

Высококачественный УМЗЧ на полевых транзисторах в режиме класса А

В. АЛЕКСЕЕВ, И. ВИНОГРАДСКИЙ, г. Ростов-на-Дону

Конструкция и детали

Два канала усилителей мощности объединены в одном корпусе по принципу "двойного моно" с раздельными блоками питания. Регуляторы громкости при желании могут быть конструктивно объединены.

Для монтажа усилителя разработана двусторонняя печатная плата (ее чертеж показан на рис. 3 — см. на с. 32, 33) с металлизацией переходных отверстий и пазов, в которых фиксируют выводы размещенных на теплоотводе транзисторов. Выводы транзисторов заводят в металлизированные пазы и припаивают. Такой способ крепления позволяет осуществлять быстрое отсоединение печатной платы в случае демонтажа или ремонтных работ.

Все транзисторы каждого канала усилителя смонтированы на теплоотводе площадью 2000 см²; при температуре окружающей среды 20 °С он нагревается до 70 °С. Транзисторы изолируют от корпуса керамическими прокладками из окиси бериллия или тонкой слюдой. Для транзисторов входного каскада прокладки из материала "Номакон" применять недопустимо. Теплоотвод должен иметь толстую подошву, а его ребра следует располагать снаружи корпуса. Подобранные пары транзисторов размещены с учетом минимизации теплового сопротивления между ними. Например, транзистор VT3 важно разместить рядом с VT9, VT10, а транзисторы VT7, VT8 следует установить подальше от VT9, VT10, соблюдая симметричность расположения на теплоотводе для равномерного его нагрева. Разметка отверстий для крепления транзисторов показана на рис. 4.

В усилителе применены подстроечные резисторы R19, R32 закрытого типа (импортные). Для удобства их регулировки (в составе двухканального усилителя) в печатной плате предусмотрены дополнительные отверстия, позволяющие устанавливать резисторы с поворотом на 180°.

Блок питания будет работать надежно, если диоды моста закрепить на небольшом общем теплоотводе.

В качестве сетевого трансформатора можно применить подходящий промышленного производства мощностью 120...150 Вт. Ток, снимаемый с вторичной обмотки II (напряжение 2×16 В), должен быть не менее 3 А. Допустимый ток обмотки III (24 В) выбирают в пределах 0,2...0,3 А.

Усилитель выполнен на дорогостоящих, высококачественных элементах российского производства, имеющих повышенную надежность.

Окончание.

Начало см. в "Радио", 2009, № 7

Резисторы С2-33м, рекомендуемые для применения, можно заменить С2-33Н, С2-23, ОМЛТ и аналогичными. Вместо проволочных С5-16МВ, установленных в усилителе, можно применить резисторы С2-33Н или С2-33М номиналом 0,3—0,33 Ом и рассеиваемой мощностью 2 Вт.

В УМЗЧ применены дорогостоящие конденсаторы повышенной надежности К50-68 и К10-73. Они используются в бытовой и профессиональной аппаратуре, а отдельные модификации — и в изделиях специального назначения, эксплуатируемых в более жестких условиях.

Вместо оксидных конденсаторов К50-68 можно применить К50-53, однако надежность работы усилителя при этом снизится.

Импортные конденсаторы в малогабаритных корпусах применять не следует. Они, как правило, имеют повышенное эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) и не способны работать при интенсивной токовой нагрузке. Конденсаторы во время работы нагреваются, теряют емкость и выходят из строя, значительно сокращая время наработки усилителя на отказ.

Высококачественные керамические конденсаторы К10-73, обкладки которых выполнены из сплава серебра с палладием (PGM конденсаторы), являются модификацией известных конденсаторов КМ-3, КМ-4, КМ-66, К10-17-16 [2]. В усилителе можно использовать любые из перечисленных. Дешевые конденсаторы из Юго-Восточной Азии, обкладки которых выполнены из таких металлов, как медь, никель (название ВМЕ), и их российские аналоги К10-7, К10-19 применять в высококачественных усилителях не рекомендуется.

В усилителе применены фольговые (К78-16) и металлопленочные (К78-19) высокочастотные полипропиленовые конденсаторы, обладающие ничтожной индуктивностью выводов. Эти конденсаторы выполнены по современным технологиям на основе слабополярного диэлектрика и имеют низкую абсорбцию. Характер изменения тангенса угла потерь от частоты для конденсаторов К78-16 и К78-19 приближается к фторопластовым конденсаторам, однако они имеют меньшие массогабаритные показатели.

Блокировочные конденсаторы С3, С4, С7, С14 типа К78-16 можно заменить на К78-2 или керамические К10-73, К10-17 и аналогичные [2]. Конденсаторы С1, С6, С23 в сигнальных цепях — К78-19. Вместо них можно применить К78-12, К78-37, К78-2 или в крайнем случае К73-16, К73-17, К73-24.

Сборки диодов Шотки с общим катодом КД270БС можно заменить на КД270ВС—КД270ЕС или рассчитанные на больший ток КД271, КД272, КД273 с

индексами БС—ЕС. Кроме этих диодов можно применить КД636АС, КД636БС или КД643АС, КД643БС.

К замене полевых транзисторов необходимо подходить очень осторожно. Например, вместо транзисторов КП7123А (VT1 и VT5), установленных во входном дифференциальном усилителе, применять любые транзисторы фирмы IR (International Rectifier) нельзя. Переключательные транзисторы не предназначены для работы в активном режиме. Массовость и дешевизна нередко приводят к упрощению технологии изготовления, что ухудшает их электрические параметры. В усилителях без общей ОС такие транзисторы применять не имеет смысла.

Вместо КП7123А можно применить транзисторы с горизонтальным каналом 2SJ76—2SJ79, однако режимы работы каскадов по постоянному току, где они установлены, изменятся.

Вместо транзистора КП7122А в корпусе КТ27-2 (VT3) можно применить КП748А; он выполнен в корпусе большего размера (КТ28-2). Пару выходных транзисторов КП727Б, включенных параллельно VT7, VT8 (VT9, VT10), можно заменить одним транзистором КП742А или КП742Б.

Рекомендации по подбору элементов

Для получения высоких технических характеристик усилителя необходимо перед установкой осуществить подбор транзисторов по параметрам.

Входной дифференциальный каскад является преобразователем напряжения в ток с компенсацией нелинейных искажений. Для получения минимального уровня гармонических составляющих полевые транзисторы с r-каналом VT2, VT4, входящие в дифференциальный каскад, необходимо подобрать по входным характеристикам с одинаковыми пороговыми напряжениями $U_{зи пор}$. Так как через транзисторы дифференциального каскада протекает ток, отличный от тока, на котором измеряется пороговое напряжение, то желательно собрать устройство для подбора транзисторов по схеме, приведенной на рис. 5, для измерения напряжения затвор—исток при рабочем токе стока.

Затвор транзистора V11 соединен со стоком через резистор, предотвращающий генерацию исследуемого транзистора. Напряжение затвор—исток равно напряжению сток—исток, которое можно легко измерить вольтметром без риска возникновения генерации.

Резистор R_н ограничивает ток, протекающий через транзистор VT1. Подстройкой тока можно осуществить, изменяя напряжение источника питания.

Пользуясь этим устройством, аналогично можно подобрать пару транзисторов VT1, VT5.

Чтобы транзисторы VT7, VT8 и VT9, VT10, соединенные парами, работали в одинаковых режимах, их также следует подобрать по напряжению затвор—исток.

Подбор транзисторов, которые входят в управляемый генератор тока,

(Окончание см. на с. 32)

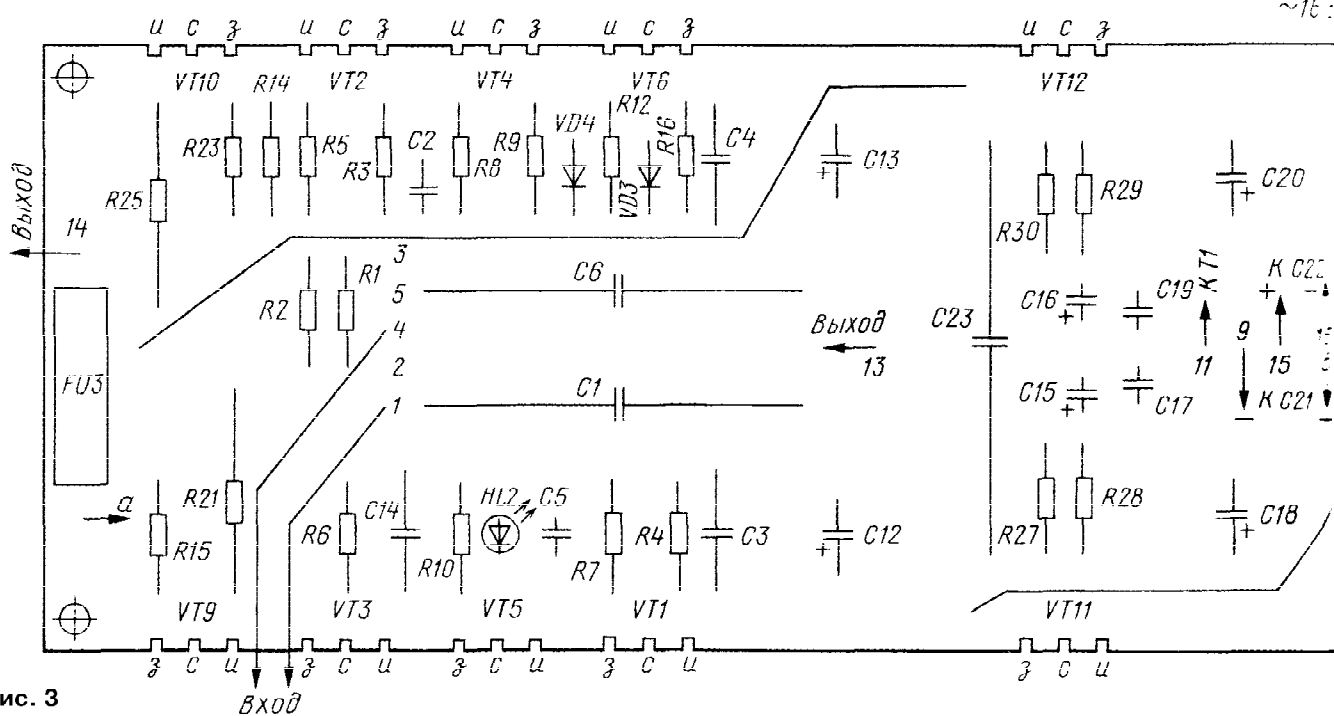
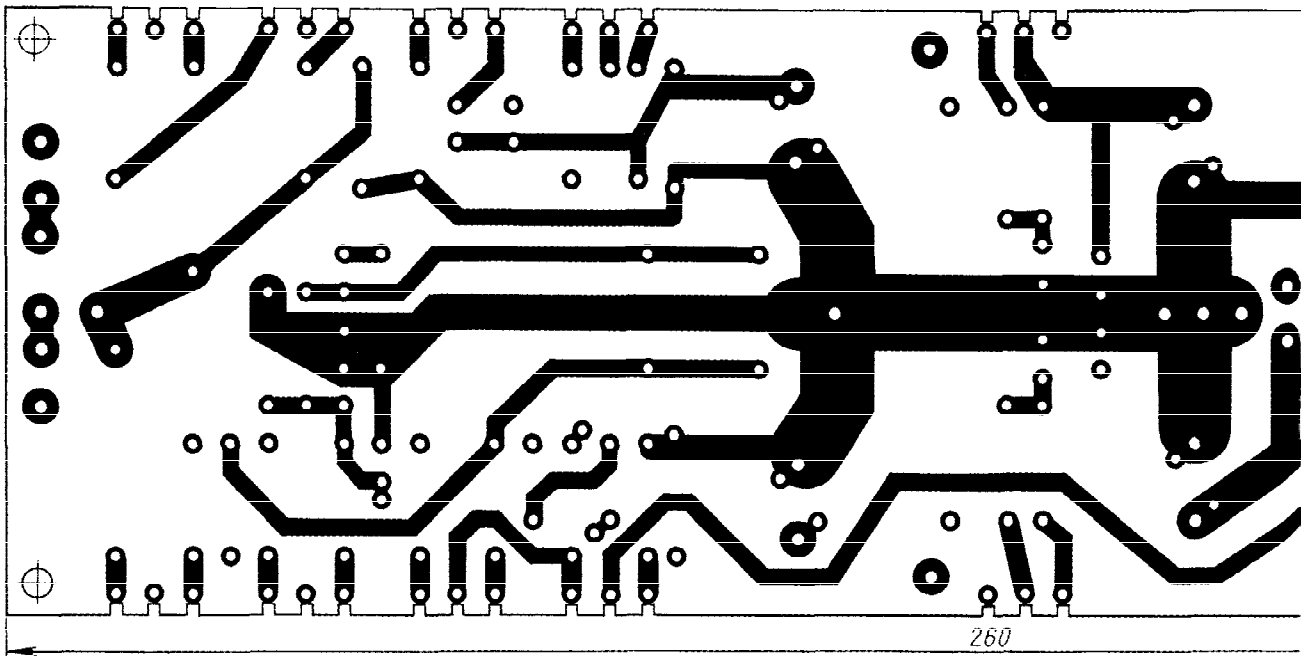


Рис. 3

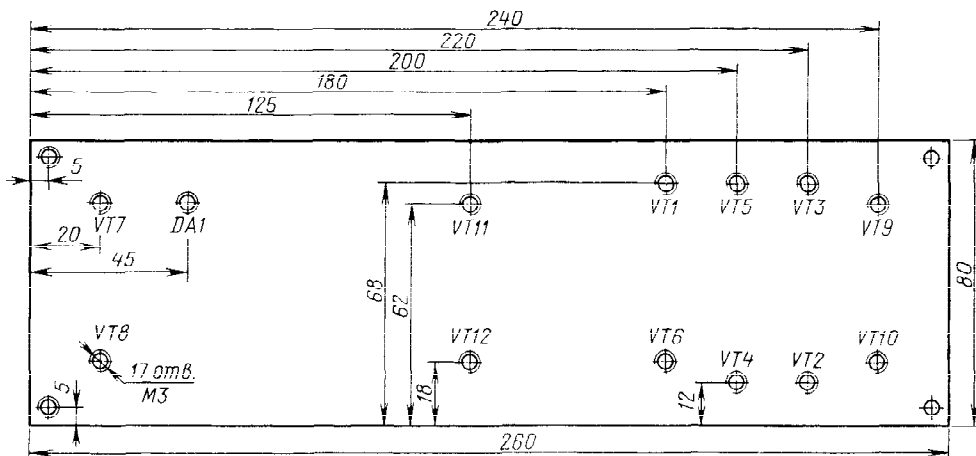


Рис. 4

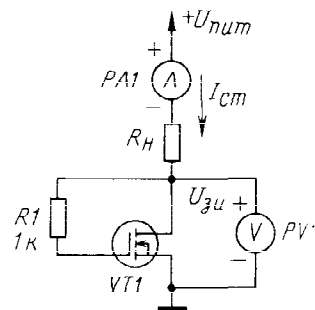


Рис. 5

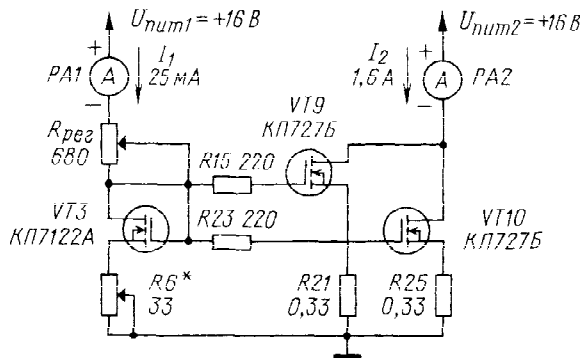
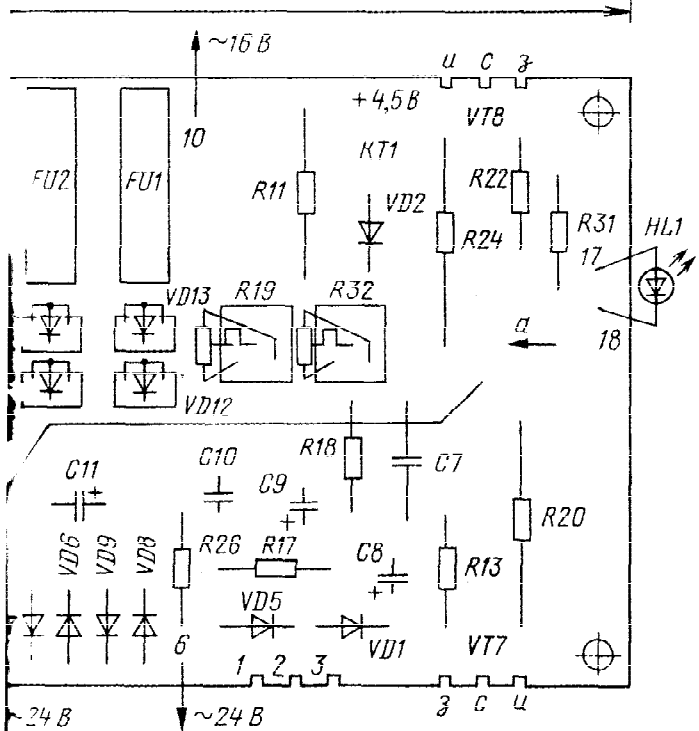
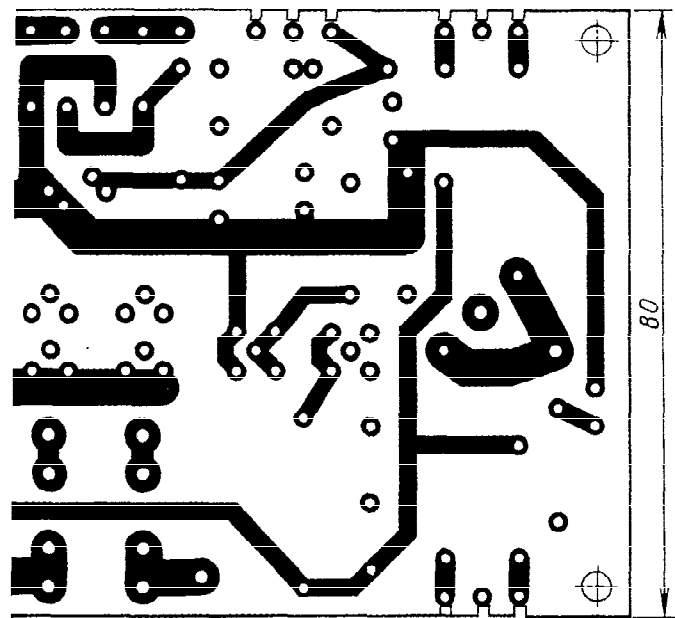


Рис. 6

выполненный на VT3, VT9, VT10, осуществляется сложнее. Отношение площадей кристаллов транзисторов VT9, VT10 к VT3 примерно равно десяти, поэтому измерять напряжение затвор—исток надо при отношении токов стоков, равном десяти.

Налаживание усилителя

Настройку усилителя производят в несколько этапов с последовательным порядком монтажа элементов.

1. По напряжениям затвор—исток при номинальном токе стока подбирают пары транзисторов VT1 и VT5, VT2 и VT4, VT7 и VT8, VT9 и VT10 (рис. 5).
2. Устанавливают на теплоотвод транзисторы VT3, VT9, VT10.

3. Собирают устройство для подбора транзисторов по схеме **рис. 6**.

4. Устанавливают переменный резистор R6 на минимум, а R_{рег} — на максимум сопротивления.

5. Включают напряжение U_{пит1} и резистором R_{рег} устанавливают ток I₁ = 25...27 мА.

6. Включают напряжение U_{пит2} и подстроечным резистором R6 устанавливают ток I₂ = 1,6 А.

7. После прогрева уточняют ток I₁ = 25 мА резистором R_{рег} и окончательно устанавливают ток I₂ = 1,6 А резистором R6.

8. Выключают все напряжения, измеряют сопротивление R6 и устанавливают на плату резистор ближайшего номинала.

9. Устанавливают собранную полностью плату усилителя на теплоотвод и припаивают выводы транзисторов.

10. Далее подают на плату переменное напряжение 24 В, проверяют установку резистором R19 выходного напряжения стабилизатора в интервале 20...26 В и устанавливают его минимальное значение.

11. Резистор R6 замыкают переключкой. Подают переменное напряжение 2х16 В через резисторы сопротивлением 22...33 Ом и проверяют напряжение на выходе УМЗЧ (оно должно быть близко к нулю). Подают сигнал на вход и проверяют работу усилителя без нагрузки.

12. Убирают переключку и ограничительные резисторы. После подачи питания резистором R4 устанавливают ток транзистора VT1 в интервале 48...52 мА.

13. Резистором R19 устанавливают ток покоя усилителя — 1,6 А, контролируя его по падению напряжения на истоковых резисторах выходных транзисторов.

14. Проверяют баланс токов дифкаскада по падению напряжения на резисторах R5, R8.

После настройки обоих каналов усилитель готов к проверке на воспроизведение музыкальных фонограмм различных направлений — джаза, классики, вокала и пр.

Усилитель эксплуатируется в составе системы: проигрыватель компакт-дисков MERIDIAN 507 24 bit; межблочный кабель AUDIONOTE AN-v (14-жильный лицензиат из серебра 99,997 пробы) или CHORD Anthem; кабель к АС — CABLE TALK Talk 3.1 bi-vire; акустическая система CELESTION A2. Нужно подчеркнуть, что на лучшее качество звучания усилитель выходит далеко не сразу, необходима наработка под сигналом в течение 150...200 ч. После такого "прогрева" в звуке проявляются тонкости, детали, послезвучия, он становится более хлестким, энергичным и активным, не теряя изначально присущей мягкости. Ускорить процесс может применение "прогревочного" диска.

ЛИТЕРАТУРА

2. Конденсаторы. Справочник. Под ред. И. И. Четверткова и М. Н. Дьяконова. — М.: Радио и связь, 1993.

Редактор — А. Соколов, графика — Ю. Андреев