

## Усилитель головных телефонов Lynx HA61

Немногим более года назад нами был разработан и представлен «наушниковый» усилитель с выходным каскадом и источником питания на основе германиевых полупроводниковых приборов. Данное устройство оказалось весьма популярным среди любителей высококачественного звуковоспроизведения и за относительно небольшой период собрало достаточно большое количество отзывов о своей работе. Надо сказать, что отзывы эти, в отличие от оценок наших ЦАП, обнаружили очень широкий диапазон мнений, вплоть до диаметрально противоположных. Некоторые считают звучание этого усилителя верхом совершенства, другим оно не кажется таковым и вызывает спорные оценки. Внимательный анализ отзывов о работе данного устройства, а также примерно полугодовая эксплуатация с наушниками разных типов привели к выводу о необходимости создания более традиционного изделия, которое было бы не менее качественным, но при этом более подходящим для различных типов головных телефонов и было бы более универсальным в плане характера подачи музыкального материала.

При проектировании нового усилителя был учтен опыт, полученный при эксплуатации нескольких экземпляров предыдущей модели, в частности, существенное внимание было уделено обеспечению термостабильности выходного каскада и исключению возможности его саморазогрева. Эксперименты с большим количеством различных типов ОУ в схеме Lynx HA46 позволили определить несколько явно предпочтительных типов, особенно для работы усилителя с низкоомными наушниками. Была подтверждена необходимость системы защиты нагрузки усилителя от постоянного напряжения на его выходе – несколько раз в ходе экспериментов эта система спасала довольно дорогие наушники от сгорания в критических ситуациях типа падения пинцета на плату...

Поскольку даже весьма мощные ОУ с ТОС при подключении к их выходу наушников с сопротивлением ниже 50...60 Ом работают в достаточно напряженном режиме как по выходному току (что приводит к росту искажений), так и по тепловыделению, было решено применить обычный уомощенный ОУ с двухтактным ЭП на выходе с током покоя 35...50мА, гарантирующем отсутствие искажений «ступенька».

Принципиальная электрическая схема усилителя приведена на рис.1. Усилительная часть представляет собой уомощенный ОУ, охваченный общей ООС. Уомощение производится двухтактным ЭП (VT5, VT6 и VT12, VT13) на комплементарных транзисторах средней мощности с малой зависимостью коэффициента передачи тока от величины тока коллектора. Режим работы транзисторов повторителя определяется напряжением смещения, которое возникает прямосмещенных диодах, в качестве которых выступают коллекторные переходы транзисторов (VT3, VT4 и VT10, VT11), размещенных на тех же охладителях, что и выходные. Таким способом осуществляется достаточно эффективная термостабилизация режима выходного каскада. Ток через диоды цепи смещения определяется активными ГСТ (VT1, VT2 и VT8, VT9), которые, в отличие от резисторов, часто применяемых в подобных схемах, почти не создают дополнительной нагрузки на выход ОУ, и не увеличивают искажений. Для повышения линейности работы выходного каскада на звуковых частотах, диоды смещения зашунтированы конденсаторами относительно большой емкости. Выход устройства защищен от проникновения помех пассивным RCR фильтром. Ограничение ВЧ помех на входе также производится соответствующим RC фильтром.

В качестве основного ОУ применены приборы тип LME49710, отличающиеся и высокими объективными параметрами, и хорошим субъективным звучанием. Немаловажным фактором является и хорошая нагрузочная способность выхода этих приборов, позволяющая обойтись только одним каскадом уомощения даже при работе на нагрузку 15...20 Ом без заметного роста искажений, а также большой собственный коэффициент усиления, обеспечивающий достаточную глубину ООС и низкие собственные искажения.

В усилителе предусмотрены открытый и закрытый входы, что позволяет, с одной стороны, работать с максимальным качеством в DC системах, а с другой – обеспечивает возможность работы с любыми источниками, независимо от наличия постоянной составляющей на выходе.

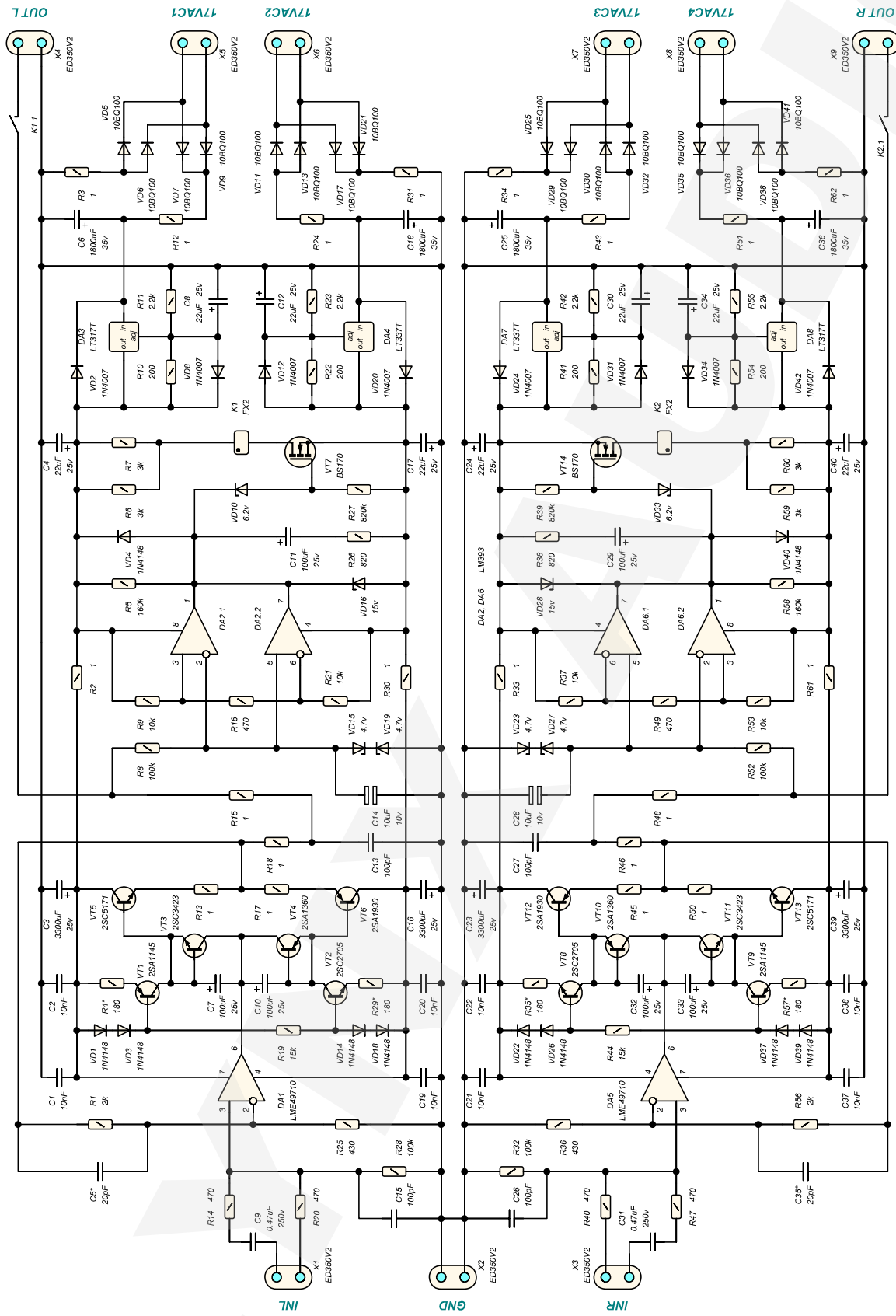


Рис. 1



Каждый канал усилителя питается от собственных стабилизаторов, образующих двуполярное питание. Интегральные стабилизаторы развязаны от усилительной схемы индивидуальными RC фильтрами, позволяющими в существенной степени ослабить, а зачастую и вообще исключить влияние стабилизаторов на работу усилителя на звуковых частотах. В выпрямителях питания используются диоды Шоттки и резистивные цепи ограничения скорости нарастания зарядного тока конденсаторов фильтра, что резко снижает помехи от работы системы выпрямитель – фильтр.

Устройство защиты нагрузки от постоянного тока и задержка подключения нагрузки выполнены на основе широко известной схемы «оконного компаратора» с типовой RC-цепью реле времени и никаких особенностей не имеет.

Для питания усилителя требуется трансформатор с четырьмя независимыми обмотками с напряжением 16...20В при токе нагрузки до 200...300 мА.

Усилитель собран на двухсторонней печатной плате размерами 80 × 165 мм. Внешний вид смонтированного устройства приведен на рис. 2:

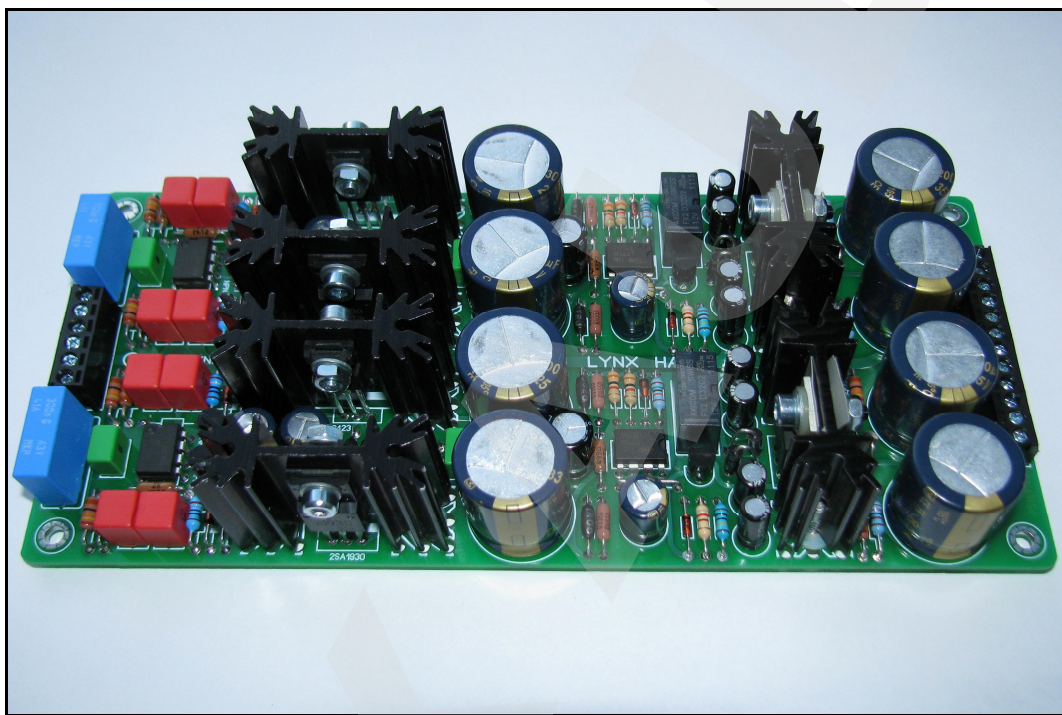


Рис. 2. Усилитель Lynx HA61

В усилителе применены пленочные конденсаторы Wima FKP2 и Rifa PHE426, керамические группы NP0 (C5, C35 – они подбираются при настройке по отсутствию самовозбуждения и аperiodичности переходной характеристики), электролитические конденсаторы Panasonic FK (для цепей питания и сигнальных) и любых типов – для вспомогательных. Резисторы в сигнальных цепях – Dale RN55 (или аналогичные), в цепях компараторов защиты – любые соответствующего габарита. Транзисторы (VT5, VT6 и VT12, VT13) нужно подобрать в пары, кроме того, их «бета» должна быть не ниже 85...90 (при токе коллектора 100...200 мА). Транзисторы (VT3, VT4 и VT10, VT11) желательно подобрать с одинаковой величиной прямого падения напряжения на коллекторных переходах при токе 2...4 мА. Время включения нагрузки после подачи питания определяется номиналами элементов R5, R58, C11, C29. Резисторы R4, R29, R35, R57 подбираются (одинаковой величины с точностью 1% в верхнем и нижнем плечах) до получения тока покоя выходного каскада 35...45 мА. Остальные элементы схемы усилителя подбора не требуют.

На рис.3 приведена спектрограмма выходного сигнала усилителя при работе на нагрузку 40 Ом и амплитуде сигнала 3В. (Измерения производились с помощью АЦП АК5394, с динамическим диапазоном достоверных измерений с учетом программной калибровки более 126дБ, а в качестве источника сигнала использовался ЦАП Lynx D48 с уровнем собственных искажений ниже -120дБ):

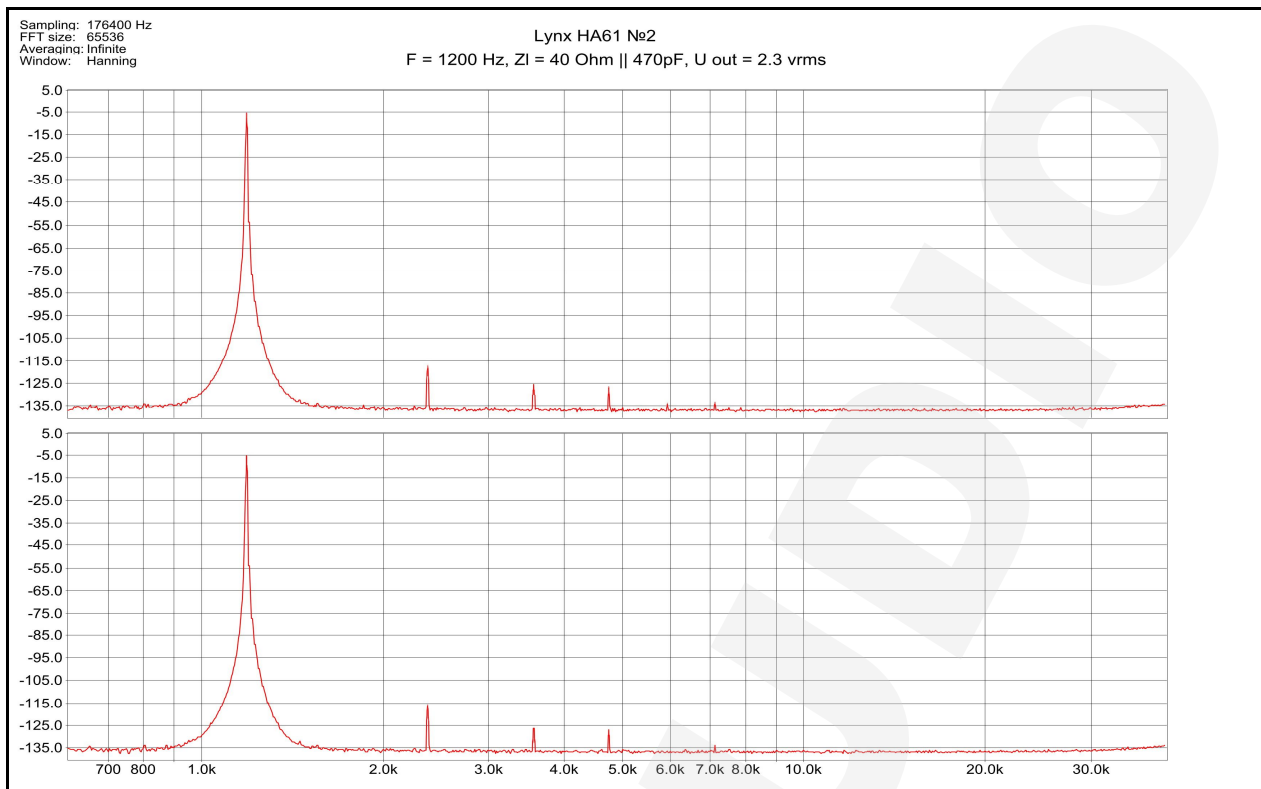


Рис. 3. Спектр сигнала на выходе при напряжении 2.3 В (rms)

Авторский экземпляр устройства обладает следующими параметрами:

- 1) относительный уровень шумов на выходе в полосе 100кГц, дБ, не выше..... -110
- 2) относительный уровень гармонических искажений и помех в полосе частот 50 кГц при работе на нагрузку 40 Ом и амплитуде выходного напряжения 3В, дБ, не выше..... -114
- 3) максимальная амплитуда тока нагрузки, мА, не менее..... 1000
- 4) минимально допустимое сопротивление нагрузки, Ом..... 4

Субъективно усилитель проверялся при работе на телефоны Audio-Technica ATH-A900, AKG K-340, AKG K-1000 и Beyerdynamic T1. Со всеми указанными наушниками усилитель обеспечивает комфортное звучание с высоким разрешением и отличной панорамой, позволяющее прослушивать музыку самых разных жанров и стилей достаточно длительное время без малейшего утомления. Он отлично справляется как с низкоомными устройствами, требующими для работы достаточно большой ток при относительно небольших напряжениях, так и с высокоомными, которым требуется приличная амплитуда напряжения.

В качестве эксперимента рассматриваемый усилитель подключался в качестве усилителя мощности к АС Dynaudio Focus 220. Несмотря на низкое значение импеданса АС, усилитель оказался работоспособным и в таких сложных условиях, обеспечив вполне качественное и приятное звучание. Безусловно, эксплуатация в таких режимах, в общем-то, несвойственна, но подобный эксперимент подтверждает высокую нагрузочную способность устройства.

В заключение хотелось бы искренне поблагодарить за помощь и поддержку наших товарищей и коллег Андрея Попцова (г. С.-Петербург), Илью Романова (г. Саратов), Андрея Смирнова (г. Великие Луки), компании – поставщики электронных компонентов «Платан», «Элтех», «Элкомаг», «Элитан», а также продавцов интернет-аукциона eBay.

*Дмитрий Андронников (Lynx Audio)  
Сергей Жуков (Lynx Audio)  
Санкт – Петербург,  
Октябрь 2011 – февраль 2012 г.*