

Модификация УНИКОМПа в dbx I

Евгений Лукин, г.Донецк

Итак, возвращаемся к теме компрессора dbx/УНИКОМП в аппаратуре аналоговой магнитной записи звука и цифровой записи с помощью персонального компьютера (PC). Как известно, **существует две модификации компрессора dbx: I и II.** Для кассетных магнитофонов предназначалась dbx II, имеющая полосовой фильтр (27 Гц - 10 кГц) в канале детектора. Для катушечных магнитофонов существует dbx I, в котором этот фильтр имеет полосу 20 Гц - 20 кГц. Надо сказать, что качество звуковых трактов кассетных магнитофонов существенно улучшилось по сравнению с тем моментом, когда разрабатывался dbx II. Далеко не последнюю роль в этом сыграла система Dolby HX Pro и САДП Н.Е.Сухова. Поэтому в магнитофонах, оснащенных этими системами, без опасения можно применить dbx I, не говоря уже о цифровой записи на PC. В случае применения Dolby HX Pro ее следует перевести в режим САДП, как описано, например, в [1].

Как было уже сказано в [2], применение системы шумоподавления УНИКОМП (основанной на алгоритме работы dbx II) в составе PC дает потрясающий результат. Но было обнаружено, что его работа совместно с PC имеет некоторые особенности. В первую очередь это связано со спецификой работы компрессоров dbx (в частности, его переводом в режим dbx I) в динамическом режиме.

Из-за инерционности узла детектора выбросы (перерегулирование) в режиме записи могут достигать 12 дБ! Но если в аналоговом магнитофоне это не приводит к каким-либо заметным искажениям, то в PC дело обстоит значительно хуже: он совершенно не переносит перегрузки. А перегруз, судя по показаниям индикаторов звуковых редакторов, - явление довольно частое. Поэтому приходилось еще прибегать к опера-

ции реставрации ограничения сигнала в звуковом редакторе. Иллюстрирует вышесказанное рис.1 и 2. На **рис.1** изображена запись пакета с частотой 1 кГц длительностью 100 мс с уровнем -20 дБ, на **рис.2** - фрагмент того же пакета, только в другом временном масштабе. Ничего страшного в перерегулировании (в аналоговой технике) нет - в режиме воспроизведения оно компенсируется компрессором, а вот в цифровой технике приходится снижать уровень записи, а чтоб гарантированно не возникла перегрузка, следует применить какой-либо безинерционный лимитер.

Для перевода УНИКОМПа в режим dbx I достаточно изменить номиналы в полосовом фильтре детектора, так, чтобы его полоса расширилась до 20 Гц - 20 кГц. Дальнейший анализ работы УНИКОМПа (переведенного в режим dbx I) выявил еще один неожиданный нюанс. Как было отмечено в [3], запас по перегрузке УНИКОМПа составляет около 10 дБ. Это действительно так, но... на частоте 1 кГц и на стационарном сигнале. С повышением частоты положение существенно ухудшается, ведь на входе канала детектора стоит взвешивающий фильтр, поднимающий ВЧ, в результате чего уже на частоте 3 кГц практически не остается никакого запаса по перегрузке (речь идет о режиме dbx I). В компрессоре dbx II более узкая полоса полосового фильтра (с частотой среза 10 кГц) несколько смягчает ситуацию.

Максимальное выходное напряжение микросхемы 157ДА1 составляет около 10 В, но фильтр на выходе детектора снижает его до 7,5 В. Таким образом, динамический диапазон аналогового перемножителя используется не полностью. Но от канала детектора в первую очередь зависит перегрузочная способность. При разработке схемы очередного варианта dbx были учтены эти нюансы, а также специфика работы в составе PC.

Принципиальная схема устройства приведена на **рис.3**. Сигнал с выхода звуковой карты (ЗК) подается на фильтр А1, А2, который улучшает АЧХ ЗК в области ВЧ [2]. В случае применения ЗК Creative Live! (или выше) каскад на А2 следует удалить. Далее сигнал поступает на буферный каскад (А3), а с его выхода уже на вход УМЗЧ для контроля. В режиме записи сигнал подается на R9 и буфер А4, далее через фильтр А5, реле К3, К2 - на буфер А3 для контроля входного сигнала. Сигнал записи на ЗК подается с делителя R11, R12 через реле К1. Эта часть схемы никаких особенностей не имеет, за исключением применения лимитера VT1, VT2. Пороги ограничения подстраиваются отдельно для положительной и отрицательной полуволны (для упрощения схемы). Такой лимитер плавно ограничивает звуковой сигнал (в отличие от схем на ОУ). О его настройке будет рассказано ниже.

Теперь обратимся непосредственно к схеме dbx. Входной каскад компрессора выполнен на быстродействующем ОУ (А7), благодаря чему полностью снята возможность подвозбуждения компрессора на ВЧ в режиме записи. ОС по постоянному току обеспечивается интегратором А6, благодаря чему снят вопрос о режиме А7 по постоянному току. Кроме того, это схемотехническое решение позволило гальванически соединить выход А7 со входом перемножителя А8. На канал детектора сигнал подается через фильтр С17, С18, R27-R30. Так как подстроечные резисторы имеют значительное отклонение от номинала, то номинал R30 выбран, по крайней мере, на порядок больше R28. Таким образом, на вход детектора подается ослабленный сигнал, что улучшает перегрузочную способность А9. Снижение напряжения управления компенсируется подачей усиленного звукового сигнала на второй вход перемножителя, в связи с чем коэффициент усиления А7 выбран 11,5 дБ. Эти меры расширяют перегрузочный диапазон, и насыщение А9 происходит на частоте не менее 10 кГц. Возможно, конечно, и применение УПТ, поставленного на вход А8 (7 вывод), но это решение усложняет схему.

Анализ АЧХ канала детектора программой Microcap 7 показал, что на частоте 20 кГц влияние полосового фильтра всего 1,5 дБ, что позволило применить довольно смелое решение - исключить полосовой фильтр на входе детектора. На **рис.4**

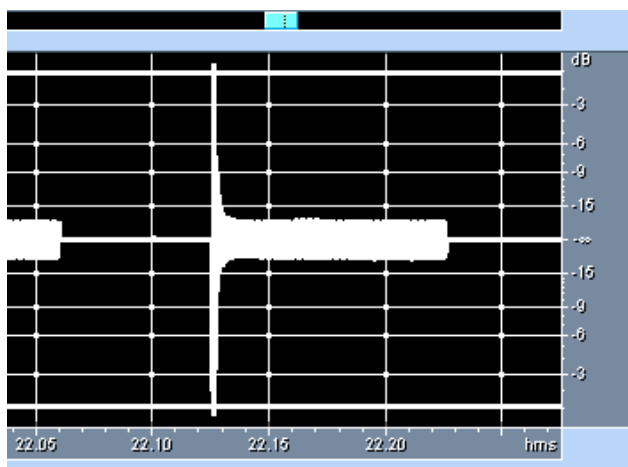


Рис.1

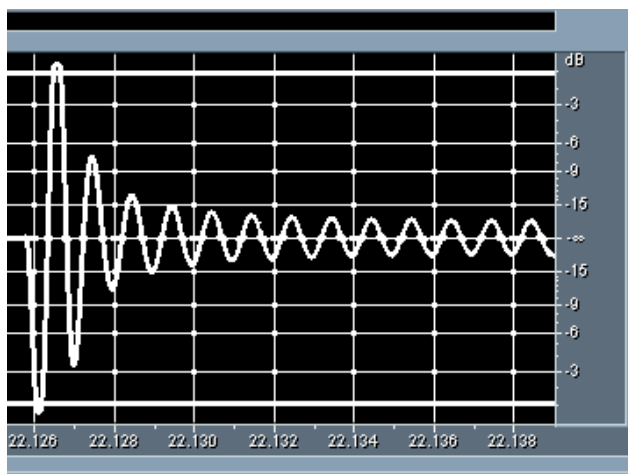
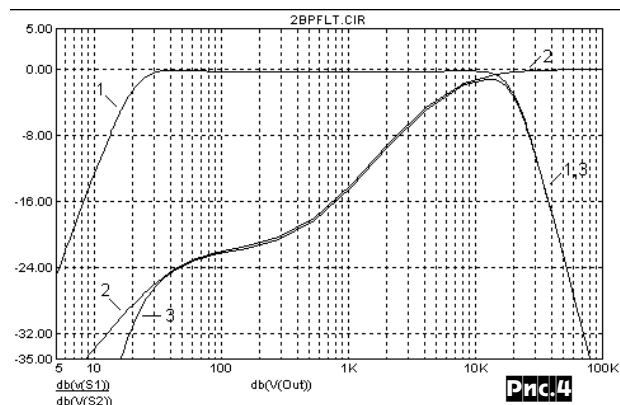
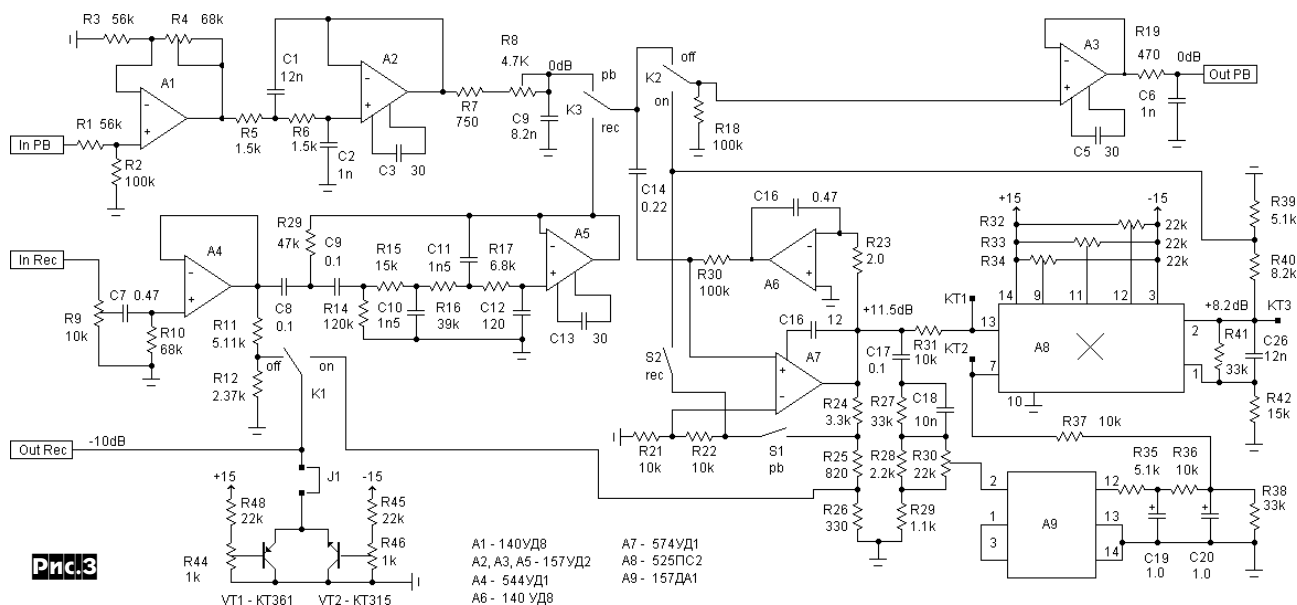


Рис.2

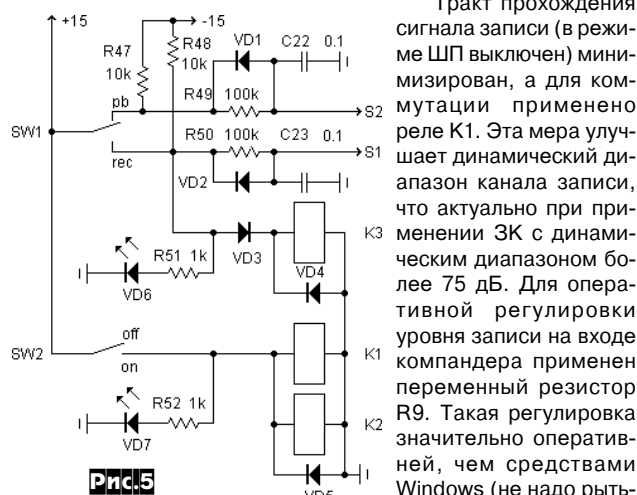


показаны АЧХ различных звеньев канала детектора. Кривая 1 отображает АЧХ полосового фильтра, 2 - фильтр взвешивания, 3 - их суммарная АЧХ. На входе канала записи уже стоит полосовой фильтр (А5), с АЧХ аналогичной кривой 1. В описываемом устройстве полосовой фильтр канала детектора как бы заменяется входным фильтром канала записи, то есть его наличие обязательно.

В аналоговых магнитофонах в режиме записи могут присутствовать наводки со стороны ГСП, а при записи с тюнера - на его выходе может быть напряжение от поднесущей частоты (19 или 31,25 кГц). В престижных кассетных магнитофонах обычно имеется переключатель MPX - он как раз включает фильтр подавления стерео-поднесущей 19 кГц. Однако этого фильтра может оказаться недостаточно, или он может быть некорректно настроен. Любое проникновение на вход канала записи постороннего напряжения (наводки) нарушает работу компрессора.

При 0 дБ на входе А7 коэффициент передачи А8 составляет менее 1 (для повышения перегрузочной способности). В связи с этим делители на выходе А7 и А8 имеют разные коэффициенты ослабления, с тем, чтобы сигналы на их выходах были одинаковыми. Кроме того, сигнал для записи на ЗК ослаблен еще на 10 дБ, т.к. их чувствительность составляет обычно 200-300 мВ.

Коммутация компрессора (А7, режим запись-воспроизведение) осуществляется ключами S1 - S2 на полевых транзисторах. На входах управления S1 - S2 стоят DRC - цепочки, что обеспечивает безобрывное переключение этих ключей, а значит и отсутствие всяких щелчков при коммутации. Схема узла коммутации приведена на **рис. 5**. Коммутация компрессора осуществляется тумблерами SW1 и SW2 (или кнопками с независимой фиксацией), а индикация состояния отображается светодиодами VD6 (красный) и VD7 (зеленый).



Тракт прохождения сигнала записи (в режиме ШП выключен) минимизирован, а для коммутации применено реле К1. Эта мера улучшает динамический диапазон канала записи, что актуально при применении ЗК с динамическим диапазоном более 75 дБ. Для оперативной регулировки уровня записи на входе компрессора применен переменный резистор R9. Такая регулировка значительно оперативней, чем средствами Windows (не надо рыться в глубинах меню). Регуляторами записи Windows устанавливаются оптимальные уровни записи (аналог - установка тока записи в магнитофонах).

Компрессор целесообразно выполнить в отдельном корпусе, со встроенным БП ±15В. Была сделана попытка разместить компрессор в корпусе РС (для компрессора использовался автономный БП), однако из-за большого уровня помех, особенно заметных в режиме записи, от такого варианта пришлось отказаться. А вот dbx, встроенный в РС, но только для воспроизведения - вполне реальная вещь.

Переходим к настройке. В качестве генератора и осциллографа (в некоторых случаях) можно использовать звуковой редактор Adobe Audition. Для мониторинга входных сигналов запускается вторая копия (если необходимо) Adobe Audition, при нажатии **F10** происходит мониторинг уровней записи. При этом одна копия работает в режиме генерации сигналов, а вторая - для мониторинга входных сигналов.

Сначала проверяется канал воспроизведения ЗК. На выход ЗК подключаем вольтметр (типа В3-38). В звуковом редакторе Cool Edit (или Adobe Audition) генерируем sweep-сигнал 30...20000 Гц длительностью 20 с в линейном масштабе. При воспроизведении этого сигнала добиваемся минимальной неравномерности АЧХ на ВЧ резисторами R8. Как уже говорилось, в случае применения ЗК Creative Live! этот каскад надо исключить. Уровень воспроизведения регулируем резистором R4. Если уровня 0 дБ добиться не удастся, то корректируем резисторами R1 или R3.

Затем приступаем к настройке канала записи. Для этого подаем сигнал частотой 1 кГц на вход компрессора такого уров-

ня, чтобы на выходе А3 получить 0 дБ (775 мВ). Средствами Windows устанавливаем «ток записи». Потом замыкаем джампер J1 и производим настройку лимитера. При подаче номинального сигнала резисторами R44 и R46 устанавливаем едва заметное симметричное ограничение (на осциллографе). Для точной настройки очень удобно использовать какой-либо программный анализатор спектра (например *Pinguin AM*, *SpectraLab* или встроенный в *Adobe Audition*). Для мониторинга спектра (в *Adobe Audition*) вызываем окошко анализатора спектра. Для этого достаточно нажать **Alt+Z** или выбрать в меню **Analyze > Show Frequency Analysis**. В окошке нажимаем кнопку **Advanced**, в появившихся дополнительных установках ставим **FFT Size = 4096** (но не больше, иначе анализатор в режиме мониторинга может не работать!) и **Blackmann** и снижаем птичку вверх окна **Linear view**. Правильная настройка соответствует минимуму второй гармоники.

Приступаем к настройке компандера, которая начинается с балансировки перемножителя А8. Для этого подаем сигнал с генератора (частота 1 кГц, 1 В) на КТ1 через емкость порядка 0,5 - 1 мкФ (с тем, чтобы не нарушить режим по постоянному току А8). На входах А8 стоят технологические резисторы R31 и R37, чтобы обеспечить нормальный режим перемножителя и генератора при настройке (балансировке). Осциллограф подключаем к КТ3, лучше с внешней синхронизацией от звукового генератора. Резистором R32 добиваемся минимума на КТ3, постепенно увеличивая чувствительность осциллографа. Затем генератор подключаем к КТ2 и продельваем аналогичную процедуру, но уже резистором R34. В случае применения *Adobe Audition* (вместо осциллографа) ориенти-

руемся на минимум показаний измерителя уровня. Резистором R33 устанавливаем такой же потенциал, как и на выходе А5 (он может составлять несколько милливольт), чтобы при коммутации К2 не было щелчков.

Резисторы R11, R12, R24 - R26 необходимо подобрать парно с точностью не хуже 1%. Далее следует сравнить напряжения на контактах реле К1 (в режимах запись, ШП - выкл.). Желательно, чтобы они отличались не более чем на 0,1 - 0,2 дБ. Равенства добиваемся корректировкой R21. В качестве ключей можно применять микросхемы 547КП1 или 190КТ2П (с учетом их цоколевки), возможно применение отдельных транзисторов КП301. Реле - типа РЭС-60 или РЭС-80 на напряжение 15 В.

Затем настраиваем компандер в режиме воспроизведения. Подаем сигнал (можно со звукового редактора). Устанавливаем 0 дБ на выходе А3 при выключенном ШП, затем включаем ШП и добиваемся того же уровня резистором R30. На этом настройка компандера заканчивается. Записываем какой-либо музыкальный сигнал (со включенным компандером и без) и радуемся музыке без цифровых искажений и аналоговых шумов.

Литература

1. Дайджест Радиохобби №6 1998 с.9
2. Е.Лукин. dbx, компьютер и MP3. «Радиохобби» №1/2002, с.47
3. Н.Сухов. Dolby B, Dolby C, Dolby S,...dbx? «Радиохобби» №5/1999, с.48