

ЦИФРОВОЙ ЗВУК

В данной статье речь пойдет об цифровых искажениях при передаче данных в ЦАП. Многие по наивности думают, что цифровой звук не может отличаться, на самом же деле всё скорее наоборот. Даже при восстановлении цифрового сигнала в аналоговый всегда проводится в ЦАП передискретизация данных, обычно частота повышается в 4 или 8 раз, кратно, когда запись используется 44,1 кГц или 48 кГц. Где на качество влияют внутренние алгоритмы пересчета, тип фильтрации, разрядность вычислений (точность). И поэтому все эти изменения на слух тренированным ухом и на хорошем оборудовании слышны.

Поэтому сегодня в ЦАП часто дается выбор цифровых фильтров, где можно самому выбрать тип цифрового фильтра, применяемого при передискретизации (сглаживании сигнала). А можно вообще это сделать программно в проигрывателе, подавая высокую частоту на ЦАП. Но чаще передискретизацию делает именно ЦАП. Передискретизация нужна, чтобы сгладить ступеньки квантования, чтобы получить промежуточные отсчеты, т.е. сделать ступеньки более мелкими, после чего ВЧ шумы на выходе затем легко фильтруются простым фильтром. В итоге получаем при частоте записи 44,1 кГц высокие частоты до 20 кГц практически без снижения их уровня (амплитуды), в то время как отфильтровать сигнал аналоговым фильтром так не получится, получим или снижение ВЧ или ступеньки на выходе (артефакты или искажения).

Но мало того, часто передискретизация сигнала делается программно, например в системе Андроид принята частота записи 48 кГц, а многие записи идут, например с Яндекс.Музыки в формате 44,1 кГц. И поэтому система (плеер) пересчитывает данные, что вносит дополнительные искажения сигнала. Причем, если мы будем измерять программой вроде RMAA искажения, то разницы не заметим, она будет на уровне погрешности измерения. Но осциллограф при проигрывании меандра 1 кГц (прямоугольный импульс) или импульса покажет, что на фронтах сигнала появятся биения, не стабильность во времени. Тоже самое касается системы Виндуз, там еще к этому добавится другой вид искажений, когда меандр 1 кГц записанный с уровнем 0 дБ (по максимальному уровню) снижается, полочка становится ниже, т.е. она не достигает максимального уровня. Происходит своего рода компрессия сигнала на высоком уровне. Видимо, это делается с той целью, чтобы растущие от передискретизации биения, вызванные близкими частотами не вышли за верхний предельный уровень, чтобы не было резкого обрезания выбросов на фронте сигнала, то что называют клиппинг.

Защита от клиппинга, видимо, сделана для старых ЦАП, которые не имели запаса по цифровому уровню, так как имели слабые процессоры, низкую внутреннюю разрядность и частоту, современные ЦАП таких проблем не имеют. Тем более, сегодня уровень громкости часто выполняется изменением цифрового сигнала, что означает так же растущие цифровые искажения, вызванные ошибками квантования, а так же выбранным типом фильтра (алгоритмом фильтра). Т.е. к цифровым искажениям по времени добавляются еще искажения по амплитуде, при изменении громкости (уровня сигнала). Хотя эти искажения научились уменьшать путем повышения разрядности ЦАП, сегодня ЦАП имеют разрядность выше 16 бит, 24 или даже 32 бита. Что означает для 16 битного звука использование 24 бит даёт возможность иметь 256 промежуточных уровней без потери качества. А для 32 битного сигнала целых 65 536 промежуточных значений. И поэтому аналоговые регуляторы громкости исчезают как мамонты.

Но самое плохое, что повышенная разрядность в системе по амплитуде редко используется при передискретизации частоты в системе, если бы это использовалось, то биений на фронтах импульсов при передискретизации в плеере из 44,1 кГц в 48 кГц не возникло бы. Я встречал

только один ЦАП на своей практике SIMGOT DEW4X, где драйвер ЦАП позволял плееру использовать повышенную разрядность по амплитуде при пересчете частоты в 44,1 кГц в 48 кГц или наоборот в плеере. И поэтому этот ЦАП на Андроиде при проигрывании меандра 1 кГц, с уровнем 0 дБ, записанного с частотой 44,1 кГц проигрывался на частоте 48 кГц без биений. Но это скорее исключение из правила, чаще уровень громкости пересчитывается уже в системном микшере, а в плеере, при передискретизации используется разрядность записи 16 бит.

Поэтому очень сильно итоговое качество звука зависит от драйвера ЦАП, все устройства по разному связываются с операционной системой, где часто от драйвера зависит разрядность сигнала, тип цифровой фильтрации, какую применяет система при изменении цифрового сигнала. Поэтому цифровой звук- на самом деле искусство, где хорошо помогает осциллограф, поскольку при измерении параметров в программе типа RMAA цифровых искажений, связанных с пересчетом как по времени (по частоте), так и по амплитуде просто не видно, но осциллограф это показывает как биения фронта на меандре или ограничение сигнала сверху или снизу на выбросах, когда возникает колебательность, связанная с опорной частотой записи.

Меломаны, сейчас скажут, ну вот, а мы говорили, цифровой звук мертвый, в нем нет души, это отсчеты, которые не восстанавливают изначальный звук, что, конечно не так. Проблема не в цифровой форме, а в цифровых алгоритмах, тот же аналоговый звук имеет ограничения по высоким частотам много больше, но там с ростом частоты амплитуда падает более плавно, поэтому выбросы не так заметны. Что, кстати, в современных ЦАП научились симулировать цифровым способом, поэтому импульсная характеристика получается практически без биений до и после импульса, как это показано на рис.1. У Pioneer такая система известна как LegatoLink, у Denon как Alfa Processing (24, а в современных моделях 32 бит разрешения). На рис.2. показано как выглядит синус 1 кГц для данного фильтра. И даже научились эмулировать сигнал без передискретизации, когда импульс получается прямоугольный, как показано на рис.3, но на синусе это дает ступеньки, как показано на рис.4. Но нужно учитывать, что такая красота сигнала (чистота импульса) сохраняется только пока частота записи и системы совпадает, пока нет передискретизации сигнала в системе. При передискретизации обычно вся эта красота пропадает, возникают дополнительные биения и колебания на осциллографе. Чтобы этого избежать (изменения частоты) придумали прямой вывод данных, который называется в Windows: WASAPI, ASIO, а в Android ALSA или BitPerfect.

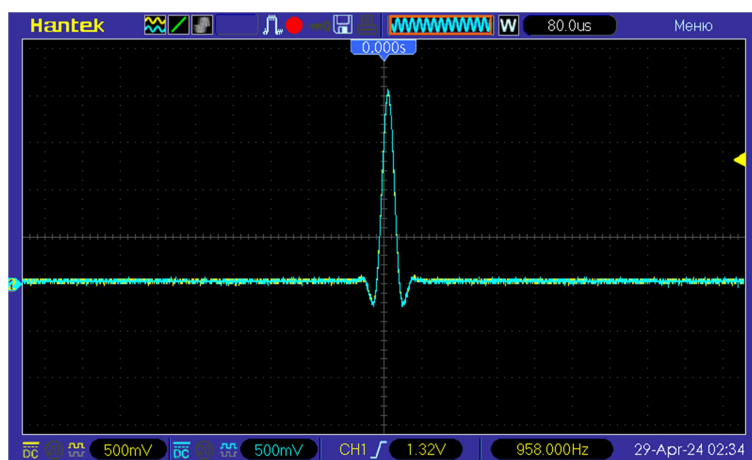


Рис.1.



Рис.2.

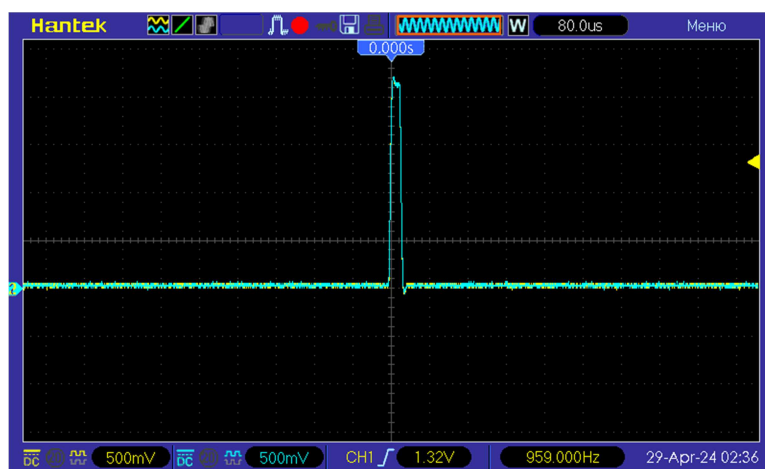


Рис.3.

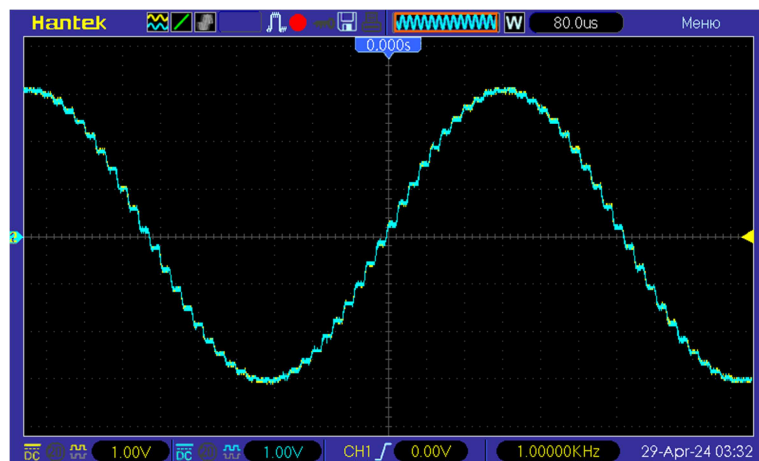


Рис.4.

И ко всему добавьте, что с ростом качества процессоров производитель ЦАП часто делает один только кварцевый генератор, на 44,1 или 48 кГц (последний случай чаще), а записи с частотой 44,1 кГц пересчитывает при внутренней передискретизации в ЦАП, что биений не создает на импульсе и меандре, поскольку используется повышенное внутреннее разрешение ЦАП как по частоте, так и по амплитуде. И поэтому итоговое качество звука ЦАП сильно зависит от драйвера, от программной реализации, не считая аппаратной реализации.