

Распространяется бесплатно

*В электронике главное – механика.
(Поговорка не только русских народных умельцев)*

16 в 20, Семь-сорок, или осеннее танго в Одессе

**Изменения в цифровой обработке и в цифро-аналоговых преобразователях сигналов
КД проигрывателей при их работе совместно с ламповыми усилителями Hi-End
класса**

Предисловие

Этой статьёй мы открываем ещё один сериал. Сериал про цифровую обработку звука, частным случаем которой является воспроизведение и запись звука в КД-формате.

В общем-то, мы с Игорем (с Женей) и познакомились-сошлись на почве-ниве цифро-аналогового преобразования (далее – ЦАП). Первый наш, можно сказать: «Совместный!», проект – это бесфильтровый, безбуферный, безконденсаторный и т.д. ЦАП на базе CS4390. История такая, что, слава Богу! не кончается до сих пор, но уже без CS4390. Светлая ему память. Как говаривали в СССР, потому, что «Crystal» этот для нас морально и физически устарел. Однако, почти семь лет назад мы впервые (и где-то на год раньше П.Квортрупа!) поставили на выход этого ЦАПа не операционный или буферный усилитель и не активный или пассивный фильтр, а простой Одесский Трансформатор с полосой пропускания 15Гц-40кГц по уровню –3 дБ «...из железа, найденного около пункта приёма-сдачи металлического лома...» (конец самоцитаты). С точки зрения «бинауральной разборчивости» результат был ошеломляющий!

Ни в коем случае не подумайте, что эту «бесфильтровую» штуку придумали мы. Например, Игорь, ещё будучи студентом-первокурсником ЛЭТИ им. Ульянова (Ленина) в 1975г., услышал в разговорах «за Хай-Фай»: «...Тут фавтовцы (студенты факультета автоматики и вычислительной техники) сделали десятиразрядный преобразователь цифрового звука на транзисторах П213Б. «Игольчатый» сигнал подаётся прямо на одноваттный динамик. Звучит чисто и без всяких искажений...» Так что это – изобретение народное.

Дальнейшие исследования Подпольной Лаборатории показали, что применение непростых Одесских Трансформаторов (2Гц-200кГц, -3 дБ) с той же точки зрения и для тех же целей лишь усугубляет «бинауральную разборчивость». Т.е. бесконечность звукового пространства и 3D-саунд графика передаются через двухканальную цифровую стереофонию очень даже неплохо. Ну, и т.д. Этот феномен мы принимаем здесь и сейчас как критерий проектирования. Хотя все наши ссылки в этой статье на «лучше-хуже» и базируются на «бинауральной разборчивости», мы должны сказать, что почему-то эта разборчивость положительно влияет и на тембр звучания записей в КД-формате (так называемые «тональный баланс», «верхА-низА-середина», «частотка» и т.д.). Это – раз. И второе, самое неприятное. Пиратские КД, «плохо сделанные «болванки»», компиляции с MP3 и т.д. слушать с нашими апгрейдами (переделками) стало просто невыносимо. Такие дела.

Введение, или Преамбула

Концепция всех наших подпольных исследований содержит в своих основаниях два «постулата» (догмата).

1. **Идеальная система звукопередачи для домашнего (индивидуального) слушания «звучит» подобно открытому окну в этом доме.**
2. **Лучший способ обработки звуковой информации – не мешать Человеку воспринимать и передавать эту информацию. «Не навреди!» (см. у Гиппократ, уроженца острова Кос).**

Теперь, согласно Концепции, мы заявляем: лучший «восстанавливающий фильтр» для ЦАПа – слуховые сенсоры и анализаторы Человека. А так же Его мозг в Целом. Поэтому все ухищрения зарубежных учёных выудить из 16-ти бит информации в КД-формате хотя бы один лишний бит чреватые. И ограничены, можно сказать, кругозором (кругослухом) силиконских яйцеголовых разработчиков и глобалистической идеологией заокеанских толстосумов. Мы за живой, ЗЕЛЁНЫЙ звук! Не мешайте, товарищи капиталисты, музыкантам записываться, а нам – внимать. Долой SMD-технологию! Даёшь ручную сборку и навесной монтаж!

Какие условия нам, мирным слушателям-конструкторам, необходимо выполнить для реализации экологически чистого принципа «не навреди»?

Если не фильтровать выходной сигнал ЦАПа, то в нём (в сигнале) будут содержаться дополнительные спектральные компоненты, отсутствующие в исходном звуковом материале. Их принято называть помехами. Эти помехи по своей сути – мультипликативные. Или модуляционные. Т.е. они появляются только при появлении сигнала. Закон соответствия между сигналом и помехой сложный, импульсный (не непрерывный и не монотонный). Однако, если на «записывающей стороне» применили «правильную» предварительную фильтрацию до дискретизации по Котельникову (на Западе – по Найквисту, да хрен с ней, с редькой), спектр мультипликативной помехи на выходе идеального «бесфильтрового» ЦАПа не будет «пересекаться» со спектром сигнала. Вот! Отсюда следует очень важный вывод: после хорошего «бесфильтрового» ЦАПа сигнал могут испортить только плохие нелинейные устройства.

Чтобы нелинейные устройства стали хорошими, необходимо (но недостаточно):

1. «Снизить порядок и величину нелинейности» таковых;
2. Повышать частоту ИСХОДНОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ сигнала на стороне АЦ-преобразования;
3. Переходить на «широкополосные» активные нагрузки для нелинейных элементов;
4. И т.д.

«Основными» нелинейными устройствами в звукотехнике являются усилители. Из всех усилителей наиболее полно удовлетворяют этим назойливым требованиям «бесфильтрового» ЦАПа только ламповые, триодные, с отсутствующей или небольшой по глубине ОС. Интересно отметить, что до недавнего времени считали самыми плохими нелинейными устройствами акустические системы и трансформаторы. (Многие и до сих пор так считают). Но это, как оказалось, далеко не так!

Обратите внимание: «ограничение спектра входного сигнала» не является поводом для «правильной» работы нелинейного устройства. Можно показать, что при любом реальном в звукотехнике «раскладе» параметров: нелинейность устройства – полоса частот входных воздействий, найдётся такая «комбинация входных частот», для которой ограничение спектра сопровождается двойной потерей информации: раз – по условию ограничения спектра; два – по появлению интермодуляционных продуктов этих частот внутри полосы пропускания.

Поэтому надо «отдалять» спектр помехи от спектра сигнала учащением выборок (отсчётов) на «записывающей стороне», а не отгораживаться от помех фильтрами, в том числе активными и цифровыми. Они же потенциально нелинейны!

А условие «ограничения спектра входного сигнала», которое выдвигает современная теория обратной связи в усилителях, это - перекладывание проблем с большой головы на здоровую.

Если же кто-то на практике всё-таки попытается применить «традиционный» усилитель мощности с «традиционной» ООС для воспроизведения звука от «бесфильтрового» ЦАПа, то имейте в виду:

Устройства с переделками, указанными в этой статье, имеют на выходе повышенный уровень высокочастотных составляющих сигнала. Это может стать причиной необратимых повреждений узлов воспроизводящего тракта, работающих совместно с ними - усилителей мощности и акустических систем!

Это раз. Второе. Ситуация с «разрушением» усилителей или колонок, в общем-то, маловероятна. Например, трудно представить в паре с усилителем Classe акустическую систему S-30 и т.д. Скорее произойдёт «радикальное ухудшение качества» звука. Ведь, всего лишь три входных частоты своими «комбинациями тринадцатого порядка» могут так намутить девственно чистый источник цифрового звука, что все валькирии передохнут от недостатка озона (бальзама) в воспроизводимой акустической атмосфере. Что мы и услышали, применив как контрольный «соневский МОСФЭТ» усилитель.

Следует всегда помнить, что на «записывающей стороне» тоже может быть не всё в порядке, и что АЦ-преобразование, как и ЦА-преобразование, на практике не идеально.

Тут уместно оценить пределы «разрешающей способности» слуха. И ориентировочно определить соответствующие им параметры прямой импульсно-кодовой модуляции с равномерным квантованием и линейным кодированием отсчётов (ИКМ). Именно такая применяется в КД-формате.

Мы воспользовались фиг.5 из [1], на которой изображены кривые слуховых частотных порогов. «Нижнего» - по появлению слуховых ощущений на фоне тишины, и «верхнего» - по переходу слуховых ощущений в тактильные (осязательные). Экстраполируя «нижний порог» за 20Гц и 20кГц, находим приблизительные точки пересечения с «верхним порогом». Левая точка – 2Гц; 140дБ, правая точка – 200кГц; 140дБ над абсолютным порогом чувствительности слуха на частоте 3,5 кГц. Таким образом, частота дискретизации по Котельникову (Найквисту) должна быть больше 400кГц, а разрядность кода - больше 23-х бит (стандарт 24 бита).

И поэтому «недостаток» КД-формата в цифрах выглядит так: $16/24 = 2/3$ – по разрядности; $44/400 \approx 0,1$ – по дискретизации. Общій проигрыш \approx в 14 раз как минимум. А это значит, что на стандартный носитель (КД) влезет лишь пять минут «стереозвука» с почти предельным «разрешением». Между прочим, пять минут

грамзаписи на 33 и 1/3 об./мин. занимают на носителе (пластинке) примерно столько же места.

Наверное, особого удивления у Читателя не вызывает расширение «полосы звуковых частот» до 2 Гц – 200 кГц. Но, обратите внимание, что это расширение здесь произошло из-за самого Человека. Т.е. результаты тех давних опытов уже тогда говорили: не скупитесь, инженеры, дайте слушателю 0 Гц «внизу» и 200 кГц «вверху». Почему? Да потому, что в атмосфере Земли есть и сверхмедленные изменения давления (обычный ветер и обычное непостоянное атмосферное давление, хотя бы) и сверхбыстрые процессы с широченным спектром аж до мегагерц (разряды молний, взрывы, трески, шорохи и т.д.). И, потом, решая «низко-высокочастотную» проблему, можно решить и «пространственную» проблему. Но лучше решать «наоборот»! Вы думаете, нет связи? Смотрите.

«Спектральные» критерии оценок легко усвояемы заинтересованными лицами (читателями, потенциальными пользователями и т.д.) при объяснении «почему это работает (не работает)». Неудобоваримые объяснения и трудности начинаются в обоснованиях и в поисках инженерами (производителями и т.д.) «спектральных» критериев проектирования и условий-требований: а) к стереофонической (объёмной) системе звукопередачи; б) к допускам на ФЧХ звукотехнических устройств; и в) к допускам на «нелинейность» тракта звукопередачи.

Пункт «в» пока обсуждать не будем. Он заслуживает особого, пристального внимания: ОС и всё такое. Ограничимся здесь «линейными» вопросами «а» и «б».

Нижеследующее обоснование требований-условий проектирования к стереофонической (объёмной) системе звукопередачи, по-моему (по-нашему), «автоматически» удовлетворяет и снимает с повестки дня «требования к ФЧХ». По сути – это НЕ СПЕКТРАЛЬНЫЙ ПОДХОД к проблеме.

Предварительные замечания. Строгой математической модели стереофонической (объёмной) двухканальной передачи-приёма звуковой информации (т.е. такой, какая «поступает» к барабанным перепонкам и воспринимается Человеком) не существует. Инженерным моделям присуща БОльшая или меньшая точность. Одна из таких моделей здесь представлена на Ваш суд.

В передней полуплоскости (т.е. прямо перед собой) Человек различает «по горизонтальному звуковому пеленгу» до ста направлений. По всей вероятности, основной фактор этого пеленга – так называемая бинауральная разность времён регистрации звукового воздействия на слуховые рецепторы правого и левого уха (см. [2], [3], [4]). Она (бинауральная разность) есть следствие геометрической «разности хода (прихода)» звукового воздействия к «приёмникам», т.е. к ушам. Т.к. расстояние «по прямой» от одной барабанной перепонки до другой в среднем составляет у Человека 17 см, то минимально возможная разность времён регистрации для ста направлений составит $0,17/100/340=1/200000=5$ мкс (340 м/с – скорость звука в воздухе). Эта «цифра» соответствует пресловутым 200 кГц «монослушания», определённым выше. И, таким образом, КД-формат ещё ограничивает нас с Вами, уважаемый Читатель, в «бинауральной разборчивости» раз в пять (см. ниже). Чего не скажешь об «обычных» стерео магнитной и грамзаписи – каналы с канавки и дорожек воспроизводятся непрерывно и практически синхронно.

Если трансформировать допуск по временной точности (+/-2,5 мкс) в «частотное пространство» (в допуск по ФЧХ, точнее – в допуск по идентичности, стабильности и линейности ФЧХ каналов), то геометрически разрешённое поле будет

представлять собой некий угол между двумя лучами, выходящими из начала координатной системы «частота-фаза» (см. [5] про «чёрные экспоненты»). Вся «разрешённая» Человеком ФЧХ звукотехнического устройства должна помещаться в это поле. Иначе Человек всё это услышит (см. [2] и [4] про восприятие «широкополосных» акустических сигналов). Например, для угла между «нулевым» и «первым» лучом фазовый набег на частоте 200 кГц допустим в 360 градусов, а на 20 кГц – 36 градусов. А на 20 Гц? Всего 0,036 градуса!!! А на 2 Гц?! И вот что получается: выполнение условий по временной точности (+/-2,5 мкс) подразумевает под собой чрезвычайно жёсткие требования к ФЧХ на «нижних» частотах. Поэтому, например, при «частоте среза» усилителя-корректора в 20 Гц, предлагаемой RIAA-стандартом для подавления рокота механизма ЭПУ (тау-4), попадание «стандартной» ФЧХ в поле допуска не обеспечивается уже на довольно высоких «не басовых» частотах. «Непопадание» вычисляется решением вот такого трансцендентного неравенства в главных значениях арккотангенса (т.е. для углов от

$$\text{нуля до } \pi \text{ радиан): } 2\pi t_{\text{зад}} f - \text{arccctg} \frac{f}{f_{\text{ср}}} < 0 ;$$

где $t_{\text{зад}}$ – допустимая задержка (временная неопределённость), с;

f – текущая частота, Гц;

$f_{\text{ср}}$ – «частота среза» ФВЧ 1-го порядка, Гц;

$2\pi t_{\text{зад}} f$ – уравнение «первого предельного фазового луча», рад;

$\text{arccctg} \frac{f}{f_{\text{ср}}}$ – ФЧХ ФВЧ 1-го порядка, рад.

Вычисления для задержки в 5 мкс и «частоты среза» 20 Гц дают $f < 800$ Гц (!) с точностью 10^{-4} радианы (0,008 градуса) по «попаданию» в поле допуска. Ниже по частоте будет только хуже.

Строго «трансформировать» ИКМ-преобразованный сигнал в «частотное пространство» не так-то просто. И, хотя считается, мол, с «фазой» в КД-формате всё в порядке, заметим, что «сквозная» ФЧХ канала передачи с ИКМ зависит и от амплитуды и от «кратности» входной частоты частоте отсчётов, т.к. есть квантование и по времени и по амплитуде. Т.е. «впрямую» не выполняются условия теоремы Котельникова (Найквиста) в «амплитудной» области. Это раз. И второе. Чтобы «пользоваться» теоремой Котельникова (Найквиста) при передаче «объёмного» сигнала, надо эту теорему «расширить» до так называемого многомерного случая. Т.е. когда есть ещё и «пространственные» члены ряда Котельникова (не знаем, есть ли такой ряд у Найквиста). Поэтому «в ФЧХ» вмешиваются всякие линейно-нелинейные (кусочно-линейные) сущности.

Как раз самое время снова (см. [5]) помянуть корпускулярно-волновую теорию. Да-да. Шрёдингер и Гейзенберг – это сила! Ведь, мы же всё «это» слышим! Только «с точки зрения» беспристрастного, щепетильного и педантичного осциллографа - люди самые настоящие разгильдяи с грубой градацией шкалы в сенсорах. И как ему, милому, обидно: его в тонкостях восприятия обскакали эти неотёсанные болваны. Это всё от того, что у нас в Океане Звуков есть свой интерес и своя прелесть. А отсутствие горячего интереса к Миру и мирам равноценно отсутствию интеллекта. Однако «отсутствие-присутствие» интеллекта – понятие относительное, и любовь к неодушевлённым предметам (осциллографам) порой сладка, как некрофилия... У-у-у... Е-е-е-е... Дас ист фантастишььь, геррр Шрёдингерррр...

Вот как мы определяем «неидеальность ФЧХ» в КД-формате через «пространственные» требования. Забудьте на время про «привычную ФЧХ». Смотрите дальше.

Недостаток «в стерео» КД-формата появляется с абсолютно неожиданной стороны. Он (формат), оказывается, непригоден для так называемой «широкой стереофонии». Это ярко слышно при бинауральном способе передачи звука (когда «запись» (регистрация) производится с помощью «искусственной головы», а воспроизведение осуществляется через головные телефоны). Почему?

Потому, что сто горизонтальных направлений лоцируются Человеком в полном (развёрнутом) угле 180 градусов. И каждому переходу от направления к направлению соответствует изменение бинауральной разности на 5 мкс. А звуковая информация в КД-формате регистрируется и передаётся нам каждые 23 мкс (частота выборок (отсчётов) 44100 в секунду). Следовательно, между отсчётами принципиально есть ВРЕМЕННАЯ неточность (неопределённость) передачи информации одного канала, например, правого, относительно другого (левого). Вот тут-то и пригодилась бы частота выборок (отсчётов) в 400кГц. Конечно, если «сузить» передаваемую двухканальной цифровой стереофонией в КД-формате «угловую» информацию (например, «расстановкой микрофонов» на передающей стороне), то соответственно снизятся требования к синхронности (временному рассогласованию) каналов. «Сузив» этот «угол» приблизительно в пять раз ($1/44100 \approx 23$ мкс; $23/5 \approx 5$) мы попадём в заданный допуск $\pm 2,5$ мкс. Таким образом, КД-формат может правильно (для Человека) воспроизвести информацию по «горизонтальному звуковому пеленгу» в угле $180/5 = 36$ градусов.

Принятая в звукотехнике «расстановка микрофонов» для передачи «основной части» звуковой информации «в угле» 90 градусов меньше влияет на временное рассогласование каналов при цифровой передаче с $f_d = 44,1$ кГц, но существенно искажает реверберационную структуру исходного «объёмного» сигнала. И, обычно, звукорежиссёры игнорируют эту «расстановку», полагаясь на собственный вкус и опыт. Сказанное имеет место и при аналоговых способах обработки звука, но в меньшей мере.

Так вот, почему Сакума слушает моно!

Если решать «пространственную» проблему в лоб и уже имеющимися у свободного Человечества средствами, то следует обратить внимание на относительно новые цифровые форматы передачи и хранения информации. Это, конечно, - DVD-аудио и СуперАудио-CD.

Примем на веру декларации разработчиков и собственников этих форматов, что «там» два канала по 24 бита каждый, и, что «исходящая» дискретизация равна 192 кГц. Ну, что ж. Для «бинаурального способа звукопередачи» неплохо. Теперь «нормальный» способ. Нетрудно подсчитать – «туда» влезет целых шесть с половиной канала КД-формата. Поэтому, мы предлагаем следующую «расстановку микрофонов» у исполнителя и соответствующую «расстановку акустических систем» у слушателя (см. рис.1) для передачи почти «полной передней горизонтальной стереофонии». И, конечно, мы здесь не претендуем на «единственно верный вариант».

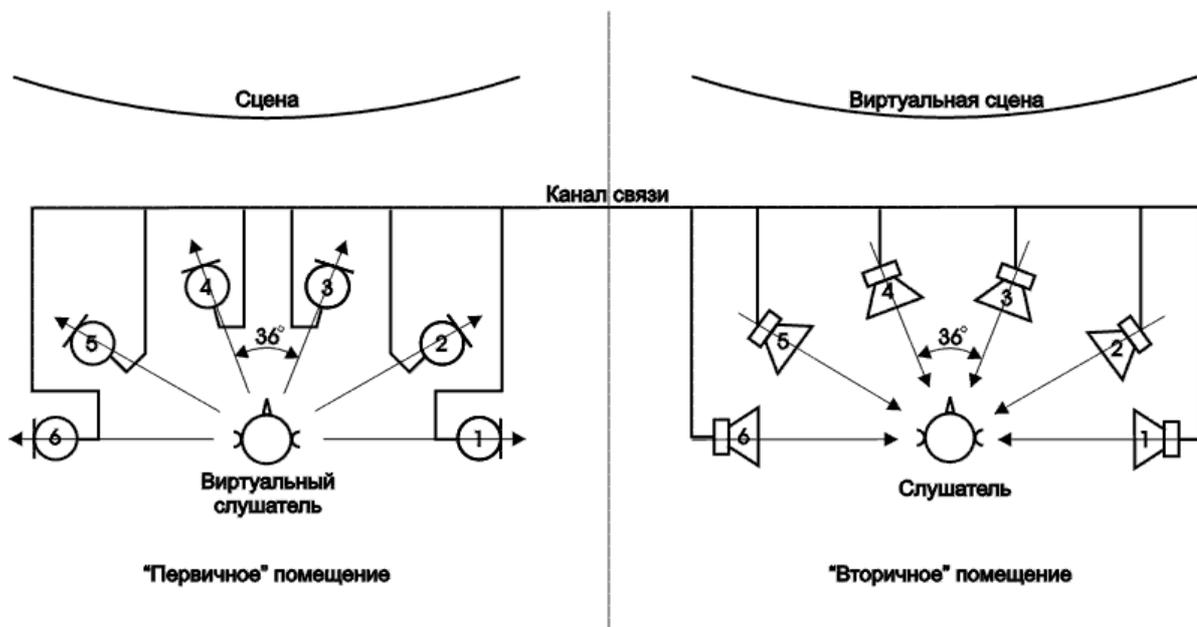


Рис.1. Расстановка микрофонов и АС для шестиканальной цифровой передачи звука с $f_d=44,1\text{кГц}$

А что же делать с «задней горизонтальной стереофонией»? А с «вертикальной (верхней-нижней) стереофонией»?

Спускаясь с экстремальных акустических вершин на нашу по осеннему прекрасную одесскую землю, мы всё более и более убеждаемся в том, что одна из основных причин плохой работы КД-формата кроется в «МЕХАНИКЕ». Т.е. в ошибках при записи и считывании информации с носителя. Вторая – конечно, самоограничение формата по «Красной книге» (название «стандарта» на КД-формат). Так и должно быть. Но докопаться до этого и собственными ушами это услышать чрезвычайно тяжело. Для этого надо сделать или иметь «контрольный тракт», удовлетворяющий перечисленным и не перечисленным выше условиям. Одним из звеньев этого тракта мы сейчас и займёмся на примере апгрейдов (переделок) в КД-проигрывателях «Kenwood CDP-7090» (соло исполняет Евгений) и «Philips CD-160» (ария Игорь).

Амбула, или основная часть

Глава первая, в которой повествуется о переделках в КД-проигрывателе Philips CD-160

1. Начальные условия.

Один из наших друзей, любителей «хорошего звука», приобрёл по случаю и довольно дёшево этот самый Филипс. «Только что из Германии. Рабочий. В наших сетях ещё не побывал», - с пафосом сообщили ему на пересыпском радиобазаре.

Проигрыватель оказался бельгийского производства, 1987 года издания. Кроме всего прочего, на передней панели красовалась каллиграфическая наклейка: «Хай Кволити Гласс». Наверное, от польских солнцезащитных очков.

При пробном прослушивании через «контрольный тракт» (описание «тракта» см. ниже) проигрыватель показал себя с лучшей стороны. Он «читал» те диски, которые другие проигрыватели «читать» отказывались. И как «читал»! Без всякого намёка на дефекты носителя, мягко и уверенно. CD-R «читались» им так же уверенно и мягко. «Исходный» звук был очень-очень хорошим, но, однако, не выходил за рамки Хай-Фай стереотипа 80-х.

Поднимаем «капот». «Механика» (CDM-2) в отличном состоянии. «Электроника» - аналогично. И вообще, «капот», судя по всему, кроме нас никто ещё не поднимал. Но по «истираниям» на кнопках управления видно – проигрыватель эксплуатировался довольно интенсивно.

Более внимательное выслушивание пациента (CD-160) показало его потенциальную пригодность к хай-эндским переделкам.

2. Схема.

Изучение схемы происходило как вручную, так и с привлечением ресурсов Интернета (см. [6]). Упрощённая функциональная схема КД-проигрывателя Philips CD-160 показана на рис. 2.

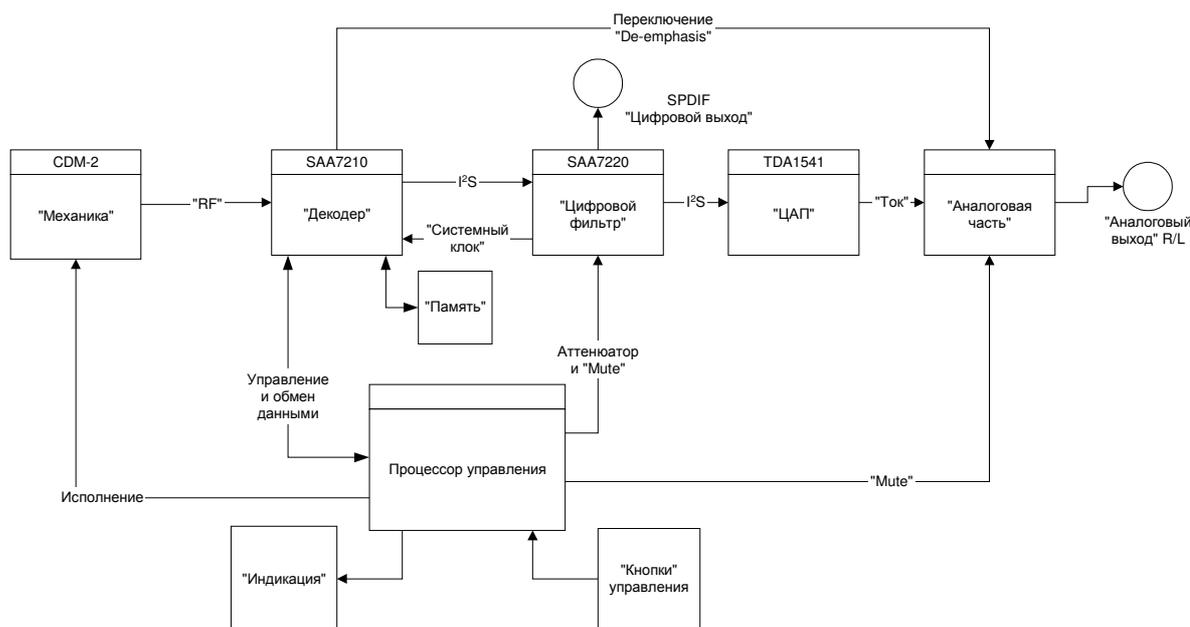


Рис.2. Упрощённая функциональная схема КД-проигрывателя Philips CD-160

Подробное описание работы узлов Philips CD-160 можно найти в [6] (бесплатно) и в [9] (за деньги). Описана работа некоторых узлов у Шкритека в [3]. Очень полезными оказались также статьи [7], [8].

3. Анализ схемы, или «что делать?».

Схема – классика жанра. КД-проигрыватель «второго поколения». Этим сказано всё. Нам добавить нечего. Так что же делать?

4. Начнём с конца.

«Аналоговую» часть надо срочно купировать. Эти ключи... Эти ОУ... Эта ООС... Эти SMD-элементы... Между прочим, на вход преобразователя «ток-напряжение» (выполнен на ОУ с ООС) поступает такой нехороший спектр от ЦАПа. Слава Богу, его уже не видит сам мсье Фурье из того гроба, в котором лежит. В общем – резать!

Вместо всех «микрух» ставим усилитель ручной сборки на триодах 6С4П с непростыми Одесскими Трансформаторами в анодах (см. рис.3). А преобразователь «ток-напряжение» делаем из проволочного резистора ПТМН-1 номиналом в 30 Ом. В общем-то, идеальный преобразователь «ток-напряжение» должен иметь нулевое входное сопротивление. Но в пробных прослушиваниях мы определили, что хороший звук возможен и от «ненулевых сопротивлений», в частности при нагрузках для ЦАПов с «токовым выходом» (TDA1541, PCM63, PCM1702, AD1861 и т.д.) меньших 100 Ом. Наши оценки совпадают с аналогичными в любительской хай-энд практике (см., например, [10]).

Ампутация штатной «аналоговой» части происходит очень легко. Извлекаем «материнку» из 160-го. Выпаиваем блок выходных «звуковых» разъёмов. Выпаиваем перемычки, через которые идёт «сигнальный ток» от ЦАПа к «аналоговой» части CD-160. Снимаем «питание» и «управление», поступающие от других узлов проигрывателя к «аналоговой» части. Теперь можно выпаять все элементы из купированной области и продать их на том же радиобазаре. А можно и нет.

В отпаянном блоке выходных разъёмов надо отогнуть «сигнальные» ножки вверх и припаять этот блок только «за землю» в штатном месте. Если Читатель не собирается применять переключение «de-emphasis», то мы рекомендуем монтировать наши «датчики тока» (ПТМН-1, или его зарубежный аналог) в места выпаянных «сигнальных перемычек» ЦАПа. Теперь сигнал можно подать к выходным разъёмам свивкой из трёх гибких монтажных проводов: один из них – «аналоговая земля» ЦАПа, а два других - само собой, сигналы «R и L». Мы применили провод МГТФ... Не толстый... Естественно, возможно применение не толстых зарубежных аналогов.

Если переключение «de-emphasis» будет применяться, то мы рекомендуем Читателю «делать его» сразу на выходе ЦАПа (схемы и расчёт см. ниже). Субмодуль такой коррекции удобно разместить над бывшей «аналоговой» частью CD-160-го. Места хватит. Команду (сигнал) на переключение рекомендуется взять с 32-й «ноги» декодера SAA7210 – он там рядом.

Выполнив указанные выше переделки, мы «выслушивали» CD-160-й дня три. Что заметили? Во-первых, звук стал «глубже», чем был. Во-вторых, мы сразу услышали «керамику» фильтрующих SMD-конденсаторов. Эти конденсаторы (по семь штук в канале) сглаживают (интегрируют) пульсации прецизионных ключевых делителей

«опорных» токов старших разрядов (см. [6], [8], [3]). По сравнению с нашей «последней моделью» ЦАПа на CS4390 Филипс с ЦАПом TDA1541 работал «мягче» (и всё равно с «керамическим хрустом»), но проигрывал в «глубине» и точности передаваемого звукового пространства.

И мы решили удалить эти керамические зубы.

Решиться на такое было непросто. Игорь все эти три дня ходил вокруг шестидесятого. Потерял аппетит и сон. И даже прочитал статью [8] на иноземной мове. Ведь, если удалить эти интегрирующие конденсаторы, то помехи на выходе ЦАПа возрастут в разы. Если «опыт не удастся», то впясть назад SMD-керамику трясущимися от бессильной ярости руками будет, ох, как непросто. А заменить SMD-тип на другой, эквивалентный по ёмкости, - места около TDA1541 не хватит (см. [7]). В Интернете же мы не нашли какую-либо информацию про «голый импульсный референс» в звуковых ЦАПах.

И вот, в одну из ненастных майских ночей, когда кое-кто летит на свой отвратительный шабаш, Гапонов, вооружившись очками (+2,5), паяльником (40Вт) и швейной иглой (№3), отковырял семь SMD-блошек от правого канала.

Измерение помех осциллографом показало: на входе – «цифра» ноль, а на выходе (в «х.х») – 200 мВ чего-то пушистого и очень быстрого. Ладно. Это – осциллограф. А что же уши?

При работе CD-160-го через «контрольный тракт» в звуке появился яркий «перекос в глубину». Правый канал «показывал» картину глубже и яснее! Причём, казалось, глубина была бесконечной. И, пока не остыл паяльник, были отпаяны остальные семь интегрирующих SMD-конденсаторов уже от левого канала. В дополнение к этому были удалены ещё фильтрующие «электролит» и его ВЧ-шунт (керамический SMD-конденсатор) по «главному аналоговому» питанию ЦАПа (-15 вольт). Вместо них установлен стабилитрон КС515А и соответственно изменена цепь «по шине» питающей TDA1541 этими минус 15-ю вольтами (см. рис.4а).

Включив проигрыватель в «контрольный тракт», Гапонов обнаружил искомым валькирий повсеместно, куда только мог проникнуть удивительно мягкий и рельефный звук CD-160-го. Первыми на успех откликнулись бодрствующие соседи. Они прекратили синьку, дружно, в энергичных, бля, выражениях приветствовали недремлющего служителя хай-эндных муз и его валькирий и дипломатично, фака маза, как нулевой вариант, предложили всем, нах, пойти отдохнуть после напряжённой и бурной ночи. За окнами брызжал рассвет.

5. В таком (см. выше) виде Филипс проработал пару месяцев. Отзывы у слушателей были самые разнообразные. Но, в основном, «положительные». За это время Женя залудил аналогичные апгрейды на Vingt-Brown-нах в Кенвуде (см. ниже) и в Сони CDP-590. Сравнивая «звучание» всех трёх проигрывателей через один и тот же «контрольный тракт», мы пришли к заключению: надо что-то срочно делать с цифровой обработкой – передискретизациями, интерполяциями и прочими «процедурами», предшествующими ЦА-преобразованию. Об этом нас просили через «контрольный тракт» многочисленные дуэты: «идеальный» КД-оригинал – его «поцарапанная» CD-R-копия. Бедные копии просто плакали от жестокого обращения «транспортов» с их «царапинами». Объективно, различному характеру повреждений носителя (КД) соответствовал различный характер «потерь информации». Общим было одно – «замутнение и уплощение» звуковой картины. И нам ничего другого не оставалось, как продолжить ампутации в Филипсе и в Кенвуде.

6. И так легко и просто (около часа или меньше работы) был почти полностью изолирован от участия в «звуковом» процессе «цифровой фильтр» (ЦФ) SAA7220. Его участие теперь свелось лишь к генерации «системного клок» и процедуре формирования SPDIF-выхода.

Интересно вот что. При изучении документов на SAA7220 (см. [6]) напрашивалось простейшее решение – «навсегда» установить цифровой ноль на входе «флага ошибки» (4-я «нога» корпуса ЦФ). Но «это» не прекращает внутри 7220 «оверсэмплинга», рекурсивную (читай: с обратной связью) обработку сигнала и его (сигнала) линейную интерполяцию (см. у Шкритека в [3]). Достается также и SPDIF-у. Позже мы этот SPDIF-аффект и в Филипсе и в Кенвуде очень хорошо слышали.

Для достижения поставленных целей необходимо (см. рис.2 и рис.4а) выпаять перемычки подающие сигналы «по шине данных» I²S от 7220 к 1541. Затем, от «ног» 37, 38, 39 декодера 7210 надо подать другую, «не отфильтрованную шину данных» на входы ЦАПа 1541 («ноги» 1, 2, 3). Далее, отпаять SMD-элемент (как оказалось, это простая SMD-перемычка) от «ноги» 11 декодера 7210 и подать «туда» полноценный «mute» от «ноги» 23 ЦФ 7220. Монтаж выполнен проводом МГТФ... не толстым...

7. Прослушивание.

Что же мы раньше этого не сделали! Во-первых, «картина» попёрла не только «вглубь», но и «вперёд», «вширь» и «вверх», а кое-где и «вниз». Во-вторых, ещё тоньше и точнее стала передаваться реверберация. Явно слышны «акустические границы» студии, зала или их электронных заменителей.

Отметим, что неделей раньше аналогичный результат был получен от Кенвуда, и большой неожиданности в прослушиваниях Филипса не произошло. Поразила ещё и очень сильно «бинауральная разборчивость» в «нижнем регистре»: «ветрА» от «дек» инструментов так и отлетали. Причём, «свой ветер» соответствовал разным «декам» и уверенно лоцировался экспертами.

8. Теперь стало совершенно ясно, что «коррекция» некорректируемых в принципе ошибок при цифровом способе передачи существенно ограничивает нас с Вами, уважаемый Читатель, в «достоверности» передаваемой информации.

И что же нам ещё отрезать у Филипса? А вот что.

В декодере 7210 тоже применяется «коррекция некорректируемых ошибок». Или так называемая интерполяция «нулевого порядка» (см. [6]). А что, если вместо интерполированных отсчётов вставлять «чёрные дыры» - «нулевые» значения сигнала? Тогда мы сможем ещё раз проверить свой «постулат» о лучшем в мире восстанавливающем фильтре. И это должно «выглядеть» именно как чёрный фон, на котором запечатлено звуковое событие с какими-то «навсегда» потерянными участками репродукции. А Мозг сам домыслит и восполнит эту потерю. Прямо импрессионизм, чистой воды. Удавалось (да ещё как!) же художникам донести до зрителя «крупными энергичными мазками» мельчайшие подробности и детали. А как передаётся движение сюжета на полотне истинного Мастера! О, великий Ренуар, ты нас слышишь? Сейчас услышишь.

За работу! Эта импрессионистическая идея реализована на обычной советской «микрухе» КР531ЛА3, зарубежный аналог 74НС00 (см. рис.4б). Схема представляет собой

цифровой коммутатор «не меняющий» данных, если нет нескорректированной ошибки, и «обнуляющий» данные, если такая ошибка есть. Командует парадом «флаг ошибки» (36-я «нога» 7210, спасибо разработчикам, значит, не всё потеряно у них там, в Силиконске). На заднюю панель CD-160-го выведен тумблер SW1 (мы назвали его Идеологический Тумблер), включающий или отключающий указанную процедуру. Этой процедурой можно «охватить» формирова́тель SPDIFa в ЦФ 7220. Так что на внешний ЦАП может тоже изливаться весь этот импрессионизм. Но делать мы этого пока не будем. Схема настолько проста, что даже остался в этой «ЛА3» лишний логический элемент. Его мы заставили моргать светодиодом в такт нескорректированным ошибкам при воспроизведении записи (см. рис.4б). Светодиод монтируем около «главного» индикатора. Там для него процарапываем окошко.

«Физически» КР531ЛА3 (74НС00) установлена около ЦАПа 1541. Приклеена она вверх «ногами» к свободному месту на «материнке». «Питание» подано от ЦФ 7220. Монтаж «разводки» выполнен, сами уже знаете чем... нетолстым...

9. Ещё одно прослушивание.

Всё тот же «тракт». Включаем «идеальные» диски. «Звук» не зависит от положения хитрого Идеологического Тумблера. А вообще-то, работает ли материальное воплощение нашей идеи? (Надо заметить, что ещё в процессе имплантации КР531ЛА3 этот вопрос встал ребром. Отсутствие патологии в грудной клетке там, где стоит это ребро, определилось рентгеном (хорошенько поцарапанный диск + осциллограф). Всё успешно мигало). Включаем «поцарапанный конкретно» диск (см. главу 3, п.6 про «фонотеку», позиция 7). Дефекты – множественные неоднородности в «прозрачном» слое (пузырьки). Трек №7. «Кино», песня «Группа крови». «Нормальные» проигрыватели этот трек вообще «не читают». Идеологический Тумблер – «вниз» («Идея» выключена). Пару раз за песню щёлкнуло. Голос Цоя со специфическим КД-песком. «Его гитара», лидер-гитара, ударные и бас чуть-чуть разнесены и «размазаны» в пространстве. «Студию» еле-еле слышно «через какой-то шумодав»... Идеологический Тумблер – «вверх» («Идея» включена). «Щелчки» пощёрли сразу. Чем «громче» сигнал, тем больше щелчков. «Ударные» ушли немного вдаль и «приподнялись». «Гитара Цоя» - ниже и ближе, чуть слева от центра. «Напротив» - чуть справа от центра, «бас-гитара». «Ниже» баса и ближе к слушателю – лидер-гитара «играет» со своим симметричным «отражением» слева. «Из бесконечности» вылетают по дугам справа-слева кометы аккордов «второй лидер-гитары». И тут, голос Цоя! Следа КД-песка как не бывало. «Серебро» на согласных. «Ветер» дыхания. Насыщенность и рельефность гласных. Запела «студия»! «Голос» выдвинут немного вперёд и находится как бы перед «своей гитарой» и чуть «выше» левого отражения лидер-гитары. Цой поёт со своим «отражением» справа... Вот так. Вокруг этой МУЗЫКИ летают песчинки щелчков, которые совершенно не мешают ни нам, ни музыкантам. Впрочем, это дело можно «выключить». Но не хочется.

В других «вариантах некорректируемых ошибок» наша «Идея» показала себя так же замечательно. Но мы предлагаем Вам, Читатель, самому её оценить. Тем более, что «материальных затрат» тут почти нет. Если, конечно, у Вас уже имеются подходящий КД-проигрыватель, предварительный усилитель с усилением в 20 – 40 раз и «контрольный тракт» аналогичные нашим. А ещё лучше – лучше, чем у нас!

10. Пояснения к схеме нормирующего (предварительного) усилителя (см. рис.3).

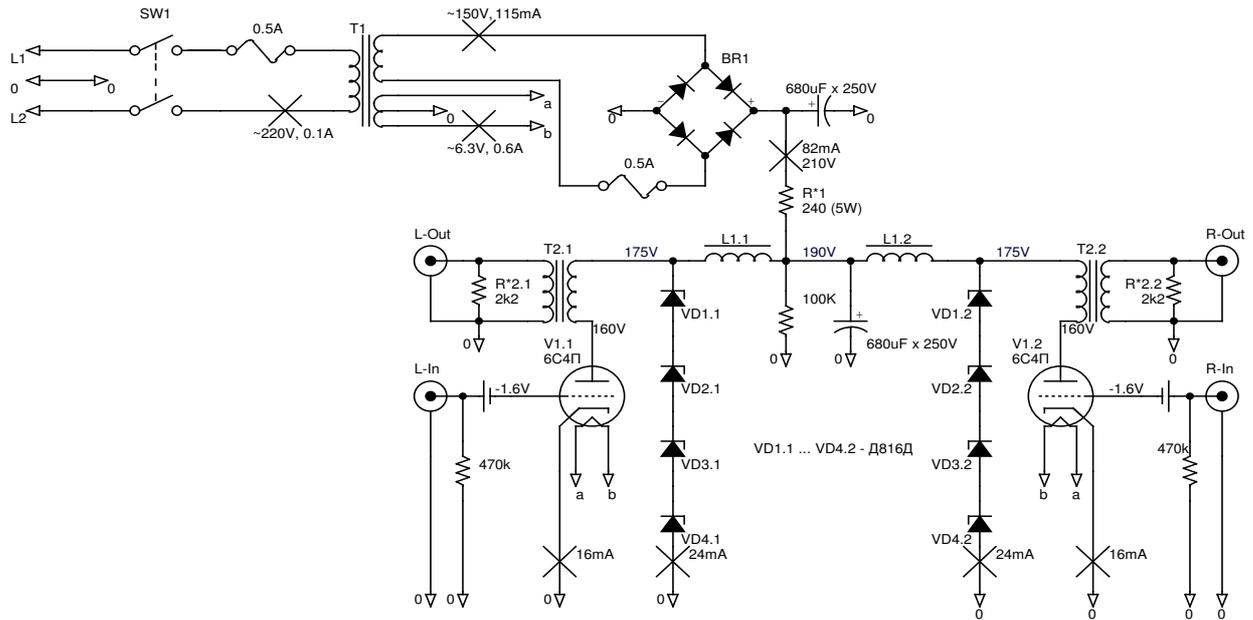


Рис.3. Принципиальная электрическая схема нормирующего усилителя

Усилитель разработан для «тяжёлой электромагнитной обстановки на входе». Он обладает высокой перегрузочной способностью относительно «номинальной» входной амплитуды (половина «шкалы» TDA1541) 60мВ – 30дБ. Очевидно, если источник сигнала для усилителя – ЦАП TDA1541, то о каких-либо «перегрузках по входу» говорить не приходится.

Вообще, вакуумные триоды обладают очень «низким уровнем интермодуляционных искажений». Вдобавок лампа 6С4П (и 6С3П тоже) специально для таких дел сконструирована.

В «цепи сигнала» конденсаторы отсутствуют. Анодная («сигнальная») нагрузка в каскаде $\approx 4\text{кОм}$. Коэффициент усиления, учитывая потери в трансформаторе, ≈ 17 . «Номинальная» амплитуда выходного сигнала $\approx 1\text{В}$. Подбором резистора R^*2 можно регулировать эту выходную амплитуду. В данном случае «низкоомная» нагрузка для трансформаторного каскада – благо. Уменьшаются ВСЕ «традиционные» виды искажений в трансформаторе, раздвигаются ещё шире «частотные» границы коэффициента усиления.

Коэффициент трансформации T2 – единица. «Габаритная мощность» $\approx 20\text{Вт}$, железяка и катушка – от выходного трансформатора радиол «Симфоний», «Эстоний» и даже от реверберационной приставки «Эхо». «Первичка» и «вторичка» - по 8000 витков медного обмоточного провода типа ПЭТВ и т.д. Диаметр «по меди» - 0,08мм. «Первичка» и «вторичка» намотаны чередующимися цилиндрическими секциями. Всего секций - шестнадцать. Ого? Да-да. Прокладки – упаковочный (колбасный) полиэтилен, 0,03мм толщиной, в два слоя. Обязательно надо «включать» секции согласованно-последовательно по «нарастанию выходного потенциала» сигнала. Т.е. «начала» секций – ближе к сердечнику и должны иметь меньший, чем «концы», уровень сигнала относительно катода лампы. Зазор в железе – так называемый технологический. Т.е. набор делается не «в перекрышку», а «с ярмом». И без немагнитной прокладки. Индуктивность «первички» в «рабочей точке» $\approx 110\text{Гн}$. Трансформаторы T2 помещены в магнитные экраны.

Дроссели L1 собраны и намотаны на катушках и сердечниках типа ПЛ от трансформатора ТС-40 ($R_{\text{габ}} = 60\text{Вт}$). Обмоточный провод типа ПЭТВ и т.д.. Диаметр «по меди» - 0,12мм. Моталось без прокладок. На каждой катушке (в дросселе их всего две)

≈7000 витков. Они включены «последовательно-согласованно». Немагнитный зазор – 0,2мм «бумажка» плюс технологический.

Стабилитроны смонтированы на радиаторах, каждый - на своём (Ррад≈2-3Вт), и подобраны по напряжению стабилизации. Ток через них ограничивается и регулируется подбором резистора R*1 (один на два канала). Активные сопротивления обмоток дросселей тоже «работают» как гасящие резисторы.

Т.к. в каждом конкретном случае намотки T2 и L1 будут какие-то свои собственные активные сопротивления обмоточных проводов, а на схеме указан более-менее точно только режим работы лампы каскада, то для него (режима) и следует подбирать стабилитроны, R*1 и даже напряжение на анодной обмотке силового трансформатора. И поэтому все «другие» напряжения и токи на схеме указаны ориентировочно. Смело применяй, Читатель, закон Ома. Не пожалеешь!

Отрицательное смещение для сеток ламп генерируют батарейки «от часов» (Uх.х. ≈1,6В). К их «минусам» припаяны медные жёсткие провода диаметром ≈0,7мм. Другими концами эти провода припаяваются к «сеточным» лепесткам ламповых панелек. К «плюсам» батареек припаяны нетолстые провода МГТФ нужной длины...

Все сопротивления «проволочные» типа ПТМН. Возможны другие «проволочные» аналоги. Даже из ихнего Силиконска.

Остальные узлы и детали усилителя особенностей не имеют.

Электрический монтаж, само собой, навесной. А монтажный провод совсем нетолстый.

11. Пояснения к схеме переделок в КД-проигрывателе Philips CD-160 (см. рис. 4а-б).

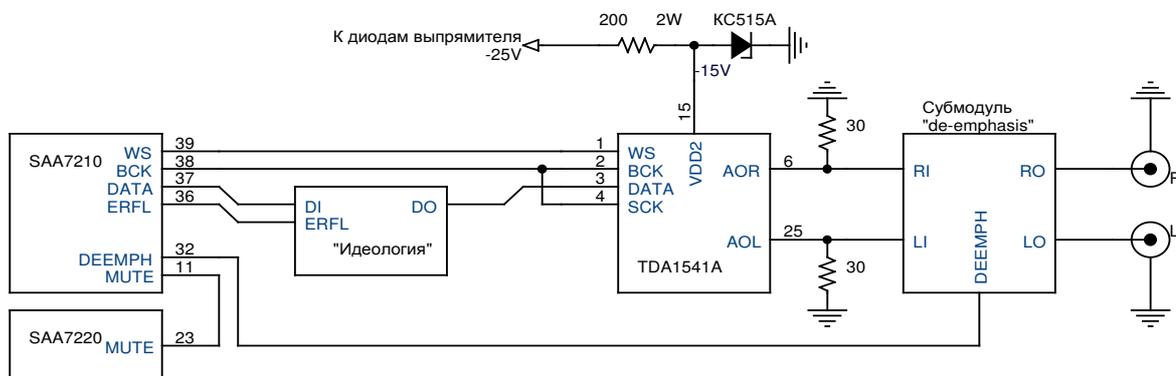


Рис.4а. Принципиальная электрическая схема переделок в Philips CD-160

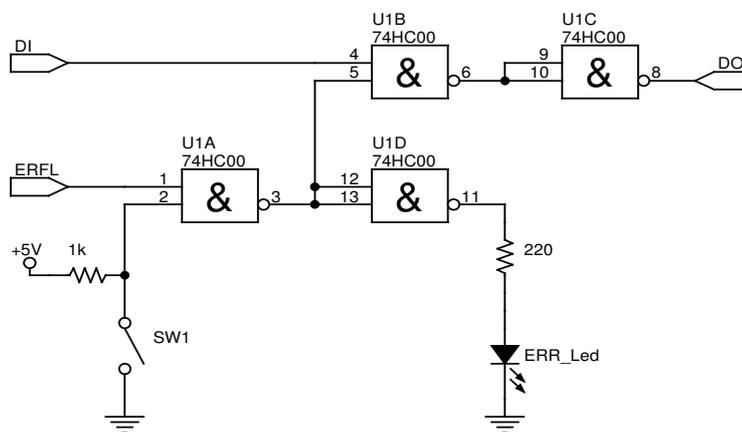


Рис.4б. Принципиальная электрическая схема блока «Идеология»

Все основные переделки и «изъятия» из оригинальной схемы КД-проигрывателя Philips CD-160 указаны выше в пунктах 1 – 9 этой главы. Кроме того из проигрывателя удалён интегральный стабилизатор «-15В», т.к. необходимости в нём нет.

Остальные элементы и соединения не изымались и не изменялись.

Дополнительные подключения производились «параллельно» существующим и показаны на рис.4а.

Если применяется «деэмфазис», то «датчик тока» (он же – преобразователь «ток-напряжение») для ЦАПа следует выбирать, руководствуясь нашими рекомендациями к расчёту и изготовлению «субмодуля деэмфазиса» (см. рис.8а-в, резистор R1), т.к. от величины сопротивления нагрузки ЦАПа зависят (взаимозависят) другие величины элементов цепи «деэмфазиса» (см. ниже). На схеме рис.4а для наглядности «датчики тока» (резисторы 30Ом) выведены из «субмодуля деэмфазиса».

Глава вторая, в которой повествуется о переделках в КД-проигрывателе Kenwood CDP-7090

Читатель, наверное, давно хочет спросить: а причём здесь семь-сорок? Действительно, как ни дели 20 на 16 и наоборот, 7,40 не получается...

А дело вот в чём. Попал не так давно ко мне (Евгению) на переделку КД-проигрыватель Kenwood CDP-7090. Некоторые его усиленно хвалят. Действительно, при его сравнительно скромной цене он несёт на достаточно мощном и объёмистом «борту» аж восемь ЦАП РСМ1702. «Механика», правда, слабовата – KSS-213В от Sony. Но поле для апгрейдов и экспериментов широченное. Чем я и занялся.

Производитель снабдил этот аппарат всякими мудрёными надписями, вроде «32 fs Fine D.R.I.V.E.», и набором «микрух» к этим надписям. В «заводском» виде звучит этот дреднот весьма похабно. Но ко мне он попал с уже частично ампутированными «мозгами». Восстанавливать исходную схему не было никакого резона. «Текущая» функциональная схема представляла собой почти полную копию «исходной» в Philips CD-160 (см. рис.2), естественно с другим набором «микрух». А именно: сигнальный процессор - CXD2545 (см. [13]), ЦФ – SM5843 (см. [14]), ЦАП - РСМ1702 (см. [12]). И вообще, т.к. мы с Игорем уже подробно описали некоторые «моменты» переделок в Главе 1 про Филипс, то здесь, в Главе 2, будет уделено больше внимания «отличиям» в апгрейдах Кенвуда.

Для начала свободное внутреннее пространство аппарата было заполнено нормирующим усилителем, аналогичным описанному выше (см. рис.3), с отличиями в применённых лампах (6С45П) и, конечно, в их электрических режимах. Полоса пропускания усилителя 4Гц – 200кГц по уровню –3дБ. «Токовый» выход ЦАП РСМ1702 был нагружен на резистор (ПТМН-1) номиналом в 68Ом.

Послушал. Неплохо, но как-то «плоско», и «верха приклеиваются» к АС. Решил повоевать с ЦФ (SM5843). Попробовал разные режимы работы ЦФ, доступные к установке «пользователем». Не помогло. Хорошенько подумал и решил избавиться от цифрового фильтра вообще.

Избавление привело к потрясающим (офонаренным) «пространственным» результатам, о которых Читатель наверное уже узнал из Главы 1. А, ведь, первым был Кенвуд... Эх... (Тут Гапонов злорадно захихикал).

Не смотря на «пространственный» успех и упрощение процедуры цифровой обработки сигнала, на хай-эндном поприще в Кенвуде меня поджидал капкан, умело поставленный инженерами фирмы Burt-Group. Дело в том, что РСМ1702 - 20-ти разрядное устройство, а выходные данные формата КД несут лишь 16 «полезных» разрядов. Кропотливый поиск дополнительной информации и внимательное изучение её и фирменной документации на этот ЦАП (см.[12]) не принесли облегчения. Оставалось неясным, что же делать с «лишними» четырьмя разрядами. Неужели же они так «бесполезны»?

Многочисленные рекомендации по применению сдвиговых регистров для «подравнивания» данных левого и правого каналов не учитывают главного (по крайней мере, я лично такого «учёта» в открытой (электронной) прессе не встречал): что делать с оставшимися в ЦАП РСМ1702 четырьмя битами после загрузки в него же 16-ти бит «полезной информации»?

Есть два популярных варианта. Первый: загрузить старшие 16 бит. Второй: загрузить младшие 16 бит. Неувязочка получается: то хвост дверью прищимают, то по носу щелбана дадут.

В первом случае не даёт покоя содержимое младших из 20-ти четырёх бит. Во втором - снижается эффективность использования резистивной матрицы в РСМ1702 (сужение ДД и «ухудшение линейности» преобразования младших разрядов). В обоих случаях имеется неопределённость с содержимым «лишних» разрядов. (Забегая вперёд, отметим, что все эти случаи мы тщательно проверили и убедились в том, что влияние содержимого «неиспользуемых» младших разрядов ЦАП «на звук (на слух)» чрезвычайно велико).

Изучив приведённую ниже Таблицу 1 соответствия входного кода выходному уровню, взятую из описания ЦАП РСМ1702 фирмы Burr-Brown (см.[12]), мы (теперь уже вдвоём с Игорем) пришли к выводу, что для правильной работы ЦАП РСМ1702 с 16-ти разрядным входным словом нужно просто «занулить» последние (младшие) четыре разряда.

Таблица 1. Соответствие выходного уровня сигнала входному кодовому слову ЦАП РСМ1702 (см.[12])

ANALOG OUTPUT	INPUT CODE (20-bit Binary Two's Complement)	LOWER DAC CODE (19-bit Straight Binary)	UPPER DAC CODE (19-bit Straight Binary)
+Full Scale	011...111	111...111+1LSB ⁽¹⁾	111...111
+Full Scale -1LSB	011...110	111...111+1LSB ⁽¹⁾	111...110
Bipolar Zero +2LSB	000...010	111...111+1LSB ⁽¹⁾	000...010
Bipolar Zero +1LSB	000...001	111...111+1LSB ⁽¹⁾	000...001
Bipolar Zero	000...000	111...111+1LSB ⁽¹⁾	000...000
Bipolar Zero -1LSB	111...111	111...111	000...000
Bipolar Zero -2LSB	111...110	111...110	000...000
-Full Scale +LSB	100...001	000...001	000...000
-Full Scale	100...000	000...000	000...000

NOTE: (1) The extra weight of 1LSB is added at this point to make the transfer function symmetrical around bipolar zero.

Вообще-то, с «математической точки зрения»: в младшие разряды можно записывать любую из 16-ти мыслимых «констант», но только одну и ту же от отсчёта к отсчёту.

С «электрической точки зрения»: небольшой постоянный «потенциал» на выходе ЦАПа, соответствующий записанной в 0-3LSB «константе», незначительно влияет на работу нормирующего усилителя такого, как на рис.3. Однако, тут очень сильно путается под ногами (в ушах) «рихтующий» ОУ во внутренней схеме «референса» РСМ1702. И избавиться от этого ОУ, ну, никак нельзя.

С «прецизионной точки зрения»: возможна лишь одна «константа» - 0000. Тогда только и обеспечивается совпадение так называемого «Bipolar Zero» при любом большем четырёх числе бит входного кодового слова.

Так вот. «По звуку (слуху)» этот последний вариант оказался самым лучшим. А уж чего мы туда только ни грузили, в этот прицеп...

Графическая интерпретация «алгоритма зануления» младших четырёх бит показана на рис.5.

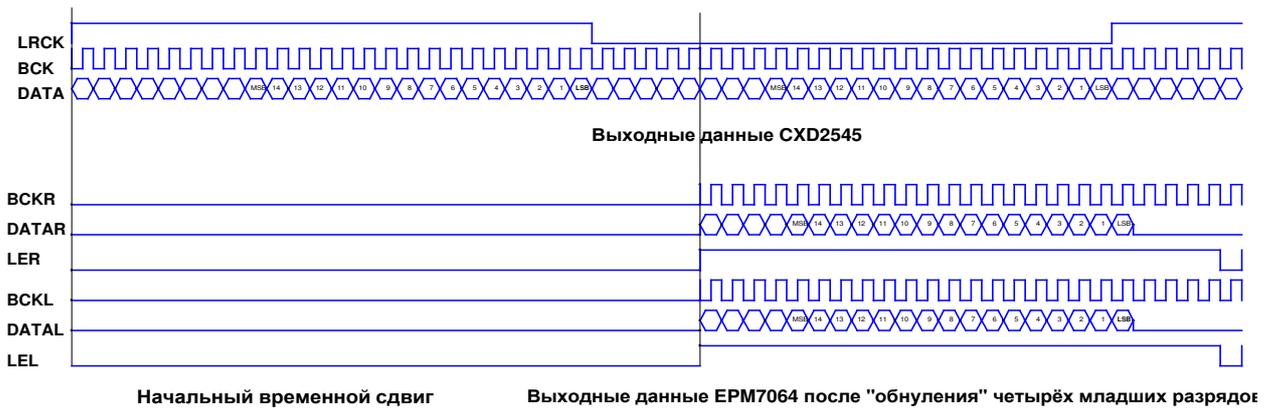


Рис.5. Графическая интерпретация «алгоритма зануления» четырёх младших бит в 20-ти разрядном кодовом слове

Для реализации такого «алгоритма зануления» младших разрядов, а также для обеспечения синхронной загрузки последовательных входных данных в ЦАПы левого и правого каналов была применена ПЛИС EPM7064 от Altera. Этот чип содержит 64 макроячейки. Каждая макроячейка представляет собой триггер и некоторое количество «простой логики». Для осуществления взаимодействий этих элементов внутри чипа имеется так называемая «матрица быстрых связей». Надо отдать должное разработчикам фирмы Altera: при весьма скромных стоимости, габаритах и энергопотреблении чипы этой серии обладают быстродействием до 175МГц!

Поскольку хозяин Кенвуда (заказчик) изъявил желание иметь кроме «обычного» внутреннего ЦАПа (приём и обработка данных по шине I²S от процессора CXD2545, длина кодового слова 24 бит) ещё и внешний вход SPDIF для него (приём и обработка данных по шине I²S от приёмника CS8412, длина кодового слова 32 бит), то внутри EPM7064 была организована схема коммутации и обработки данных от двух этих источников.

Для реализации проекта (создание схемы, отладка и т.п.) был использован программный продукт Quartus II Version 5.0 фирмы Altera. «Прошивка» EPM7064 осуществляется с помощью того же программного обеспечения посредством «кабеля с мозгами» Byte Blaster (интерфейс JTAG).

Готовую (прошитую) к употреблению ПЛИС EPM7064 можно заказать у нас по адресу: eugeny@skyline.od.ua.

Включение и индикация работы режима «Идеология» такого же, как в Филипсе, осуществляется путём установки штеккера в гнездо «Phones» на передней панели Кенвуда. Естественно, функциональное назначение этого гнезда и «точки» его подключения в электрическую схему изменяются на наши, идеологические. Штеккер представляет собой монофонический 6,3мм «jack». При активации «Идеологии» монофонический «jack» замыкает на «землю» контакт «правого (вывод 1 разъёма) канала» стереофонического штатного гнезда «Phones», что является командой для включения внутри EPM7064 нашей идеологической процедуры. Поэтому этот штеккер мы назвали Идеологическим Штеккером. Внутри него вмонтирован зелёный светодиод, вспыхивающий при появлении ошибок C2 в режиме «Идеология». Информация о наличии некорректируемых ошибок C2 в потоке воспроизводимых аудиоданных поступает в EPM7064 с 56-й «ноги» (сигнал C2PO) CXD2545. При работе от внешнего SPDIF-входа режим «Идеология» не задействован. Но такая возможность есть (см. [15]).

Принципиальная электрическая схема переделок в Кенвуде приведена ниже (см. рис.6).

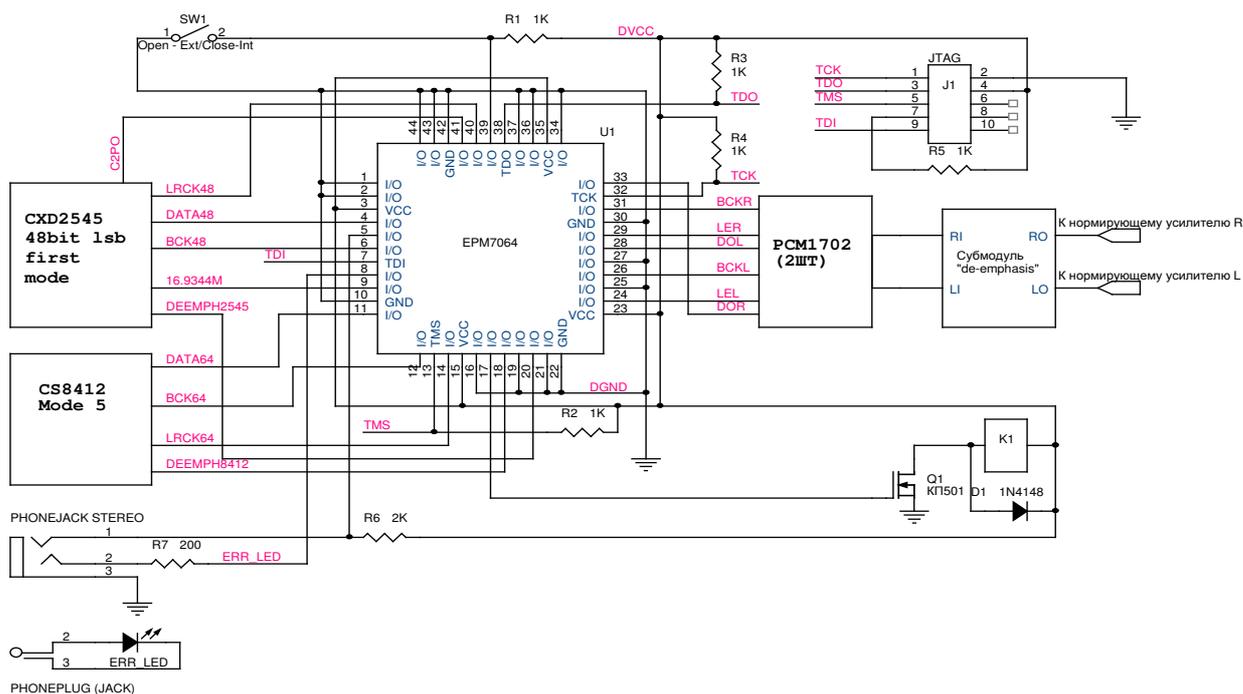


Рис.6. Принципиальная электрическая схема изменений, внесённых в КД-проигрыватель Kenwood CDP-7090

Переключатель SW1 (расположен на задней панели Кенвуда) управляет режимом работы устройства (приём данных от CXD2545 или от CS8412). Реле K1 – включение цепи коррекции в submodule «деэмфазис». Физически submodule «деэмфазис» расположен в непосредственной близости от входных цепей нормирующего усилителя.

Монтаж выполнен нетолстым...

Глава третья, в которой описывается «контрольный тракт» (см. фото)

«Контрольный тракт» состоит из двух дипольных АС и двухканального УМ, построенного по принципу «двойное моно». «Контрольный тракт» носит гордое имя собственное Второй Двойной Зелёный Цеппелин. На фотокарточке – как раз он.



Неотъемлемыми частями любого «контрольного тракта» являются ещё и «комната прослушивания», «кондиции электроснабжения», «фонотека» и «интерконнекты». Здесь мы их чуть-чуть опишем.

1. Акустические системы.

Двухполосные. Акустическое оформление ГГ – открытое, дипольное. «Верхний регистр» - переделанные в дипольные излучатели 10ГИ-1 (4Ом) по одному на каждую АС. «Нижний регистр» - по четыре ГГ 6ГД-2 (или 5ГД-3) в каждой АС, расположенные «лесенкой». Кое-кто эту «систему» уже назвал «гармошкой».

Все излучатели подобраны в пары по методике [11]. Фильтры «первого порядка» для них изготовлены по той же методике. Частота раздела ≈ 2100 Гц. ГГ 6ГД-2 включены в АС последовательно-параллельно и «задемпфированы» резисторами С5-5 мощностью 8Вт, величиной ≈ 60 Ом. Для этой «батареи» ГГ применяется простейшая компенсация индуктивности RC-цепочкой имени Цобеля. Рабочее сопротивление АС ≈ 4 Ом и почти не зависит от частоты. Более подробное описание этих АС мы надеемся скоро опубликовать в «продолжениях» нашего Труда [11].

2. Усилитель мощности.

Содержит два идентичных канала усиления мощности и два идентичных источника питания для них. Источники питания – в отдельном корпусе.

Каждый усилитель мощности – двухкаскадный одноконтурник. Каждый каскад усиления имеет свои собственные анодные выпрямители с ёмкостным фильтром. Каскады «отвязаны» от своих выпрямителей и фильтров дросселями, аналогичными L1 для нормирующего усилителя (см. гл.1 п.10).

Входной каскад – почти точная копия нормирующего усилителя (см. гл.1 п.10). Вернее, нормирующий усилитель – копия входного каскада. Лампа 6С4П. Регулятор входного уровня – десятиоборотный проволочный резистор СП5-44 на 47кОм.

Выходной каскад – EL34 производства предприятия «Светлана». Новодел. Триодное включение. Из всех «попробованных ёлок» даже Valvo 54-го года проиграли им по мягкости и ясности звучания. Многие слушатели просто не верят своим ушам и глазам: «ёлки» не могут так звучать, у вас там чё-то другое. Нет. Там – EL34 в триоде, +400 вольт анода, плюс выходной трансформатор с $R_{аб} = 100 \text{ Вт}$.

Выходной трансформатор – в своём роде штучка уникальная, но повторяемая. Она (он) имеет «развитый выходной терминал» и позволяет ПОДБИРАТЬ-СОГЛАСОВЫВАТЬ НАГРУЗКУ для EL34 в пределах 1:64 довольно маленькими степенями... Ну, и т.д.

Как видите, просится на Свет Божий ещё один сериал. Про усилители.

3. Комната прослушивания.

Обычная комната 5,5 X 3,15 X 2,65 в обычной двухкомнатной квартире в обычной одесской «девятэтажке» на Поскоте, где по воскресеньям собираются страждущие. На последнем этаже... На десятом... Мебель: совдеповская диван-кровать, рабочий монтажный «стол» и всё. Ковров нет. Голый панельный железобетон. На котором поверх обоев приклеены: слева - карта Одесской области; справа – карта Советского Союза, образца 1985г.; а снизу – нетолстый штатный линоль той же исторической эпохи, на котором валяются листья дерева Гинго и карта вин одесских ресторанов. Скромный столик-подставка под аппаратуру. Сделан из нижней «доски» радиолы «Эстония-стерео». Образца 1972г. «Расстановка» АС и «место» слушателя показаны на рис.7.

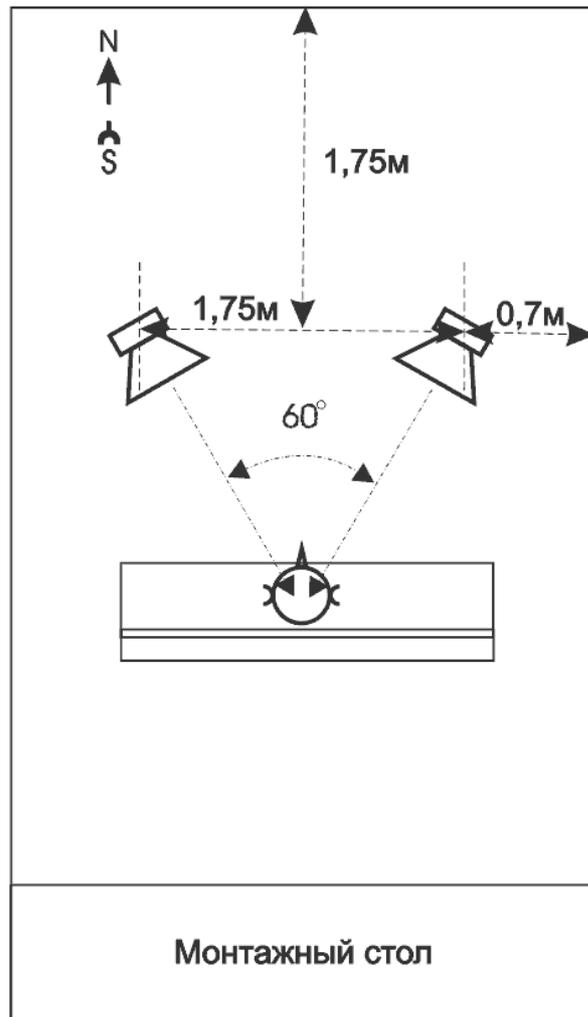


Рис.7. Дислокации АС и места для эксперта в комнате прослушивания

В Красном Углу комнаты висит ч/б фотопортрет С. Сакумы и Таблица RIAA-коррекции из нашей работы [5].

4. Кондиции электропитания.

Обычная посковотовская сеть АС 220V, где никогда 220V не бывает. Чаще всего 235V. Европа...

Для питания УМ и прочих хай-энд прибамбасов используется кондиционер-стабилизатор Scorpion ML-2000, спроектированный и изготавливаемый Е. Бабиченко из Skyline Electronics ltd. (в тауне Одесса, на Большой Арнаутской). «Скорпион» - автоматический коммутируемый автотрансформатор с различными «защитами» и фильтром для «цифровых» потребителей. Напряжение на выходе «Скорпиона» - АС 220V +/-7V, без изменения «формы» входного напряжения.

Все хай-энд прибамбасы заземлены на родимую одесскую почву (Европа!) через близлежащую (близстоящую) батарею центрального отопления.

5. Интерконнекты.

Кабели к акустическим системам – из «силового», медного, многожильного, производства Одесского Кабельного завода, 4мм², изоляция – кремнийорганическая резина.

Кабели сигнальные, слаботочные – советский «микрофонный» кабель, многожильная медь 0,2мм², витая пара, изоляция – полиэтилен, в медном экранном «чулке», покровная изоляция – ПХВ. Предположительно производства того же завода из того же города. Разъёмы на слаботочных кабелях – стандарта RCA производства «Neutrik» (China, price in Odessa ≈ \$1).

6. Фонотека.

0. Denon Professional Test CD (3CD Box Set). PG-6013÷15. Nippon Columbia.
1. The Beatles. Abbey Road. HCD524901. Parlophone ©1993. Digitally Re-mastered ©1987 EMI Records Ltd. ©1969 Original sound EMI Records Ltd.
2. Procol Harum. Home. LC 8065. Repertoire Records 1997. ©1970 Cube Records.
3. Ascenseur pour l'échafaud (Lift to the scaffold). LC 0211. Fontana. ©1988 Polygram Jazz. ©1988 Phonogram S.A. ©1958 Phonogram S.A.
4. King Krimson. Thrak. LC 03098. ©&© 2002 Virgin Records Ltd.
5. King Krimson. The Power To Believe. 06076-84585-2. ©&© 2003 Discipline Global Mobile/DGM Ltd.
6. King Krimson. Cirkus. JPCD 9905-13. ООО «Фирма Грэмми». Лицензия 1998.
7. Легенды Русского Рока. CD-приложение к журналу «Stereo & Video» №6/98. SV006. Moroz Records.
8. Кино. Звезда по имени Солнце. GR-90-205. General Records. Moroz Records.
9. Shirley Horn. You Won't Forget Me. LC 0383. ©&© 1991 PolyGram Records Inc.
10. Wynton Marsalis. The Majesty Of The Blues. LC 0162. ©1989 Columbia/Sony Music Entertainment Inc.
11. Sahib Shihab. And All Those Cats. RW102CD. Rearward/Schema Records.
12. Олег Золоев. Годы, Одесса и Мы! Запись В.Пинчук, студия «Свинг», г.Одесса 2005г.
13. Goran Bregovic – “Tales And Songs From Weddings And Funerals”. Universal/2002. 6.722

Примечание 1. Битлы вероятнее всего «болгарского» происхождения. Но «издание» раритетнейшее: Her Majesty – нет, каналы перепутаны!!! Звук: ни дать ни взять – винил.

Примечание 2. Диски 7 и 8 с дефектами носителя. На 7 – множественные пузырьки в прозрачном слое; на 8 – несколько, штук 15, длинных, миллиметров по 5-10, радиальных царапин (лазером по живому!).

Примечание 3. С диска 12 мы делали копии исключительно с согласия самого автора и обладателя издательских прав Олега Золоева. Для исследовательских, лабораторных целей. После опытов копии уничтожались. Такие дела.

Глава четвёртая, в которой Читатель найдёт расчёт и рекомендации к реализации пассивной цепи коррекции («деэмфазис») для «токовых» ЦАП

1. Стандартом в КД-формате предусмотрена возможность применения линейной частотной предкоррекции при подготовке записи (эмфазис) и «ответной» линейной частотной коррекции при воспроизведении (деэмфазис). Эти частотные манипуляции прежде всего направлены на «более полное» использование цифрового канала записи-воспроизведения. Т.е. «догружают» канал на «верхах», если такая возможность по мнению звукорежиссёров-операторов имеется. Формы ЧХ эмфазиса-деэмфазиса определяются двумя постоянными времени $\tau_1=50\text{мкс}$ и $\tau_2=15\text{мкс}$ простейших RC (LR) – четырёхполюсников типа «Частотных Ступеней» (см.[5]).

При воспроизведении ЧХ определяется формулой (Ниспадающая Частотная Ступень, см.[5])

$$\dot{K} = \frac{1 + j\omega\tau_2}{1 + j\omega\tau_1}$$

Её и будем сейчас «реализовывать».

2. Возможны принципиально точные как RC-, так и RL-реализации. Жизнь себе усложнять не будем. Ограничимся RC-реализациями. Некоторые возможные схемы RC-реализаций цепи коррекции показаны на рис.8а, 8б, 8в.

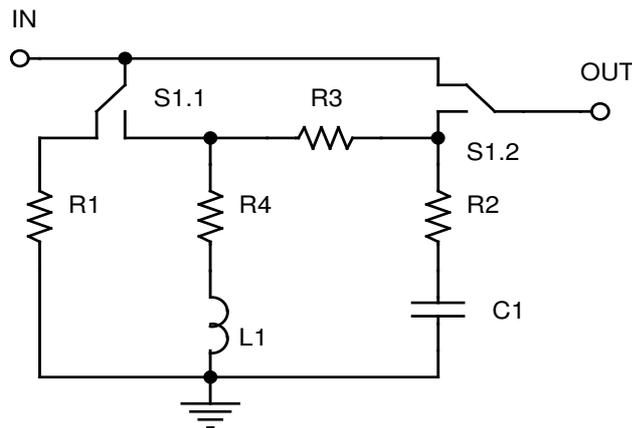


Рис.8а

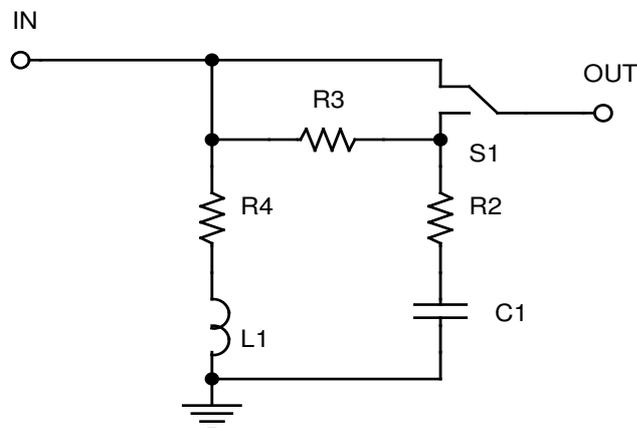


Рис.8б

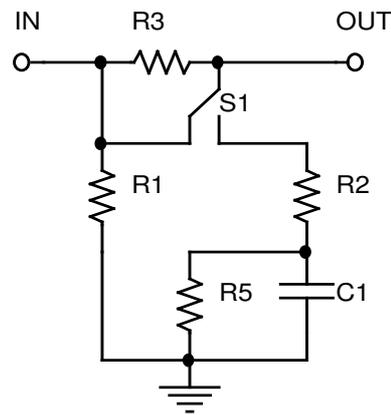


Рис.8в

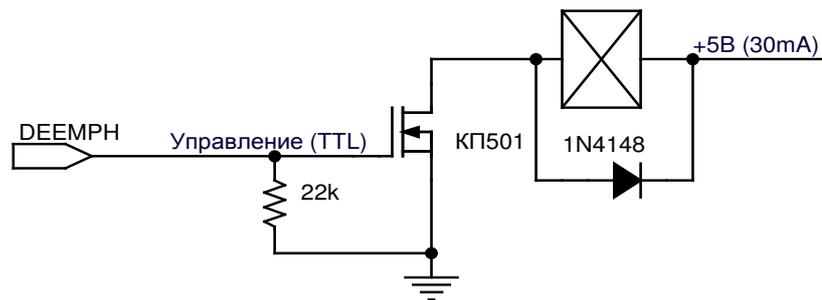


Рис.8г

Схему на рис.8а назовём «общей»; схему на рис.8б – «сокращённой»; а на рис 8в – «упрощённой». Первые две схемы «со стороны» входа имеют чисто активное сопротивление. Схема на рис.8в таким свойством не обладает.

На схемах также показана коммутация (включение-выключение) цепей коррекции. Нам кажется, что такие переключения рациональны и «для звука» прозрачны. Конечно, контактные группы переключателей должны быть на хай-эндном уровне. Или выше. Мы реализовали переключатели на реле Fujitsu Takamisawa – FTR-B4GA4,5Z.

На рис.8г показана исполнительная часть релейного переключения. Управление осуществляется сигналом от 32-й «ноги» декодера SAA7210 (для Филипса) или от 17-й «ноги» ПЛИС EPM7064 (для Кенвуда).

3. «Общая» и «сокращённая» схемы (см.рис.8а-б).

Коррекция для $\tau_1=50\text{мкс}$ и $\tau_2=15\text{мкс}$ определяется следующими соотношениями между элементами:

$C1R2=15\text{мкс}$; $(R2+R3)C1=R1C1=R4C1= L1/R1=L1/R4=L1/(R2+R3)=50\text{мкс}$;
 $R2/R3=3/7$; $R4/R3=10/7$; $R4/R2=10/3$; $R1=R4=R2+R3$; (Ом, Ф, Гн).

Примечание 1. Величина R4 должна учитывать «в себе» активное сопротивление проводов реализации L1 в виде катушки индуктивности.

Примечание 2. Влиянием на ЧХ входного сопротивления нормирующего усилителя (см. рис.3) можно пренебречь, если $R2+R3 < 100R_{\text{вх}}$ и $C1 > 100C_{\text{вх}}$. Что обычно имеет место быть.

Примечание 3. Принципиально, если используются схемы рис.8а-в для «субмодуля деэмфазиса», резистор «утечки» в цепи сетки лампы (см. рис.3, резистор 470кОм) не нужен. Но для «безопасности» он, этот резистор, всё-таки установлен. Т.к. нормирующий усилитель соединяется с КД-проигрывателем Philips CD-160 посредством кабелей с

разъёмами. Если нормирующий усилитель «навсегда интегрирован» в проигрыватель, например, как у Жени в Кенвуд, то мы рекомендуем вовсе не применять «лишний сеточный резистор».

4. «Упрощённая» схема (см. рис.8в).

Коррекция для $\tau_1=50\text{мкс}$ и $\tau_2=15\text{мкс}$ определяется следующими соотношениями между элементами:

$$C1R5R2/(R2+R5)=15\text{мкс}; C1R5(R1+R2+R3)/(R1+R2+R3+R5)=50\text{мкс}; (\text{Ом}, \Phi).$$

Примечание 1. Следует помнить о «реализуемости» элементов R и C. Т.е. должно быть $R1>0$; $R2>0$; $R3>0$; $R5>0$; $C1>0$.

Примечание 2. Чтобы не слишком сильно изменялись при переключениях «общий» коэффициент передачи и входное сопротивление корректирующего четырёхполюсника, необходимо выбирать $R2+R3>10R1$; $R2+R3<0,01R5$. При этом элементы R1, R2, R3, R5, C1 всегда реализуемы. Если выбрать $R2+R3>100R1$; $R2+R3<0,001R5$, то влиянием R5 и R1 на АЧХ можно пренебречь («ошибка по АЧХ» будет менее 1%). И можно пользоваться «упрощёнными» формулами для расчёта величин R и C из п.3 этой главы. Естественно, L1 и R4 вычислять не надо.

Примечание 3. Резистор R5 «разряжает» конденсатор C1 до потенциала «земли», чтобы при переключениях оно не щёлкало.

Примечание 4. Примечания 2 и 3 для пункта третьего этой главы действуют и здесь, в пункте 4.

5. Примеры расчётов.

5.1. «Общая» схема.

5.1.1. Выбираем для TDA1541 (см. Главу 1) $R1=30\text{Ом}$. В дальнейшем эту величину можно «рихтануть» (уточнить) под конкретную величину ёмкости C1. Или под R1 «заточить» C1. Например вот так. Если $R1C1=50\text{мкс}$ и $R1=30\text{Ом}$, то $C1=5/3\text{мкФ}$. Ближайший номинал 1,6мкФ. Тогда можно или изменить R1 или «доточить» 68нФ к 1,6мкФ. Думаем, что изменять такой прецизионный ПТМН-1 как у нас дороже, чем припаять к 1,6мкФ нужную «дельту». Так и делаем. Здесь, в примере расчёта, принимаем, что $C1=5/3\text{мкФ}$.

5.1.2. Вычисляем R2. Т.к. $R2C1=15\text{мкс}$ и $C1=5/3\text{мкФ}$, то $R2=9\text{Ом}$ (см. п.3 этой главы).

5.1.3. Вычисляем R3. Т.к. $R2+R3=30\text{Ом}$ и $R2=9\text{Ом}$, то $R3=21\text{Ом}$ (см. п.3 этой главы).

5.1.4. Вычисляем L1. Т.к. $L1/R4=50\text{мкс}$ и $R4=R1=30\text{Ом}$, то $L1=1,5\text{мГн}$ (см. п.3 этой главы).

5.1.5. После реализации L1 в виде катушки индуктивности по критерию $R_L \leq 30\text{Ом}$ (R_L – активное сопротивление обмотки) «дотачиваем» R_L до $R4=R1=30\text{Ом}$. Т.к. входное сопротивление и входная ёмкость нашего нормирующего усилителя (см. рис.3) равны $470\text{кОм} > 1000R1$ и $100\text{пФ} < 0,001C1$, то расчёт окончен.

5.2. «Упрощённая» схема.

5.2.1. Выбираем для PCM1702 (см. Главу 2) $R1=68\text{Ом}$. Выбираем $R2+R3>6800\text{Ом}$, чтобы влиянием R1 на ЧХ можно было пренебречь. Аналогично выбираем $R5=10\text{МОм} \gg R2+R3$. Теперь формулы п.4 «упрощаются» до формул п.3 (для вычисления величин RC-элементов).

5.2.2. Т.к. $R2/R3=3/7$, то $R2>2040\text{Ом}$. Выбираем $R2=2,4\text{кОм}$. Тогда $R3=5,6\text{кОм}$ (см. п.3 этой главы).

5.2.3. Т.к. $R2C1=15\text{мкс}$ и $R2=2,4\text{кОм}$, то $C1=6,25\text{нФ}$. К «номиналу» $6,2\text{нФ}$ можно добавить «номинал» 50пФ .

5.2.4. Т.к. нормирующий усилитель «навсегда интегрирован» в Кенвуд (см. главу 2), и электрические соединения «субмодуля деэмфазиса» с ним сделаны короткими проводами ($C_{\text{вх}}<60\text{пФ}$), то можно считать расчёт окончанным.

6. Рекомендации по изготовлению катушки индуктивности и по выбору типов элементов при реализации цепи коррекции.

Рекомендации те же самые, что и в [5]. Т.е. нам нравятся «слюдяные» и «стирольные» конденсаторы. А также проволочные резисторы. Индуктивность последних, ну, никак не влияет ни на звук ни на ЧХ (в диапазоне частот, где всё ещё справедлива для КД-формата теорема Котельникова (Найквиста)). Очевидно, высокоомный резистор $R5$ может быть «непроволочным». Например типа МЛТ. Т.к. активация «деэмфазиса» - довольно редкое событие, то величину $R5$ допустимо выбирать очень большой. Например, 100МОм . Однако, надёжность и/или габариты «гигаомных» резисторов оставляют желать лучшего. Поэтому мы рекомендуем $R5\leq 10\text{МОм}$.

Индуктивность $L1$ нужно «материализовывать» в как можно меньшем объёме. И экранировать для уменьшения влияния магнитных наводок от других узлов и устройств. Поэтому мы рекомендуем её рассчитывать и делать на ферромагнитном сердечнике. Но ни в коем случае не на феррите бария или другом «керамическом» ферромагнетике. Думаем, что обычное трансформаторное «железо» или пермаллой 80Н подойдёт: ток через $L1$ маленький, и магнитная проницаемость материалов также будет мало изменяться в рабочем режиме. Необходим также для этой «стабильности» немагнитный зазор в магнитной цепи такой катушки. Ориентировочно, 1% от средней длины магнитной силовой линии в сердечнике. Не робей, Читатель, мотай катушки. Глаза боятся, руки делают.

А звук будет исключительный.

7. Для проверки работоспособности и точности частотной коррекции «субмодуля деэмфазиса» очень удобно пользоваться треками $26\div 30$ с 1-го диска «деноновского теста» (см. гл.3, п.6 про «фонотеку», позиция 0). Сам этот «Test CD» - явление в КД-формате замечательное и исключительное. Советуем иметь. На всякий пожарный.

Заключение, или Постамбула

Теперь нас ничем не напугать: мы только что прослушали диск «Кримзонов» The Power To Believe через наш «контрольный тракт». И вот, смело озираясь по сторонам в акустической атмосфере нашей комнаты прослушивания, мы невольно задумались о грядущем в звукотехнике... Обо всём сразу и не расскажешь... Столько всяких мыслей и планов... Столько, на первый взгляд, сумасбродных идей...

Но (пользуясь случаем) мы благодарны нашим друзьям и сподвижникам за поддержку и благосклонность. И прежде всего Жене Ключникову (Барменталу) из Австралии и Игорю Николаевичу Беспалову из Одессы – за помощь и замечания, оказанную и сделанные во время сочинения и подготовки к публикации этой статьи. Особое мнение И.Н.Беспалова мы без всяких сокращений публикуем здесь, сразу после списка использованной литературы. Благодарим также Олега Золоева за сотрудничество, добрую волю и смелость при участии в наших опасных акустических экспериментах (см. гл.3 п.6 про «фонотеку», позиция 12 и примечание 3).

Напоследок скажем, что наша импрессионистическая идея имеет более тонкое и глубокое «продолжение в коды Хемминга». Только вот не знаем, кому оно надо. И ещё скажем, что мультибитники лучше дельта-сигмы.

Тут и сказке конец.

«...В кедре дрожит Птица Рассвета...»

*г.Одесса, Б.Арнаутская – пос.Котовского, сентябрь-ноябрь, 2005г.
Игорь Гапонов, Евгений Бабиченко.*

Список литературы

1. Дж. К. Р. Ликлайдер. Основные корреляты слухового стимула. Handbook of experimental psychology. Edited by S.S.Stevens. John Wiley & Sons, Inc., New York Chapman & Hall, Ltd., London 1951
2. Й. Блауэрт. Пространственный слух: пер. с нем. – М.: Энергия, 1979.
<http://www.sky.od.ua/~eugeny>
3. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике: пер. с нем. – М.: Мир, 1991.
4. Ковалгин Ю. А. Стереофония. – М.: Радио и связь, 1989.
5. И.Гапонов, Е.Бабиченко. «Усилители RIAA-коррекции на вакуумных ...»
<http://www.sky.od.ua/~eugeny>
6. Документация на SAA7210, SAA7220, TDA1541 и многое другое.
www.alldatasheet.com
7. Замена конденсаторов в «обвязке» TDA1541.
<http://www.diyaudio.com/forums/showthread.php?s=&threadid=8193&highlight>
8. Hans J. Shouwenaars, Eise Carel Dijkmans, Ben M.J. Kup and Ed J.M. Van Tuijl.
A monolithic Dual 16-Bit D/A Converter. –IEEE Journal. Of solid-state circuits, vol. Sc-21, №3, june 1986, p.424.
<http://intell.freehosting.net/electronics/info/docs/tda1541.djvu>
9. Сервисная документация на КД-проигрыватели (платная).
<http://www.donberg.ie>
<http://www.manuals-in-pdf.com>
10. О величине токовой нагрузки и о деэмпфазисе для «токовых» ЦАП.
<http://www.fortunecity.com/rivendell/xentar/1179/theory/vasfda/vasfda.html>
11. Гапонов И. «Расчёт и изготовление фильтров в акустических системах».
<http://www.sky.od.ua/~eugeny>
12. Документация на ЦАП РСМ1702.
<http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/pcm1702.html>
13. Документация на DSP CXD2545
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/47024/SONY/CXD2545Q.html>
14. Документация на ЦФ SM5843
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/7706/NPC/SM5843A.html>
15. Документация на приёмник CS8412
http://www.dddac.de/files/CS8411_12.pdf

Думаю, что в эпоху монофонического звуковоспроизведения И.Гапонову (и Е.Бабиченке – тоже, хи-хи) пришлось бы торговать семечками. Если нет необходимости определять место расположения источника звука, нет нужды во всей этой «теории относительности ФЧХ» и в расположении гитары в 5см от колонки (левой)!

В попытке связать фиксируемую задержку 5мкс с требованием к погрешности ФЧХ видится неправильный подход. Какой слушатель определит смещение источника, к примеру, $f=340\text{Гц}$ ($\lambda=1\text{м}$) на 1 градус, что эквивалентно $\approx 3\text{мм}!!?$ О каких 0,036 градуса (см. стр.5) идёт речь? Ещё никто не опроверг, что на стереоэффект частоты ниже 200-300Гц не влияют.

Нельзя в качестве основного критерия к акустической системе выбирать ФЧХ, сначала надо обеспечить АЧХ, а уж потом – всё остальное. Это к вопросу об «открытых» АС, хотя и субъективно.

Что касается кодирования-декодирования, цифровой фильтрации и т.д., Ваш подход с философской точки зрения представляется правильным.

Перенос на звуковоспроизведение, приёмником в котором является человек с ушами и мозгами, основных постулатов теории передачи информации вызывает определённые подозрения. Какая информация в звуке является главной? На это пока ещё не ответил даже И.Гапонов (и Е.Бабиченко – тоже, хи-хи).

*С уважением, Игорь Беспалов, 28 ноября 2005г,
г.Одесса, Б.Арнаутская.*

P.S. Как говорил незабвенный Пикерсгиль А.А.: «Как я кляuzu написал?!»

Про «...и Е.Бабиченко – тоже...» хихикал Гапонов.