

# УМЗЧ с выходным каскадом на полевых транзисторах одинаковой структуры

М. САПОЖНИКОВ, г. Ганей-Авив, Израиль

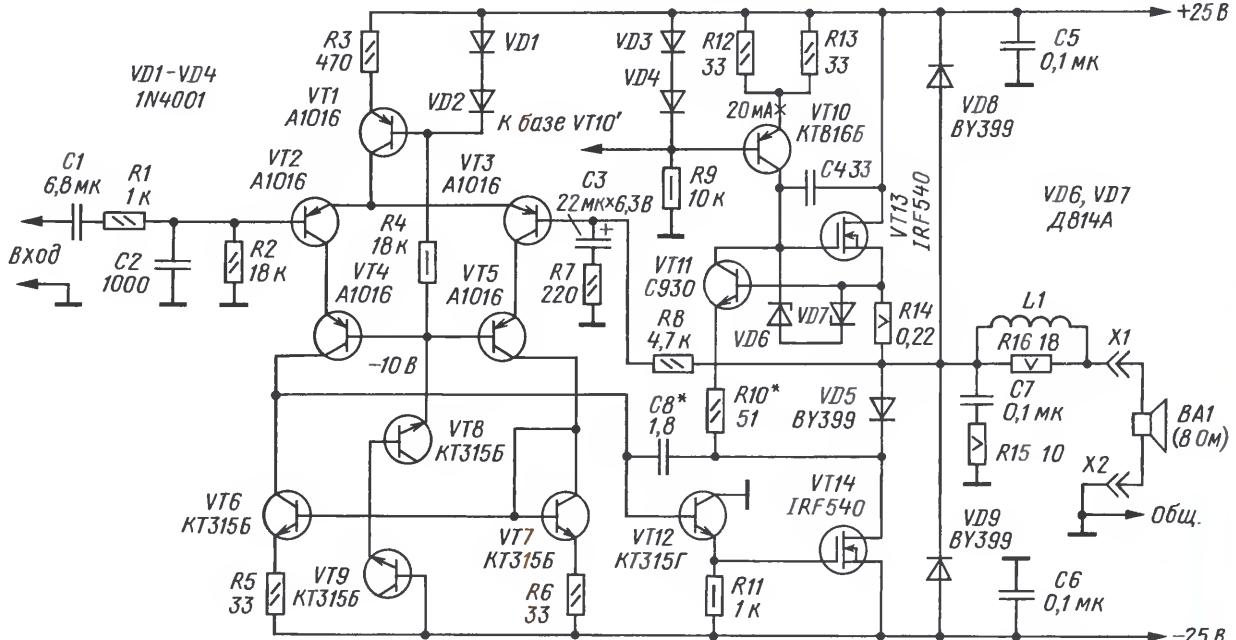
**В УМЗЧ с мощным каскадом на полевых транзисторах одинаковой структуры автором получены небольшие нелинейные искажения, хотя за основу структуры выходного каскада принята схема каскада с динамической нагрузкой. Усилитель отличается малым числом каскадов и тепловой стабилизацией тока покоя мощного каскада в режиме класса АВ.**

В последнее время все чаще многие фирмы и радиолюбители используют в своих конструкциях мощные полевые транзисторы с индуцированным каналом и с изолированным затвором. Однако до сих пор непросто приобрести комплементарные пары полевых транзисторов достаточной мощности, поэтому радиолюбители подыскивают схемы УМЗЧ, в которых примене-

выходным, возвращающимся через цепи ООС, а также для стабилизации "нуля" на выходе усилителя (в большинстве случаев питание двухполарное, и нагрузка подключена непосредственно, без разделительного конденсатора). Вторым следует каскад усиления напряжения — драйвер, обеспечивающий полную амплитуду напряжения, необходимого для последующего усилителя тока на биполярных тран-

зисторах VT10 и VT11. Третьим каскадом является каскадный дифференциальный каскад на транзисторах VT2, VT3 и VT4, VT5, нагруженный для которого применен активный источник тока с токовым зеркалом на транзисторах VT6, VT7. Генератор тока на VT1 задает режим дифференциального каскада по постоянному току. Применение последовательного включения транзисторов в каскаде позволяет использовать транзисторы с очень высоким коэффициентом передачи тока базы, которые отличаются небольшим значением максимального напряжения (обычно  $U_{K3\max} = 15$  В).

Между минусовой цепью питания усилителя (истоком VT14) и базами транзисторов VT4 и VT5 включены два стабилитрона, роль которых выполняют обратно включенные переходы базы-эмиттер транзисторов VT8, VT9. Сумма их напряжений стабилизации несколько меньше предельно допустимого напряжения затвор-исток VT14, так и обеспечивает защищает мощного транзистора.



ны мощные транзисторы с каналами одинаковой проводимости. В журнале "Радио" опубликовано несколько таких конструкций [1-3]. Автор предлагает еще одну, но со структурой, несколько отличающейся от ряда распространенных в конструкциях УМЗЧ схем.

## Технические параметры

Номинальная выходная мощность на нагрузке сопротивлением 8 (16) Ом, Вт	... 24 (18)
Коэффициент гармоник при номинальной мощности на нагрузке 8 (16) Ом	... 0,05 (0,03)
Чувствительность, В	..... 0,7
Коэффициент усиления, дБ	..... 26

В классическом транзисторном УМЗЧ последние три десятка лет используется дифференциальный каскад. Он необходим для сравнения входного сигнала с

зисторах. Так как этот каскад относительно слаботочный, усилитель тока (повторитель напряжения) представляет собой две-три пары составных комплементарных транзисторов. В результате после дифференциального каскада сигнал проходит еще три, четыре, а то и пять ступеней усиления с соответствующими искажениями в каждой из них и задержкой. Это — одна из причин возникновения динамических искажений.

В случае использования мощных полевых транзисторов отпадает необходимость в многоуровневом усиливании тока. Однако для быстрой перезарядки межэлектродной емкости затвор-канал полевого транзистора тоже требуется существенный ток. Для усиления звуковых сигналов этот ток обычно намного меньше, но в переключательном режиме на высоких звуковых частотах он оказывается заметным и составляет десятки миллиампер.

В выходном каскаде сток полевого транзистора VT14 подключен к нагрузке через коммутационный диод VD5. Полупериоды сигнала минусовой полярности поступают через диод на нагрузку, полупериоды плюсовой полярности через него не проходят, а поступают через транзистор VT11 для управления затвором полевого транзистора VT13, который открывается лишь в эти полупериоды.

Похожие схемы выходного каскада с коммутационным диодом известны в схемотехнике усилителей на биполярных транзисторах [4, 5] как каскад с динамической нагрузкой. Эти усилители работали в режиме класса В, т. е. без сквозного тока покоя. В описываемом же усилителе с полевыми транзисторами есть еще транзистор VT11, который выполняет сразу несколько функций: через него поступает сигнал для управления затвором VT13, а также образована

местная обратная связь по току покоя, стабилизирующая его. Кроме того, тепловой контакт транзисторов VT11 и VT13 стабилизирует температурный режим всего выходного каскада. В результате транзисторы выходного каскада работают в режиме класса АВ, т. е. с уровнем нелинейных искажений, соответствующим большинству вариантов двухтактных каскадов. С резистора R14 и с диода VD5 снимается напряжение, пропорциональное току покоя, и подается на базу VT11. На транзисторе VT10 собран активный источник стабильного тока, необходимый для работы выходного каскада. Он является динамической нагрузкой для VT14, когда тот активен в соответствующие полупериоды сигнала. Составной стабилитрон, образованный VD6 и VD7, ограничивает напряжение затвор—исток VT13, защищая транзистор от пробоя.

Такой двухканальный УМЗЧ был собран в корпусе приемника ROTEL RX-820 взамен имеющегося там УМЗЧ. Пластинчатый теплоотвод усилен металлическими стальными стойками для увеличения эффективной площади до 500 см<sup>2</sup>. В блоке питания заменены оксидные конденсаторы на новые общей емкостью 12000 мкФ на напряжение 35 В. Также были использованы дифференциальные каскады с активными источниками тока (VT1—VT3) от прежнего УМЗЧ. На макетных платах собраны каскодные продолжения дифференциального каскада с токовыми зеркалами для каждого канала (VT4—VT9, R5 и R6) и активные источники тока для выходных каскадов (VT10 обоих каналов) на общей плате с общими элементами R9, VD3 и VD4. Транзисторы VT10 прижаты к металлическому шасси тыльными сторонами, чтобы обойтись без изолирующих прокладок. Выходные полевые транзисторы закреплены на об-

щем теплоотводе площадью не менее 500 см<sup>2</sup> через теплопроводящие изоляционные прокладки винтами. Транзисторы VT11 каждого канала смонтированы непосредственно на выводах транзисторов VT13 так, чтобы обеспечить надежный тепловой контакт. Остальные детали выходных каскадов смонтированы на выводах мощных транзисторов и монтажных стойках. В непосредственной близости от выходных транзисторов размещены конденсаторы С5, С6.

**О применяемых деталях.** Транзисторы VT8 и VT9 можно заменить стабилитронами на напряжение 7...8 В, работоспособными при небольшом токе (1 мА), транзисторы VT1—VT5 могут быть заменены любыми из серий КТ502 или КТ3107А, КТ3107Б, КТ3107И, причем их желательно отобрать близкими по коэффициенту передачи тока базы попарно, VT6 и VT7 можно заменить на КТ342 или КТ3102 с буквенными индексами А, Б, на месте VT11 может быть любой из серии КТ503. Заменять другими стабилитронами Д814А (VD6 и VD7) не стоит, так как ток динамической нагрузки примерно равен 20 мА, а предельный ток через стабилитроны типа Д814А равен 35 мА, так что они вполне подходят. Обмотка дросселя L1 намотана на резисторе R16 и содержит 15—20 витков провода ПЭЛ 1,2.

Налаживание каждого канала УМЗЧ начинают при отключенном на время выводе стока VT13 от цепи питания. Замеряют ток эмиттера VT10 — он должен быть примерно 20 мА. Далее подключают через амперметр сток транзистора VT13 к источнику питания, чтобы замерить ток покоя. Он не должен намного превышать 120 мА, это свидетельствует о правильной сборке и об исправности деталей. Ток покоя регулируют подбором резистора R10. После включения его

следует установить сразу около 120 мА, после прогрева в течение 20...30 мин он уменьшится до 80...90 мА.

Перед подключением нагрузки следует проверить постоянное напряжение на выходе — практически оно должно равняться нулю. Подав на вход сигнал прямоугольной формы и подключив на выход эквивалент нагрузки и осциллограф, следует убедиться в отсутствии паразитных выбросов, что характеризует устойчивость УМЗЧ. Подав синусоиду, нужно убедиться в том, что она более-менее симметрично ограничивается.

Возможное самовозбуждение устраивается подбором конденсатора С8 емкостью до 5...10 пФ. В авторском варианте самовозбуждение возникло из-за бракованного транзистора VT13 в одном из каналов. При других напряжениях питания следует пересчитать площадь теплоотвода исходя из изменения максимальной мощности в ту или другую сторону и исключить превышение допустимых параметров для используемых полупроводниковых приборов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Иванов А. УМЗЧ с выходным каскадом на полевых транзисторах. — Радио, 1988, № 9, с. 33—35.
- Борисов С. МДП-транзисторы в усилителях НЧ. — Радио, 1983, № 11, с. 36—39.
- Мусатов К. Транзисторный УМЗЧ без обратной связи. — Радио, 2004, № 12, с. 17—19; 2005, № 1, с. 20—22.
- Цыкина А. Электронные усилители. — М.: Радио и связь, 1982, с. 180, 181.
- Ельяшевич С., Юкер А. Усовершенствование и ремонт телевизоров ЗУСЦТ и 4УСЦТ. — М.: Радио и связь, 1993.