

# Радио хобби

Журнал для радиолюбителей,  
аудиофилов и пользователей ПК

№ 5(29)/ОКТАБРЬ 2002

Совместное издание с  
Лигой радиолюбителей Украины  
Издается с февраля 1998 г.



**Главный редактор**  
Николай Сухов

## Редакционная коллегия

Георгий Божко (UT5ULB)  
Евгений Васильченко  
Александр Егоров  
Сергей Кубушин  
Евгений Лукин  
Всеволод Марценюк  
Олег Никитенко  
Александр Торрес  
Николай Федосеев (UT2UZ)  
Георгий Члиянц (UY5XE)  
Владимир Широков

## Адрес редакции

Украина, 03190, Киев-190, а/я 568  
Тел./факс: (044) 4437153  
E-mail: radiohobby@mail.ru  
Fido: 2:463/197.34  
http://radiohobby.tk

## Распространение

по подписке в любом отделении связи:

**Украина** - по «Каталогу видань України 2003» ДП «Преса», с.168,  
индекс 74221

**Россия и другие страны СНГ, Литва, Латвия, Эстония** - по каталогу «Газеты и журналы 2003» агентства Роспечать, с.283, индекс 45955

**Дальнее зарубежье** - по каталогу «Russian Newspapers & Magazines 2003» агентства Роспечать  
http://www.rospe.ru

Выражаем благодарность всем авторам за их мысли и идеи и всем подписчикам за доверие и материальную поддержку журнала

Редакция может не разделять мнение авторов и не несет ответственности за содержание рекламы

© «Радио хобби». Перепечатка материалов без письменного разрешения редакции запрещена. При цитировании обязательна полная библиографическая ссылка с указанием названия и номера журнала

Подписано к печати 28.10.2002 г.  
Отпечатано на журнальном комплексе издательства «Преса України», м.Київ, вул. Героїв космосу, 6  
Тираж 11000 экз.  
Заказ № 0130298, цена договорная  
Учредитель и издатель ООО «Эксперт» г. Киев, ул. Гончарова, 21  
Журнал выходит шесть раз в год  
60x84/8 бум. форм., 7,44 усл.печ.л., 12,8 уч.-изд.л.  
Зарегистрирован Госкомитетом Российской Федерации по печати 25.06.97 г., свид. №016258  
Зарегистрирован Министерством информации Украины 11.06.97 г., свид.серия КВ №2678

# СОДЕРЖАНИЕ

## 2 Новая техника и технология: ИНТЕРНЕТ-обзор

Универсальный MPEG4-видеодекодер ffdshow; DivX5 под DOSкой и на двухсотом «Пне» - не сказки!; FreeDOS; QNX: операционная система и WEB-браузер на одной дискете; Mustek MVVR 100 - видео-вебкамера+цифровой фотоаппарат+mp3-плеер+диктофон за \$80; mp3-плеер MuVo™ от Creative; видеокамеры Sharp, Sony, Panasonic с встроенными мегапиксельными фотоаппаратами; Archos Jukebox Multimedia 200 - переносной плеер массой 290 г, умеющий воспроизводить и записывать в реальном времени mp3-аудио и DivX5-видео; китайский High-End CD-проигрыватель CDJ-T100 с ламповыми выходными каскадами; многоканальный УМЗЧ Pioneer VSA-AX10 с автоматической системой акустической калибровки; CD-плеер для DJ-ев; технологии снижения джиттера при записи audioCD-R Yamaha Audio Master Quality Recording и Plextor VariRec; Sanyo HD-Burn удваивает емкость обычных CD-R/RW-болванок; технология Seagate HAMR увеличивает емкость жестких дисков в 100 раз; SpiderMail - антивирус от «Диалогнауки» для любых почтовых клиентов, работающих по протоколу POP3; отправьте свое имя на Марс летом 2003 года; программа анализа электронных схем XLab 4.0; программа для синтеза/моделирования фильтров FilterLab v1.0.40; мощные полевые транзисторы PowerTrench и TrenchMOS с уменьшенными зарядом переключения и сопротивлением в открытом состоянии; ИМС высококачественных маломощных низковольтных УМЗЧ TS4871/72/90; чипсет Alesis для профессиональной обработки звукового сигнала; MCP7382x - удачный дебют Microchip в области устройств управления зарядом литий-ионных аккумуляторов; высококачественный стереорегулятор громкости Crystal CS3310; серия ИМС цифровых аудиоинтерфейсов Total-E™; многоканальные мультистандартные аудиодекодеры Cirrus Logic CS493xx; Spatializer 3-D на одной микросхеме Panasonic AN7399S с минимумом внешних элементов

## 12 Дайджест зарубежной периодики

High-End SE на двух параллельных пентодах в триодном включении; ламповый 5-полосный графический эквалайзер; 100-ваттный УМЗЧ с выходом на комплементарных «полевиках» в режиме генераторов тока; автомобильный УМЗЧ в режиме класса Т; высококачественный микрофонный преусилитель с балансным входом и взвешивающими фильтрами для звуковой карты ПК; высоковольтный стабилизированный блок питания для лампового УМЗЧ; цифровой сигнальный процессор для отключения бита защиты цифрового копирования в S/PDIF потоке; акустический вольтметр; пробник качества воды; тахометр и электронное зажигание для автомобиля; ваттметр до 1 ГГц; цифровой приёмник ADR-100A; обзорный приёмник на 2-метровый диапазон; новый вид кварцевого перестраиваемого генератора со стабильным разносом TX/RX; 8-элементный «квадрат» на 50 МГц и другие наиболее интересные устройства из двух десятков зарубежных журналов

## 26 УМЗЧ ВВ на современной элементной базе.

**Часто задаваемые ВОпросы и ПОЧЕМУ** ..... Н.Сухов  
Мысли автора и участников конференции Радио хобби о схеме и компонентах популярного УМЗЧ

## 36 Полный двухблочный УМЗЧ с естественным звучанием

..... Д.Бухтяк

## 38 Ламповый калейдоскоп

..... С.Симулкин  
Цикл по ламповым УМЗЧ для начинающих. В этой статье - SE и три PP на Г-807

## 41 Акустическая лаборатория аудиофила-радиолюбителя

..... И.Петрухин  
Третья заключительная часть цикла. Как корректно измерить реальную АЧХ акустической системы по звуковому давлению без заглушенной акустической камеры, откалибровать микрофон

## 45 Восстановление работоспособности кинескопов с помощью приборов КВИНТАЛ. Практические советы

..... М.Лисица

## 46 Вторая версия MixW от UT2UZ и UU9JDR

..... В.Ткаченко

## 50 Новости QUA-UARL

## 51 Лестничные кварцевые фильтры в любительском КВ трансивере

..... С.Радченко

## 56 Универсальный контроллер электромеханического замка

..... В.Чулков  
Устройство с 280 000 000 000 000 кодовых комбинаций на AT90S2313 и ключах-«таблетках» Dallas Semiconductor

## 60 Универсальный программатор-интерфейс для микросхем,

**радиостанций и мобильных телефонов** ..... В.Широков  
Подробное описание программирования носимых радиостанций KENWOOD и YAESU

## КОЛОНКА РЕДАКТОРА

Напоминаю нашим читателям, что пора оформить подписку на будущий год. Сделать это можно в любом почтовом отделении, но только до 1 декабря! В связи с многократным удорожанием услуг почтового ведомства многие журналы были вынуждены существенно увеличить подписную цену, но стоимость подписки на наш журнал осталась прежней - 17 грн. 58 коп. на полугодие. Это в 3 раза меньше, чем на «Радио» (56 грн.), в 4 раза меньше, чем на «Радиомир» (74 грн.), почти в 5 раз меньше, чем на «Радиолюбитель» (86 грн.) и в 7,6 раз меньше, чем на «Радиолюбительскую схемотехнику» (133 грн.). При этом «Радио хобби», как и раньше, остается самым схемотехническим журналом СНГ: в каждом нашем номере в среднем публикуется в 2-4 раза больше конкретных схемных решений, чем в других журналах аналогичной тематики.

Николай Сухов

# УМЗЧ ВВ на современной элементной базе. Часто задаваемые ВОПРОСЫ и ПОЧЕМУ

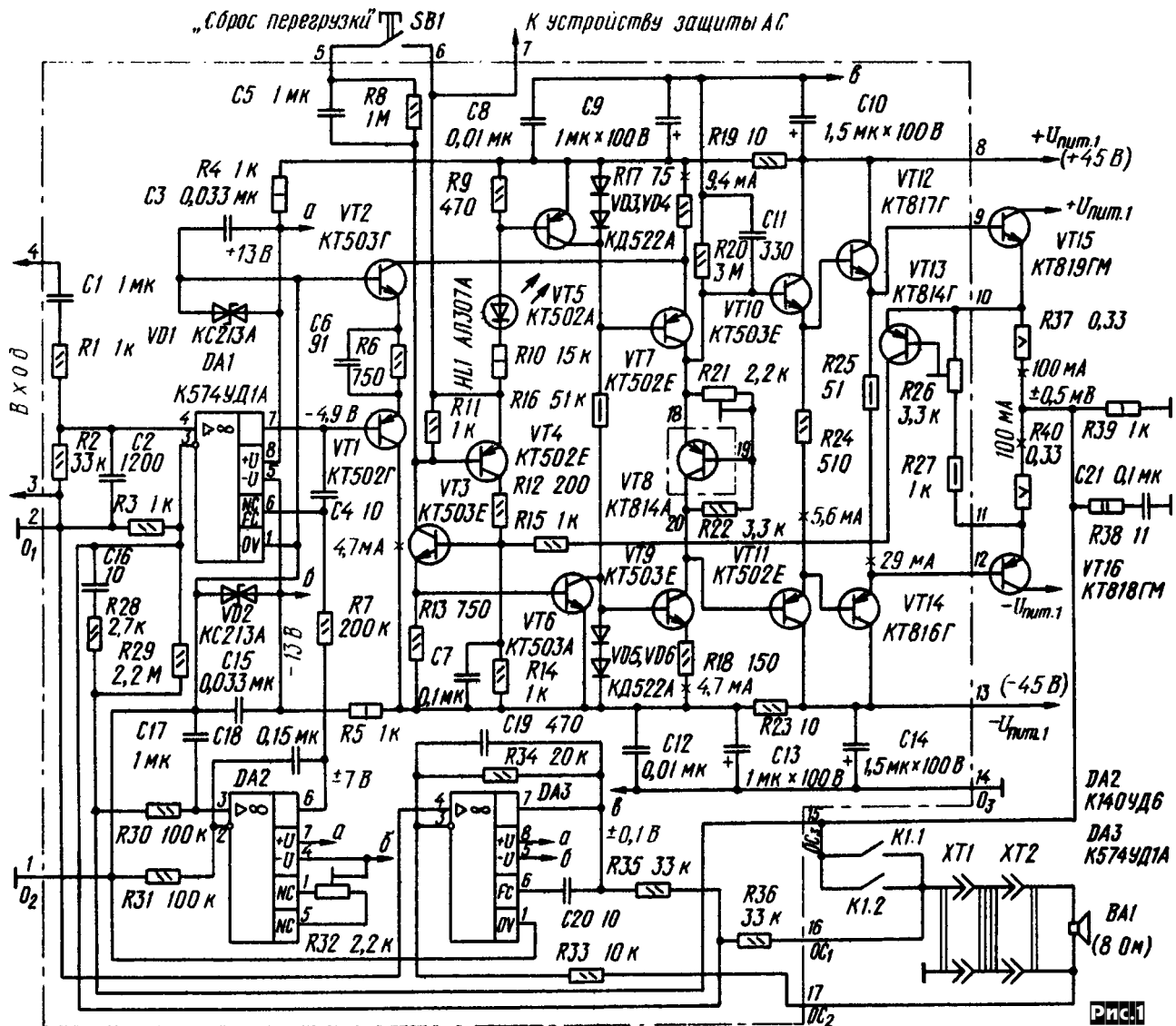
Николай Сухов, г.Киев

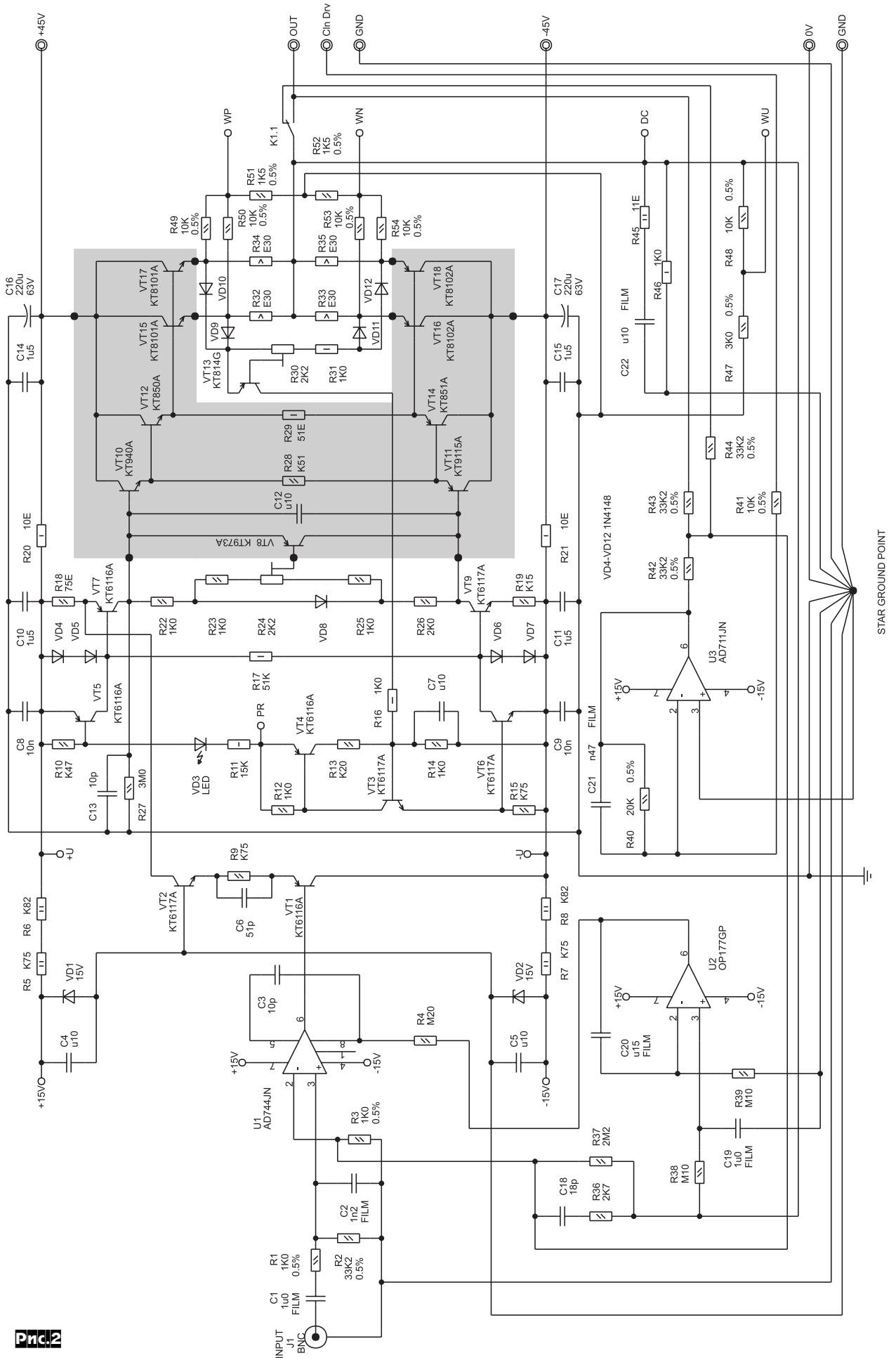
Как я и обещал почти год назад, после публикации цикла Леонида Ридико «УМЗЧ ВВ на современной элементной базе с микроконтроллерной системой управления» («РХ» №5/2001, с.52-57; №6/2001, с.50-54; №2/2002, с.53-56) привожу обзор проблем, с которыми иногда сталкиваются повторяющие УМЗЧ ВВ-89, познакомлю читателей с мыслями и рекомендациями посетителей онлайн-конференции нашего журнала, а также кратко выскажу свое мнение по этим вопросам.

Чтобы нашим новым читателям было понятно, о чем собственно речь, напомним, что она о 100-ваттном звуковом усилителе, схема которого приведена на **рис. 1** (моя статья «УМЗЧ высокой верности» в «Радио» №6/1989, с.55-57, №7/1989, с.57-61, а также в электронном виде с исправленными ошибками в схеме и печатной плате на сайте <http://www.radiohobby.ldc.net/diglibr.html>). Даже для меня оказалось неожиданным то качество, которое он обеспечивает на тогдашних довольно примитивных (с высоты сегодняшней доступности японо-американо-западноевропейских) комплектующих, благодаря чему и, наверное, является самой распространенной среди аудиофилов и меломанов СНГ конструкцией за последнее десятилетие. Большое видится на расстоянии, и сейчас я могу совершенно определенно сказать, почему он звучит лучше многих других усилителей, выполненных даже на более качественных комплектующих.

Основные «ноу-хау» философии УМЗЧ ВВ - отсутствие каскадов усиления напряжения с общим эмиттером (только ОБ и ОК), фазовая компенсация на опережение полюса самых низкочастотных транзисторов выходного каскада, применение во входном каскаде полевых транзисторов (на довольно скоростном ОУ 574УД1), «чистка» линейных и нелинейных искажений акустических кабелей и холодных контактов выходных разъемов специальным компенсатором и охватом контактов петель общей ООС. Довольно грамотно перевел схему на современную комплектующую базу, а также дополнил конструкцию сервисными узлами Леонид Ридико (по многочисленным просьбам новых подписчиков «РХ» с 2002 года повторяем ее - «УМЗЧ ВВ-2001» или NSM на **рис. 2**).

После такого вступления самое время перейти к делу. Как и любая конструкция, УМЗЧ ВВ не обладает 100%-ной повторяемостью. Если отбросить неудачи, вызванные тривиальной «криворукостью» (отсутствием опыта паяния и доводки радиоэлектронных устройств) и откровенным браком комплектующих, то останется процентов 5-10 случаев, в которых нештатные ситуации обусловлены редким, но все же вероятным неудачным сочетанием параметров элементов. Первый описан в упомянутой статье в «Радио» №7/1989 и обусловлен большим и «не в ту сторону» смещением нуля ОУ DA1 (здесь и далее ссылки на нумерацию элементов по **рис. 1**). Из-за этого





Prс.2

резистором R32 (кстати, на схеме в журнале «Радио» он включен неверно, опечатка) не удается установить нулевой потенциал на выходе усилителя - САР автоподдержания нуля не работает - ОУ DA2 в насыщении. Рекомендации по преодолению этой неприятности указаны там же - достаточно соединить выводы 2 и 8 ОУ DA1 резистором сопротивлением около 150 кОм.

Невозможность установки нуля на выходе и тока покоя транзисторов выходного каскада VT15, VT16 триммером R21 может быть вызвана и подвозбуждением усилителя. Анализ этого явления я дам ниже, а пока приведу выдержки из «Вопросов» и «Ответов» посетителей интернетовской конференции нашего журнала (<http://book.by.ru/cgi-bin/book.cgi?book=Radiohobby>), где можно задать вопрос, получить ответ и просто пообщаться на любую тему, связанную с тематикой «РХ». Для тех, кто захочет посетить нашу конференцию и найти конкретную тему, перед собственно сообщениями я указываю трех- или четырехзначный номер «ветви» обсуждения (каждая ветвь соответствует определенной теме). После имени или псевдонима того или иного участника после ключевого слова <mailto:> я также привожу его e-mail адрес, если он был указан при регистрации в конференции.

Итак, **ЧА\_ВО** и почему, или **FAQ по УМЗЧ ВВ**.

**495.**

**Юрий Зыков** [mailto:yuri\\_zykov@softhome.net](mailto:yuri_zykov@softhome.net) **Ток покоя глючит.**

При регулировании тока покоя возникла следующая проблема: когда движок R21 находится в крайнем правом по схеме положении, падение напряжения на R37+R40 составляет 12 мВ. Т.е. ток покоя равен  $0.012 / (0.33 + 0.33) = 18$  мА. При перемещении движка из крайнего правого положения в левое ток покоя уменьшается... Хотя, как мне казалось, он должен начать увеличиваться. При подключении нагрузки ток покоя еще уменьшается (процентов на десять). Как же всё-таки установить ток покоя? У кого-нибудь были похожие проблемы?

**Vit:**

Осциллограмм выход смотрел при регулировке?!!

На моей практике (2 настроенных усилителя) такое было при возбужде (установки резисторов, рекомендованные автором для первого запуска) на частоте ~1-2 МГц, амплитудой до 20 В.

**597.**

**Яковлев А.: Проблема с током покоя в УМЗЧВВ.**

Тут проблемка у меня возникла при наладке. Не могу установить ток покоя 100 мА. Причем максимальный (55 мА) ток покоя получается при крайнем правом по схеме положении движка R21! С перемещением движка влево ток падает до нуля (резистор R21 подключен верно). Ноль (0.5 мВ) на выходе устанавливается без проблем с резистором 220 кОм между выводами 2 и 8 DA1.

**Главный редактор:** [re:](mailto:) Проблема с током покоя в УМЗЧВВ - глянь, нет ли подвозбужда?

**Яковлев А.:** Есть подвозбуд! На частоте порядка 200 кГц. Как с ним быть...? Увеличение C11 не помогает...-((

**vit:** <mailto:vasya2200@mail.ru> [re:](mailto:) Есть подвозбуд!

Был уже разговор на эту тему.

Лечится:

1. Ток в ноль.
2. Кандёр на 30-150 пФ параллельно резистору 2,2 МОм (R29). Убираешь возбуд.
3. Ставишь ток покоя по рекомендации автора.
4. Выкидываешь кандёр. Если все правильно - возбуд нет.

**1304.**

**Niacryss** <mailto:niacryss@yahoo.com>

**Устранение возбуд УМЗЧ ВВ - если кому интересно.**

У меня в обоих каналах были одинаковые симптомы - возбуд около 20 МГц. Устраняется конденсаторами 2000 - 4700 пФ на предвыходных К-Б

**АИТ:** [re:](mailto:) Устранение возбуд УМЗЧ ВВ - если кому интересно. В моём УМЗЧ ВВ 89 тоже был возбуд на тех же ~20 МГц.

Причина оказалась в слишком длинных проводах, около 15-

20 см, на транзистор VT8 (термодатчик - у меня КТ973А как в УМЗЧВВ2001).

**871.**

**Станислав** <mailto:Stan@zfirm.com> **УМЗЧ ВВ - проблема и решение...**

Проблемка у меня с УМЗЧ ВВ случилась - после наладки при включении не входит в рабочий режим. На выходе (до реле) минус 40 В. Если выключить и включить (точнее «поймать» удачный момент включения) - работает нормально, все режимы на месте. И так в обоих каналах. Полдня искал, наконец нашел. Проблема решается просто - достаточно зашунтировать С17 двуханодным стабилитроном вольтажом на 10-12 и всё заработает. Случай редкий, и, видимо, зависит от экземпляра DA1.

**902.**

**Dread\_m:** [mailto:dread\\_m@aport2000.ru](mailto:dread_m@aport2000.ru)

[re:](mailto:) **RL на выходе?**

Зачастую проблемы при подключении РЕАЛЬНОЙ комплексной нагрузки (с учетом паразитной емкости колоночного кабеля) убираются выходным RLC фильтром. Странно, что уважаемый Н.Сухов не предусмотрел такую простейшую фишку в упомянутой конструкции. Поверьте, экономит много нервов!

**Слава: Николай, а почему на выходе нет LR-цепочки?**

Может, лучше поставить?

**Главный редактор:**

Та акустика, с которой он у меня эксплуатируется, имеет входную емкость в несколько десятков нанофард. При этом усилитель себя чувствует без проблем к возбужду. Ну а если в акустике корявые фильтры, которые дают эквивалентную входную емкость в десятые доли микрофарады (а такие - примерно половина всех АС), то LR-цепочка будет желательной. Я ее не ставил, чтобы не загонять в непонятный режим схему компенсации сопротивления проводов.

**1010.**

**Вячеслав: УМЗЧ ВВ с КТ940/9115**

Ребята, подскажите кто собирал УМЗЧ на КТ8101, КТ8102, предвыходные тран-ры КТ850, КТ851 и VT10, VT11 КТ940 и КТ9115, какие получились С6 и С11? А то не могу выставить ток покоя меньше 200 мА.

**Slava!!!** [mailto:Slava\\_mao@mail.ru](mailto:Slava_mao@mail.ru) [re:](mailto:) **о КТ 940/9115**

У данных транзисторов есть интересный недостаток - на малых напряжениях (примерно меньше 5 В) резко падает бета. Это само по себе неприятно, так она еще и сильно зависит от напряжения! Сам видел это явление (да еще в схеме, где сей эффект никакой ООС не стабилизировался), и пришлось искать другие транзисторы. Разумеется, к возбужду УМЗЧ это никакого отношения не имеет, а вот привести к повышенным искажениям и недоотбору мощности может.

**1194.**

**LEXX** <mailto:yes888@yandex.ru>: **про Сквозной ток**

Николай, помогите советом. У меня УМЗЧ ВВ-89. Транзюки следующие: 2N5401, MPSA-42, КТ850/51, КТ864/65 (по 2 паралл, Rэмит=0,51 Ом). Сперва, конечно, был возбуд DA1, убрал С4, пропал возбуд, но остался на эмиттере VT1 (больше нигде не было !!!), убрал С6, пропал возбуд. При токе покоя менее 120 мА появлялся возбуд на выходе (10 МГц, 500 мВ). Пропал после шунтирования К-Б переходов КТ850/51 ёмкостями 47 пФ. Всё, отлично настраивался, отдавал легко 300 Вт (Uпит=58 В). Работал несколько часов, пока не сгорел от сквозного тока, причем на малой громкости (субъективно, ватт 10-20). Может быть, дело в 5401 или MPSA-42, т.к. из всего комплекта транзисторов только их использовал впервые, вместо BF422/423. Другой канал жив-здоров, точная копия первого. Меандр на

10 кГц  $\pm 50$  В отличной формы, без всплесков. Как бороться с неустойчивостью. Буду благодарен за помощь.

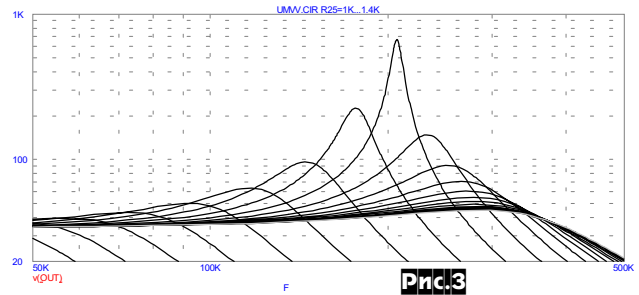
**Станислав** <mailto:stan@zfirm.com> re: про Сквозной ток  
Конденсаторы ты, конечно, зря убрал. У меня подобное было - в покое без С4 возбуд нет, а при наличии небольшого сигнала - «звон» от -питания до +питания. Причем при наличии С4 - небольшой (несколько мВ) звон (~10 МГц), пропадающий при наличии сигнала. Радикально проблема решилась заменой оперов на AD744 (DA1), OP07 (DA2) и AD711 (DA3). А тип транзисторов здесь ни при чем. У меня у самого 2N5401/2N5551, KT851/850, 864/865.

**LEXX** <mailto:yes888@yandex.ru> re: про Сквозной ток

Так возбуд нет, я ж говорю, что сквозной ток возникает лавинообразно. Сам по себе. При подаче меандра частотой 30 кГц: на выходе  $\pm 20$ В, меандр, увеличиваю дальше, затем появляется острый выброс в начале прямоугольника и появляется СТ. Но если С11 увеличить в 2 раза, то СТ пропадает, правда меандр становится чистой пилой. И ещё: что мешает применить 544УД2? У ней ведь частота поболее будет..

**Карен Мкртчян** <mailto:skb@freenet.am> re: про Сквозной ток  
Ну как у вас в УМЗЧ ВВ-89 получается самовозбуд - не уразумею!!! Я штук десять этих самых усилков собрал - не бывало у меня такого - и быть не могло (при 1:1). Однажды только ВЧ - шумел он слегка метров на 2 и «выхлопные» грелись не по Уставу. Первое же подозрение на «мягкое» самовозбуждение DA3 (т.к. стоял не советский 140УД8, а постсоветский) оказалось и последним. А вот когда с 140УД11 в главной роли хотел выжать все сто по скорострельности, то да - из-за самовозбуждения и, как следствие, сквозного тока, полетели мои любимые тошибовские выхлопники (ну поленился в тот раз защиту припаять). Проблему решил тем, что облагородил емкость С6 резистором сопротивлением в диапазоне 51-150 Ом.

**Резюме** по возбуждению и установке нуля. Еще в первой статье было сказано, что УМЗЧ ВВ - это конструкция для опытных радиолюбителей. И многое в нем зависит от тщательного соблюдения всех рекомендаций по монтажу (подробно об этих нюансах можно почитать здесь: [http://www.radiohobby.ldc.net/art1\\_1.html](http://www.radiohobby.ldc.net/art1_1.html)) и налаживанию (начинающим же можно рекомендовать сначала сделать УМЗЧ на ИМС TDA1514, TDA1552, TDA7293). Для достижения максимума возможного я отказался от LR-цепочки на выходе, которая в типичном усилителе отсекает емкостную нагрузку и тем самым предотвращает самовозбуждение при чрезмерной ее емкостной составляющей, но могла бы нарушить работу компенсатора «акустических» проводов. Такой вот High-End - за качество приходится расплачиваться некоторыми возможными проблемами с «инсталляцией». На самом деле подвозбуждение связано с тем, что при малых тока коллектора усилительные, и самое главное - частотные свойства транзисторов очень сильно ухудшены. А поскольку налаживание производится от практически нулевого тока к номинальному, то неизбежен момент, когда усиление уже чувствительно, а частотные свойства (читай - фазовое запаздывание) еще во много раз хуже, чем в нормальном режиме. Именно в эти моменты и может произойти подвозбуждение, а если оно возникло, то дальнейшее налаживание становится невозможным - САР по поддержке постоянного напряжения на выходе пытается установить не настоящий нуль, а нулевую постоянную составляющую ВЧ «подвозбужда», да и транзисторы выходят из линейного режима, еще по сути в него не войдя. Я смоделировал маловероятные отклонения параметров транзисторов, ОУ и пассивных реактивностей УМЗЧ ВВ программой Microsar 7, и действительно выявил несколько областей возможного подвозбуждения при увеличении тока покоя выходных транзисторов от нуля до номинального. На **рис.3** показаны АЧХ усилителя с замкнутой петлей ООС при разных токах покоя коллектора в районе 0,1...1 мА, т.е. на 2-3 порядка ниже номинального (100 мА). Видно, что при некотором значении тока на АЧХ в районе 200 кГц появляется выброс, свидетельствующий о приближении к самовозбуждению. На многопараметрической (коэффициент передачи  $K_u$  в функции частоты  $F$  и тока коллектора  $I_k$ ) трехмерной диаграмме (вынесена на обложку) можно обнаружить даже несколько



«горбов», красный цвет на которых соответствует возбудопасным зонам. Как со всем этим бороться? - универсальной рекомендации нет, но советую минимизировать длину проводов от мощных транзисторов, а также на время налаживания зашунтировать R29 конденсатором пикофард на 100. С подбором оптимальных С6 и С11 разберемся чуть ниже.

Следующая часть **ЧА ВО - о нестабильности тока покоя** выходных транзисторов.

**1350.**

**ivir** <mailto:iv@irk.ru> : Датчик термостабилизации в УМЗЧ ВВ

Собираю этот усилитель в корпусе от Одиссея-У010. Выходные транзисторы - Тошиба 2SA1302/2SC3281. Куда при этом ставить транзистор термостабилизации - рядом с выходным транзистором, прижать к его пластмассовому корпусу или приклепить с обратной стороны радиатора? Сам склоняюсь к последнему варианту, но не уверен, что это лучшее место.

**vladimir:** re: Датчик термостабилизации в УМЗЧ ВВ

Поближе к выходному транзистору, предвыходные транзисторы хорошо бы на тот же теплоотвод компактно - термостабильности лучше. Не забудь про теплопроводящую пасту. Удачи!

**Главный редактор:** Датчик термостабилизации в УМЗЧ ВВ  
Датчик надо лепить прямо на корпус одного из мощных транзисторов. А не с обратной стороны радиатора. Поскольку тебе ж надо стабилизировать режим транзистора, а не радиатора. На тот металлический «язык», что торчит из пластмассы и через который крепежный винт проходит (если корпус транзистора пластмассовый). Ну принцип понятен? - Чтоб были минимальные тепловое сопротивление и теплоемкость между кристаллом транзистора и датчиком температуры.

**Стас:** <mailto:tugushev@bigfoot.com>

А что именно интересует? Если вообще, то, повторяя его, я проблем не имел, единственное - предвыходные транзисторы вынес на радиатор (через слюду) и «воротники» на микросхемы надел, чтобы грелись меньше. Звук - крутой! Спасибо Н.Сухову! Предвыходные транзисторы обоих каналов размещены на общем игольчатом радиаторе (через слюду с термопастой) размером 7 X 8 см. Радиатор игольчатый с одной стороны. При этом радиатор нагревается до 40-45 °С. Выходные транзисторы расположены также на общем радиаторе (через слюду, что не есть хорошо), который является задней стенкой корпуса. Радиатор ребристый с ребрами высотой 1,5 см и шагом 1,2 см. Размеры радиатора 42 см X 9,5 см. Ток покоя 100 мА. «На ощупь» транзисторы такой же температуры, что и радиатор. Наиболее серьезный тест усил прошел на свадьбе, где отдавал мощность ~70 Вт в течение 4-х часов. Температура выходников при этом не превысила 50-60 °С (горячие, но не обжигающие). В «спокойной домашней» обстановке их температура около 35-40 °С.

**Sergey Krasnov** <mailto:88@nvkz.kuzbass.net>

Читал много о сабже... Собрал усилитель, ток покоя выходного каскада сильно скачет от простого дуновения ветра на транзисторы предвыходного каскада. Избавиться от этого простым увеличением площади их радиаторов (не менее 20-25 см<sup>2</sup>) не удаётся. Также многие говорят о медленном нарастании тока выходного каскада после включения усилителя, что по-моему говорит о неправильном дей-

ствии системы термостабилизации. Короче, предлагаю значительно улучшить ситуацию с сабжем, для этого следует:

1. Установить предвыходные транзисторы на радиаторы с площадью не менее 20 см<sup>2</sup>.
2. Увеличить сопротивление R25 (между базами выходных транзисторов) до 100 - 150 Ом.
3. Увеличить сопротивление R24 (между базами предвыходных) до 680 - 750 Ом.
4. Увеличить ток покоя выходного каскада до такой величины, при которой температура радиаторов выходных транзисторов будет около 45-50 град, а это обычно около 180 - 250 мА, (если радиаторы слишком большие, то их возможно придется уменьшить для того, чтобы установить разумный ток покоя).

После выполнения этих условий ток покоя выходного каскада практически не будет зависеть от температуры предвыходных транзисторов. При правильной работе системы термостабилизации сразу при включении усилителя ток покоя может быть довольно большим, но после прогрева выходных транзисторов он должен уменьшиться до установленного значения и далее оставаться практически постоянным.

**Michael S:** <mailto:michael@tsl.ru> re: VT12, VT14 в УМЗЧ ВВ  
Понимаю, что опоздал, но все же скажу. У меня они на радиаторах выходных транзисторов, и ничего - нормально себя чувствую.

**Андрей:** <mailto:andrewa@chat.ru>

А ток покоя у меня плавал раньше по одной простой причине: нагрев предвыходников, когда они стояли на отдельных радиаторах. Когда же я их втараканил каждый на радиатор выходного (у меня они каждый на своем), то стал он как вкопанный, да и греться совсем все не стало. А кондеры блокировочные я для подстраховки все же поставил по питанию.

**Резюме.** Да, это мой «ляп». Доводил я свой УМЗЧ поздней осенью, когда и на улице, и в квартире было прохладно. Тогда и рекомендованных в статье небольших радиаторов площадью 5-7 см<sup>2</sup> для предвыходных VT12, VT14 хватало, ведь на них рассеивается чуть больше ватта. Оказалось, что летом дела обстоят хуже, да и термонеустойчивость режима этих транзисторов, безобидная для них самих, влечет за собой уже очень нежелательную термонеустойчивость выходных VT15, VT16. Выход из положения - увеличить радиаторы VT12, VT14 или вообще установить их на общих радиаторах с выходными (через изолирующие прокладки). Ну и, конечно, монтировать термодатчик VT8 на корпусе выходного транзистора, а не на радиаторе.

**ЧА\_ВО - о импульсном блоке питания.**

40.

**Игорь** [mailto:s\\_gary@pisem.net](mailto:s_gary@pisem.net): БП компа для УМЗЧ.

HI All! Кто-нить пробовал переделать блок питания от компа на блок питания для УМЗЧ, например ±25 В. Мощность подходящая, масса миниатюрная (по сравнению с ТС-180). Но что-то глядя на его квадратный залитый транс меня берут сомнения, например, если разобрать его, то соберется ли он опять? Поделитесь опытом, если таковой есть.

**MAX:** <mailto:kma@intant.ru> re: БП компа для УМЗЧ.

Я пробовал и понял, что это бред. Для УМЗЧ ИБП получается по размерам не меньше тора, а гемора больше.

**flyman:** <mailto:flyman@ukr.net> re: БП компа для УМЗЧ - «подделки» опытом

Обратимся к истории. Последние усилители с ИБП у Сони (2x50 Вт, точную модель не помню) я видел в 85-м году. Причем вид ихний был немного страшноват! Объясню: весь блок питания (импульсная часть с выпрямителем) со всех сторон закрывался полностью металлическими минимум 2 мм без единой дырочки панелями, на эти панели с внутренней стороны были наклеены пластины из магнитной стали (если видели - аля магнитные экраны на моторчиках в магнитофонах). Сам блок питания при этом весил довольно много. С того времени технология ИБП скакнула

очень сильно, и теперь ИБП - нормальная вещь в любой аппаратуре (мы даже перестали их бояться и легко их ремонтируем). Недавно, делая «Мургыкалку» на елку, я не смог найти транс для БП (уж больно тонкий корпус) и решил, не мудрствуя лукаво, склепать ИБП из все тех же побуждений: вес, размер, стоимость!, трудоемкость. К проблеме подошел по-людски т.е. БП должен работать в экстремальных ситуациях, не бояться КЗ и ХХ и не излучать помех, а именно от него должен работать даже СВ-ДВ радиоприемник (если кто когда подключал СВ приемник к ИБП - знает, что в нем слышно). Если с первыми пунктами можно побороться схемотехнически, то вот с помехами только технологически. Далее описываю необходимые условия (и головные боли):

1. Первичная обмотка (обмотки) должна быть экранирована от сердечника и от остальных обмоток. Экран подключается либо к минусу (в зависимости от схемотехники, но в любом случае к «холодному» концу сетевого фильтра), либо к одному из проводов питания (сети). Первичная обмотка самая страшная, так как именно на ней самые высокие амплитуды ВЧ, которые так и лезут во все вторичные цепи.
2. Все диоды в первичном выпрямителе должны быть зашунтированы конденсаторами минимум по 2н2, так как в момент переключения у любого диода меняется емкость Анод-Катод, что в свою очередь сильно сказывается на «заземлении» по ВЧ, и выглядит это как модуляция частоты преобразования двойной частотой сети.
3. По возможности монтаж коллекторных цепей ключевых транзисторов выполнить экранированным проводом из тех соображений, что и п.1, а также заэкранировать сами транзисторы.
4. Обмотки ОС в высоковольтной части также должны иметь экраны, дабы уменьшить «вытек» ВЧ на сердечник.
5. Выходные обмотки должны быть в экране, который в свою очередь подключается к массе низковольтной части схемы.
6. Экраны первичных обмоток и вторичных не должны между собой замыкаться. При этом изоляция между ними должна выдерживать 2 кВ.
7. Экраны первичных обмоток и вторичных должны соединяться цепью из параллельно включенных резистора 2М2...10М и конденсатора 1н...2н2, дабы обеспечить «заземление» по ВЧ и «стекание» статики.
8. Ни в коем случае нельзя ложить первую обмотку на голый керн без экрана. Поверх всех обмоток обязателен экран, подключенный к точке, описанной в п.1. В любом случае обмотки трансформатора должны представлять собой такой «пирог»: Экран1—Перв. обм. намагничивания—Экран1—Перв. обм. ОС—Экран1—Экран2—Втор. обм.—Экран2—Экран1.
9. Сам трансформатор поверх сердечника должен иметь короткозамкнутый экран, подключенный к точке, описанной в п.1. Если сердечник «броневой», лучше его запаять в «консервную банку».

Как видно из вышеописанного, технология изготовления такого ИБП достаточно «геморройная», и сердечник надо брать на пару размеров больше. Однако, чего не сделаешь ради удовлетворения собственных амбиций. Поверьте, НИ ОДИН пьяный китаец из тех, кто на коленях собирает БП для компов, ни сном, ни духом ничего не слышал ни об каких экранах. Эти БП «фонят» во всем спектре частот от нуля и, наверное, до бесконечности. Заэкранировать их очень и очень трудно. Так что если хотите тонкий корпус, вайте сами; если есть возможность - ставьте ТС-180. К тому же применение ИБП в УМЗЧ ничуть не уменьшает емкость (и размеры) конденсаторов фильтра. Это Вам не телевизор и не комп, где питающие токи всегда одинаковые.

P.S. Сейчас занялся Источником бесперебойного питания на основе БП от компа. Транс надо перематывать. Два транс уже разломал - разобрать не получается, а мотать через дырочки что-то не очень хочется. Так что если кто знает технологию разборки, расклейки, разварки трансов от компьютерских БП - «плиззззззз», поделитесь.

286.

**Oleg mailto:ogg@mail.kubsu.ru:** Можно ли для питания УМЗЧ ВВ применять импульсный БП, например из Радио 1/87? В статье «Сказки и правда о HI-FI» писали, что усил критичен к БП. Какой наиболее удачный вариант? Заранее спасибо.

**Главред:** Я никогда не писал, что УМЗЧ ВВ критичен к питанию. Он, как и любой точный (правдивый) усилитель требует тщательной разводки *земель*, это да. Но земли и питание - не одно и то же. На самом деле УМЗЧ ВВ очень мягок к питающим напряжениям, поскольку все его каскады (исключительно ОБ, ОК и генераторы тока) нечувствительны к питающим напряжениям. Лепить импульсный БП вряд ли целесообразно по той причине, что он должен уметь кратковременно отдавать очень большой (ампер до 15) ток. В обычной связке транс-мостик-толстые электролиты такое обеспечивается автоматом, а вот импульсник придется рассчитывать на такой большой ток, а не на средний. В результате он получится ненамного меньше, чем обычный, но намного более грязный по излучениям. Где-то летом или ранней осенью этот вопрос довольно подробно обсуждали в фидошной эхе SU.HARDW.SCHEMES или SU.HARDW.AUDIO.

**Всеволод mailto:steve@sky.net.ua:** Николай! Есть 2 момента:

1. Даже с одинаковыми «банками» импульсник будет меньше.
2. Возможно использование меньшей емкости «банок» ввиду большей частоты преобразования.

В стандартном 50 Гц источнике периодичность подзарядки выходных емкостей — 100 Гц. При импульсном — гораздо выше (от 20 кГц и выше). За один такт в импульснике нужно передать гораздо меньшее кол-во энергии выходному фильтру.

Другое дело, что импульсник на большУю мощность — это весьма неординарное изделие. Да и мягкое ограничение перегрузки — еще тот подарок.

**Главред:** Если ты о банках с низковольтной стороны, то они меньше не станут, ведь именно их емкость позволяет отдавать большие импульсные токи при небольших средних токах (я к тому, что их емкость в усилках мощности выбирают не столько по сглаживанию пульсаций сетевого напряжения, сколько по способности отдать ампер 15 в течение нескольких десятков миллисекунд без особой просадки). Повесишь меньше емкость - тут же получишь меньше импульсный ток (или его длительность). Тут обдурить не получится. Да и какая же САР (и ведь любой стабилизатор - и импульсный, и непрерывноаналоговый) любит толстоёмкостную нагрузку?

Другое дело, что в импульсниках выпрямление можно (и нужно) делать на стороне высокого напряжения, это в соответствии с энергией  $CU^2/2$  дает четверо меньшую потребляемую емкость при вдвое большем напряжении. Тут выигрывает в габаритах электролитов действительно получается, но такая схема не обладает способностью со стороны низкого напряжения отдавать токи с большим пик-фактором. Ее придется рассчитывать на *максимальный* импульсный ток как на *номинальный*, а это резко увеличит требования к мощности и габаритам со стороны высокого напряжения - пропадает смысл.

Ну и самое главное - эффективное экранирование. Это настолько большой гимор и габариты, что теряется *всякий* смысл применять импульсные БП в хай-фай аудио и тем более хай-энде ©. В «ПиСюках» дело другое - там нагрузка постоянная и главное - высокий КПД.

**Резюме.** Для Hi-Fi усилителя импульсный БП неуместен.

#### ЧА\_ВО о замене транзисторов и ОУ

66.

**Главред:** Тут кто-то спрашивал, какие транзисторы в обновленном варианте УМЗЧ ВВ применены. Владимир Широков (при моем благословении ©) рекомендует на выход пары КТ864/865 или 2N6275/6379 (в последнем случае коррекцию можно убрать - он и без нее не возбуждается). В предвыходном каскаде КТ850/851, а в остальных 2Т504/

2Т505.

**Vladimir Sundqvist mailto:suv@dd.vaz.tlt.ru**

Николай! А ведь я уже 10 лет воспринимаю музыку с помощью твоего усилителя! За это время приходилось сравнивать (субъективно) с Надами, Сосями, Тиками, ламповыми самоделками и т.д. О результатах говорю то, что он до сих пор у меня на своем месте. Хотя были и некоторые разочарования. Со временем заменил все транзисторы. Вместо КТ502/503 пробовал КТ313, 626, 639, 630, 940, 9115, вместо 816/817 - 850/851. Критерий оценки - предварительный отбор на характеристикографе и уши (хотя к субъективистам себя не отношу, просто нет пока другой возможности). В конце концов, намаявшись подбирать пары и начитавшись вражеских даташитов, остановился на таком варианте: VT1, VT2, VT10, VT11 (по схеме в Радио-6/89) - 2N5401/5551, VT7, VT9 - 2SA1208/2SC2910, VT12, VT14 - 2SA1249/2SC3117, VT15, VT16 - 2SA1302/2SC3281. Может это и не самый лучший или самый универсальный вариант (критерием в подборе транзисторов были также исторически сложившееся питание  $\pm 35В$  и требуемая мощность до 50-и Ватт на 4-х Омах, хотя имеется многократный запас питания по току и Джоулям), но не очень дорогой и весьма благотворно сказавшийся на качестве звука. Ты не предлагаешь импортных транзисторов в новых модификациях УМЗЧВВ только из опасения поднять цены на рынке? Или стимулируешь отечественного производителя? :) Можно все-таки увидеть твои рекомендации, хотя бы просто списком, если это не коммерческая тайна, конечно :) И еще вопросик: насколько важны частотные свойства VT8? Сейчас я использую КТ639, имеет ли смысл его менять ради этого, например на BD140? Спасибо!

502.

**Valerij: re: Замена в УМЗЧ ВВ**

Я собирал на КТ8101, 8102. В предыдущих каскадах повторителей ставил КТ940А/9115А (VT10/11), далее КТ850А/851А (VT13/14). Работает без проблем, слышен каждый шорох, звук натуральный. Только придется подобрать кондендеры С6 и С11 по отсутствию выбросов на меандре (выброс дает жесткость звука). На КНИ не проверял - нечем :( **Yuri:** И что эта замена дает в плане качества?

**Valerij: re:** И что эта замена дает в плане качества?

С базовым вариантом не сравнивал, но, по моему мнению, звучит лучше, чем NAD314, ARCAM5, AKAI AM-U02 и Солнцевский УМНЧ. Сравнялось в одном и том же тракте и помещении.

**Станислав Тугушев:** Эта замена добавляет надежности, поскольку упомянутые транзисторы более высоковольтные. Ну и частотные свойства у них получше, да и вообще они новее.

**Valerij:** У меня те же выходные транзисторы, сидят они на общем радиаторе. Перед ними стоят 9115 и 940. При настройке по меандру получилось:

$C6=130, C11=200+47=247$  пФ

Настраивал на пассивной нагрузке 8 Ом при амплитуде меандра на выходе, равной половине напряжения питания и частоте 1 кГц. Выброс фронта на выходе около 3 процентов, время успокоения <3 мкс, скорость нарастания 12 В/мкс. Без С6 можно, но увеличивается выброс, без С11 будут проблемы при включении. Настраивал таким образом: сначала при отпаянном С6 подбирал С11, а затем «полировал» подборкой С6. Хотелось бы, конечно, чтобы автор порекомендовал порядок настройки по меандру.

**MAX mailto:kma@intant.ru:** господин Сухов, посоветуйте методику подбора С6, С11 тем, кто использует в выходных и предвыходных каскадах другие транзисторы. Valerij говорит, что у него С6=130 пФ, а С11=247 пФ и подбирал он их по меандру при включенной нагрузке. Я же тоже подавал меандр 1 кГц 0,1 В. Без нагрузки получилось, что С6=27 пФ, а С11=100 пФ. Кто прав, а кто неправ? Напомню, что на выходе у меня 850, 851 и 8101, 8102.

914.

**alex: re: Транзисторы 2SA1302 и 2SC3281 - это что?**

Мощные выходные для высококачественного УМЗЧ выпускают Санкен Тошиба и есть еще Мотороловские MJL3281А MJL1302А - хорошо пойдут в Суховский УМЗЧ ВВ.



987.

**Kris: УМЗЧ ВВ + КП902**

Кто дорабатывал УМЗЧ ВВ по способу Корзинина М. (это еще в РАДИО за 96 год №1) заменой транзистора в нагрузке входного ОУ (574УД1) на полевик КП902? Судя по его описаниям - эффект внушительный!

**Станислав: [mailto:Stan@zfirm.com](mailto:mailto:Stan@zfirm.com) re: УМЗЧ ВВ + КП902**

Посмотри *внимательно* на корзининскую схему. Поймёшь, почему она не должна работать - себя уважать станешь.

**Андрей <mailto:abog@ratan.sao.ru> re: УМЗЧ ВВ + КП902**

(о статье Корзинина)

Там предлагали (в Радио) поставить КП-902 - МОП, но не вместо VT-1, а вместо каскода (2-х транзисторов). «Заливали» как могли. Предлагаю всем это попробовать, не пожалеете! Когда разберешься, почему глюки, дурных вопросов задавать не будешь ☺.

1024.

**Денис <mailto:gavrin@hotmail.com>: ...и снова операционники в УМЗЧ ВВ**

Об этом сказано уже столько! Но я не могу по-прежнему понять одного. Неоднократно предлагалось использовать в ВВ AD845. Но, люди, как же при этом будет работать компенсатор проводов? Ведь у 574УД1 ОДНА нога для компенсации нуля, на которую подается(+)/или(-), а у AD845 ДВЕ ноги, на обе подается (+), только разного уровня. Как это будет работать? Или, в этом случае, компенсатор вообще предполагается не ставить? (Подозреваю, что при нормальных проводах его влияние будет не особо заметно). Или же, как всегда, я чего-то не понимаю?

**ALEX <mailto:alpism@audioclear.com> re: ...и снова операционники в УМЗЧ ВВ**

Это я предлагал, и не просто так. У меня усилик на данном операционнике почти год уже пашет, по моему ты чего-то перепутал и речь идёт об установке нуля на выходе. Тогда еще раз объясняю. С4 выкидываешь, а R7 вместо спецывода в K574-ом под номером 6 подключаешь к точке соединения R3 R29 C16. Вместо DA2 нужно применить OP07, R32 при этом нужно подключить серединой к выводу 7, а концами к 1 и 8 и сопротивление его 10 кОм, а дальше, если все остальное в порядке, то на выходе устанавливается напряжение 0,007 примерно милливольт, да я еще установил ток покоя 500 мА, но это уже зависит от того, какие выходники.

**Vladimir <mailto:nvv@belgen.elektra.ru> re: ...и снова операционники в УМЗЧ ВВ**

Недавно собрал УМЗЧ ВВ на родных операционниках, транзисторы, правда, поставил все буржуйские. Заработал без проблем. 574 не возбуждаются и не пришлось вешать на них резистор. С6/С11 - 10/100 pF. Звучит отлично. До этого собирал на советской комплектровке где-то через год после публикации в Радио, пришлось подбирать 574 и вешать на них резисторы.

**DREAD: re: ...и снова операционники в УМЗЧ ВВ**

ПЕРВОЕ. Нужно иметь в виду, что LM318 (140УД11) имеет переменное число каскадов усиления для разных частот и частотную коррекцию с участком 12 дБ на октаву для увеличения усиления ниже 300 кГц. Поэтому на переходном процессе у него (как и у OP-27, OPA604, LT1468, LT1028) есть сравнительно медленный выброс. На устойчивость этот выброс на самом деле практически не влияет, зато позволяет получить произведение усиления на полосу порядка 50 МГц при использовании технологии первого поколения (некомплементарной). На Западе LM318 даже сейчас популярен и выпускается не менее чем 5 фирмами (National, Texas, SGS-Thomson, Linear Tec., JRC). А K574УД1 уже давно снят с производства, так что рекомендовать его применение по меньшей мере опрометчиво. И, наконец, самое главное. Сейчас, с падением железного занавеса, стала доступна современная элементная база, и реальные лидеры по качеству продукции, как и в других областях - не те, кто громко заявляет о себе в рекламе. Возьмем, к примеру, разработанные пакистанцем Farhood Mogaveji LM6171 (6172 - сдвоенный) и LM7171 (см. [www.national.com](http://www.national.com)). Первый из них скорректирован на единичное усиление, потребляет без сигнала не больше 3 мА

на усилитель и обеспечивает низкое выходное сопротивление без ООС, отличную линейность, полосу 100 МГц и скорость нарастания до 3000В/мкс при цене меньше 3 долларов. Частота среза фликкер-шума у него необычно низка для столь быстрых ОУ и составляет примерно 100 Гц, что делает его отличным кандидатом на роль ОУ для всяких УМЗЧ. Второй ОУ- LM7171 - обеспечивает полосу 200 МГц при усилении 2, выходной ток до 100 мА и скорость нарастания до 4000 В/мкс примерно за 3-4 долл. Чего еще-то?

ВТОРОЕ. Нужно учитывать тот факт, что кроме схемотехнических, есть еще и конструктивные проблемы - и одной из самых главных для УМЗЧ являются паразитные индуктивности в выходном каскаде, являющиеся основной причиной «переключательных» искажений и излучения широкого спектра гармоник с возрастающей по частоте интенсивностью, которые наводятся на входные каскады. Последнее обстоятельство и делает бессмысленными попытки улучшения «схемотехнических» характеристик после некоторого предела. Смысл есть в другом - в нахождении компромисса между всеми параметрами и уплачиваемой за их достижение ценой в широком смысле этого слова - степени технологичности, повторяемости, ну и, естественно, обеспечением достаточной (но не чрезмерной!) надежности. Именно этим и занимаются разработчики промышленной техники, что бы ни говорилось в рекламе. А если речь идет о «хай-энде», то тут вообще на первое место выходит искусство рекламы и «окучивания» клиентов, плюс наличие какого-нибудь фирменного «пунктика». Объективность же в данном случае не только не уместна, но и крайне вредна для успеха фирмы.

**DREAD.** Тут есть подводные камни. При применении LM6171 в УМЗЧ достижимая глубина ООС на звуковых частотах и скорость нарастания усилителя в целом, как ни странно, может оказаться меньше, чем при применении LM318. Снижение глубины ООС связано с тем, что частота единичного усиления УМЗЧ в целом диктуется конструктивными параметрами выходных каскадов (верхний предел не более 10 МГц), а из-за отсутствия у LM6171 участка с более крутым спадом АЧХ, чем 6 дБ на октаву (какой есть у LM318/140УД11) при стандартном выполнении схемотехники приходится увеличивать номиналы корректирующих емкостей, теряя глубину ООС на высших частотах и снижая скорость нарастания УМЗЧ. В то же время бешеная скорость нарастания этого ОУ может «свести с ума» дальнейшую электронику, что может потребовать усложнения схемы. А что касается цен - незачем покупать LM118 в металле задорого, когда можно купить LM318 в пластмассе (30 руб в магазине - не так уж и дорого). В любом случае, купить 140УД1101 в пластмассе за 10 руб на рынке можно без проблем.

1059.

**Andy: Про транзисторы УМЗЧ ВВ**

Уважаемые! Зачем менять транзисторы отечественные на «вражеские», если Сам утверждает, что всё это выгоды звуку не даст? Или намного упрощается настройка? Или..? Хорошо бы узнать о недорогих таких заменах.

**Vit: re: Про транзисторы УМЗЧ ВВ**

Существует одна, на мой взгляд веская причина для этого - сейчас стали доступны транзисторы более высокого качества, причем цена их зачастую примерно та же. Например, сегодняшние KT818/19ГМ страдают страшным разбросом. А KT8101/02 стоят почти столько же (по крайней мере у нас, в Днепропетровске), сколько и импортные 2SA1302/2SC3281 (Toshiba, ~1-1,4\$), да и разброс параметров у них не лучше, чем у 818/19. При всем при этом разброс у Тошибы меньше и конструктивно они выигрывают у наших - при установке на неизолированный радиатор нет необходимости в такой мелочи, как изолирующие втулки под болты крепления (она является частью корпуса). Да и площадь теплоотдающей поверхности раза в полтора-два выше, что позволяет применить радиатор меньших габаритных размеров при прочих равных условиях (получаемое суммарное тепловое сопротивление переход-радиатор меньше в случае применения тошибовских транзисторов).



Такие вот пироги...

1236.

**LEXH:** ге: **Какие транзюки лучше поставить на выход? (УМЗЧ ВВ)**

Ну слушай тогда: 8101/8102  $U_k=200$  В,  $I_k=16$ А,  $F=10$ МГц. От себя добавлю-непопулярные транзисторы. Стояли у меня по одной штуке в плечо, Упит=51В, усилко отдавал примерно 250 ватт номинальной мощности, работая на дискотеках по 6 часов без перерыва, в т.ч. и летом, 3 года уже работает. Вот тебе Russian Toshiba.

**Александр Минаев mailto: zero2000@chat.ru**

Использование КТ8101/02 не совсем хорошо, ибо нормальные 2SA1216/2SC2922 не так уж и много стоят (сам их беру в Чип и Дипе по 80 - 90 рублей, можно заказать по почте), да и не стоит экономить на транзисторах, когда все равно основной вклад в стоимость внесет блок питания, ибо для нормального усилителя будет нужен нормальный блок питания (2 тороидальных транс + нормальные электролиты - это уже 250 - 300 руб за штуку по московским ценам + 4 баночки за 100 - 150 руб). По собственному опыту могу заметить, что стоимость блока питания зачастую превышает половину стоимости УМЗЧ. Хотя для бюджетного решения они, конечно, подойдут, да и на блоке питания конечно можно немного подэкономить.

**Резюме.** Не бойтесь пробовать новые транзисторы и ОУ. Сегодня качественные изделия японской, американской и западноевропейской электронной промышленности не менее доступны, чем изрядно морально подызолившейся отечественной.

Самое интересное **ЧА\_ВО - мысли о модернизации 76.**

**Слава mailto:Slava\_mao@mail.ru**

Ув. г-н Сухов! Прошу Вас (а также всех опытных читателей конференции) ответить на ряд вопросов относительно УМЗЧ ВВ. К умным книжкам просьба не отправлять - не все из них у нас можно достать.

1. Насколько я понимаю, УМЗЧ ВВ имеет как минимум два полюса в полосе частот, где  $K_{\text{петл}} > 1$ : один из них вносит ОУ, а другой - конденсатор С11. Но ведь такая схема неустойчива! Может, я чего-то не понимаю? Вообще, напишите, пожалуйста, как осуществлена частотная коррекция УМЗЧ ВВ, частоты полюсов и нулей. А то очень неудобно бороться с возбудами и подвозбудами вслепую.

**Главный редактор:** ге: Еще вопросы по УМЗЧ ВВ

1) По большому счету в любом многокаскадном усилке полюсов столько, сколько каскадов. Конкретно в УМЗЧ ВВ - их минимум 2 в операционнике + еще пара в усилителях напряжения и еще тройка в выходных повторителях. Итого где-то 7. Но «рояль» играют только три первых (самых низкочастотных) полюса, поскольку двух полюсов достаточно для сдвига фазы на 180 градусов, т.е. *третий* превращает отрицательную ОС в положительную. Ну да это общая теория устойчивости, которая довольно подробно в учебниках по теории цепей давно разработана, а в отношении конкретно усилков ЗЧ подробно разжевана, например, Сергеем Батем в книге «Техника высококачественного звуковоспроизведения» {Сухов-Бать-Колосов-Чупаков, Киев, «Техника», 1985 и второе изд. 1992}, все никак не соберусь ее выложить в Цифровую Библиотеку.

Ну да ладно с теорией. По жизни УМЗЧ ВВ просчитывался и оптимизировался Мисросар-ом, ежели есть желание - набери схему и погляди карту «нулев и полюсов». А на пальцах фишка всей схемы - это компенсация (третьего) полюса, который создаете очень низкочастотными ( $F_t=3$  МГц) транзисторами выходного каскада, посредством ускоряющей RC-цепочки С6R6, да отказ от самой нелинейной и самой низкочастотной схемы включения транзистора с ОЭ.

872.

**Slava!!! mailto:Slava\_mao@mail.ru : Мысли о модернизации УМЗЧ ВВ**

Народ просит модифицированный вариант УМЗЧ ВВ. Это желание рождается верой в могущество и непрерывность прогресса и неизбежно независимо от достигнутых пара-

метров. Вместе с тем конкретные пути модернизации на сегодня четко не определены.

Многочисленные попытки улучшить качество звучания УМЗЧ ВВ пока ни к чему не привели. К тому же есть мнение, что достигнутые параметры в ближайшем будущем будут удовлетворять большинство слушателей. Так стоит ли заниматься именно улучшением качества звучания?

На мой взгляд, сейчас стоит окинуть взглядом накопленный опыт сборки и эксплуатации усилителя и выявить наименее надежные узлы, а также основные трудности, возникающие при сборке и наладке. Для этого достаточно тщательно проанализировать записи этой конференции.

На мой взгляд, основная трудность при наладке УМЗЧ ВВ - борьба с недостаточной устойчивостью усилителя. Именно к этому сводятся большинство проблем, с которыми радиолюбители обращаются в эту конференцию. Это вызвано вовсе не ошибками при сборке (и иными проявлениями неопытности), а объективно имеющим место разбросом номиналов и параметров компонентов. Вместе с тем многие начинающие радиолюбители, которые берутся за сборку УМЗЧ ВВ, не имеют даже осциллографа.

Возможно, удастся без снижения качества звучания (пусть даже несколько снизив электрические параметры) повысить запас устойчивости усилителя, сделав его нечувствительным к разбросу параметров компонентов.

У начинающих радиолюбителей возникают также вопросы по монтажу усилителя, особенно разводе «земляных» цепей. Возможно, было бы целесообразно как можно больше цепей перенести на печатную плату, которую сделать общей для обоих каналов и защиты. Габариты современных оксидных конденсаторов позволяют разместить на плате и конденсаторы блока питания. Это сильно облегчит жизнь начинающим, опытные же радиолюбители при необходимости могут и сами изменить монтаж.

Возможно, у народа будут еще предложения по данному вопросу.

**Станислав: mailto:stan@zfirm.com** ге: Мысли о модернизации УМЗЧ ВВ

Как уже Nick Sukhov писАл везде, где только мог, УМЗЧ ВВ - конструкция *не для начинающих*. Лично я не вижу смысла упрощать его (равно как и усложнять). Я собрал уже три экземпляра, и все три работают как часы. Статьи, осциллограф мне не понадобился ни разу. Имеет смысл собрать всю инфу об УМЗЧ ВВ в одно место, создать что-то вроде Knowledge Base. Вот это было бы действительно полезно.

**Яковлев А.: mailto: bolero@chat.ru** ге: Мысли о модернизации УМЗЧ ВВ

Оно, как говорится, работает, и нечего трогать. Но разве что есть мнение. Суть в том, что в интегральных ОУ рпр-транзистор выходного АВ-каскада имеет ВСЕГДА более плохие параметры по сравнению с рпр-транзистором. Также более высок разброс этих параметров от экз. к экземпляру ОУ. Это неисправимо на уровне технологии изготовления ОУ. В предложенной схемной реализации из выходного каскада ОУ используется как раз рпр-транзистор. Может, лучше было бы задействовать в целях улучшения воспроизводимости схемы более шустрый и стабильный рпр-транзистор? Для этого надо всего лишь изменить направление выходного тока ОУ, заменив Т1 и Т2 на транзисторы с противоположными проводимостями и перекоммутировать очевидным образом их подключение:  $K(T1)_k_+$  (пит),  $K(T2)_k_Э(T9)$ , а также «поменять местами» номиналы R17 с R18. Эта переделочка увеличит граничную частоту выходного каскада ОУ раз в 5-10 со всеми вытекающими... Конечно, зная равностное отношение мною уважаемого автора к попыткам «улучшить» УМЗЧВВ, я рискую навлечь на себя ..?, но всё-таки вышеизложенное мнение есть.

**Главред:** Разумное зерно в твоём предложении безусловно есть. Но в УМЗЧ ВВ самое низкочастотное звено - выходной каскад. А ОУ закорректирован стандартно, когда частота среза коррекции на много порядков ниже разницы между его внутренними рпр-рп. Но твоё предложение все равно заслуживает внимания и того, чтобы его попробовать. Есть и еще один способ заставить работать рпр транзистор выходного каскада ОУ - это организовать постоян-

но вытекающий ток на выходе ОУ (в исходной схеме ОУ DA1 работает с постоянным вытекающим током, равным току базы VT1 - около 100 мкА). Для этого даже без изменения схемы достаточно соединить выход ОУ с минусовой шиной его питания - т.е. ноги 7 и 5, через резистор сопротивлением порядка 30-50 кОм. Ток через этот резистор - 300-500 мкА будет вытекающим, компенсирует вытекающий ток базы и заставит трудиться прп-выходник ОУ.

**Pobedoss: <mailto:pobedos@aport.ru>** re: Мысли о модернизации УМЗЧ ВВ

Поддерживаю здравую (ИМНО) мысль Станислава! Каждый из нас в чем-то чайник, если отбросить понты; каждому Провидение иной раз подсовывает такое, что сидишь и плачешь. Лично мне очень помогло то, что я прочитал в конфе о УМЗЧ ВВ, хоть он у меня к тому времени уже работал. А читая дискуссию о модернизации УМЗЧ, хочется попросить Николая дать как-нибудь схему многоэтажного, но страшнозвучающего УМЗЧ - вот где будет простор для размышлений, трат (как материальных, так и времени) и упоения от успехов! Свой вариант усилка я собирал исключительно на деталях, данных в схеме (из принципа), по подлдан рыскавая по небольшому харьковскому рынку в поисках пресловутой УД6 без буквы, например. Собранный усилитель и не думал заводиться, а звучит настолько честно, что даже противно: хоть бы чуть-чуть приукрасил звук моего тупого сидюка! Но я отлежусь, сорри. Подытоживая: ИМНО, действительно неплохо было бы все вопросы с ответами по УМЗЧ ВВ этой конфы где-нибудь собрать воедино, чтобы как можно больше пионеров не стеснялось собирать его, дабы узнать, что в этом мире таки есть место прекрасному, а также дабы не ширяться и не палить родительское бабло на отстойные образцы буржуйской продукции. С уважением, Олег.

**Alex: <mailto:alpism@audioclear.com>** re: Мысли о модернизации УМЗЧ ВВ

Если клепать усилки на мотороловских транзисторах и микросхемах от AD, LT и т.п., то никаких проблем с устойчивостью. С6 и С11 надо пересчитать - и все. У меня DA1 AD845, DA2 OP07, DA3 AD822. Транзисторы на выходе (MJE15030/MJE15031) по 4 шт. в параллель, на предыходе (BD139/BD140) тоже по 4 шт. В первой ступени выходного повторителя по два BF420/BF421, остальные транзисторы тоже BF420/BF421. Ёмкость С6 здесь получилась 8,2 пФ, С11 47 пФ. В соревнованиях с Krell KAV 250 на студии звукозаписи (слушали музыканты и любители) данная «жельзяка» вышла победителем. Второй тур соревнований был уже на AUDIOPRECISION SYSTEM-2. И опять победа.

**875.**

**Alex: Модернизация УМЗЧ ВВ**

Недавно склепал два экземпляра усилка без применения русской элементной базы по причине отсутствия таковой (я живу в Израиле), поэтому пришлось малость изменить схему. Полная сборка одного экземпляра у меня заняла дня три (включая изготовление плат и их доработку), а наладка одного канала минуты три. Все делалось по рекомендациям 89 года, как Батяка велел, и ни одной проблемы, о которых тут говорят, не обнаружено - пашет уже пару месяцев в условиях приближенных к боевым.

Вот еще что, у меня получилась схема с некоторыми отличиями от оригинала - к примеру устройство поддержания нуля на выходе. Транзисторы у меня все не менее 30 МГц, в перспективе сделаю защиту без реле. Да вот еще одна интересная вещь, в первый вариант усилка я впаял знаменитый 574УД1 (таки трудно было, но достали), включая - не запускается. Причина - возбуд и все вытекающие отсюда последствия. Устранил проблему известными из конфы методами. После был собран второй канал, но уже на AD845 в панельке. Результат налицо - запуск с первого пинка, никакого возбуда. Перевтыкал большое количество операционников - со всеми пашет абсолютно одинаково. Короче, если собирать на фирменной комплектке, то вполне возможно отполировать усилки до того, что после сборки надо всего-навсего выставить ток покоя, и можно

слушать. Кстати (для гурманов) ток покоя каждой ступени транзисторов выходного каскада надо подгонять в зависимости от конкретно используемых транзисторов. У меня, например, на выходе 4 транзистора в параллель и суммарный ток покоя 0,5 А. В своём усилке в качестве DA1 и DA3 я применил AD845 в SMD корпусе, а DA2 OP07 DIP-8.

**1109.**

**Slava!!! [mailto:Slava\\_mao@mail.ru](mailto:Slava_mao@mail.ru)** re: СУХОВУ УМЗЧ ВВ

>Почему Вы не использовали в своем ВВ многопетлевую ООС? Конкретнее - почему усилитель мощности (VT1-VT18 по схеме из PX5-2001 с.55) не охвачен местной ООС?

А что мешает самому попробовать?

Отрываешь базу VT2 (нумерация по новой схеме) от земли, соединяешь ее резисторами с выходом усилителя и землей. И будет тебе вторая петля ООС.

Возможно, понадобится коррекция. Включаешь кондер параллельно резистору с выхода на базу.

**Сергей:** Работает так уже больше 10 лет.

Первоначально для получения хорошей реакции на прямоугольные импульсы С6 и С11 сильно отличались в правом и левом каналах, хотя транзисторы были из одних партий. Да и 574УД1 как-то неустойчиво себя вели.

Это, в общем, беспокоило, и в базу VT2 была введена местная ООС из резисторов 470 и 100 Ом, а операционник заменен на LF356 (вначале - чешский аналог, затем от ST), Результат - усилитель гораздо легче корректируется (шире пределы устойчивой работы при вариациях вышеуказанных емкостей), как с LF356, так и с К574УД1.

Как объективно местная ООС повлияла на нелинейные и особенно интермодуляционные искажения - не знаю, нет соответствующего оборудования, но компенсационный метод показывает, что клир не хуже 0,003%.

**Владимир <mailto:vk127@mail.ru>** re: Работает так уже больше 10 лет.

Схема интересная. Получается типа дифференциальный усилитель с источником тока бесконечного сопротивления. Обычный дифф.каскад вносит ощутимые интермодуляционные искажения при малом сопротивлении источника тока. Надо поподробнее исследовать такую схему. Однако слишком увлекаться увеличением глубины местной ООС не следует, так как возрастает амплитуда сигнала на выходе ОУ и следовательно (уже его) искажения.

**1127.**

**Карен Мкртчян <mailto:skb@freenet.am>** УМЗЧ ВВ

Моя доводка УМЗЧ ВВ. ОУ 574УД1 заменяем 140УД11 (споров быть не может!!! У меня и в «Зув»-ской так было. Для баланса «нуля» с обратной стороны печ.пл. припаяв. доп. резист. 200 к последов. с R7 к инверт. вх. DA1. R32 не нужен). ВЧ транз., КС216, КС133; к эмиттеру VT8 подкл. 30-51 Ом, 0,4-0,5 А; доп. резисторы к С6, С11. Уменьшаем Коэф. Усил.по Напряжению до 6 (разница в звучании ярко заметная). Входные элементы перепаяваем для инверт. варианта (желательно).

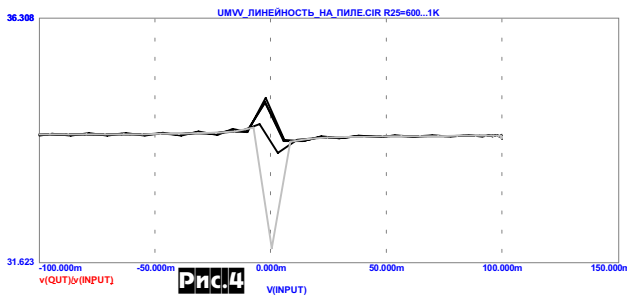
- При желании:

а) Исключаем эмиттерные низкоомники (их поставим в коллекторные цепи для сист. защиты), добавляем транзисторы токового шунта (получили ограниченный спектр коммутационных искажений);

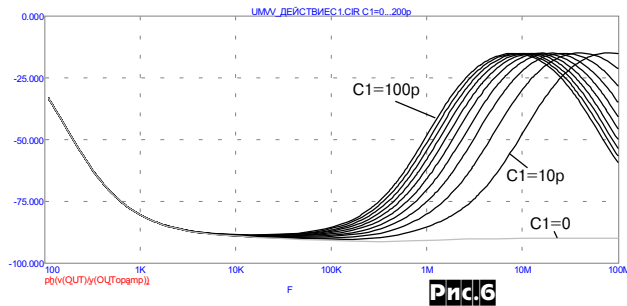
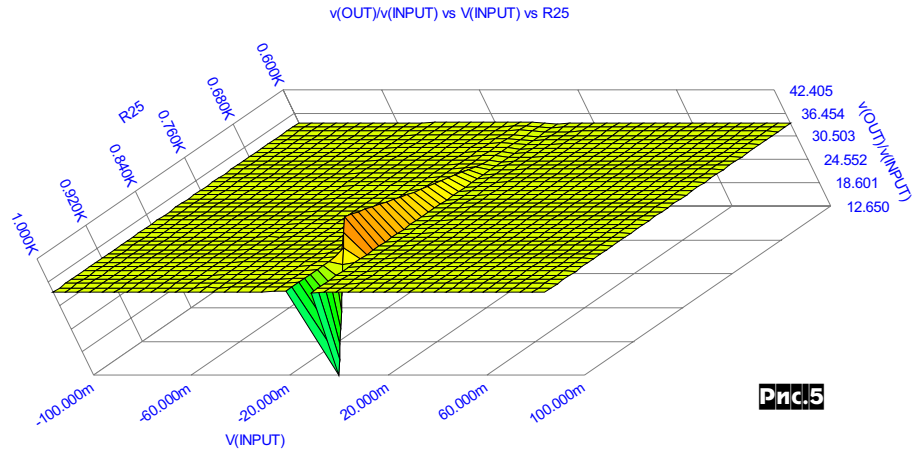
б) Встраиваем «паралл» усилитель системы «Лачинян» (всё-таки оконечные транзисторы работают без отсечки).

10 лет назад начинал перевод УМЗЧ ВВ в симметричный вариант сразу после входного резистора. Сегодня у меня есть и «Агеев»ский. Разница в звучании между ним и доработанным вариантом УМЗЧ ВВ получается незначительная.

**Резюме.** Из предложенных схемных усовершенствований мне больше всего понравилось введение местной ООС, охватывающей выходные транзисторы и каскад на VT2. Этим действительно можно, во-первых, повысить линейность выходных каскадов не за счет охвата общей ООС, а глубину последней одновременно уменьшить (это во-вторых), увеличив запас устойчивости. Проницательные читатели наверняка заметили, что в схеме на обложке этого номера такой вариант я уже попробовал - база VT2 (рис.1) или она же Q26 на обложке «оторвана» от земли и через введенный делитель местной ОС R27R26



(в схеме на обложке) соединена с выходом усилителя. Предельно простая реализация, не нарушающая режимы по постоянному току. К сожалению, «в лоб» особого эффекта от нее не получилось - на высших частотах из-за ограниченной емкости конденсатором C11 (рис. 1) полосы этого каскада эффективность местной ООС падает, а на НЧ она не злободневна, поскольку и так все так линейно, что дальше некуда. Но «надо подумать» (правда, уже в рамках другой статьи, наверное), что-то в этом есть.



Явная эволюция схемы УМЗЧ ВВ - в применении более высоковольтных (поскольку КТ502/503/816/817/818/819 в ней работают на пределе пробоя) транзисторов с меньшими емкостями (ограничивают скорость нарастания) и большими предельными частотами (ограничивают петлевое усиление на ВЧ, а именно здесь его хотелось бы побольше, поскольку транзисторные искажения - довольно «резкие» по своей природе: они максимальны в кратковременные моменты перехода выходного напряжения/тока через ноль и очень резко убывают вне десяти-двадцатимилливольтового коридора). Желательно, чтобы транзисторы выходного каскада имели как можно меньшую зависимость  $h_{21}$  от тока эмиттера при многоамперных его значениях - это позволит не параллелировать на выходе кучу транзисторов, которая множит их емкость, губя на корню частотные и динамические свойства. В проведенных мной испытаниях наилучшие результаты с этой точки зрения показали санкеновские 2SA1302 и 2SC3281. Очень желательно, чтобы основной ОУ имел входной каскад на полевых транзисторах (jfet), поскольку дифкаскад на полевиках имеет зону линейности по входному дифнапряжению на порядок шире, чем дифкаскад на биполярах, а это ключевой параметр для предотвращения динамической интермодуляции. Применяемая в некоторых биполярных ОУ (упомянутых 140УД11, LM318) линейаризация входного каскада посредством местной ООС (большие незашунтированные резисторы в эмиттерах) мне представляется попыткой *исправить уже существующие* искажения, но гораздо *лучше*, когда их *просто не возникает*.

Мои рекомендации серьезным разработчикам - не лениться сначала отработать схемное решение в схемном симуляторе. Сегодня, например, Microsar 7 оперирует моделями элементов, гораздо более точно описывающими их реальные прототипы, чем Microsar 2, которым я пользовался при отработке УМЗЧ ВВ в 89-м году. Из всего разнообразия возможных ана-

лизис схемы я рекомендую в первую очередь обращать внимание на такой параметр как  $K_u(u_{вх}) = u_{ввых}(t)/u_{ввх}(t)$  - это по сути зависимость коэффициента передачи от мгновенных значений входного напряжения на реальном динамическом входном сигнале (это не *статическая* зависимость  $U_{ввых}/U_{ввх}$  по постоянному току). Такой метод исследования моделей звуковых усилителей предложил Дуглас Селф, а удобен он тем, что при автоматическом масштабировании по оси Y (т.е.  $K_u$ ) картина искажений растягивается на весь экран, обеспечивая возможность четко представить, где же возникает нелинейность на

любом входном сигнале (я рекомендую напряжение треугольной формы). Это гораздо удобнее и конкретнее, чем гадание на спектрограммах гармоник или попытки «растягивать» выходной сигнал в точках «излома». В последнем случае часто за «ступеньку» искажений можно принять шаг цифровой итерации. А в случае  $K_u(u_{вх})$  уменьшающееся выходное напряжение делится на уменьшающееся входное, что резко повышает разрешающую способность метода в критических близких к нулю точках передаточной характеристики. В качестве примера на **рис. 4** привожу график и на **рис. 5** - трехмерную диаграмму  $K_u(u_{вх})$  для разных сопротивлений триммера смещения R21 УМЗЧ ВВ (рис. 1). Ну и раз уж пошла речь о микроэлле, то не обойду стороной возможность показать действие корректирующей цепи C6R6. На **рис. 6** изображена ФЧХ каскада усиления напряжения от базы VT1 до коллектора VT7, из которой видно, что увеличение емкости C6 от нуля до 100 пФ (шаг 10 пФ; надпись на диаграмме «С1», а не «С6» связана с тем, что на рис. 1 в моей микроэлевской схеме один и тот же конденсатор имеет разную нумерацию) приводит к тому, что фазовое запаздывание каскада «приподнимается» в критическом для устойчивости районе (около 5...20 МГц) и не только не превышает опасные с точки зрения самовозбуждения 90 градусов, но и дает запас на опережение примерно на 50-70 градусов, который очень пригодится как компенсирующий запаздывание, обуславливаемое транзисторами выходного каскада.

Кстати, схемный симулятор - самый объективный схемотехнический судья. Это я тем авторам, которые в некоторых бульварных изданиях пытаются, не особо утруждая себя аргументами, объявлять свои усилители то лучшими в мире, то лучшими в галактике, и только на том основании, что собранные ими для сравнения конкурирующие усилители у них получились хуже (или получились-таки лучше, но звучали все равно хуже ☹) или вообще «сгорели» ☹. Если кто-то действительно придумал какое-то революционное схемное решение, которое на его взгляд кардинально улучшает объективные характеристики УМЗЧ, то найдите час времени - «соберите» свое детище в Microsar 7 или PSpice 3f5 и проанализируйте пару дней. Сравните с моим УМЗЧ ВВ, схемный файл которого в формате cir (mc7) я вышлю каждому желающему (его также можно загрузить с сайта «Радиолюбби»), с другими популярными (т.е. признанными *не только* собственно самими авторами ☺) схемами. И уже потом делайте объективные выводы, подкрепленные конкретными аргументами и объяснением, *почему же ваша схема лучше*. Если, конечно, вы *серьезный* разработчик, а не софист, стремящийся к дешевой популярности.