

AUDIO HIGH-END

мителе используются быстрые диоды и противополюсные фильтры (common mode, на схеме не показаны), предотвращающие попадание всякого «мусора» из розетки. Аналогичный «электронный дроссель» применен и в анодном питании драйвера. Накалы всех ламп питаются переменным током, для уменьшения фона - все накалы смещены на несколько десятков вольт вверх. Светодиод в цепи делителя смещения накалов используется исключительно для индикации.

При таком построении блока питания уровень фона на выходе составляет около 3 мВ, что на АС с чувствительностью 90 дБ практически не слышно, даже если «вставить ухо в колонку». Эксперимента ради я пробовал, не меняя ничего в блоке питания, закорачивать электронные дроссели выходных каскадов. При этом в АС появлялся небольшой фон, неслышимый уже с полуметра, но я все же рекомендую не отказываться от них.

Вторичные обмотки выходных трансформаторов подключены к клеммам АС через реле, питаемое от накальной обмотки. При выключенном усилителе реле подключает АС к входным клеммам. Если усилитель будет использоваться только для высококачественного прослушивания музыки, этого можно и не делать, но если Вы используете одну пару АС как для музыки, так и для кино, то для последнего нет большого смысла гонять ламповый усилитель. В том случае выход на АС с Вашего ресивера или другого усилителя (более простого транзисторного или микросхемного) подключается к входным клеммам, и Вы коммутируете одну пару АС на два усилителя просто включением-выключением питания этого усилителя.

При повторении усилителя следует учесть, что некоторые элементы (и не только лампы) рассеивают значительное количество тепла - это резисторы автофикса и резисторы в анодной цепи драйвера. Их следует выбирать соответствующей мощности. Мосфеты электронных дросселей греются слабо, специальные радиаторы им не нужны. Более чем достаточно



привинтить их к металлическому шасси, а вот резисторам автофикса может понадобиться и радиатор.

Панельки под 6С33С лучше всего керамические, помните - они нагреваются! При построении усилителя были использованы электролитические конденсаторы Philips, Rubycon, пленочные конденсаторы - Wima, BC Components. Резисторы - Bourms и Dale. Внешний вид усилителя изображен на рис.3, а его «внутренности» - на первой странице обложки.

Звучание усилителя получилось достаточно интересным, чувствуется большой запас мощности. Очень чистые и прозрачные ВЧ, прекрасно передающиеся СЧ и мягкие, ненавязчивые НЧ, но конечно - для передачи «взрывов» в кино этот усилитель не годится.

Благодарю Анатолия Манакова, Марка Фельдшера и других за помощь и консультации.

Тестирование звуковых трактов с помощью компьютера

Евгений Лукин, г.Донецк

После изготовления или приобретения какого-либо устройства было бы совсем неплохо его протестировать, и притом не только «на слух». Как сказал один из великих: «Наука начинается там, где начинаются измерения». Не так уж давно в распоряжении радиолюбителей было немного измерительных приборов: генератор, осциллограф, вольтметр, притом нередко самодельных, точность которых была не всегда высокой. Ну а об анализаторе спектра (настоящем, а не 10-полосном в лучшем случае) или хорошем измерителе нелинейных, а тем более интермодуляционных искажений приходилось лишь мечтать. В настоящее время картина кардинально изменилась. Имея даже ненавороченный компьютер и хорошую звуковую карту можно с очень высокой точностью измерить практически все параметры звукового тракта.

Нам будет нужна звуковая карта не ниже Creative Live! (хотя можно попробовать и другие) и программа RightMark Audio Analyzer (RMAA). Не может не порадовать, что программа бесплатная. Скачать ее можно на http://audio.rightmark.org/index_new_rus.shtml (инсталлятор версии 5.5 занимает 524 KB). С помощью этой программы можно измерить: частотный диапазон (от 0 до 0,5 частоты дискретизации применяемой карты), уровень шума, динамический диапазон, коэффициент гармонических и интермодуляционных искажений, разделение между стереоканалами, притом с очень высокой точностью. В 5.4 версии добавлен новый тест IMD (swept sine) - если в отдельном тесте интермодуляционных искажений IMD с версии 5.1 используется набор синусоид SMPTE, то в данном тесте проводится усложненное измерение интермодуляционных искажений по стандарту CCIF: тестовый сигнал из двух плавающих синусоид одинаковой амплитуды с постоянной разницей в 1 кГц проходит весь спектр частот, при этом измеряются искажения по частоте; данный тест в том числе позволяет выявить влияние интермодуляционных искажений от передискретизации. Главное нововведение версии 5.5 - продвинутый ана-

лизатор спектра произвольных WAV-файлов. Например, отсутствующих в программе тестов [1]. Кроме того, имея в распоряжении микрофон с известной АЧХ можно снять частотки акустических систем (правда в реальном помещении, но ведь мы акустику слушаем не в заглушенной камере ☺). Краткий мануал на русском языке (401 KB) можно скачать по ссылке: [http://audio.rightmark.org/downloads/RMAA%205.5%20Manual%20\(rus\).pdf](http://audio.rightmark.org/downloads/RMAA%205.5%20Manual%20(rus).pdf)

Многие известные и уважаемые фирмы используют эту программу для своих измерений. Вот цитата с сайта RMAA: *Мы захотели использовать для тестирования программу RightMark Audio Analyzer (RMAA) из-за высокой производительности, с которой она выдает результаты. RMAA позволяет получить тот же уровень качества измерений, что мы обычно получаем с помощью измерительного комплекса Audio Precision System One, и обеспечивает повторяемость результатов.* (Более подробно об этом можно прочитать на сайте).

Меньше, чем за минуту программа выдает результаты вычислений как в табличном, так и в графическом виде, которые можно потом сравнить с другими результатами, сохранить в файл или документ (с графикой) в формате html.

Надо заметить, что для тестирования внешних аудиоустройств большое значение имеет материнская плата. Так, например, на материнках Asrock тест самой карты (как встроенной, так и Creative Live!) показывают очень неплохие результаты, но при прослушивании музыки (особенно на наушники) в паузах были слышны весьма сильные импульсные помехи от обмена данными и перемещения мыши. Замена блока питания на более качественный лишь незначительно снизило уровень помех. Видимо разводка земляных цепей и питания оставляет желать лучшего. Так что от тестирования внешних устройств на такой материнке придется отказаться ☹.

И еще несколько слов о платформе материнки. Карта Creative Live! «заточена» под материнки с чипсетом Intel. На материнках AMD, особенно с чипсетом VIA, возможны глюки.

Об этом не раз говорилось в различных форумах, посвященных этой теме. Я так же убедился в этом в свое время. На плате MVP3 карта SB Creative Live! 1024 отлично работала на воспроизведение, а вот при записи на HDD возникали глюки - потрескивания в звуковом файле в такт обращения программы к HDD. Установка рекомендованного драйвера «Hyperion 4in1» не дала эффекта. Причем, если в Creative Live! 1024 они были слышны на чистом тоне или в паузах, а Creative Live! 5.1 уже «трещал» гораздо сильнее. Насчет современных материннок AMD ничего сказать не могу - не было случая проверить.

То, что встроенный намертво звук далёк от совершенства и сильно ограничен принципиально (и фактически навеки), можно убедиться, просмотрев обзор «Аудио высокой четкости: мифы и реальность» [2]. Саундкарты формата PCI по-прежнему являются лучшей альтернативой для ценителей качественного звука, музыкантов и звукоинженеров. Creative это прекрасно знает, поэтому делает ставку именно на PCI, оставляя для внешних USB-карт второстепенную роль. Вот небольшая цитата из обзора: «Технология Intel® High Definition Audio (она же Azalia) по замыслу её создателей должна прийти на смену изъезженной вдоль и поперёк архитектуре компьютерного звука AC-97. Последняя получила широчайшее распространение на всех типах платформ, включая мобильные решения, но рано или поздно будет вынуждена сойти с дистанции. Вообще-то старение AC-97 пока ещё не столь заметно. «Ветеран» AC-97 может поупираться ещё довольно долго, благодаря всяким ревизиям-обновлениям, хотя запас «расширений» уже исчерпан. Главное преимущество продвигаемой «Интелом» новаторской технологии (далее сокращенно HD Audio) – это 32 битный многоканальный (7.1) звук с частотой дискретизации до 192 кГц. Для специалистов это преимущество весьма сомнительно, но на народ действует гипнотически.»

С картами Creative Audigy возникают некоторые проблемы, о решении которых можно прочитать на сайте и форуме RMAA.

Теперь перейдем к реальным действиям. Итак, мы скачали и установили замечательную программу RMAA (Briel & Saer теперь отдыхают ☺). Но прежде, чем приступить к тестированию карты, желательно еще кое-что сделать. Для начала создадим ярлычки для микшеров записи и воспроизведения. Для этого (в ОС Windows XP) щелкаем по свободному месту рабочего стола правой кнопкой мыши, выбираем в меню **Создать > Ярлык...** В строчке **размещение объекта** вводим

C:\WINDOWS\system32\sndvol32.exe /r, затем на следующем шаге даем название, например **Record**. Затем аналогично делаем ярлык для микшера воспроизведения, только вводим **C:\WINDOWS\system32\sndvol32.exe** и даем имя **Master**, например.

(Для системы Windows 98 пишем **C:\WINDOWS\SNDRVOL32.EXE** - для воспроизведения и **C:\WINDOWS\SNDRVOL32.EXE /r** - для записи). Это значительно ускорит доступ к микшерам по сравнению с традиционным путем, а пользоваться ими придется довольно часто. А если еще есть программа для назначения «горячих клавиш» (Hot Keyboard, например) - то вообще красота! «Легким движением руки» ☺ вызываем нужный микшер. Можно пользоваться и микшером от Creative, только он немного мелковат.

На звуковых картах гнезда обычно выполнены на разъемах типа mini-jack, что не совсем удобно. Механическая прочность таких разъемов невелика. Да и распаять нормальный аудиокабель на mini-jack довольно проблематично. А использовать различные переходники нежелательно, так как появляются лишние разъемы (читай - искажения). Кроме того, остается открытым вопрос механической прочности.

Поэтому советую сделать несложную доработку. На отдельной планке-заглушке (закрывающие прорези в корпусе для неиспользуемых слотов), устанавливаются 4 гнезда типа RCA («банан»), а провода от них (лучше экранированные) подпаиваются к звуковой плате к разъемам «вход» и «выход». Гнезда входа я подсоединяю ко входу «аих» (он имеет более низкую чувствительность), таким образом разъем карты «line in» становится резервным. Эта несложная переделка значительно улучшает механическую прочность разъемов, а так как мы собираемся тестировать различную аппаратуру, то коммутиро-

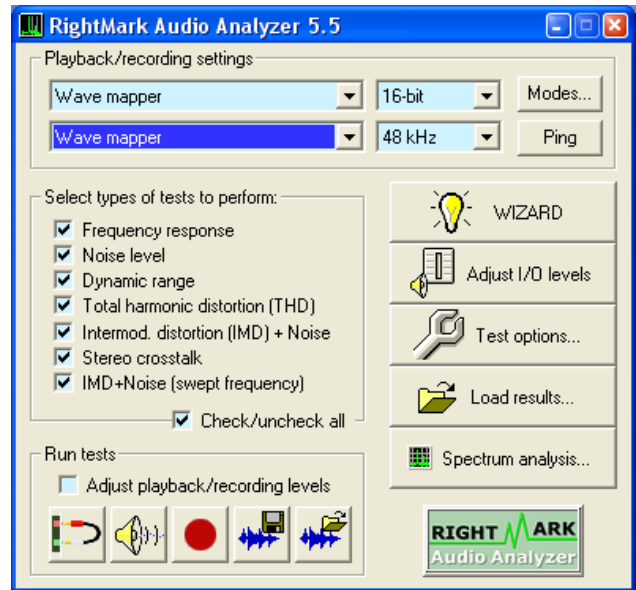


Рис.1

вать кабели нам придется относительно часто.

Теперь можно приступить к тестированию карты. Используемая карта - Creative SB Live! 5.1 Digital (SB0220) Sound Card. Для этого в микшере воспроизведения ставим движки **Play control** и **Wave/MP3** на максимум, все остальное отключаем, а в микшере записи выбираем **What U hear** (то, что вы слышите) в среднем положении. При этом карта будет работать сама на себя без всяких внешних коммутаций. Разумеется все эффекты (3D, эквалайзер и прочее) должны быть отключены. Запускаем RMAA. Интерфейс программы довольно прост (**рис.1**), но на английском языке (учите английский!). Для начала ставим частоту дискретизации 44,1 kHz. Затем нажмем кнопку **Adjust I/O levels** (откалибровать уровни входа/выхода) появится окно с выбором режима тестирования, оставляем установки по умолчанию, нажимаем кнопку **Next** и появляются сразу 2 окошка (**рис.2**) с индикатором уровня и монитора THD (к.н.и.), (**рис.3**) Устанавливаем уровни примерно -1 dB. Если все в порядке, то квадратик **Summary** окрасится в зеленый цвет. Если что-то не так - будет выведена подсказка (на английском языке) под квадратиком о проблеме (высокий или низкий уровень, большие искажения и т.п.). После этого нажмем кнопку **Done** (Сделано). Теперь нажимаем самую нижнюю левую кнопку в группе **Run tests**. Если в этой группе стоит птичка **Adjust playback/recording levels** (откалибровать уровни воспроизведения-записи), то вначале запустится калибровка уровня. Поскольку мы ее уже сделали - жмем на **Cancel**. Чтобы каждый раз не давить на Cancel, снимаем вышеупомянутую птичку в главном окне. А теперь уже пойдет само тестирование, появится

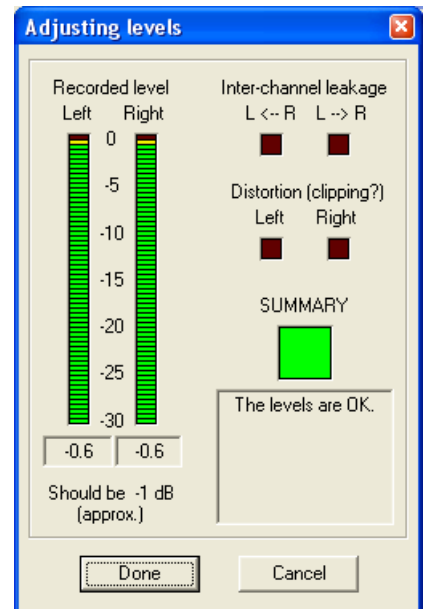


Рис.2

Интерфейс программы довольно прост (**рис.1**), но на английском языке (учите английский!). Для начала ставим частоту дискретизации 44,1 kHz. Затем нажмем кнопку **Adjust I/O levels** (откалибровать уровни входа/выхода) появится окно с выбором режима тестирования, оставляем установки по умолчанию, нажимаем кнопку **Next** и появляются сразу 2 окошка (**рис.2**) с индикатором уровня и монитора THD (к.н.и.), (**рис.3**) Устанавливаем уровни примерно -1 dB. Если все в порядке, то квадратик **Summary** окрасится в зеленый цвет. Если что-то не так - будет выведена подсказка (на английском языке) под квадратиком о проблеме (высокий или низкий уровень, большие искажения и т.п.). После этого нажмем кнопку **Done** (Сделано). Теперь нажимаем самую нижнюю левую кнопку в группе **Run tests**. Если в этой группе стоит птичка **Adjust playback/recording levels** (откалибровать уровни воспроизведения-записи), то вначале запустится калибровка уровня. Поскольку мы ее уже сделали - жмем на **Cancel**. Чтобы каждый раз не давить на Cancel, снимаем вышеупомянутую птичку в главном окне. А теперь уже пойдет само тестирование, появится

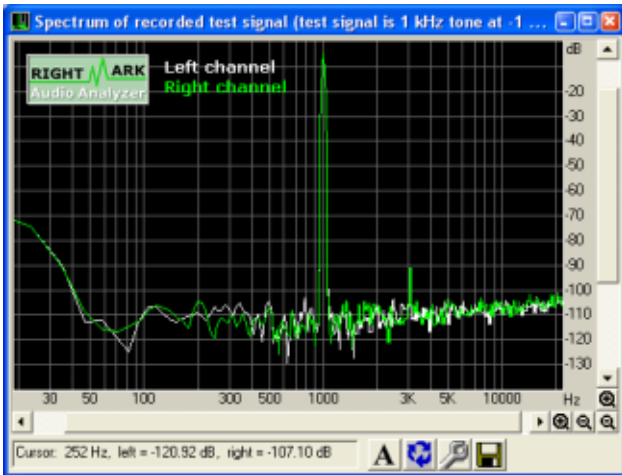


Рис.3

индикатор прогресса. Весь тест занимает 35 секунд! Потом появится еще 2 окна. Вначале выбора слота (вертикального столбца,

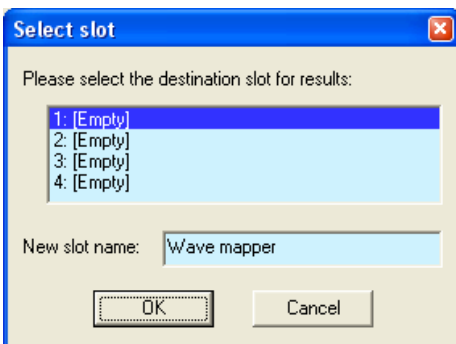


Рис.4

рис.4). В строке **New slot name** можно ввести имя, которое будет ассоциироваться с измерением. Это может быть полезным для ориентации, когда соберется много результатов. В нашем случае введем имя

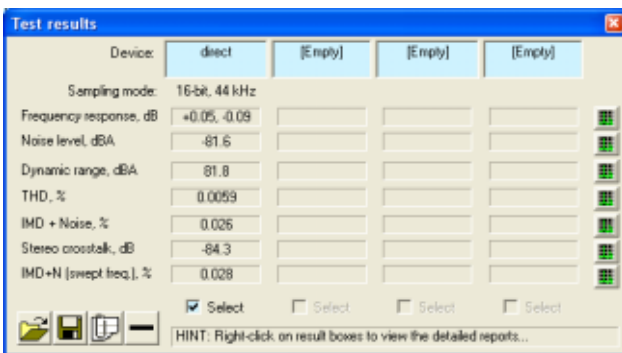


Рис.5



Рис.6

direct. Нажмем **OK** и появляется окно с результатами теста (рис.5). Нажав на любую правую кнопку - получим вывод результата в графическом виде. Это окно можно закрыть как стандартным способом, так и нажав клавишу **Escape**. На рис.6 изображена результирующая АЧХ. Масштаб можно менять как по вертикали, так и по горизонтали, вынести на передний план любую кривую. Перемещая мышку внутри окна вниз в строке статуса показывается информация о текущей точке. Сравните с методом, описанном в [3] - очень много возни: запуск звукового редактора, генерация целого пакета сигналов, подключение генератора, настройка, запись в файл и пр. - в результате получаем лишь АЧХ по точкам, которую еще надо анализировать. Судя по статье, автор очень поверхностно знаком с редактором CoolEdit, а о существовании RMAA даже не подозревает. Предлагаемые тестовые сигналы никуда не годятся. Кстати, о генерации тестовых сигналов будет рассказано в другой статье.

Теперь протестируем карту на частоте 48 кГц - результат явно лучше (рис.7), а частотка идеальная. Только вот просмотреть совместно эти графики не получится - разная частота дискретизации. Поэтому убираем ненужную птичку **select** (внизу) и смотрим график АЧХ (рис.8). Поэтому в дальнейшем будем использовать частоту дискретизации 48 кГц.

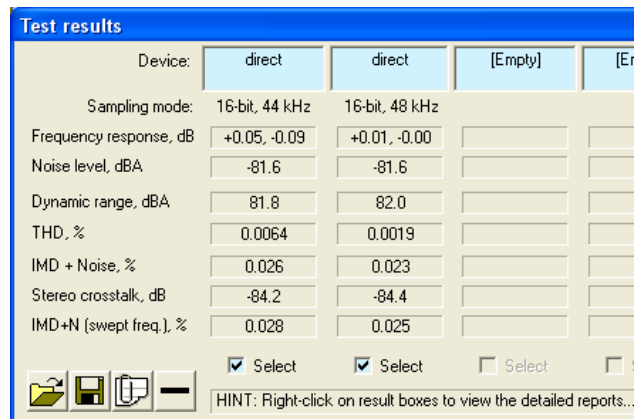


Рис.7

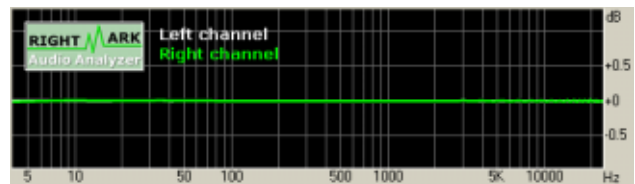


Рис.8

Следует отметить, что при работе карты на частоте 44,1 кГц происходит передискретизация из частоты 48 кГц - отсюда такая «корявая» частотка. Еще одна маленькая «фишка» Creative Live!: не следует опускать микшер записи ниже 50% - при этом происходит ограничение уровня сигнала еще на входе, и звуковые редакторы его не регистрируют.

А вот теперь подключим кабели ко входу и выходу, затем каким-либо образом их коммутируем вместе, так, чтобы сигнал проходил с выхода через кабели на вход карты. В микшере записи выбираем нужный вход (у меня **Aux**) и запускаем тест. Вот здесь нас ожидает сюрприз - АЧХ стала немного волнистой, и добавились искажения (хотя и на довольно низком уровне). Результат тестирования кабеля (EMT Hi-Fi Audio/Video Superior OFC cable, длиной около 4 м, каждая жила в экране) показан на рис.9 и 10. Сохраняем результаты тестирования в файл (под именем cable, например) - он нам еще пригодится.

Теперь, когда мы немного разобрались с работой программы, попробуем работу звуковой карты при разных положениях микшера записи (при работе карты самой на себя, то есть в режиме **What U hear**). Поставим микшер записи в максимальное положение, а уровеньотрегулируем микшером **Wave/mp3**. Результаты теста приведены на рис.11. Как видно меньшие

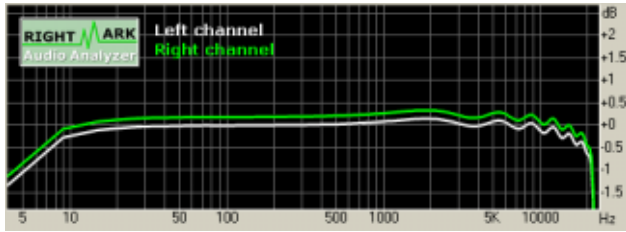


Рис.9

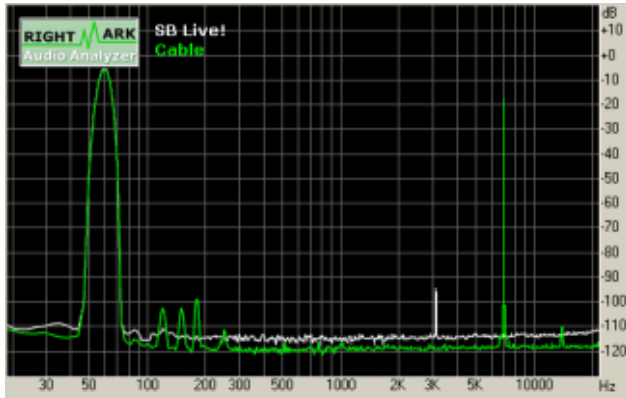


Рис.10

искажения получаются при положении микшера записи 50%, которое мы и будем в дальнейшем использовать.

Test results		
Device:	SB Live!, Rec 50%	SB Live!, Rec 100%
Sampling mode:	16-bit, 48 kHz	16-bit, 48 kHz
Frequency response, dB	+0.01, -0.00	+0.00, -0.01
Noise level, dBA	-82.5	-76.3
Dynamic range, dBA	81.9	76.1
THD, %	0.0036	0.0096
IMD + Noise, %	0.022	0.044
Stereo crosstalk, dB	-83.6	-78.0
IMD+N [swept freq.], %	0.024	0.048

Рис.11

Интересные результаты тестирования Sound Blaster X-Fi XtremeMusic (используем а л а с ь программа R M A A) можно посмотреть в [4].

Теперь можно приступить к тестированию како-

го-либо аппарата. Если мы увидели искажения в кабеле, то в усилителе и подавно увидим. Мы будем тестировать ламповый предусилитель для компьютерных карт, изготовленный по материалам, описанным в [5, 6, 7, 8]. Назначение усилителя может показаться абсурдным, но Грэхем Дикер утверждает в

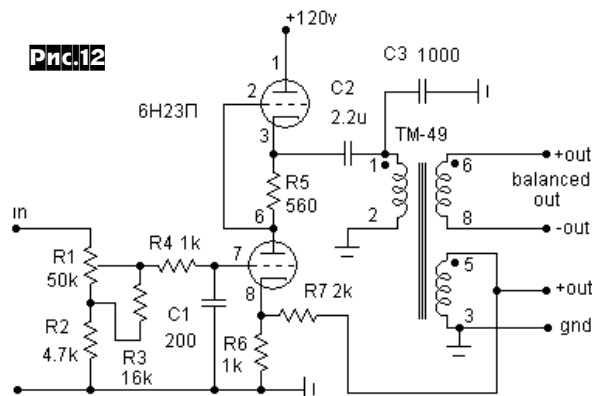


Рис.12

[5], что такой усилитель как раз и возвращает теплоту лампового звука, казалось бы безвозвратно «пожеванной» цифровой техникой. Переработанная схема усилителя приведена на рис.12. Каскад усиления собран на лампе 6H23П, включенной по схеме с динамической нагрузкой. Такой каскад обладает более динамичным звучанием, чем каскад с резистивной нагрузкой [7]. «Изюминка» заключается в верхней части каскада. Это генератор тока для нижней части лампы (то есть линейная нагрузка), а для внешней нагрузки является катодным повторителем с низким выходным сопротивлением. Применение генератора тока позволяет исключить из цепи прохождения звука электролитический конденсатор блока питания [8], что так же благоприятно сказывается на звуке. Нагрузкой служит разделительный трансформатор, который сразу выполняет несколько функций: разделяет цепи питания по постоянному току и сигнальные по переменному, что позволяет устранить подмагничивание трансформатора (строго говоря небольшое подмагничивание все-таки есть - через резистор R7 с катода, но ставить электролитический конденсатор очень не хочется), снижает коэффициент усиления до необходимого. Кроме того, он является фильтром, убирающим инфранизкие частоты. Очень простыми средствами можно получить как симметричный, так и несимметричный выход, причем гальванически развязанный. Так же очень просто получить инвертирующий усилитель. В качестве трансформатора применен ТМ-49, применялся в старой студийной аппаратуре, в частности в измерителе уровня ИУ-1. Трансформатор обладает широкой полосой пропускания и помещен в тройной экран (один из меди, два из пермаллоя). Коэффициент трансформации 2:1 и имеет 2 одинаковые вторичные обмотки. Усилитель охвачен местной ООС (R6) и общей неглубокой ООС (со вторичной обмотки трансформатора через R7). И чтобы там не говорили противники ООС - в такой схеме она просто необходима для снижения искажений, вносимых трансформатором. Максимальный коэффициент усиления всего устройства - около +6 дБ, что оправдывается его назначением. Пропускаемая полоса частот в звуковом диапазоне - 16...20000 Гц при неравномерности не более 0,5 дБ. Завал АЧХ на частоте 50 кГц -1,5 дБ. Без цепи R4C1 и C3 полоса простирается до 200 кГц, но с резонансом в районе 100 кГц. Для устранения этого резонанса, а также для правильной передачи сигналов прямоугольной формы (трансформатор все-таки!) и служат эти цепи. Усилитель спокойно выдерживает входное напряжение 3 В при максимальном усилении. Лампа 6H23П при данном анодном напряжении (силовой трансформатор так же от ИУ-1) дает значительно лучшие характеристики, чем 6H1П или 6H2П. Накал лампы питается постоянным стабилизированным напряжением, что так же положительно сказывается на качестве звука.

Итак, подключаем кабели ко входу и выходу усилителя, включаем его, даем некоторое время прогреться. Затем запускаем RMAA и производим калибровку, как уже было описа-

Summary		
Frequency response (from 40 Hz to 15 kHz), dB:	+0.19, -0.41	Good
Noise level, dB (A):	-87.7	Good
Dynamic range, dB (A):	87.5	Good
THD, %:	0.176	Average
IMD + Noise, %:	0.326	Average
Stereo crosstalk, dB:	-87.9	Excellent
IMD at 10 kHz, %:	0.230	Average

General performance: Good

Рис.13

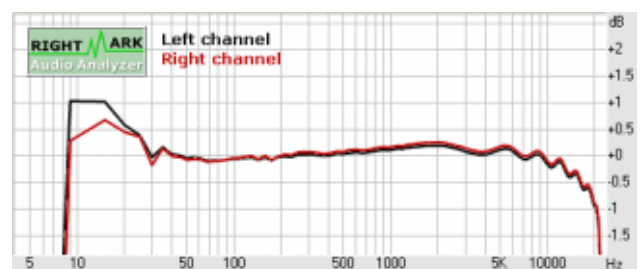
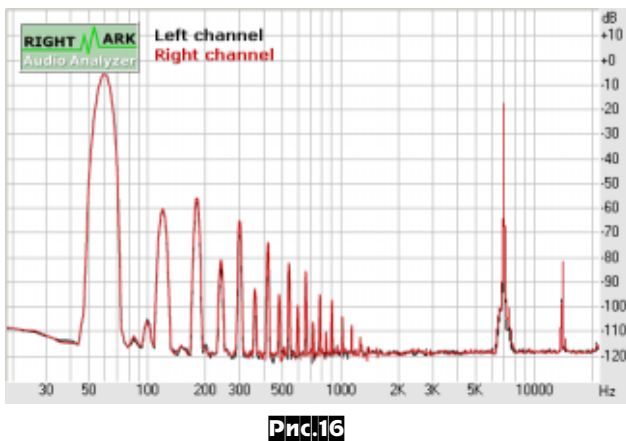
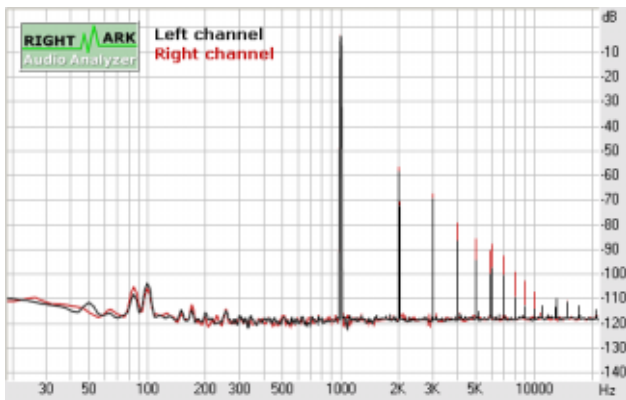


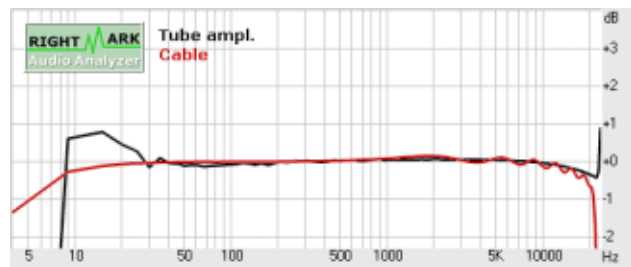
Рис.14



но. Запускаем тест. Результаты измерения изображены на **рис. 13**. На **рис. 14** изображен график АЧХ (цвета инвертированы для лучшего восприятия, установлено в настройках RMAA), на **рис. 15** - спектр искажений (а кто сказал, что они будут маленькие?), на **рис. 16** - график интермодуляционных искажений. Как видно из таблицы и графиков коэффициенты THD и IMD довольно близки по значению, что полностью удовлетворяет требованиям неискаженного воспроизведения. И хотя программа RMAA заявляет, что «THD is average» (средней паршивости), но у нас на этот счет свое мнение. Для звуковой карты он действительно плохой, а для лампового усилителя - хороший. Сохраняем результаты в файл `ampl.sav` (или как-нибудь еще).

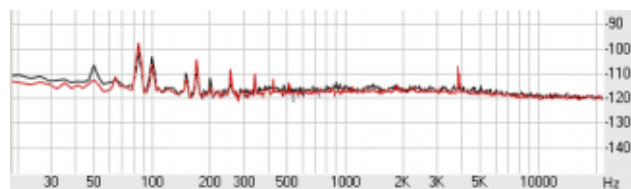
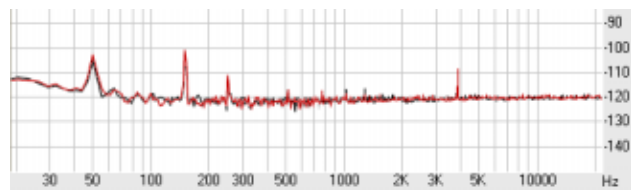
Но вышепредставленные графики - это результат тестирования системы «звуковая карта + кабели + усилитель». Как мы убедились, звуковая карта у нас хорошая, поэтому мы ее исключаем из этого списка. А вот как исключить влияние кабеля? В RMAA и это предусмотрено. Для этого запускаем RMAA и нажмем кнопку **Load results...** (Загрузить результаты) и в стандартном окне вводим путь к нашему файлу. Вначале загрузим наш файл тестирования кабеля (вот для чего мы его ранее сохранили) `cable.sav`, а затем уже в окошке **Test results** загружаем файл тестирования усилителя `ampl.sav`, щелкнув по левой нижней кнопке. Теперь эти графики можно просмотреть совместно. Но, как вы заметили, там еще есть кнопки. Нам теперь нужна кнопка с жирным минусом. Нажимаем на нее - выскакивает окошечко **Select the slot to be corrected** (выбор слота для коррекции) - выбираем вначале слот с усилителем. Нажмем **OK**, название окна меняется на **Select the reference slot** (выбор опорного слота) - здесь выбираем **cable**, нажимаем **OK** и появляется предупреждение, что такую операцию можно выполнить только один раз! Соглашаемся с этим (а куда нам деваться?). А вот теперь начинается самое интересное - нажав на кнопку для просмотра графика мы видим вместе АЧХ кабеля и усилителя (**рис. 17**), притом на АЧХ усилителя исчезла волнистость.

Несколько комментариев по усилителю. Ожидаемого заметного подъема в области НЧ вопреки [6] не наблюдалось.

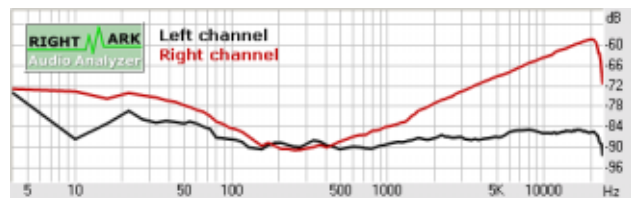


При емкости $C_2=1$ мкФ подъем НЧ (на частоте 20 Гц) увеличился всего до 1 дБ. Все зависит от качества применяемого трансформатора (так что в Союзе умели делать трансформаторы). А подключение нижнего конца первичной обмотки к катоду только ухудшило АЧХ. Искажения усилителя можно уменьшить до 0,05%, увеличив R_5 примерно до 1,3 кОм (подбирается экспериментально). Однако было замечено некоторое ухудшение прозрачности звучания. Что интересно, коэффициент интермодуляционных искажений оставался практически прежним. Повидимому весь «смак» звучания и заключается в спектре гармоник, поэтому был оставлен $R_5=560$ Ом (дающий $K_f=0,18\%$).

Также можно заметить, что усилитель имеет очень малый уровень шума. Фон переменного тока и его гармоник находится на уровне менее -100 дБ. Блок питания анода нестабили-



зирован (но хорошо сглажен). На **рис. 18** показан спектр шума кабеля, а на **рис. 19** - усилителя (для более удобного сравнения они показаны отдельно). На **рис. 20** показано взаимное проникание каналов, вносимое кабелем, а на **рис. 21** - данные в табличном виде. Почему-то на ВЧ проникание из левого в правый канал возрастает. График проникания каналов усилителя практически совпадает с **рис. 20**.



Parameter	L <- R	L -> R
Crosstalk at 100 Hz, dB:	-87	-83
Crosstalk at 1 kHz, dB:	-88	-83
Crosstalk at 10 kHz, dB:	-85	-63

Fig. 21

Test results		
Device:	Cable 2 (direct)	Cable 2 (back)
Sampling mode:	16-bit, 48 kHz	16-bit, 48 kHz
Frequency response, dB	+0.15, -0.29	+0.15, -0.29
Noise level, dBA	-90.6	-90.5
Dynamic range, dBA	90.3	90.1
THD, %	0.0038	0.0037
IMD + Noise, %	0.0099	0.0099
Stereo crosstalk, dB	-92.0	-90.7
IMD+N (swept freq.), %	0.011	0.011

Рис.22

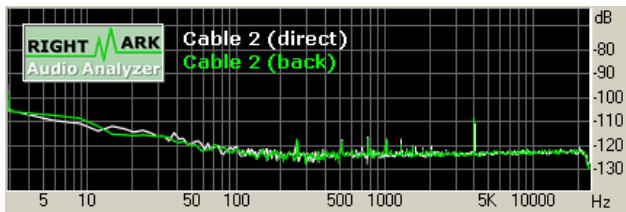


Рис.23

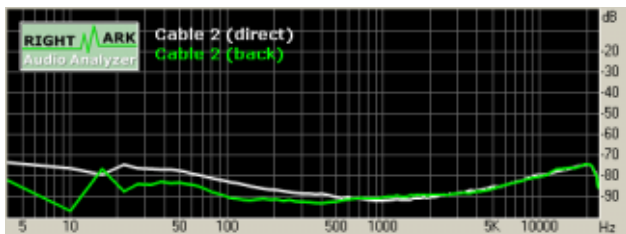


Рис.24

Test results		
Device:	KMM(2m)	Cable
Sampling mode:	16-bit, 48 kHz	16-bit, 48 kHz
Frequency response, dB	+0.15, -0.29	+0.15, -0.29
Noise level, dBA	-90.4	-87.8
Dynamic range, dBA	90.1	87.6
THD, %	0.0037	0.0040
IMD + Noise, %	0.0099	0.013
Stereo crosstalk, dB	-90.4	-89.1
IMD+N (swept freq.), %	0.011	0.014

Рис.25

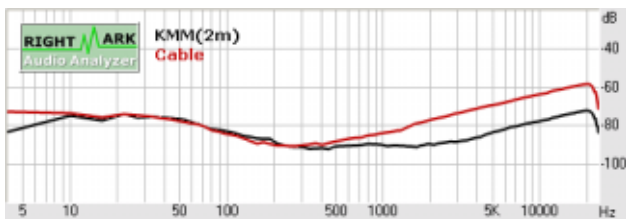


Рис.26

прямом, так и в обратном направлениях показаны на рис. 22. Как видно из таблицы, данные измерений практически идентичны. Уровень шума показан на рис. 23. Наибольшее расхождение наблюдается при измерении переходных затуханий (рис. 24), да и то, в низкочастотной области (что очень маловероятно скажется на «прозрачности» звучания). Для сравне-

Тему кабелей часто обсуждают в различных глянцевых журналах, но в их оценках преобладающей эмоциональной стороной, никак не

был протестирован микрофонный кабель типа КММ (2 жилы в одном экране, 2 метра) - результат парадоксальный (рис. 25)! Наиболее интересен график переходного затухания (рис. 26). Отсюда можно сделать вывод, что выход Creative довольно нечувствителен к типу кабелей.

Еще несколько слов о звуковой карте. Как видно, на графиках АЧХ на частоте 20 кГц имеется небольшой спад (-0,5 дБ). Этот завал относится к звуковой карте. В звуковом редакторе был сгенерирован скользкий тон 20...20000 Гц длительностью 1 минута, а на выход карты подключен вольтметр. Было установлено, что максимальный уровень (0 дБ) на выходе соответствует 2 В, а АЧХ выхода имеет спад как раз -0,5 дБ на 20 кГц. При тестировании усилителя традиционным методом едва заметный спад начинался на 30 кГц (около 0,2 дБ). Это положение можно исправить применив более качественную звуковую карту, поддерживающую более высокие частоты дискретизации.

Тестирование других устройств производится аналогично. Если тестируется усилитель мощности звуковой частоты (или подобное устройство), то на его выходе ставится делитель напряжения, понижающий выходной уровень до входного. Если тестируется какой-либо усилитель типа микрофонного, то тогда делитель ставится уже на входе, причем нижнее плечо делителя должно иметь сопротивление источника сигнала. Возможно делители придется ставить как на входе, так и на выходе, с тем, чтобы привести к норме напряжения тестируемого устройства и звуковой карты.

Надо заметить еще об одной особенности RMAA. Программа допускает запись тестового сигнала в звуковой файл и его последующее воспроизведение. Это может быть полезным для тестирования Audio CD, DVD и mp3 плееров. Для создания такого файла нажимаем в главном окне кнопку с изображением дискеты - будет предложено записать сначала Calibration signal.wav, а потом Test signal (44 kHz 16-bit).wav. Записываем эти файлы на болванку и воспроизводим ее на тестируемом CD плеере. Запускаем RMAA, калибруем уровни, только переключатель в окне для установки режима тестирования ставим в Recording only, запускаем воспроизведение калибровочного трека CD и устанавливаем уровни. Затем в главном окне нажимаем кнопку с красным кружком. Появится окно про-

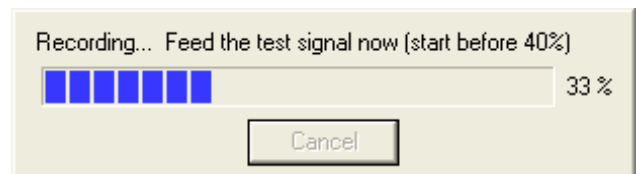


Рис.27

гресса (рис.27) в котором говорится, что надо запустить тестовый файл на воспроизведение, пока показатель прогресса не достиг 40%. Он движется достаточно медленно, так что мы спокойно успеваем запустить CD плеер. А остальное - точно так же, как описано выше. Можете сами протестировать файл, хранящийся на HDD и «сграбленный» с CD - результаты будут просто идеальными!

Результаты тестирования ПКД «Вега 122» показаны на рис. 28 и 29. Несколько пояснений к рисункам. Тестовый сигнал был создан программой RMAA 5.3, а анализировался RMAA 5.5, а за тестовым сигналом на CD следовал трек с шумовым сигналом, поэтому такие ужасные значения IMD в последней строчке (рис.28). ПослеЦАПовый фильтр в «Веге» был переделан, так, что он пропускает частоты от 0 Гц (!), и имеет регулировку коррекции на ВЧ. Поэтому спад частот ниже 20 Гц на графике АЧХ относится уже ко входу звуковой карты.

Frequency response (from 40 Hz to 15 kHz), dB:	+0.21, -0.64	Good
Noise level, dB (A):	-86.9	Good
Dynamic range, dB (A):	86.6	Good
THD, %:	0.027	Good
IMD + Noise, %:	0.038	Good
Stereo crosstalk, dB:	-82.5	Very good
IMD at 10 kHz, %:	283.641	Very poor

Рис.28

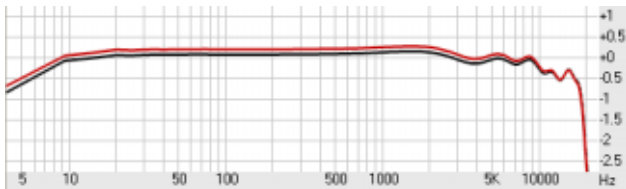


Рис.29

Можно также опробовать различные кодеки mp3. Для этого сгенерированные RMAA сигналы жмем кодером mp3, а затем воспроизводим файл с HDD и оцениваем качество кодера. Результаты получатся очень интересные.

Подобным образом можно протестировать и магнитофоны, с той лишь разницей, что сигнал надо записать. Запускаем калибровку уровня, переключатель режима ставим в положение **Playback only**, и когда установим уровни на магнитофоне, нажимаем **Done**. Для записи непосредственно тест сигнала - нажимаем кнопку с динамиком, пишем на магнитофоне. Далее делаем все аналогично тестированию CD. Следует отметить, что настройка магнитофона с помощью RMAA менее комфортна, чем при применении тональных посылок: требуется время на запись и анализ, и к тому же нам не нужна такая высокая точность измерений, да и детонация ЛПМ не даст нам это сделать.

В RMAA можно так же просмотреть спектр произвольного wav-файла. Для этого в главном окне нажимаем **Spectrum analysis...** вводим путь к нашему файлу, а затем в опциях **FFT size** выбираем умеренное количество сэмплов (16384) и ждем результата. Более подробно об этой опции можно прочитать в справке по RMAA 5.5. На **рис. 30** изображен спектр файла, сгенерированного в Adobe Audition, содержащий частоты 15 и 16 кГц, а на **рис. 31** - спектр этого же файла, прошедшего через наш усилитель и записанный в Adobe Audition.

Как уже говорилось, RMAA позволяет потестировать акустику. Тестирование производится только в левом канале, для устранения влияния интерференции. Для этого в главном окне

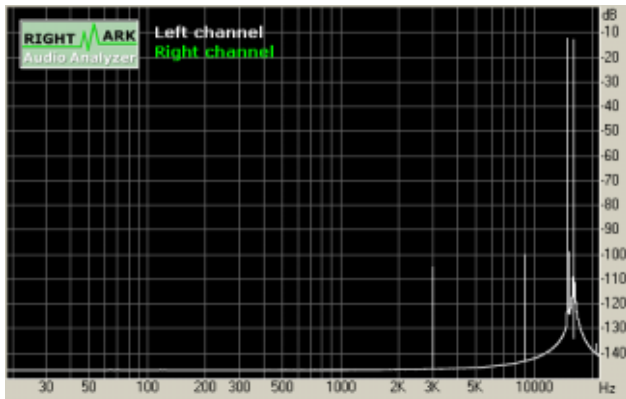


Рис.30

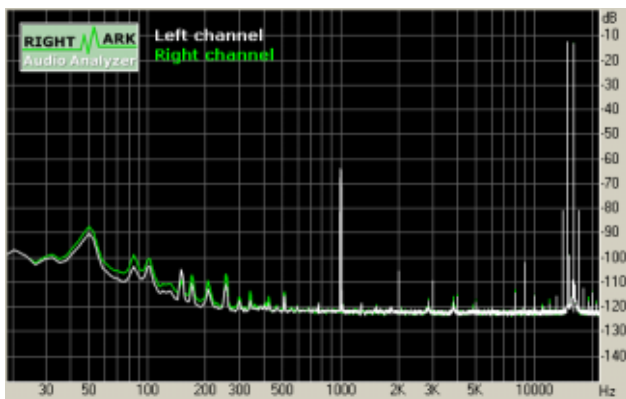


Рис.31

выбираем **Test options...** и на вкладке **Acoustics tests** ставим птичку **Enable acoustics testing mode** (Разрешить режим тестирования акустики). Можно так же протестировать сабвуфер, при этом изменяется тестовый сигнал. К линейному входу звуковой карты подключаем микрофон через микрофонный усилитель (использовать для этой цели микрофонный вход карты не рекомендуется вследствие его низкого качества). Микрофонный усилитель лучше размещать очень близко к микрофону. Если используется какой-либо хороший микрофон, то он обычно имеет симметричный выход, тогда его можно подсоединить через длинный шнур (в студиях длина шнура может достигать несколько десятков метров) к усилителю с симметричным входом, а уже его выход подсоединить к звуковой карте. Вполне достаточно усиления 40 дБ, но крайне желательна регулировка усиления (во избежание перегрузки усилителя). Сделав подключения - калибруем, как и раньше, только у нас будет показываться один канал, и зеленого квадратика не будет, кнопка **Done** будет недоступна. Нажимаем на **Cancel** и запускаем тест. В процессе теста может появиться сообщение, что такой-то % сигнала клиппирован (ограничен). Если процент небольшой - нажимаем **OK** и ждем конца теста. В противном случае надо уменьшить уровень. Если нам надо протестировать другой канал - меняем каким-либо образом их местами. Результат тестирования в жилой комнате некоей

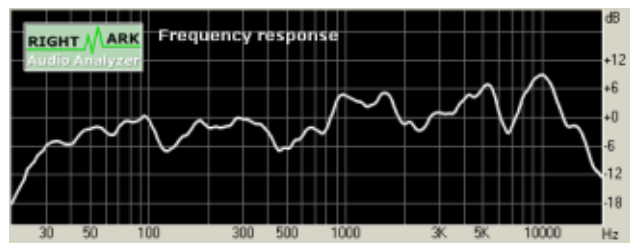


Рис.32

АС изображен на **рис. 32**. Сохраняем результат измерения в файл *.sac. Для исключения влияния микрофона надо иметь его АЧХ (или хотя бы типовую АЧХ), данные которой надо вручную ввести в текстовый файл. Ни в справке, ни на сайте не говорится, как это сделать. Образец такого файла был любезно выслан Алексеем Лукиным (одним из разработчиков программы). Вот упрощенный пример этого файла для некоторого микрофона:

```
MDF (Microphone Data Format) File
Author=Lukin
Date=Nov 28, 2005 Sat 9:45 pm
Model=МКЭ
Serial=00058
dBspl= 94.000
dBm= -24.135
Points= 30
Index Freq(Hz) dB Deg
1 30.000 -4.00 0.00
2 40.000 -3.00 0.00
3 50.000 -2.00 0.00
4 60.000 -1.50 0.00
5 70.000 -1.50 0.00
6 80.000 -1.20 0.00
7 90.000 -1.10 0.00
8 100.000 -1.10 0.00
9 150.000 -0.50 0.00
10 200.000 0.00 0.00
11 300.000 0.80 0.00
12 400.000 0.80 0.00
13 500.000 0.80 0.00
14 600.000 0.80 0.00
15 700.000 0.75 0.00
16 800.000 -0.50 0.00
17 900.000 0.00 0.00
18 1000.000 0.30 0.00
19 1500.000 0.30 0.00
20 2000.000 0.30 0.00
```


21	3000.000	1.00	0.00
22	4000.000	1.00	0.00
23	5000.000	2.00	0.00
24	6000.000	3.00	0.00
25	7000.000	1.00	0.00
26	8000.000	0.00	0.00
27	9000.000	2.00	0.00
28	10000.000	2.00	0.00
29	15000.000	-1.00	0.00
30	20000.000	-13.00	0.00

End

Последняя строка должна быть пустой. Для упрощения показаны только 30 точек, но их может быть намного больше (300, например). Необходимо, чтобы в строке Points= цифра совпадала с количеством точек АЧХ (в нашем случае 30). Сохраняем результат в файл, а потом переименовываем его расширение в mdf. Для учета влияния микрофона загружаем вначале наш файл тестирования акустики (*.sac), а потом уже файл АЧХ микрофона (*.mdf). Далее действуем аналогично тому, как мы исключали влияние кабеля: нажимаем на «жирный минус», сначала указываем корректируемый слот, а потом опорный. АЧХ нашей АС с учетом влияния микрофона приведена на **рис.33**.

Итак, благодаря RMAA, у нас есть теперь мощный инструмент для измерения параметров звуковых трактов и акустики. В общем, как астрология, которую продавал Остап Бендер - сама меряет, было бы что мерять...

Если у кого-то из читателей возникнут вопросы - мой e-mail: podpiska_2@rambler.ru с темой «sound».

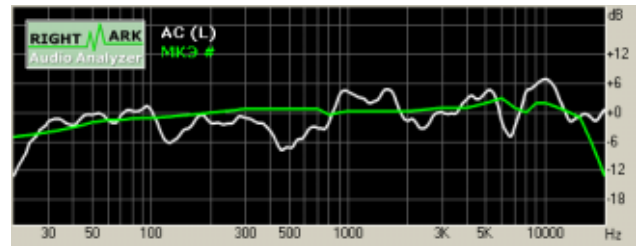


Рис.33

Литература

1. Сайт RMAA http://audio.rightmark.org/index_new_rus.shtml
2. Аудио высокой «четкости»: мифы и реальность <http://www.ferra.ru/online/multimedia/26053>
3. Пермяков С. Регулировка канала записи магнитофона современными средствами. Радио 2005 №9 с.20
4. X-Fi: новый виток аудио. Обзор звуковой карты Sound Blaster X-Fi XtremeMusic: <http://www.ferra.ru/online/multimedia/26181/>.
5. Дайджест Радиолюбби 2003 №4 с. 15 - Ламповый преусилитель для компьютерных карт Грэхема Дикера.
6. Дайджест Радиолюбби 2003 №2 с.16 - Линейный усилитель Дэвида Давенпорта.
7. Дайджест Радиолюбби 2002 №6 с.12 - Ламповый винил-корректор Владимира Стародубцева.
8. Дайджест Радиолюбби 2004 №6 с. 16 - Линейный усилитель Дэвида Давенпорта.