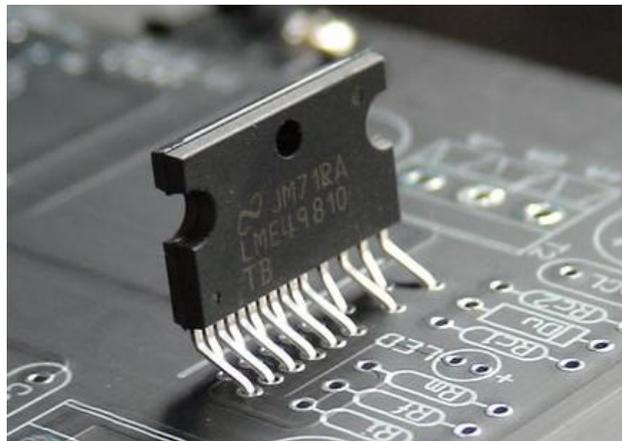


РЕВОЛЮЦИЯ ОТ NATIONAL SEMICONDUCTOR, ИЛИ LME49810 – ИСТРЕБИТЕЛЬ ВСЕГО СУЩЕГО НА ДИСКРЕТЕ

Получив пресс-релиз и образцы новых микросхем от National Semiconductor Co (NSC), я не мог не обратить внимание на LME49810 – новый усилитель напряжения с преддрайвером выходного каскада, для аудио усилителей. Название «GainClone-2007» пришло на ум сразу же. Даже безоговорочного изучения пресс-релиза было достаточно, чтобы увидеть, что LME49810 это не просто новая микросхема, LME49810 это истребитель всех существ и будущих усилителей на дискретных элементах :-), и очередная маленькая революция от NSC. Такая же революция, как совершила в свое время другая разработка NSC – интегральный усилитель LM3886, ставший основой схемы первого «GainClone»'а, самого популярного для повторения усилителя в мире. LME49810 сделана для работы совместно с выходными каскадами на дискретных элементах и имеет гораздо большие потенциальные и качественные возможности, чем LM3886, поэтому скромно надеюсь, что «Гейнклоны» образца 2007 года будут так же популярны. В данной статье предлагается несколько вариантов схем усилителей напряжения и выходных каскадов различной сложности.

LME49810

LME49810 была заявлена NSC в апреле 2007 года, как высоковольтный усилитель напряжения нового поколения, с преддрайвером для внешних выходных каскадов, призванный установить новые стандарты в Hi-End Audio и PRO Studio электронике. 23 июля 2007 года на сайте NSC был опубликован официальный [информационный материал](#) [3] и [даташит](#) [4]. Кроме одноканального варианта LME49810, NSC была также заявлена двухканальная версия LME49820 и более мощная - LME49830, которая позволяет обходиться без составных транзисторов на выходе. Но они, к сожалению, пока остаются закрытыми.



Диапазон напряжений питания LME49810 от +-20 до +-100 Вольт и выходной ток не менее 50 мА, позволяют создавать на ее основе аудио усилители с выходной мощностью до 500 Вт на нагрузке 8 Ом, с достаточно простыми схемами, при высочайшем качестве звучания. Искажения LME49810 (THD+N) не превышают 0.0007%, а скорость нарастания выходного напряжения составляет не менее 50 В/мксек. LME49810 имеет встроенную сложную тепловую защиту, обеспечивающую работоспособность микросхемы при температуре до 150С, встроенную систему софтверного клиппинга (мягкого ограничения), предохраняющую от повреждения акустические системы, встроенный

светодиодный клип-индикатор, а также схему mute, заглушающую сигнал при размыкании соответствующей цепи. Отдельно заявлена встроенная в LME49810 схема «Baker Clamp» («Зажим Бэкера»). Эта, предложенная R.H.Baker'ом, схема (см. рисунок), повышает скоростные свойства усилителя и препятствует насыщению драйверных транзисторов при достижении входным сигналом предельного уровня. Применение схемных узлов мягкого ограничения и антинасыщения, ранее было одним из предметов отличия дорогих мощных усилителей на дискретных элементах.

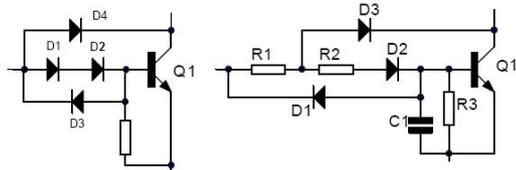


Схема Бэкера (Baker Clamp)

Теперь это все вместе с УН высокой линейности, реализовано в одном кристалле. Это означает, что с появлением LME49810 трата время на «изобретение велосипедов» в виде сложнейших усилителей напряжения утратила всякий смысл, поскольку получить на дискретных элементах параметры УН аналогичные LME49810, если и возможно с теоретической точки зрения в условиях лаборатории, то с практической точки зрения малореально. Особенно в любительских условиях и в условиях массового производства. Все перечисленное позволяет предполагать, что LME49810 ожидает очень высокая популярность, как среди профессиональных разработчиков, так и среди любителей. Отпускная цена LME49810 от изготовителя - 8.15 долларов США, при покупке от 100 штук. В розницу у иностранных дистрибьюторов микросхема стоит 12-15 долларов.

УСИЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ НА LME49810

Как и любой другой усилитель, LME49810 может быть включен в неинвертирующей или инвертирующей схеме. Неинвертирующее включение, как наиболее простое и требующее минимум деталей, предлагается даташитом. Схема усилителя напряжения, построенная по мотивам даташита, показана на Рис.1. На резисторах R4, R5 и стабилизаторе DA1, выполнен малозумящий стабилизатор, обеспечивающий 5 Вольт для работы схем mute (пауза) и клип-индикатора. Для упрощения схемы, названные 3 элемента могут быть

заменены на стабилитрон 5 Вольт (с некоторым увеличением уровня шумов). Сопротивление резистора R3 определяет ток в цепи mute, необходимый для включения микросхемы. Этот ток не должен превышать 200 мкА. При превышении этой величины микросхема может выйти из строя. При снижении тока ниже 100 мкА, микросхема отключится (перейдет в режим паузы (приглушения звука)).

При представленных на схеме номиналах резисторов R8, R9 в цепи ООС, схема обеспечивает входную чувствительность около 2 Вольт и усиление около 28. Это значит что при подключении к входу усилителя проигрывателя CD, или аналогичного источника, на выходе LME49810 можно получить амплитуду до 58 Вольт. Этого достаточно для построения усилителя с выходной мощностью 150-200 Вт. Соответственно усилитель не нуждается в каком-либо дополнительном предусилителе. Для эксплуатации достаточно поставить на входе регулятор громкости 10К-20К и переключатель входов.

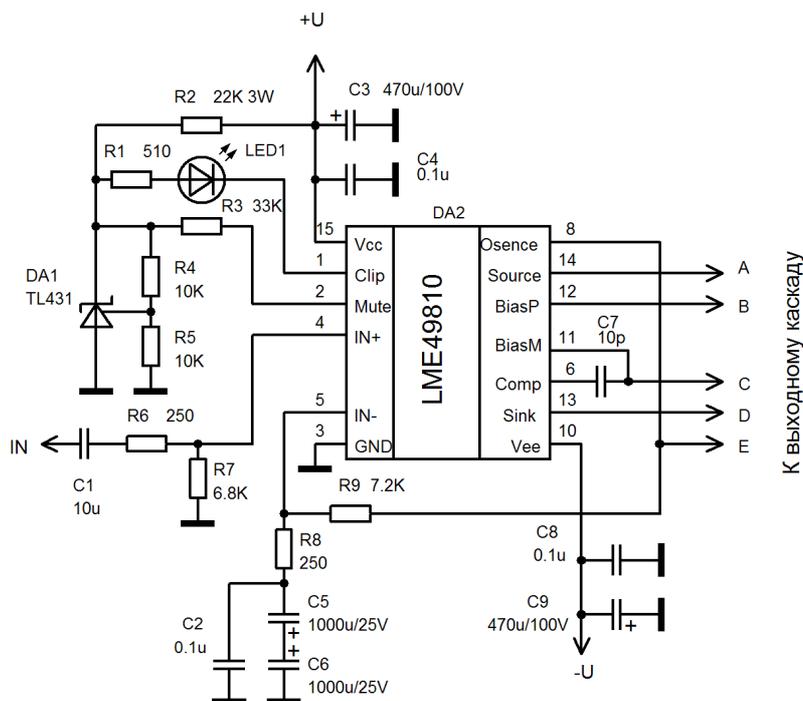


Рис.1 Усилитель напряжения - драйвер на LME49810 в неинвертирующем включении. Ку около 28, чувствительность по входу около 2V

LME49810 имеет очень высокое подавление помех по цепям питания (PSRR 105-110 dB) и не критична к источнику. Питание от стабилизированного источника, которое было сделано мною в первоначальной, тестовой версии схемы, не дало никакого принципиального выигрыша в звучании, но создало массу дополнительных сложностей, т.к. потребовало дублировать схемы ограничения уровня и антинасыщения в выходном каскаде. В итоге, от стабилизированного питания LME49810, я отказался. Наиболее оптимальным для LME49810 следует считать питание от отдельного нестабилизированного источника, с напряжением на 3 В, больше в положительную и отрицательную стороны, чем предполагается питание у выходного каскада. Это позволит улучшить использование мощности питания выходного каскада, уменьшит общие искажения и позволит полностью задействовать встроенные в LME49810 схемы мягкого ограничения и антинасыщения, не усложняя этими элементами схему выходного каскада. Питание LME49810 от общего источника с выходным каскадом, через развязывающий RC фильтр, также возможно. Это немного уменьшит максимальную выходную мощность и увеличит искажения на мощностях близких к максимальной, но упростит блок питания и повысит надежность конструкции в целом.

Как и любой другой высококачественный усилитель, LME49810 чувствительна к качеству и типам компонентов обвязки. Для получения наилучшего звучания, конденсаторы, а лучше и резисторы, нужно использовать максимального доступного вам качества. Особенно внимательно следует относиться к разделительному конденсатору C1 емкостью 10 мкФ на входе, он должен быть полипропиленовым. Его емкость уменьшать не следует, так как это приведет к подъему нижней граничной частоты усилителя, и снижению уровня НЧ. Также, внимательно нужно относиться и к конденсаторам в цепи обратной связи C2,

«GAINCLONE-2007»

Поскольку входное сопротивление LME49810 в инвертирующем включении, определяется исключительно величиной резистора R7 в делителе ООС, величину сопротивления этого резистора приходится делать достаточно большой. В данном случае 2К. А поскольку усиление LME49810 для сохранения устойчивости нельзя снижать ниже 11, сопротивление второго резистора R9 в цепи ООС получается также большим. Теоретически это может приводить к увеличению дрейфа постоянного тока на выходе усилителя. Теоретически, потому что у исследованных мною нескольких экземпляров LME49810 уровень постоянного напряжения на выходе, ни при каких условиях не превышал 10-15 мВ. Однако что бы гарантированно застраховаться от дрейфа нуля, при использовании инвертирующего включения LM49810, лучше дополнить усилитель сервоинтегратором (DC-Servo). Его схема показана на Рис.3.

Сервоинтегратор представляет собой усилитель постоянного тока на ОУ AD820, с интегрирующей цепью R2, C3. При появлении постоянного тока на выходе усилителя сервоинтегратор создает смещение обратной полярности на неинвертирующем входе LM49810 и восстанавливает баланс нуля. Конденсатор C3 – полипропиленовый. Светодиоды LED1 и LED2 – любые маломощные. Я использую зеленые L-1154GD.

Требования схемы на рисунке 2 к качеству компонентов, аналогичны ранее перечисленным. Учитывая появление в данной схеме источника питания +15В, питающего ОУ буфера и сервоинтегратора, необходимость в отдельном источнике +5В для работы цепей mute и clip, отпадает. В данной схеме эти цепи питаются от источника +15В, с соответствующим увеличением сопротивления токоограничительных резисторов R4, R6.

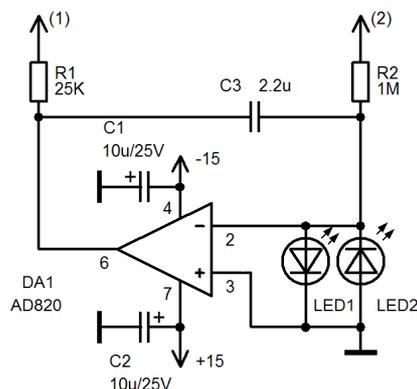


Рис.3 Опциональный сервоинтегратор (DC-Servo) к инвертирующей схеме, показанной на Рисунке 2.

ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ ДЛЯ LME49810

Наиболее простой вариант выходного каскада на биполярных транзисторах, для использования с LME49810, показан на Рис.4. Выходная мощность до 100 Вт на 8 Ом, или до 200 Вт на 4 Ома. Резисторы R4, R7 вместе с конденсаторами в цепи питания LME49810 образуют развязывающий фильтр для исключения

возбуждения усилителя по цепям питания. Резистором R2 настаивается ток покоя выходных транзисторов – 45...100 мА. Как уже говорилось выше, LME49810 имеет встроенные цепи мягкого ограничения сигнала при достижении предельного уровня, цепи антинасыщения. Цепь ограничения тока драйверных транзисторов на уровне около 50 мА, также встроена в микросхему. Все это позволяет сделать выходной каскад очень простым, без ухудшения качества и надежности. Поскольку представленный на Рис.4 выходной каскад имеет невысокую мощность, невысокое напряжение

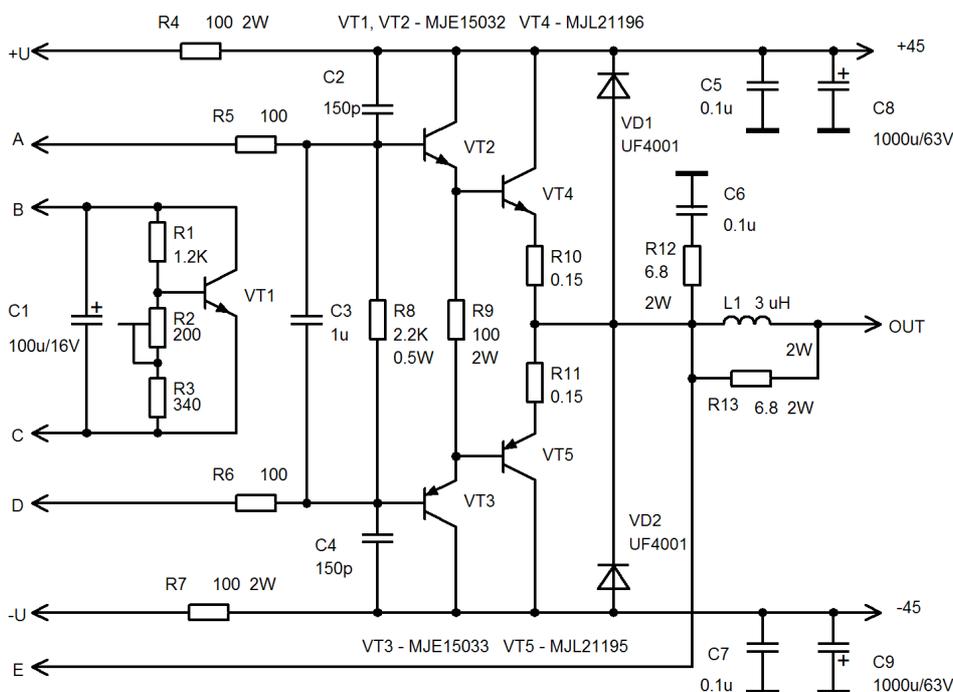


Рис.4 Выходной каскад, Вариант 1.
P_{вых}= 100 Вт 8 Ом, 200 Вт на 4 Ома.

«GAINCLONE-2007»

питания, и предназначен для домашнего применения, в нем отсутствует необходимость в токовой защите. Защита от КЗ в нагрузке организуется с помощью предохранителей 5А в цепях питания. Предельный ток, который могут длительно (около 0.5-1 секунды) выдерживать выходные транзисторы MJL21195, MJL21195, при напряжении питания $\pm 45\text{В}$, составляет около 5А, поэтому защита от КЗ на предохранителях будет иметь вполне достаточную, для данной схемы, надежность и скорость срабатывания. Защита нагрузки от постоянного тока организуется специальной схемой, о которой будет рассказано ниже. Если позволяют возможности, во всех случаях будет полезно добавить в данный каскад еще одну пару выходных транзисторов. Это позволит, без значительных сложностей, улучшить качественные показатели усилителя и сделать его еще более надежным.

Более сложный и более качественный вариант выходного каскада показан на Рис.5. Данный выходной каскад обеспечивает мощность около 150 Вт на нагрузке в 8 Ом и 300 Вт на нагрузке в 4 Ома. Каскад выполнен на мощных 230-ваттных транзисторах NJL4281D и NJL4302D, серии TermalTrack, предназначенных специально для построения качественных усилителей.

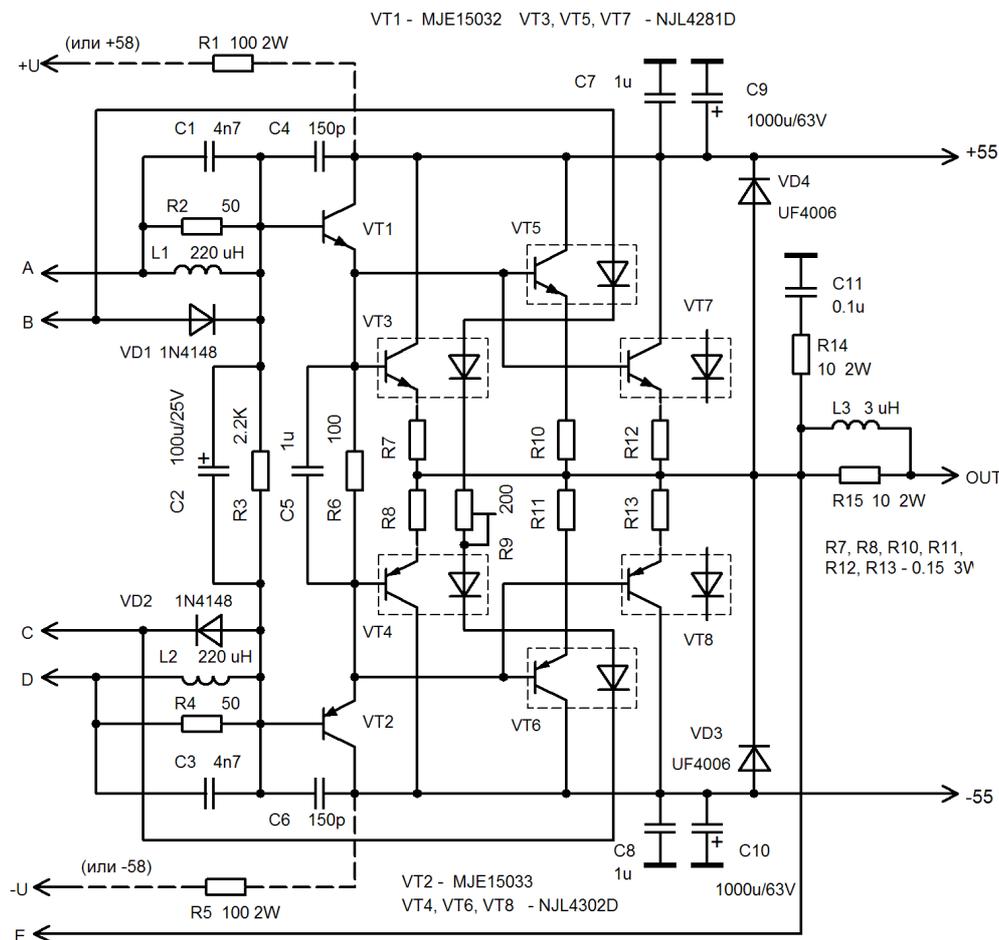


Рис.5 Выходной каскад, Вариант 2.
Р_{вых}= 150 Вт 8 Ом, 300 Вт на 4 Ома.

«GAINCLONE-2007»

Приборы серии TermalTrack имеют встроенные диоды термокомпенсации, выполненные на общем кристалле с выходными транзисторами, что позволяет добиваться высокой термостабильности каскада, очень низких искажений, и создавать качественные выходные каскады, при значительном упрощении схем. На этих встроенных диодах, организован источник напряжения смещения каскада. Резистор R11 устанавливает ток покоя. На элементах C1, R2, L1 и C3, R4, L2 выполнена ВЧ коррекция, выравнивающая АЧХ на верхнем участке рабочего диапазона, в районе 200 КГц. Диоды VD1, VD2 дополняют встроенную в LME49810 схему антинасыщения. Они могут быть полезны в случае питания усилителя напряжения от отдельного источника +-58 В. Если вы планируете питать LME49810 от общего источника с выходным каскадом, то эти диоды можно не ставить. Не задействованные диоды в VT7 и VT8, удобно использовать в качестве термодатчиков, для управления скоростью вентиляторов охлаждения, или датчиков тепловой защиты усилителя.

(продолжение следует)

Ю.Новиков
yuri_novikov@mail.ru

Источники:

1. Self, D. Audio Power Amplifier Design Handbook. Newnes, 2006
2. Busier, M. TermalTrak Audio Output Transistors, ONS AN8196, 2005
3. <http://www.national.com/news/item/0,1735,1269,00.html>
4. <http://cache.national.com/ds/LM/LME49810.pdf>
5. <http://www.onsemi.com/pub/Collateral/NJL4281D-D.PDF>