

ПАССИВНЫЙ РЕГУЛЯТОР ТЕМБРА

Появление цифровых кассетных магнитофонов и цифровых лазерных проигрывателей компакт-дисков резко повысило качество звуковоспроизведения. По большинству основных параметров цифровые источники сигнала превзошли аналоговые на один-два и более порядка [1]. В частности, один из ключевых параметров — коэффициент интермодуляционных искажений снизился с 2 % до 0,003 %, а нелинейные искажения приблизились к психоакустическому порогу слышимости. В результате, если раньше гармонические искажения источника сигнала почти на два порядка превышали искажения усилителей мощности УМЗЧ, нормирующих усилителей и регуляторов тембра, то теперь, наоборот, гармонические искажения последних на порядок превысили искажения источников сигнала.

Очевидно, что для реализации высокого качества звукоизвлечения цифровых источников сигнала необходимо снизить искажения всех остальных звеньев звукового тракта. В последнее время найдены технические решения, позволяющие снизить нелинейные искажения УМЗЧ. Каковы же пути снижения нелинейных искажений в регуляторах тембра, фильтрах, регуляторах ширины стереобазы и других звеньях звуковоспроизводящей аппаратуры?

Поскольку решение этой задачи средствами транзисторной схемотехники сопряжено со значительным ростом числа пассивных и активных элементов, более оправдано использование интегральных ОУ и,

в частности, быстродействующих с полевыми транзисторами во входном каскаде (К544УД2, К574УД1). Входной каскад такого ОУ обеспечивает

транзисторе примерно в 5...7 раз меньше, чем у биполярного. Коэффициент усиления по напряжению быстро действующего ОУ достаточно высок (не менее 3000 для К574УД1) во всем диапазоне звуковых частот, что позволяет эффективно уменьшать нелинейные искажения введением глубокой ООС. Несмотря на то, что выходной каскад быстродействующего ОУ работает в режиме АВ с током покоя около 1 мА [3], перекрестные искажения оконечного каскада вносят основной вклад в общие искажения ОУ [4].

Эти искажения можно уменьшить путем перевода каскада в режим класса А.

В тех случаях, когда необходимо обеспечить значительное

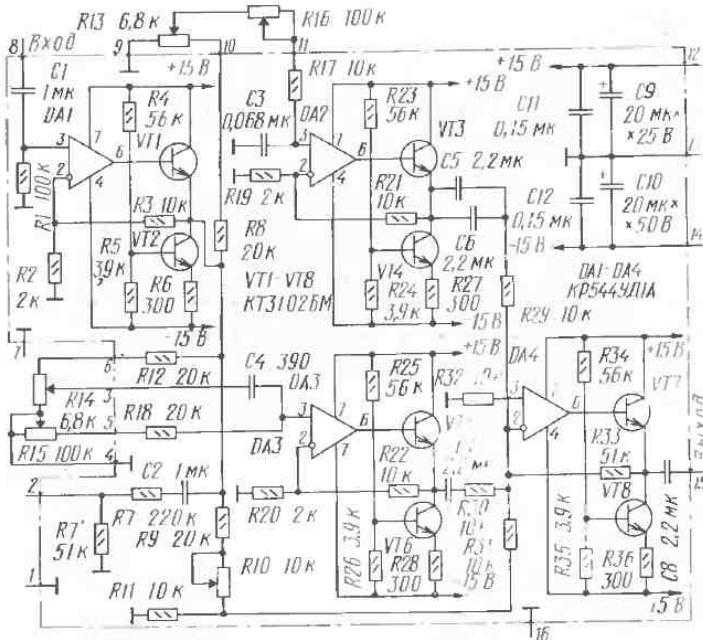


Рис. 1

высокую (более 50 В/мкС) скорость нарастания выходного сигнала, повышенную перегруженность, незначительные динамические интермодуляционные искажения. Известно также [2], что при одинаковом входном сигнале нелинейные искажения усилильного каскада на полевом

усиление при минимальных нелинейных искажениях или еще более их понизить при том же усилении, можно использовать каскадное соединение ОУ. Преимущества такого включения особенно ощущаются для усилителей воспроизведения, предусилителей-корректоров и других частот-

но-зависимых устройств, так как возможность включения между каскадами пассивных RLC-элементов минимизирует динамические интермодуляционные искажения.

Изложенные соображения позволили спроектировать ультралинейный пассивный регулятор тембра (РТ) со следующими основными техническими характеристиками:

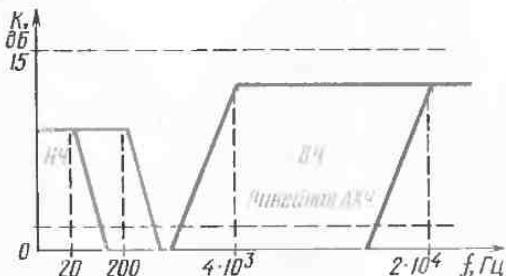


Рис. 2

Номинальное входное напряжение, мВ	250
Номинальное выходное напряжение, В	1
Отношение сигнал/шум, дБ, не менее	80
Номинальный диапазон частот, Гц	20...20 000
Диапазон частот при неравномерности АЧХ менее 3 дБ, амплитуде сигнала 5 В, сопротивлении нагрузки 10 кОм, емкости нагрузки 45 пФ, Гц	20...500 000
Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	30
Коэффициент гармоник, %, не более	0,005
Напряжение питания, В	15
Потребляемый ток, мА	50
Глубина регулировки тембра по высшим и низшим частотам, дБ	0...+15
Диапазон регулировки частот перехода, Гц	20...200; 4000...20 000

Принципиальная схема РТ приведена на рис. 1. Он построен на четырех ОУ, как и аналогичные регуляторы тембра, описанные в литературе [5; с. 44]. Входной каскад выполнен на ОУ DA1 и представляет собой усилитель с коэффициентом усиления 6 и линейной АЧХ. С выхода этого каскада через резистивный делитель сигнал поступает на

представляющий собой инвертирующий сумматор этих трех сигналов. Линейная АЧХ РТ получается, когда движки резисторов R13, R14 соединены с общим проводом. В других положениях их движков реализуется АЧХ, имеющая подъем (до 15 дБ) в области высших и низших частот звукового диапазона.

На рис. 2 показаны АЧХ,

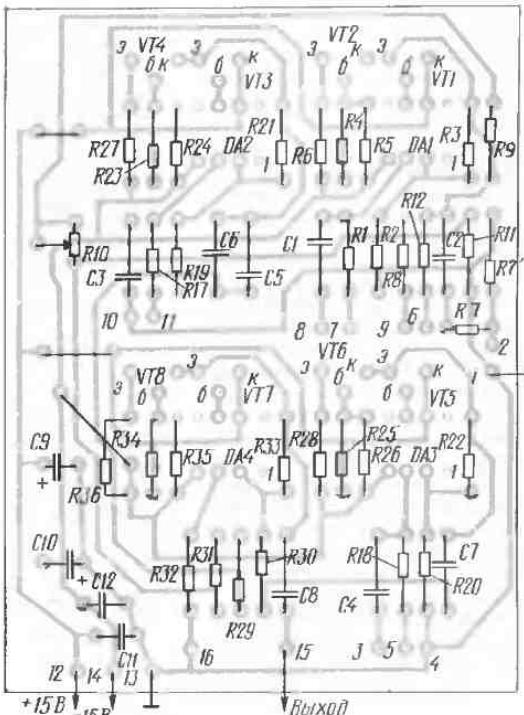


Рис. 3

выход (выв. 2) для записи на магнитофон, а также на фильтры низких и верхних частот. ОУ DA2 работает в пассивном фильтре низких частот (ФНЧ) R13, R16, R17, C3. Амплитуда низкочастотных составляющих звукового сигнала регулируется резистором R13, а частота среза ФНЧ — резистором R16. Фильтр верхних частот (ФВЧ) R14, R15, R18, C4 нагружен на высокое входное сопротивление ОУ DA3. Амплитуда высокочастотных составляющих регулируется резистором R14, а частота среза ФВЧ — резистором R15. Выходные сигналы обоих фильтров, а также линейного каскада поступают на выходной каскад РТ на ОУ DA4,

формируемые РТ. Из рисунка видно, что РТ обеспечивает лишь подъем высших и низших частот диапазона относительно уровня линейной АЧХ. При этом регулируются также частоты среза характеристики высокочастотного и низкочастотного регуляторов, что позволяет точнее корректировать недостатки АЧХ громкоговорителя и помещения прослушивания, а также расширяет диапазон субъективного восприятия тембра.

По возможности регулирования данный РТ занимает промежуточное положение между эквалайзерами и обычными РТ. Автор преднамеренно отка-

злся от регулирования АЧХ ниже уровня линейной. Дело в том, что режим спада высших и низших частот практически не применяется, поскольку он соответствует грубым искажениям АЧХ звукового тракта и такого рода искажения целесообразней корректировать с помощью эквалайзера. Кроме того, при записи фонограммы балансируют в соответствии с чувствительностью слуха при уровнях громкости около 90 фон. При уровнях громкости ниже уровня балансировки, а это наиболее распространенная ситуация, необходимо компенсировать различия в чувствительности слуха (тонкомпенсация) [5; с. 25], т. е. поднимать уровень высших и в большей степени низших звуковых частот. Подъем высших частот диктуется также необходимости преодолеть их маскирование гармониками средних частот, присутствующими во всех звеньях звукоспроизведения тракта. Современные громкоговорители имеют заметный спад АЧХ на низших частотах, что избавляет РТ от необходимости дополнительно снизить уровень этих частот. По мнению автора, регулирование тембра ниже уровня линейной АЧХ, скорее дань традиции, чем оправданная необходимость, что подтверждается в современных устройствах регулирования АЧХ. Например, четырехполосный пассивный эквалайзер [6] регулирует АЧХ выше уровня линейной.

Детали устройства (один канал) размещаются на печатной плате, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (рис. 3). Переменные резисторы R13—R16 — сдвоенные, группы В и размещены вне печатной платы. Допускается использование сдвоенных резисторов R15, R16 группы А. Переменный резистор R10 — СП4-1в, а все постоянные — МЛТ-0,125. Кроме указанных на схеме можно использовать транзисторы (VT1, VT3, VT5) КТ3102В, микросхемы КР574УД1А (Б, В), а также микросхемы К574УД1А (Б, В) в круглом корпусе с учетом различий в цоколевке.

Конденсаторы C10, C11 — K50-6, все остальные — КМ-5, КМ-6. Конденсаторы C1, C2, C7

могут иметь емкость в пределах 0,15...2,2 мкФ. Емкость конденсатора С8 можно уменьшить до 0,68 мкФ, если сопротивление нагрузки РТ превышает 20 кОм.

Правильно смонтированное устройство в каком-либо налаживании не нуждается. Необходимо лишь резистором R10 установить коэффициент передачи РТ в режиме линейной АЧХ. С целью уменьшения внешних наводок резисторы R13—R16 подключают к печатной плате проводами, свитыми по всей длине с шагом не более 20 мм. Провода питания также необходимо свить в пары с общим проводом. Для питания РТ требуется двухполюсный источник питания напряжением ± 15 В и током нагрузки не менее 100 мА при величине пульсаций не более 15 мВ.

Выходной сигнал РТ подается на регулятор стереобаланса — сдвоенные резисторы группы А и с него на регулятор громкости (группы В) сопротивлением по 100 кОм каждый. Входное сопротивление УМЗЧ при этом должно быть не менее 100 кОм в номинальном диапазоне частот.

В. ТАРАСОВ

г. Азов
Ростовской обл.

ЛИТЕРАТУРА

- Иванов Р. и др. Цифровая оптическая звукозапись. — Радио, 1987, № 11, с. 17—20.
- Сухов Н. Проектирование малошумящих усилителей звуковой частоты. — Радиоэхегодник-86. — М.: ДОСААФ, 1986, с. 40—55.
- Шило В. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. — М.: Сов. радио, 1979, с. 132.
- Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. — М.: Мир, 1983, т. 1, с. 442—443.
- Сухов Н., Бать С. и др. Техника высококачественного звукоизвлечения. — Киев: Техника, 1985.
- Феллс Р. 750 практических электронных схем. — М.: Мир, 1986, с. 291.

**ПРОДОЛЖАЕТСЯ
ПОДПИСКА
НА ЖУРНАЛ
«РАДИО»
НА 1990 г.
ОНА ПРОВОДИТСЯ
БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЯ
И ПРОДЛЯТСЯ
ДО 1 ОКТЯБРЯ
1989 г.**

Рекомендуем заблаговременно позаботиться о подписке, которую можно оформить в агентствах «Союзпечати», в отделениях связи и у общественных распространителей печати. В 1990 г. читателей журнала «Радио» ждут публикации о новинках бытовой радиоаппаратуры.

В планах редакции — описания телевизоров четвертого поколения 4УСЦТ, видеопроигрывателя, кассетных магнитофонов «Язва МП-221-1-стерео» и «Маяк-240-стерео», приемника «Меридиан-348» и ряда других устройств. Мы познакомим также читателей с эквалайзером «Орбита ЭК-002-стерео» и громкоговорителем 100АС.

В нынешнем году наши читатели хорошо встретили материалы, идущие под рубрикой «Телевидение через космос». В 1990 г. мы продолжим публикации этого цикла. Наряду со статьями общего характера на страницах журнала будут опубликованы статьи технического плана о практике приема программ со спутников непосредственного телевизионного вещания — НТВ. Редакция намечает в 1990 г. в рубрике «Микропроцессорная техника и ЭВМ» начать публикацию описания нового, более современного любительского персонального компьютера — «Орион» 1282. Напоминаем, что подписка на журнал «Радио» на 1990 г. может быть оформлена также почтовым способом непосредственно на дому подписчика, причем дополнительная плата за эту услугу не взимается.

Индекс журнала «Радио» — 70772. Стоимость годовой подписки — 7 руб. 80 коп.

РЕДАКЦИЯ