

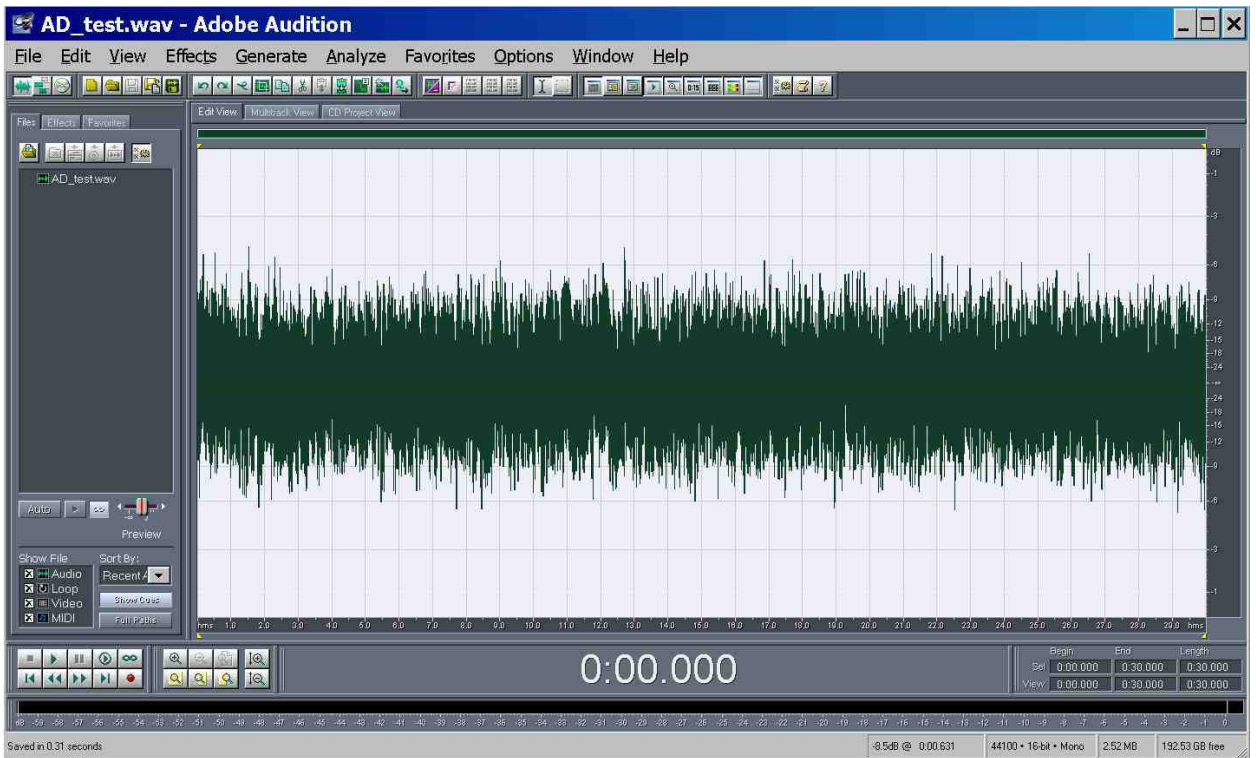
Простой метод оценки линейности звукового оборудования и погрешностей цифровых звуковых интерфейсов

В конце 1997 года я сводил рекламу для радио и музыку на персональном компьютере и установил звуковой редактор "COOL Edit". После изучения богатых возможностей редактора в части фильтрации и спектрального анализа, я решил использовать их для оценки линейности звукового тракта. Идея была простой: создать звуковой файл из розового шума (он превосходно симулирует музыку), вырезать некоторые части спектра (сделать пустые зазоры), записать файл на компакт-диск, воспроизвести диск и использовать анализатор спектра для оценки (посредством звуковой карты) выходного сигнала проигрывателя на наличие паразитных спектральных составляющих, неизбежно появившихся в этих зазорах из-за нелинейности аналогового тракта и ошибок синхронизации/обработки в цифровом тракте.

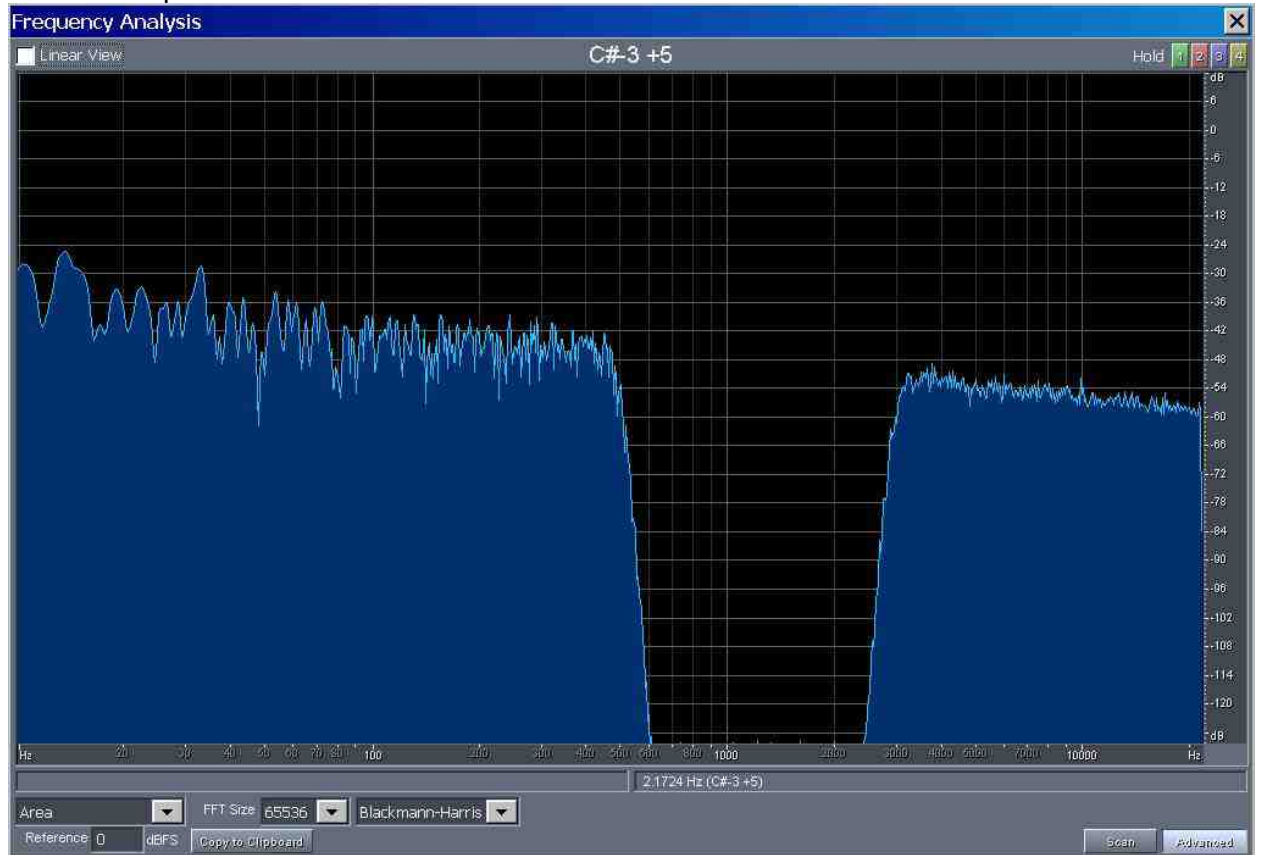
Технология не вызвала сложностей, и через некоторое время я увидел в окне редактора «грязь», которую вносил проигрыватель компакт-дисков. Затем я вывел тот же файл через S/PDIF, чтобы исключить ЦАП проигрывателя. Я удивился еще больше: пиковый уровень вновь появившихся спектральных линий достигал -54 дБ, независимо от оптического или коаксиального интерфейса. Изучив таким способом некоторые студийные звуковые устройства, я порадовался скорости и простоте оценки линейности любой части звукового тракта, от источника до громкоговорителя.

В 2001 году я начал готовить для публикации свою книгу [1] и, когда подбирал литературу для раздела главы 7 «Испытания УМЗЧ», я нашел статью Белчера [2], в которой он описывал измерение нелинейных искажений с помощью псевдослучайного шума и двух гребенчатых фильтров. Метод Белчера был гораздо сложнее для реализации, т.к. в то время не существовало необходимых компьютеров и программного обеспечения. Однако я понял, что находился на правильном пути.

Недавно я обновил свой тестовый файл (см. ниже) и сделал несколько интересных измерений.

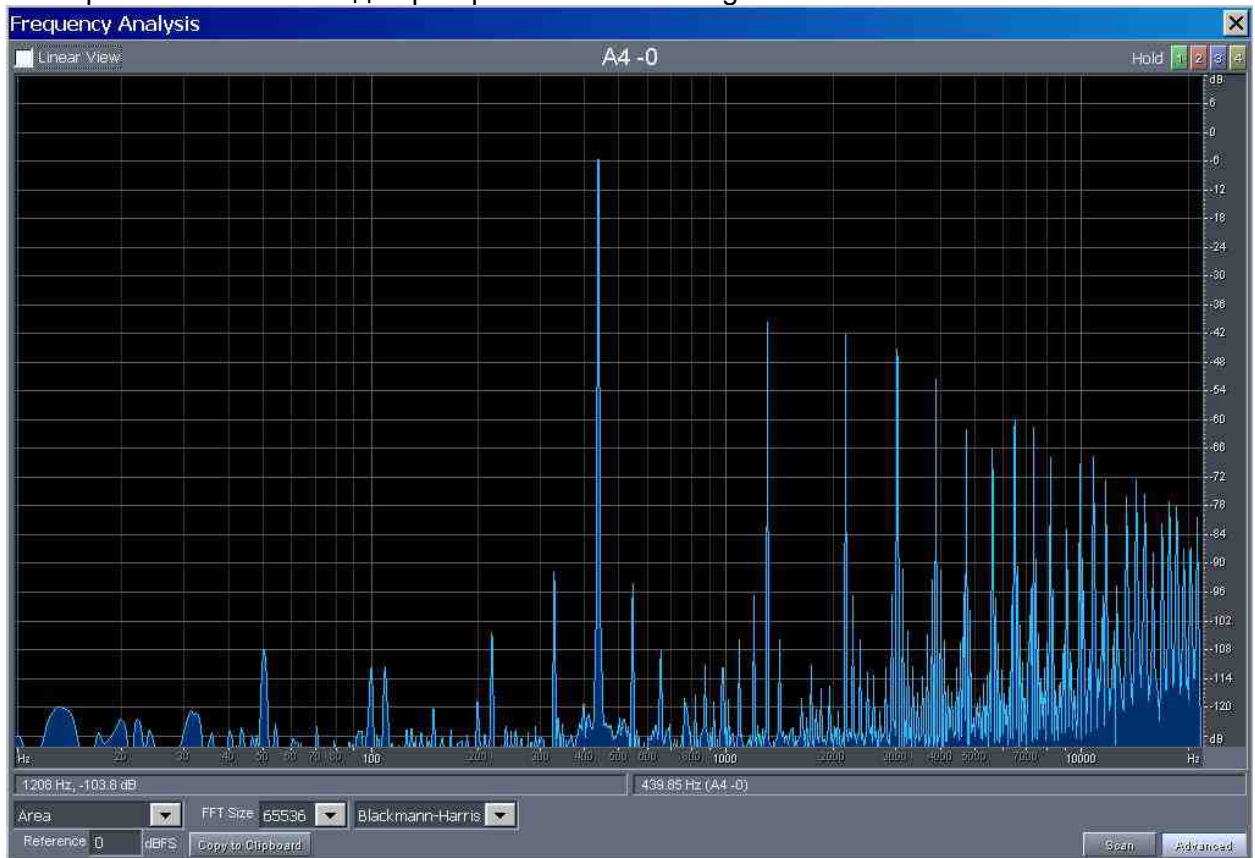


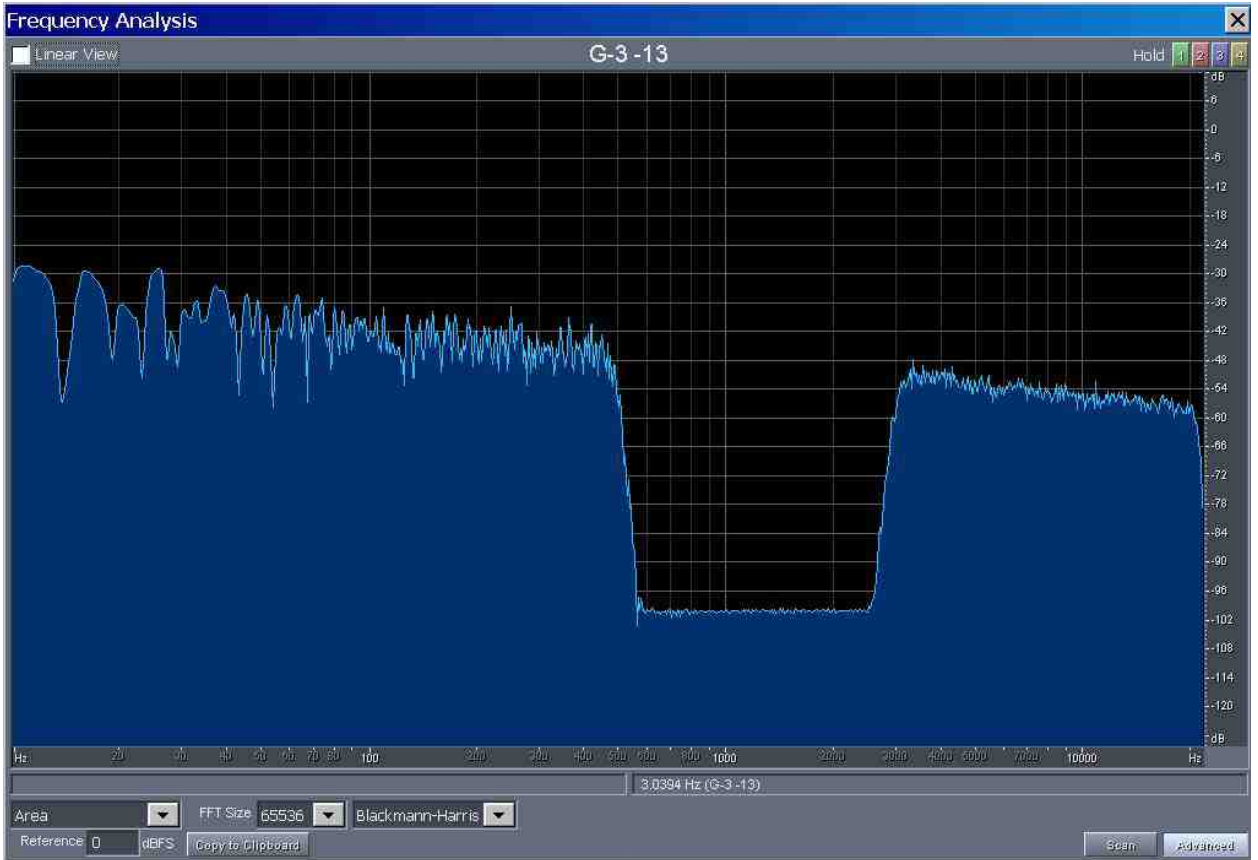
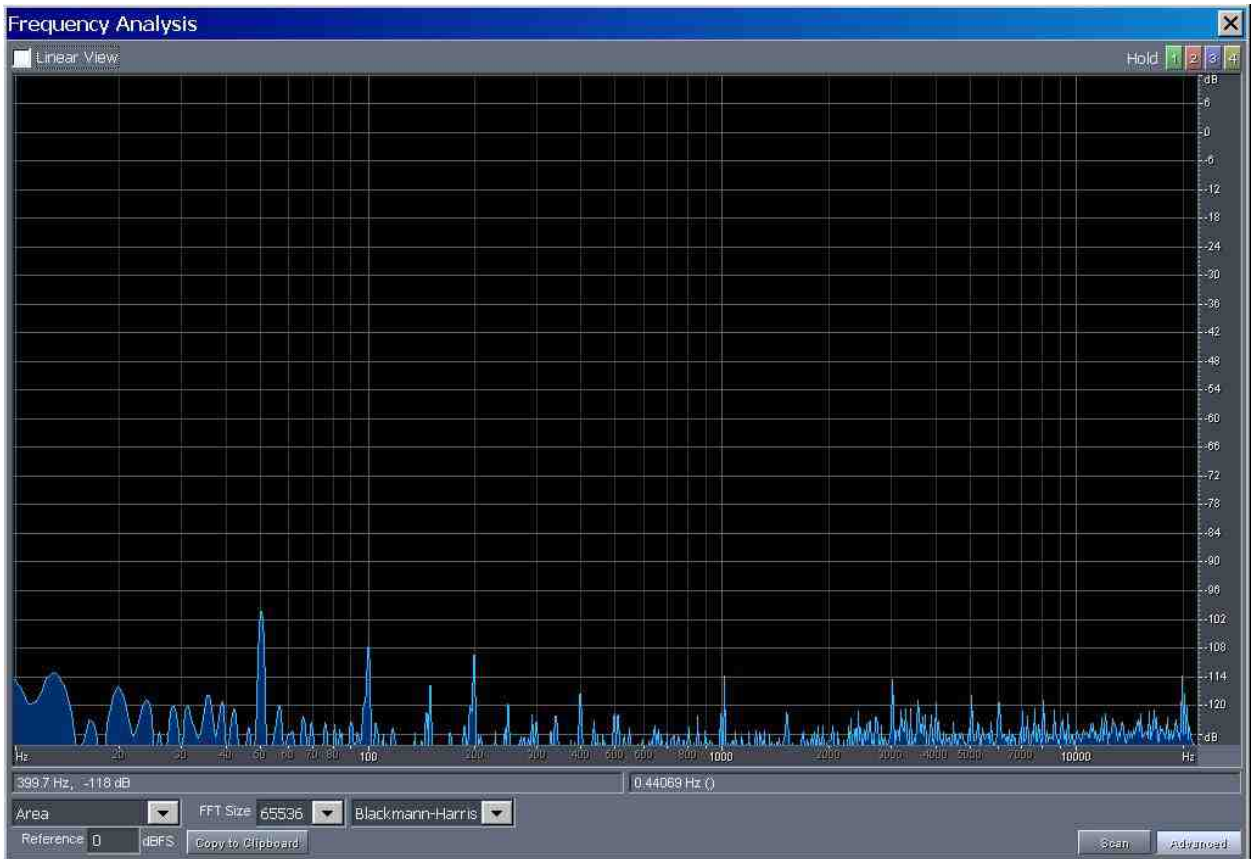
И его спектр



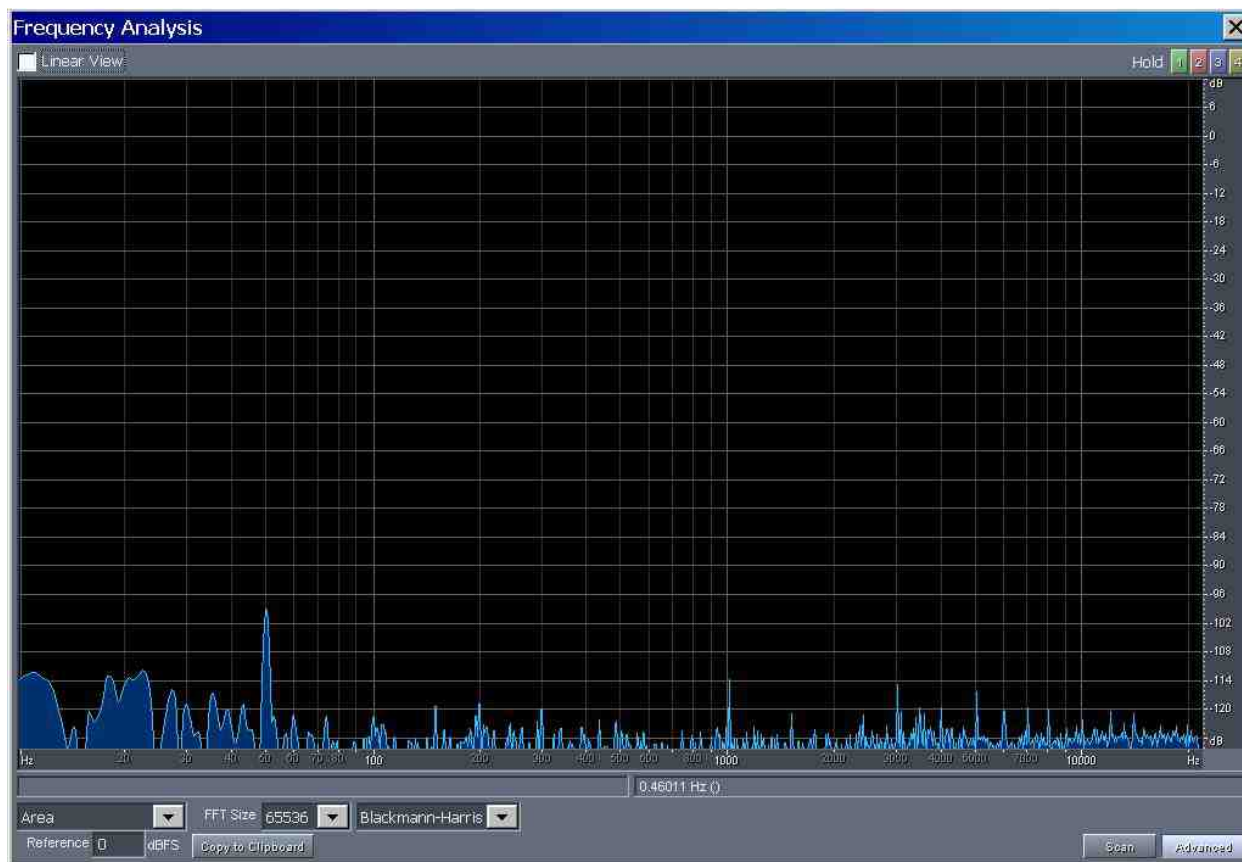
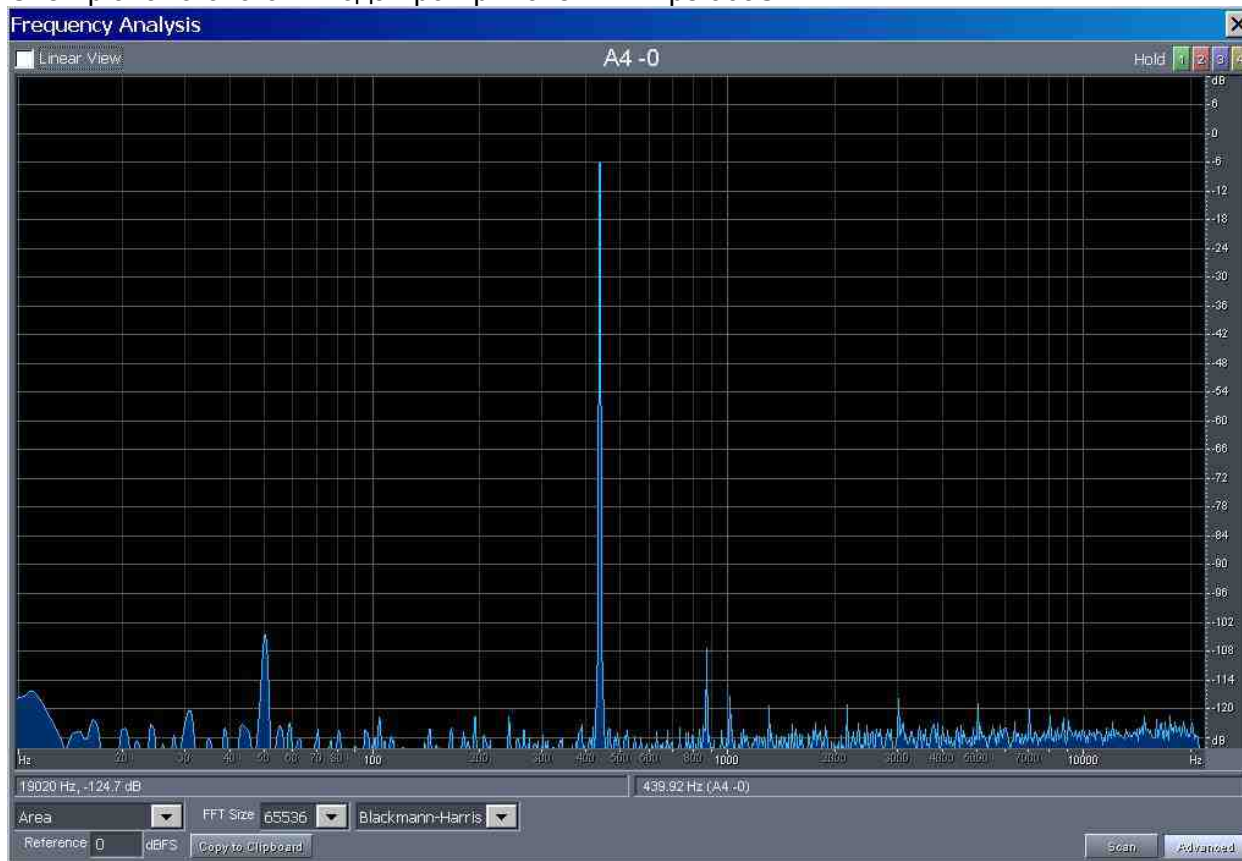
Я записал испытательный сигнал на компакт-диск вместе с двумя опорными дорожками: сигналом 440 Гц–6 дБ и сигналом молчания. Результаты измерения показаны ниже.

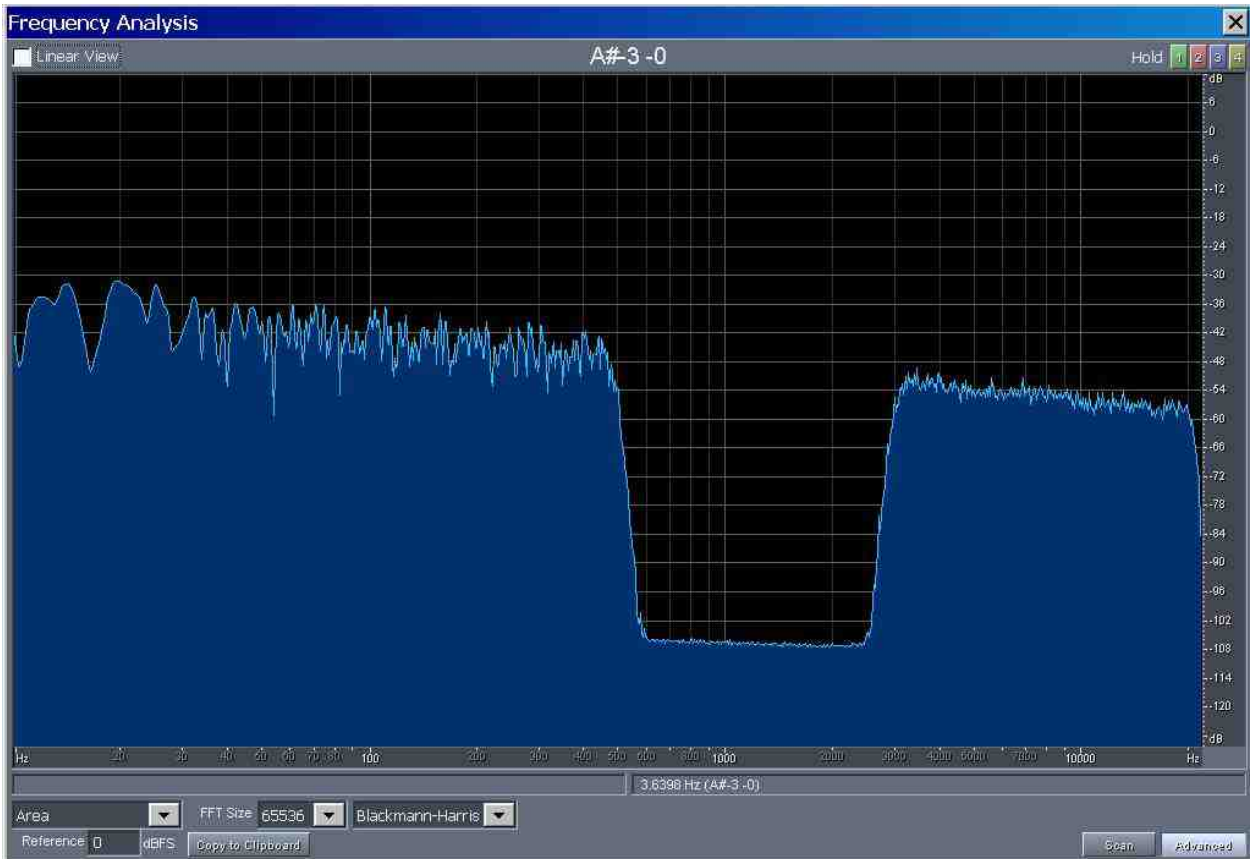
Спектр аналогового выхода проигрывателя Cambridge Audio CD6:



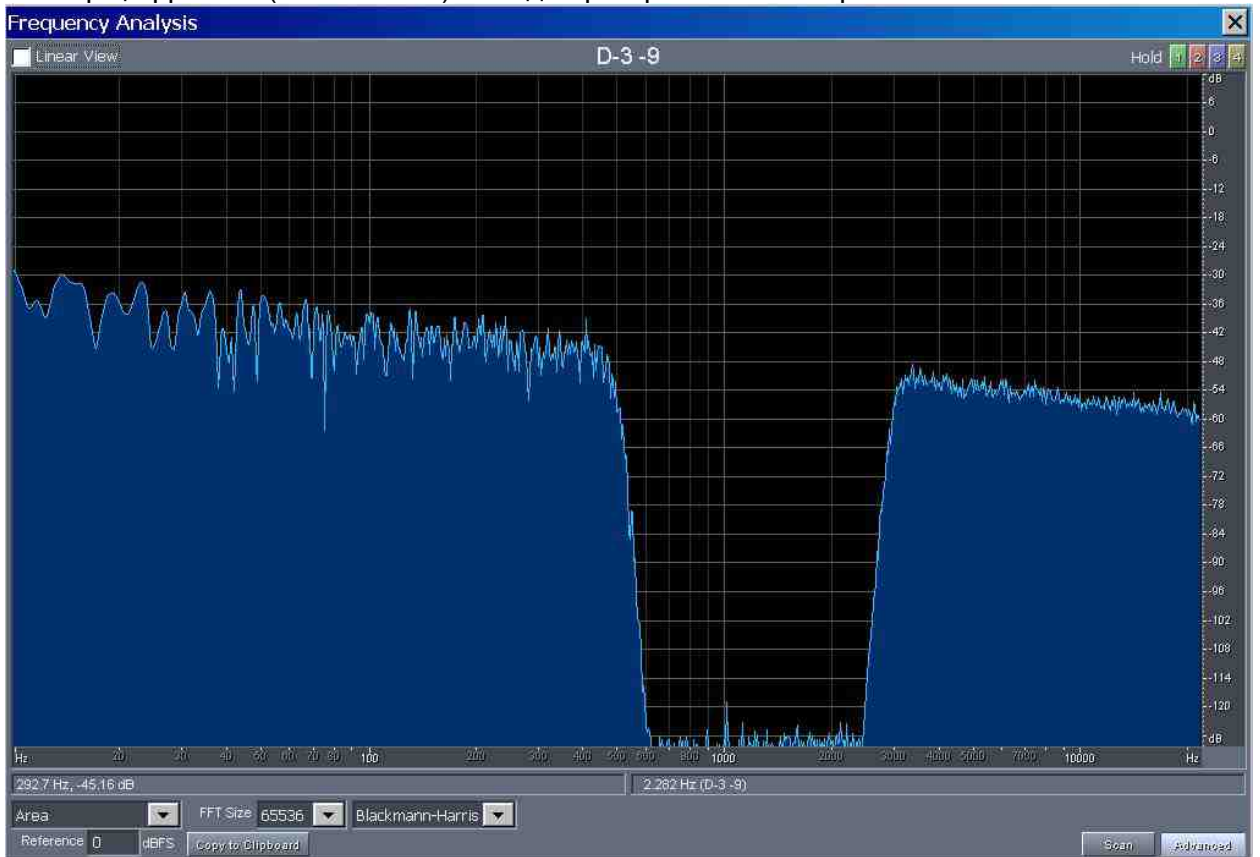


Спектр аналогового выхода проигрывателя Philips 963SA:

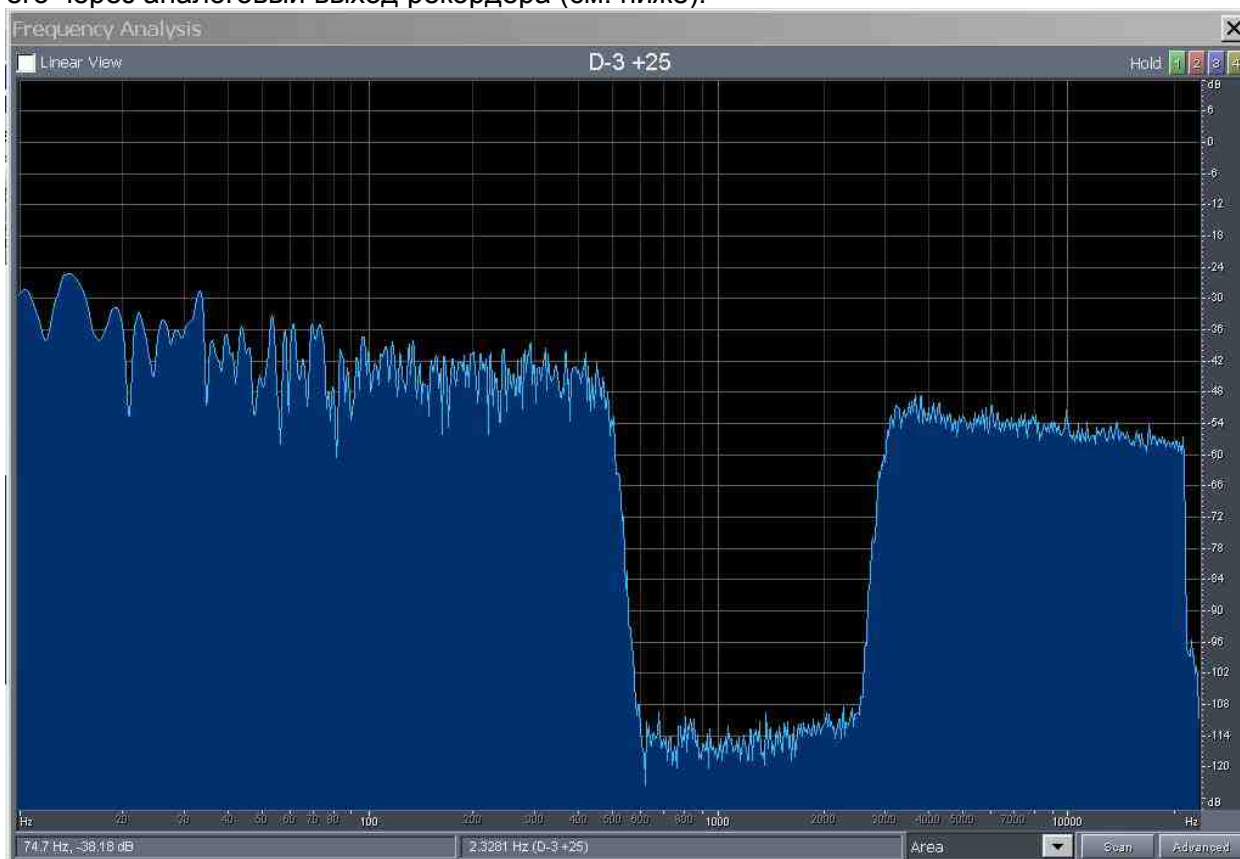




Спектр цифрового (оптического) выхода проигрывателя Philips 963SA:



Я записал тестовый файл во флэш-память (SD-card) рекордера ZOOM H4n и воспроизвел его через аналоговый выход рекордера (см. ниже).



Примечания:

1. Спектральная составляющая 1000 Гц, которая видна на некоторых графиках, является наведенной помехой от генератора, встроенного в звуковую карту E-MU 0404.
2. Длина оптического кабеля с разъемами Toslink (S/PDIF) – 5 метров, цена 500 руб.
3. Практическое отсутствие паразитных спектральных составляющих при передаче цифрового сигнала обусловлено высокой стабильностью (в пределах ± 10 ppm) задающих генераторов в проигрывателе Philips 963SA и звуковой карте E-MU 0404, что обеспечивает изохронность интерфейса [3], исключая срабатывание ФАПЧ на приемной стороне.

(продолжение следует)

Литература

1. Данилов А.А. Прецизионные усилители низкой частоты. Горячая линия – Телеком, 2004
2. Belcher, R.A, A new distortion measurement, Wireless World, May 1978, pp.36-41
3. Данилов А.А. Преобразователи и интерфейсы для цифровых звуковых форматов высокого разрешения. Электронные компоненты, №2, 2005