



Малошумящий усилитель

Одна из основных проблем, над решением которой на протяжении многих лет трудились разработчики звуковоспроизводящей аппаратуры, — получение высокого отношения сигнал/шум. Сейчас она практически решена: уровень собственных шумов даже наиболее чувствительных усилителей воспроизведения (УВ) магнитофонов доведен до вполне приемлемых значений (ниже уровня шумов паузы магнитных лент) и практически достиг своего теоретического предела. Тем не менее интерес к разработке малошумящих усилителей как среди радиолюбителей, так и среди профессионалов не ослабевает. Разрабатываются и проверяются новые схемотехнические решения, определяется и анализируется вклад в общий уровень шумов каждого пассивного элемента.

В последнее время для уменьшения шумов и улучшения условий согласования с источником сигнала по входным

каскадах чувствительных усилителей все чаще используют параллельное включение нескольких транзисторов. Примером может служить УВ, описанный в [1]. Однако однополярное питание обуславливает необходимость включения между источником сигнала и входом УВ разделительного оксидного конденсатора довольно большой емкости, являющегося, как показали исследования, дополнительным источником фликкер-шумов. Переход к двухполярному питанию позволяет отказаться от разделительного конденсатора и полнее реализовать выигрыш по шумам, достигаемый параллельным включением двух транзисторов.

Опыт разработки устройств с питанием от двухполярного источника показывает, что наилучших результатов можно добиться при симметричном (двухтактном) построении усилительных каскадов, поэтому для современных малошумящих усилителей можно рекомендовать входной каскад, изображенный на рис. 1. В нем транзисторы VT1, VT2 разной структуры по постоян-

ному току включены последовательно, а по переменному — параллельно, поэтому можно ожидать снижения уровня собственных шумов, обусловленного параллельным включением транзисторов.

При соблюдении некоторых условий (симметрии напряжений питания и идентичности параметров транзисто-

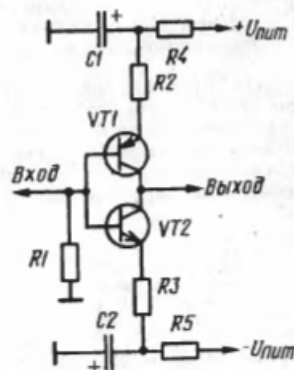


Рис. 1

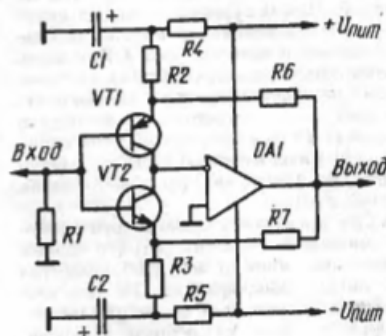


Рис. 2

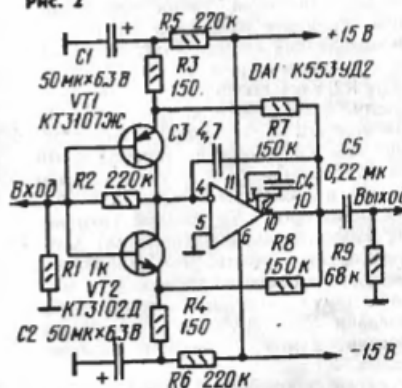


Рис. 3

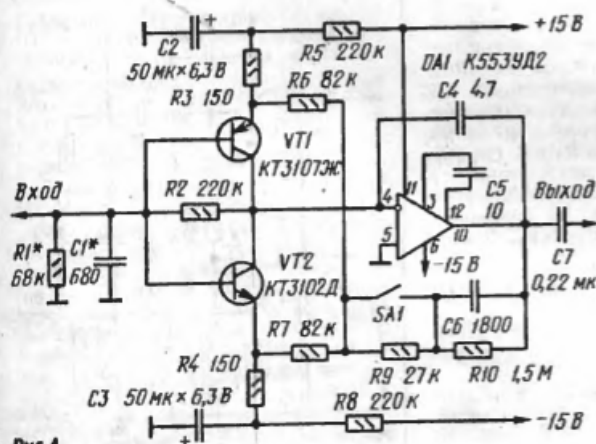


Рис. 4

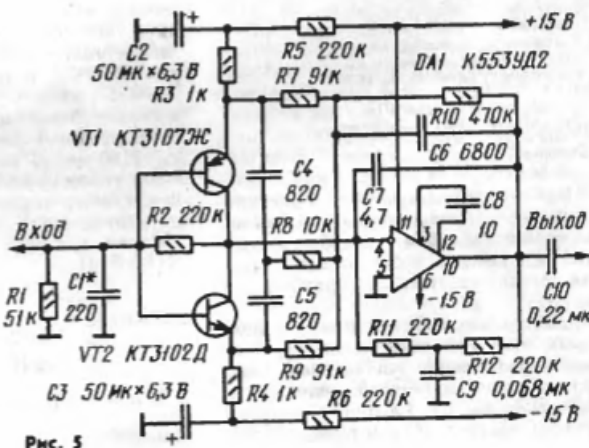


Рис. 5

ров) токи, протекающие через оба транзистора, одинаковы, и, следовательно, постоянное напряжение на базах и коллекторах транзисторов близко к 0. Это обстоятельство позволяет и источник сигнала, и нагрузку подключать к каскаду без разделительных конденсаторов.

Принципиальная схема усилителя с таким входным каскадом показана на рис. 2. Для получения большого коэффициента усиления во втором каскаде использован интегральный ОУ, к которому, кстати, никаких особых требований не предъявляется. Особенность устройства — в необходимости подачи сигнала ООС в эмиттерные цепи обоих транзисторов входного каскада, однако вряд ли это можно считать большим недостатком.

Для проверки предлагаемого схемотехнического решения на его основе было разработано и опробовано три усилителя: микрофонный, УВ для кассетного магнитофона и предусилитель-корректор для магнитного звукоусилителя.

Принципиальная схема микрофонного усилителя приведена на рис. 3. От показанной на рис. 2 она отличается добавлением двух элементов: резистора R2, улучшающего линейность усилителя, и конденсатора C3, ограничивающего его полосу пропускания верхней рабочей частотой. Коллекторный ток транзисторов VT1 и VT2 — около 70 мкА и может быть изменен подбором резисторов R5, R6 (при сохранении равенства их сопротивлений). Следует, однако, учесть, что дальнейшее уменьшение рабочего тока ведет к значительному снижению коэффициента передачи (без ООС), в то время как уровень шумов уменьшается незначительно.

Основные технические характеристики микрофонного усилителя следующие:

Рабочий диапазон частот, Гц	20...20 000
Номинальное входное напряжение, мВ	0,2
Коэффициент передачи, дБ	60
Перегрузочная способность, дБ	34
Коэффициент гармоник, %, не более	0,05 %
Входное сопротивление, кОм	1
Относительный уровень собственных шумов (измеренный со шнуровым фильтром «МЭК, А»), дБ, не более	-63

Частотно-зависимую ООС в рассматриваемом усилителе можно создать несколькими способами. Наиболее простой использован в УВ, принципиальная схема которого изображена на рис. 4.

Для компенсации частотных и волновых потерь в области высоких частот использована резонансная цепь, образованная магнитной головкой и конденсатором C1. Глубину коррекции устанавливают подбором резистора R1.

Стандартная АЧХ воспроизведения формируется двумя цепями: одна из них состоит из конденсатора C6, резистора R9 и параллельно соединенных резисторов R6, R7 ($\tau_1=120$ мкс), другая — из того же конденсатора C6 и резистора R10 ($\tau_2=2700$ мкс). При замыкании контактов переключателя SA1 постоянная времени τ_1 уменьшается до 70 мкс. Выходное напряжение усилителя равно 0,5 В (при номинальном входном 0,25 мВ), однако при необходимости его можно увеличить до 2 В без заметных искажений на низких частотах. Относительный уровень собственных шумов (взвешенный), измеренный при номинальном входном напряжении для $\tau_1=120$ мкс, оказался равным -63 дБ, для $\tau_1=70$ мкс — примерно -65 дБ. Коэффициент гармоник на частоте 1 кГц при перегрузке по входу на 10 дБ не превышал 0,05 %.

Субъективное сравнение качества воспроизведения одной и той же фонограммы описанным усилителем и УВ на микросхеме K157УЛ1А показало заметное преимущество первого, выражающееся в большей «прозрачности» звучания, улучшении передачи низких частот.

Примером использования усилителя по схеме на рис. 2 для коррекции сигнала магнитного звукоусилителя может служить предусилитель, схема которого приведена на рис. 5. Его основные технические характеристики следующие:

Коэффициент передачи на частоте 1 кГц, дБ	40
Входное сопротивление, кОм	47
Относительный уровень собственных шумов (взвешенный) при входном сигнале 5 мВ, дБ	-83
Перегрузочная способность, дБ	25

Требуемая АЧХ устройства (с четырьмя постоянными времени согласно стандарту RIAA-78) формируется традиционным способом — цепью частотно-зависимой ООС. Постоянные времени в ней определяются следующими элементами: $\tau_1=75$ мкс — конденсатором C4 (C5) и резистором R7 (R9), $\tau_2=318$ мкс — конденсатором C6 и включенными параллельно (по переменному току) резисторами R7 и R9, $\tau_3=3180$ мкс — цепью R10C6. Ограничение усиления на низких частотах осуществляется цепью ООС R11C9R12, охватывающей ОУ DA1. Ее постоянная времени $\tau_4=7950$ мкс = R11C7/2 (при R11=R12).

Н. ГАЛАХОВ

г. Москва

ЛИТЕРАТУРА

Валентин и Виктор Лексин. Усилы сетевого магнитофона. Усилитель воспроизведения. — Радио, 1983, № 8, с. 36—40.

ЧИТАТЕЛИ ПРЕДЛАГАЮТ...

УСИЛИТЕЛЬ ЗАПИСИ НА K548УН1

Усилитель, схема которого приведена на рис. 1, разрабатывался для двухскоростного (19,05 и 9,53 см/с) катушечного магнитофона с универсальной магнитной головкой 6Д24Н.10. Как показали испытания, с наименьшим успехом его можно использовать и в кассетном аппарате.

АЧХ устройства формируется цепями ООС, охватывающими усилители микросхемы K548УН1А (в скобках указаны номера выводов второго усилителя). Необходимый подъем на низких частотах создается элементами R3, R6, C4 (постоянная времени этой цепи — около 3180 мкс) и R2, C2, на высших — элементами R3, R6, C3 (при скорости 19,05 см/с) и последовательным колебательным контуром L1C3R4 (9,53 и 4,76 см/с), настраиваемым на частоту 14...16 кГц. Подъем АЧХ на этой частоте регулируют подбором резистора R4 (при изменении сопротивления от 3,6 до 100 кОм он возрастает — относительно уровня на частоте 400 Гц — с +16 до +39 дБ).

Переключатель SA1 механически связан с переключателем скорости ленты, контакты K1.1 принадлежат реле, коммутирующему цепи магнитофона при переходе с записи на воспроизведение и наоборот. Намагничивание головки B1 зарядным током конденсатора C5 в момент включения питания не произ-

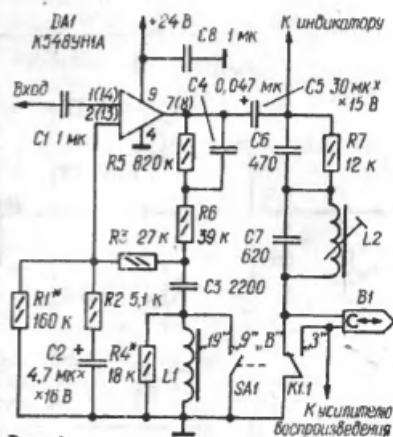


Рис. 1