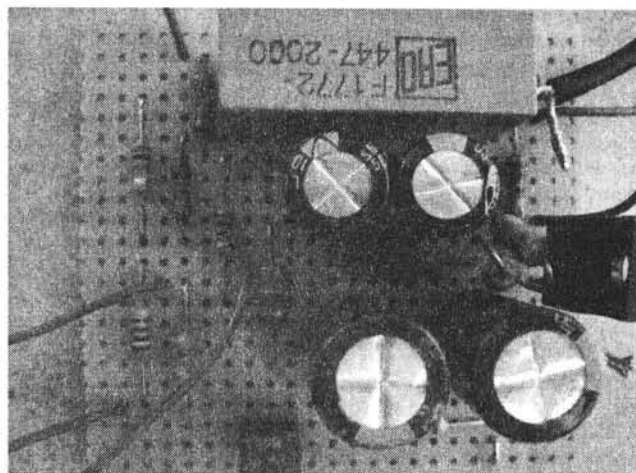


Рис.3

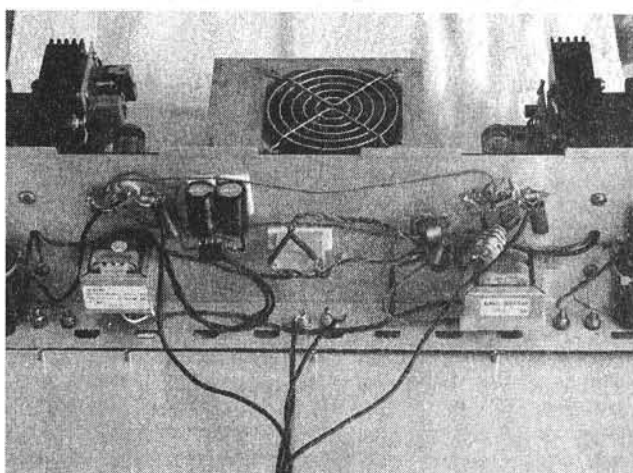


Рис.6

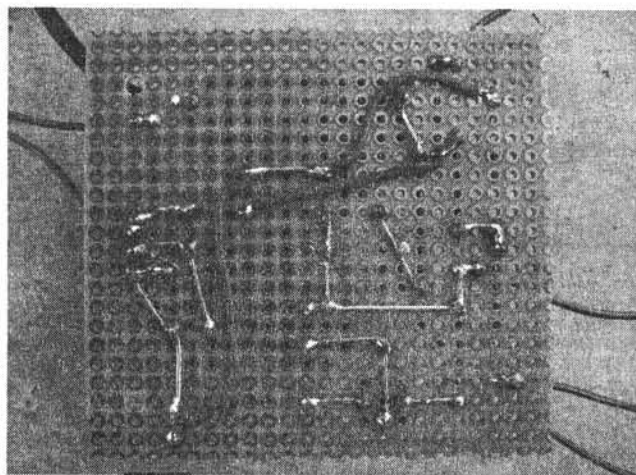


Рис.4

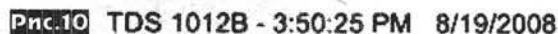
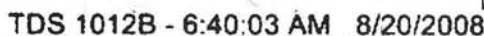
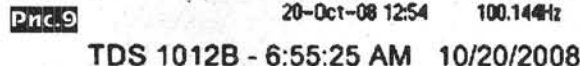
большие детали установлены на макетной плате (**рис.3, 4**). Два таких блока установлены на шасси. Сверху на шасси установлен также переделанный блок питания от компьютера. На **рис.5** показан блок питания в открытом виде.

В подвале шасси установлены два маломощных трансформатора 220 вольт на 2 x 9 вольт, от которых питаются цепи накалов и анодов ламп (**рис.6**).

В качестве усилителя напряжения (драйвера) первоначально предполагалось использовать SRPP на двойном триоде 7119 фирмы Amperex ($S=15 \text{ mA/V}$, $\mu=24$) **рис.7**. Однако, эксперимент показал, что его выходное сопротивление недостаточно мало (около 900 Ом) и искажения всего усилителя на высоких частотах неприемлемо велики. Применение усилителя с резистивной нагрузкой и катодного повторителя полностью ре-

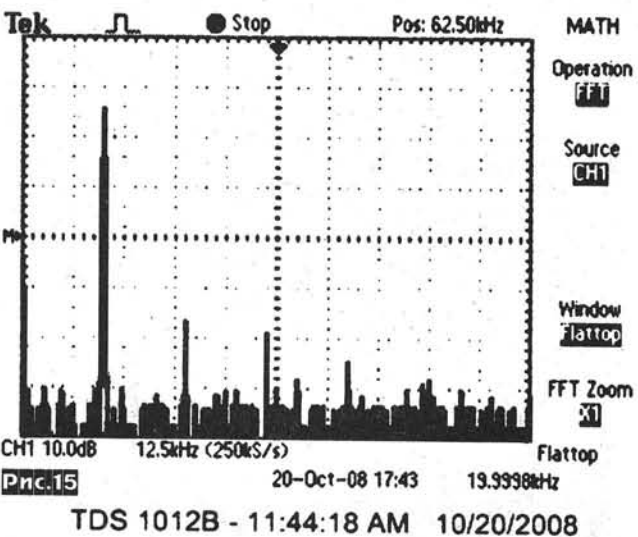
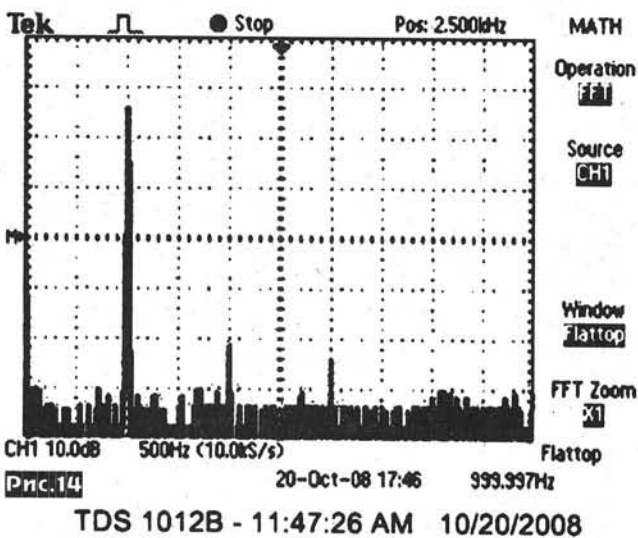
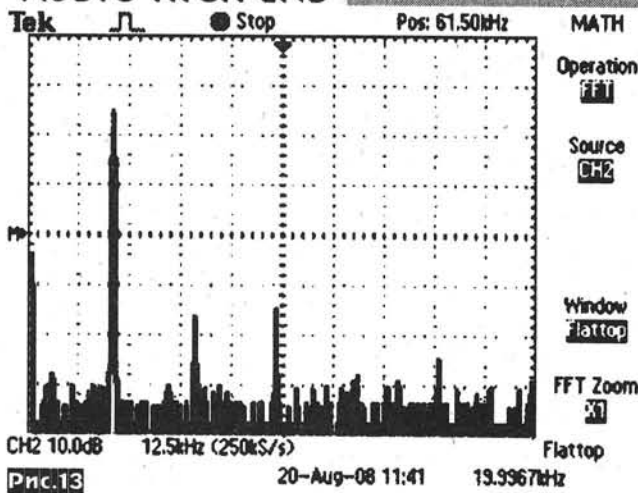


Рис.7

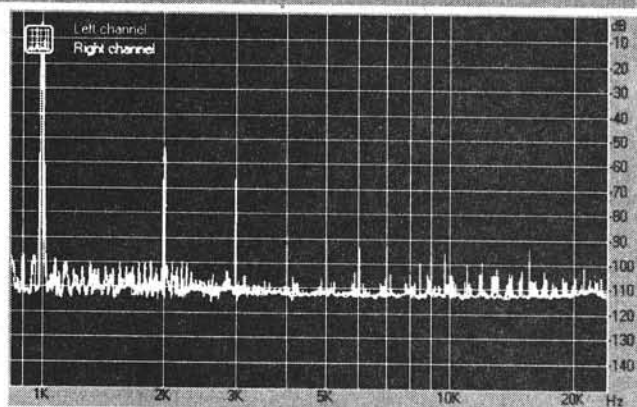


Блок питания переделан следующим образом. К обмотке трансформатора, от которой получается 5 вольт для питания компьютера, подключен удвоитель напряжения (**рис. 8**). Дроссель L1 применен также от компьютерного блока питания. Его обмотка содержит один слой провода диаметром 1 мм на фер-

выходное. Для этого последовательно с сетью включен резистор R24. При его номинале, указанном на схеме, выходное напряжение под нагрузкой равно 35 вольтам, без нагрузки - 53 вольта. Провода, по которым подаются напряжения питания выходного каскада и сети 220 вольт, пропущены через ферритовые кольца. Величина и форма пульсаций напряжения питания повторителя изображены на **рис. 9**.



Что показали испытания. Ток потребления одного канала усилителя при указанных на схеме номиналах - 2 ампера. После выставления потенциометром симметричного ограничения выходного напряжения на нагрузке 8 Ом, был измерен КНИ выходного каскада. Источником сигнала служил 20 MHz Pulse/Function Generator 8021, позволяющий получить выходное напряжение до 15 вольт (ампл). На **рис. 10, 11 и 12, 13** показаны нелинейные искажения на частотах 1 и 20 кГц самого генератора и общие - усилителя и генератора, соответственно. Как видно, коэффициент второй гармоники на частоте 1000



герц и на 20 кГц не превышает 0.6%, а третья гармоника на 1 и 20 кГц не превышает 0.5%.

На **рис. 14 и рис. 15** показаны спектры всего усилителя на частотах 1 и 20 кГц соответственно. Источником сигнала служил Or-x 662 - 50 MHz Arbitrary Function Generator. Его собственные искажения при выходном напряжении 0.73 вольта амплитуды (чувствительность усилителя) намного меньше искажений усилителя. Как видно, КНИ во всём диапазоне частот менее 1%.

Мощность - 10 ватт. Амплитудно-частотная характеристика усилителя во всём звуковом диапазоне абсолютно линейна. Проверку фона удобно провести на слух, подключив на выход усилителя наушники. Фон в наушниках не слышен вообще.

Звучание усилителя в тех же условиях, что и лампо-поле-биополярного усилителя [2], оказалось лучше. Не буду приводить словесное описание, как не вполне объективное. Просто, подтвердилось то, что при прочих равных условиях лучше звучит усилитель, у которого технические характеристики выше (см. дополнение ниже).

Детали для усилителя особо не подбирались. Единственно, переходной конденсатор С4 проверялся на отсутствие «пения». Для этой проверки конденсатор следует подключить к генератору и, изменяя частоту последнего в пределах 1-5 кГц убедиться, что конденсатор не издает звук. Как наличие «пения» сказывается на качестве звука, я не знаю, но конденсаторам «петь» не положено. Этот вопрос обсуждался на форуме аудиопортала.

Наличие зеннеров D2 и D3 обязательно, по крайней мере, на этапе макетирования. Иначе есть большие шансы повреждения полевых транзисторов. Зеннеры могут применяться с напряжением 18 - 22 вольт.

Небольшое отступление. Хотелось сравнить звучание этого усилителя с чисто ламповым. Однако, конструкторы и владельцы ламповых усилителей под разными предлогами так и не дали согласия на это. Технические параметры их ламповых усилителей тоже являются тайной. Только оценки на слух. Может, так и надо? ?

Дополнение. Продолжая экспериментировать, я вместо двух транзисторов 1Л530 в фильтре питания каждого канала поставил один более мощный 1РР460 на оба канала. Падение напряжения на нём 5.5 вольт. Переделал входной каскад лампо-поле-биополярного усилителя [2] по схеме усилителя с резистивной нагрузкой и катодного повторителя, входная лампа та же, что и была первоначально - ЕСС88. Нелинейные искажения на высоких частотах резко уменьшились (**рис. 16**). Звучание обоих усилителей практически не отличается.

Приборы, применявшиеся в процессе настройки и проверки параметров усилителя: 20 MHz Pulse/Function Generator 8021. Or-x 662 - 50 MHz Arbitrary Function Generator. Tektronix TDS 1012B Oscilloscope.

Ссылки:

1. <http://www.audiodesignguide.com/PowerFollower/index.html>
2. Радиолюбитель №5, 2007, с.54.