

Кремний-германиевый усилитель мощности Lynx PA91

Работа над проектом полноценного усилителя мощности на основе германиевых транзисторов была начата мною достаточно давно, практически сразу по завершении проекта «ушного» усилителя Lynx HPA51, который, «по совместительству» мог выполнять функции не только усилителя мощности для стереотелефонов, но и обычного УНЧ для низкоомной нагрузки типа акустических систем. Ряд положительных отзывов об этом устройстве именно для его режима работы с АС и привел меня к мысли разработать именно «полноценный» усилитель мощности с использованием германиевых транзисторов.

В ходе исследований были опробованы несколько схемотехнических решений, как полностью германиевых, так и с применением кремниевых транзисторов в ряде каскадов. В результате сравнения нескольких макетов, я выбрал схему с применением кремниевого ПТ во входном каскаде и германиевых транзисторов в остальных. С целью упрощения устройства и гарантированной безопасности АС при возможных выходах из строя выходных транзисторов, было решено отказаться от двуполярного питания и использовать конденсаторную связь выхода усилителя с нагрузкой. Такое решение одновременно существенно снизило требования к величине смещения и дрейфа постоянного потенциала на выходе устройства и позволило отказаться от специальной системы защиты АС, оставив только обычное реле времени задержки подключения нагрузки. Для снижения уровня искажений и фона (с учетом использования однополярного питания), а также для повышения надежности работы относительно низковольтных германиевых транзисторов при колебаниях напряжения сети, питающее напряжение стабилизировано.

Основные технические характеристики усилителя:

1. Номинальная выходная мощность, Вт, на нагрузке
а. 4 Ом 10
б. 8 Ом 6.3
2. Суммарный коэффициент нелинейных искажений при номинальной выходной мощности, % ≤ 0.05
3. Суммарный коэффициент нелинейных искажений при выходной мощности 1 Вт, % ≤ 0.01
4. Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс ≥ 10
5. Малосигнальная полоса частот при неравномерности АЧХ не более 3дБ, Гц 4 - 350000
6. Уровень собственных шумов, дБ, относительно входного сигнала, соответствующего номинальной выходной мощности ≤ -110
7. Номинальное входное сопротивление, МОм 1
8. Номинальное входное напряжение, В 1

Принципиальная электрическая схема усилителя Lynx PA91 приведена на рис.1.

Входной каскад выполнен на малощумящем полевом транзисторе VN1 типа КПС 104Г (оба транзистора сборки включены параллельно), в цепь истока которого заведена общая ООС, причем цепи ОС по переменному и постоянному току разделены. Основное усиление сигнала обеспечивает каскодный усилитель напряжения на транзисторах VT2.1-VT2.2 из состава сборки

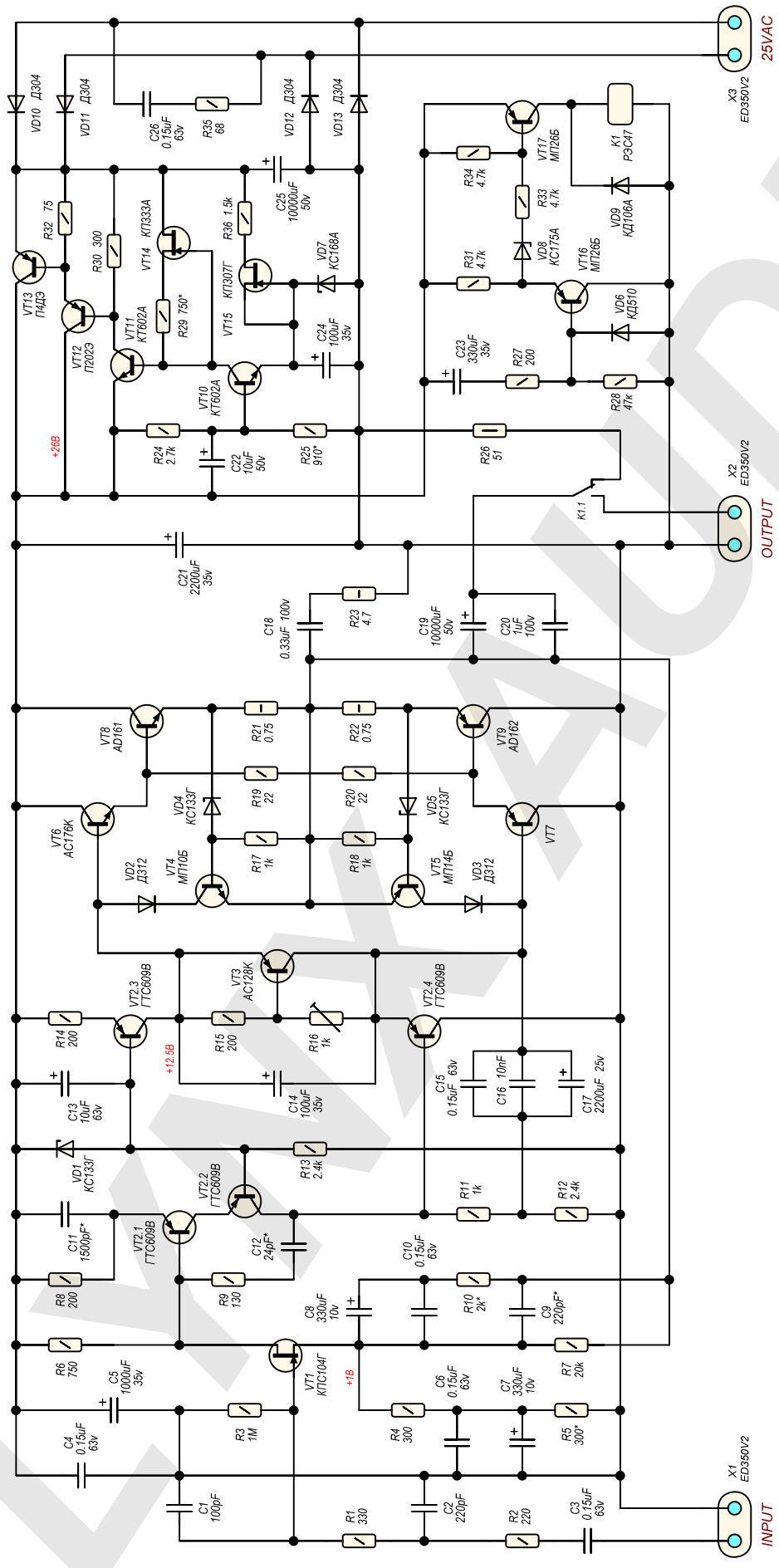


LYNX
AUDIO

Усилитель мощности Lynx PA91

26.01.2020

Рис.1



ГТС609. Для получения максимального коэффициента усиления УН используется цепь ПОС с выхода буферного эмиттерного повторителя на транзисторе VT2.4, режим работы которого определяется ГСТ на транзисторе VT2.3. Выходной каскад выполнен по схеме комплементарного эмиттерного повторителя на транзисторах VT6 -VT9 и принципиальных особенностей не имеет. Ток покоя и температурная стабилизация осуществляются стандартным регулируемым термозависимым источником опорного напряжения на транзисторе VT3, а защита от короткого замыкания в нагрузке выполнена по принципу ограничения максимального коллекторного тока транзисторов выходного каскада с помощью ограничителя шунтирующего типа на транзисторах VT4, VT5. Благодаря нескольким цепям обратной связи и тщательно подобранной коррекции, усилитель обладает достаточно высокой (для устройств на германиевых транзисторах) скоростью нарастания выходного напряжения (более 10В/мкс), широкой полосой пропускания (более 350кГц в малосигнальном режиме), хорошей устойчивостью и гладкой переходной характеристикой (рис. 7). Следует помнить, что при настройке усилителя нельзя подавать на вход сигнал частотой выше 10кГц полной амплитуды – из-за низкой граничной частоты выходные транзисторы не успевают закрываться и возникает сквозной ток выходного каскада, приводящий к его выходу из строя. Полному и окончательному... Вторичный тепловой пробой – страшный враг германиевых ПП! Именно по этой причине АЧХ таких усилителей измеряют именно в малосигнальном режиме.

Питается усилитель от стабилизатора компенсационного типа на транзисторах VT10-VT15. Реле времени, обеспечивающее задержку подключения АС к выходу устройства выполнено на транзисторах VT16, VT17. Выпрямитель питания – на германиевых диодах типа Д304 с цепью подавления переходных процессов при коммутации диодов.

Внешний вид собранной платы усилителя приведен на рис.2 и рис. 3.

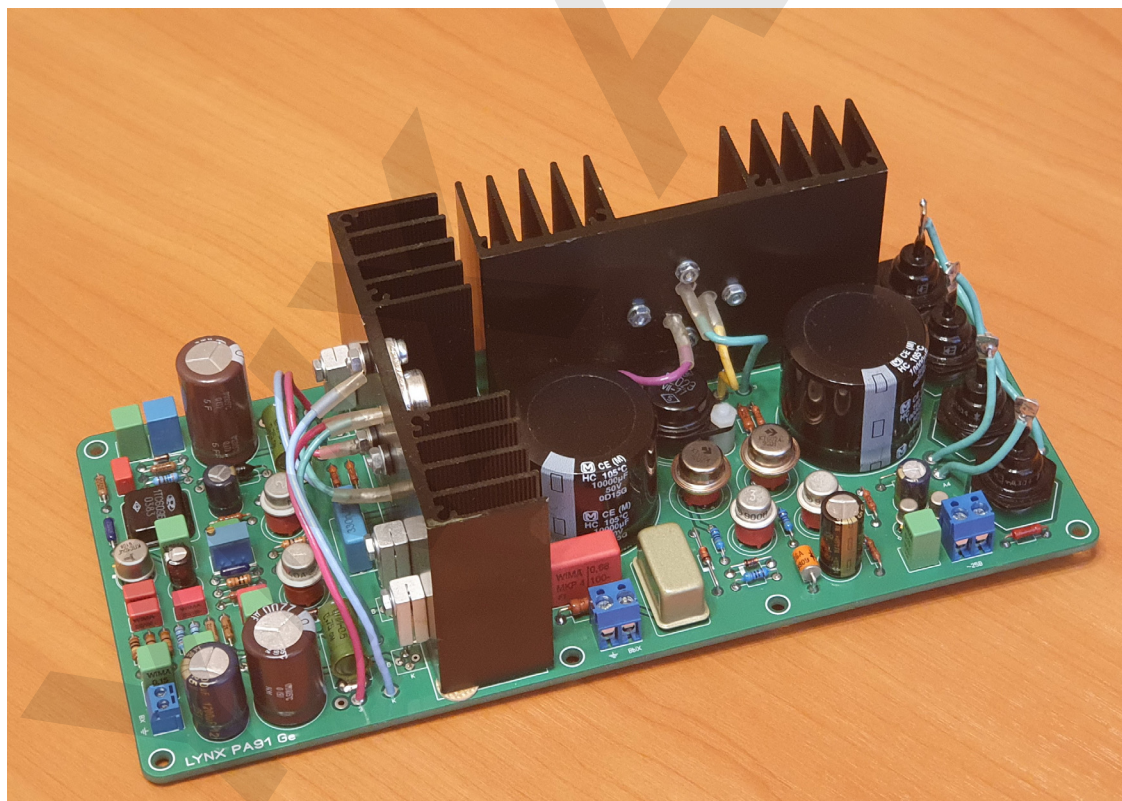


Рис. 2 Собранная плата усилителя Lynx PA91

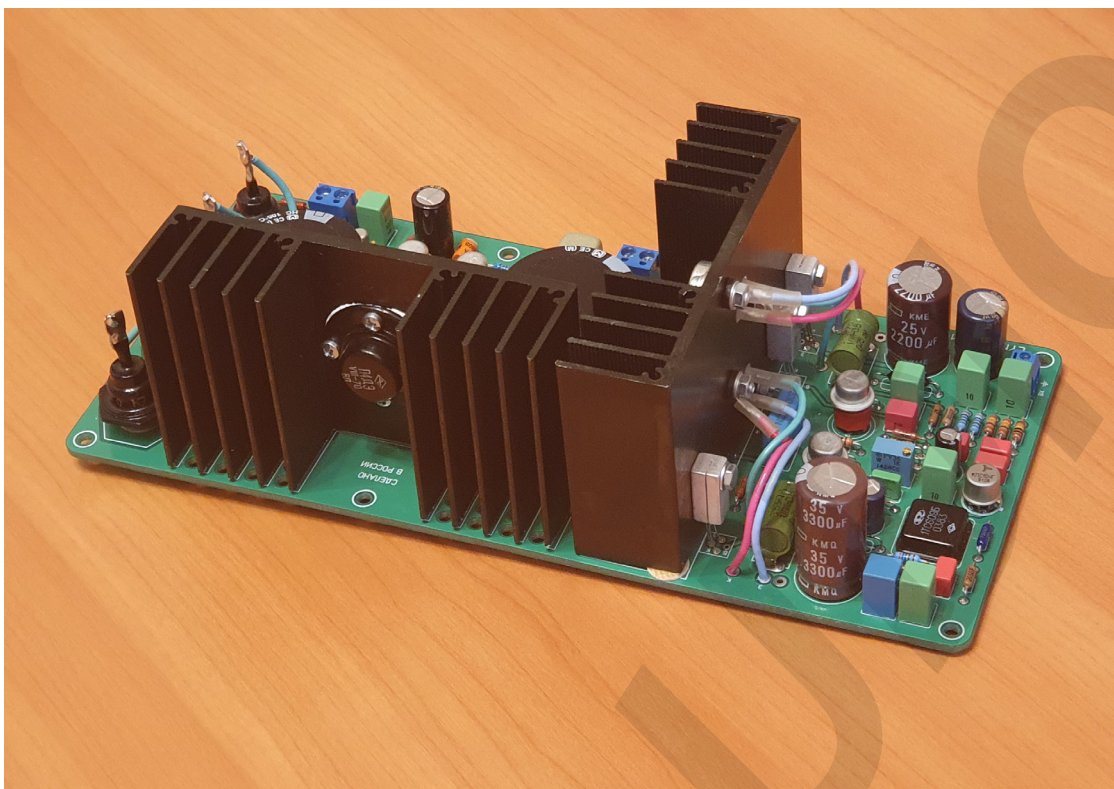


Рис. 3 Собранный плата усилителя Lynx PA91

Размеры платы Lynx PA91 – 230 x 105 мм. Потребляемый ток по цепям $\sim 25\text{В}$ не более 1А.

Для охлаждения выходных транзисторов и регулирующего транзистора использованы радиаторы из профиля типа HS145, имеющегося в продаже во многих магазинах. Регулирующий транзистор стабилизатора установлен на радиатор непосредственно, а транзисторы выходного каскада – через слюдяные прокладки. Примененные предвыходные транзисторы имеют изолированный корпус, поэтому их крепление к радиатору не представляет никакой технологической трудности. Сборка ГТС609 для улучшения отвода тепла устанавливается вплотную к печатной плате через теплопроводящую мягкую прокладку толщиной 0.7...1мм, либо через пасту КПТ. Корпус ГТС-ки также изолирован от всех транзисторов соответственно, никаких мер по его изоляции от земляного полигона платы принимать не нужно.

Правильно собранный из заведомо исправных и кондиционных деталей усилитель специфичной настройки не требует. Напряжение на выходе стабилизатора (+25...26В) устанавливается подбором резистора R25. Ток покоя выходного каскада в пределах 45...60мА – подстроечником R16. Если напряжение на выходе (точка соединения R21 и R22) отличается от половины питания более, чем на 2...2.5В, то можно в небольших пределах подобрать резистор R5, либо заменить входную сборку КПС104 на другой экземпляр.

На рис. 4, рис. 5 и рис. 6 приведены спектры выходного сигнала частотой 1кГц при работе на нагрузку 8Ом и выходной мощности 5Вт, 1 Вт и 0.1 Вт. Обращает на себя внимание тот факт, что при относительно большом количестве составляющих искажений, огибающая спектра гармоник при любой мощности представляет собой монотонно убывающую функцию.

На рис. 7 приведена осциллограмма переходной характеристики усилителя.

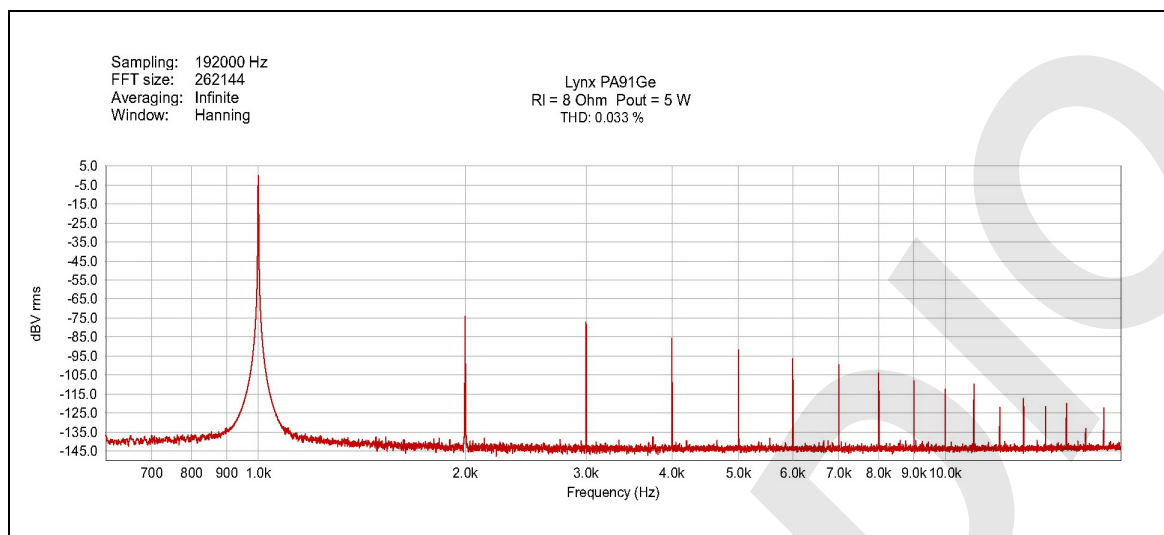


Рис. 4 Спектр выходного сигнала при мощности 5 Вт

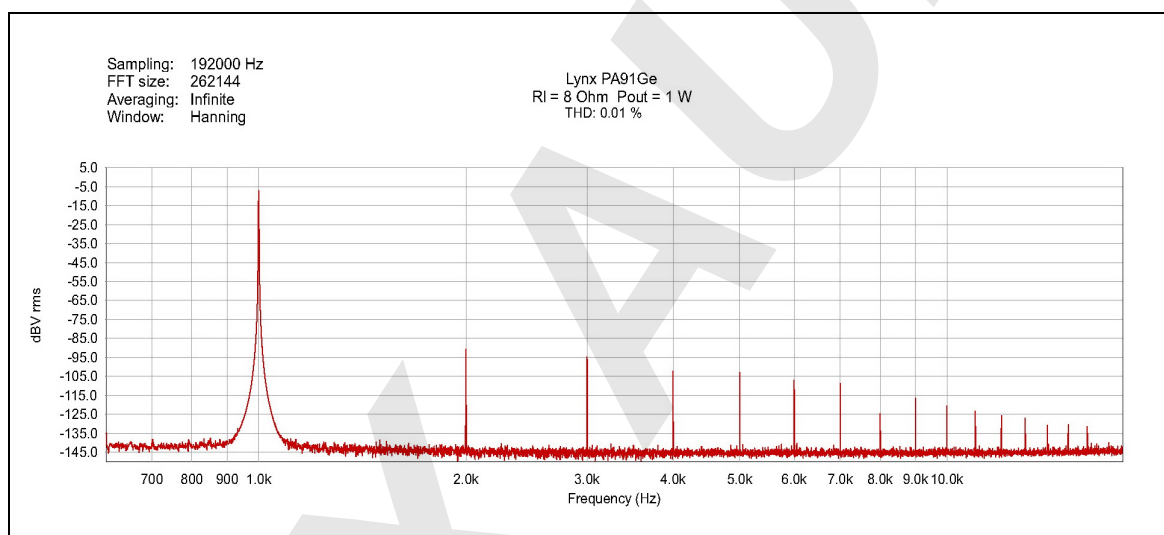


Рис. 5 Спектр выходного сигнала при мощности 1 Вт

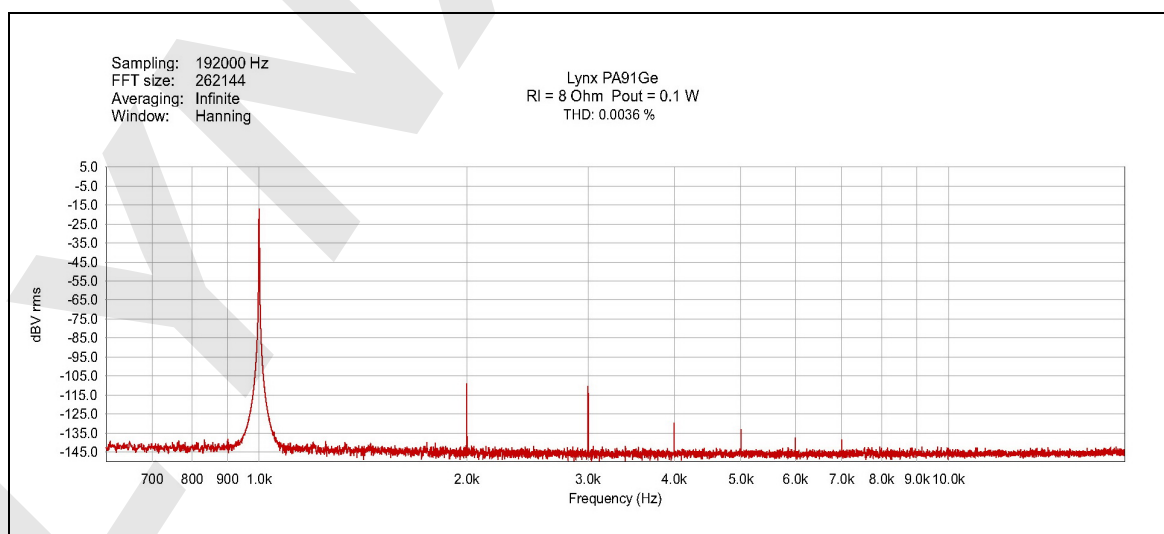


Рис. 6 Спектр выходного сигнала при мощности 0,1 Вт

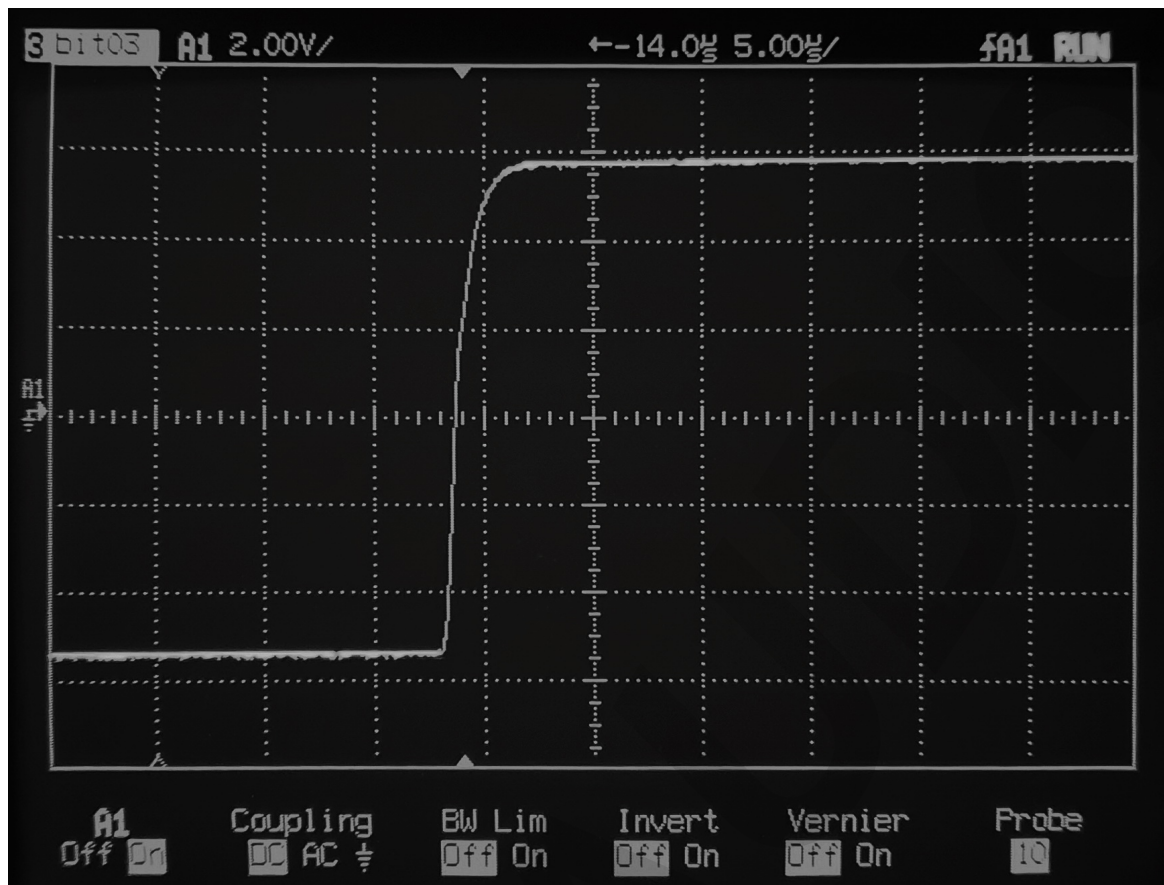


Рис. 7 Переходная характеристика усилителя Lynx PA91

Lynx PA91 был опробован в работе с несколькими разными типами АС, в том числе Dynaudio Contour 3.3 и Wolf von Langa Son и продемонстрировал очень приятное, «комнатное» звучание, подходящее к спокойной обстановке вечернего отдыха, размышлению над судьбами цивилизации и просто не мешающее думать и отдыхать – а этим могут похвастаться не так уж много даже существенно более дорогих и сложных устройств.

Дмитрий Андронников (Lynx Audio)

Малая Вишера,
Зима 2019/2020