

Как определить передискретизацию в аудио плеере

В статье, на конкретном примере будет показано, как узнать точно, когда аудиоплеер делает передискретизацию, а когда нет. Сначала показаны импульсные графики на выходе ЦАП **Keycion Dual CS43198**, как плеер использовался **Audiophiles Player**, который пока в разработке, поэтому бета версия **1.20.0** использовалась. Плеер тем хорош, что умеет делать качественную передискретизацию, благодаря внутреннему разрешению 32 бит с плавающей точкой, где есть так же побитовый (точный) вывод.

Ниже приведены графики для импульса, слева запись 44,1 кГц, справа 48 кГц, побитовый режим в плеере был активирован.

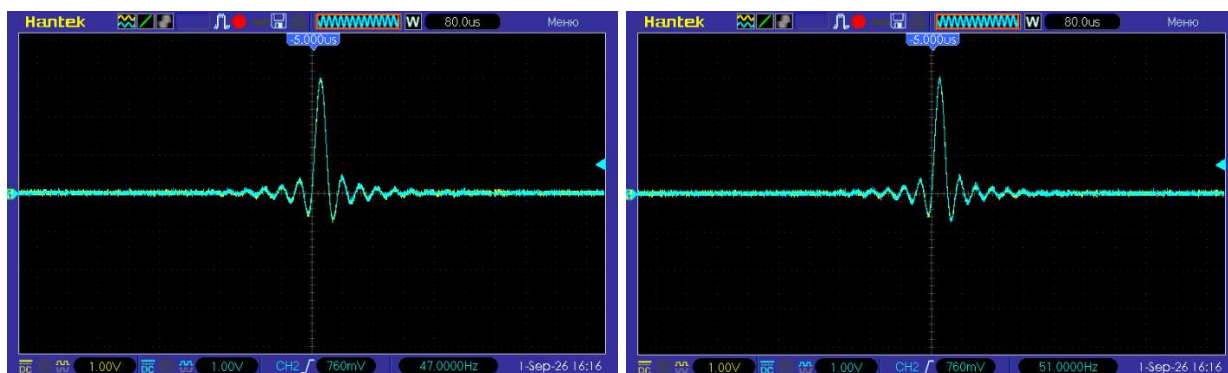


Рис.1.

Импульс во времени стабильный, т.е. нет никаких биений и флуктуаций на экране в живую. Ниже показаны импульсы с передискретизацией (включенный ресемплер). Слева график с пересчетом записи 44,1 кГц в 48 кГц в плеере, справа запись 48 кГц преобразуется в 44,1 кГц.

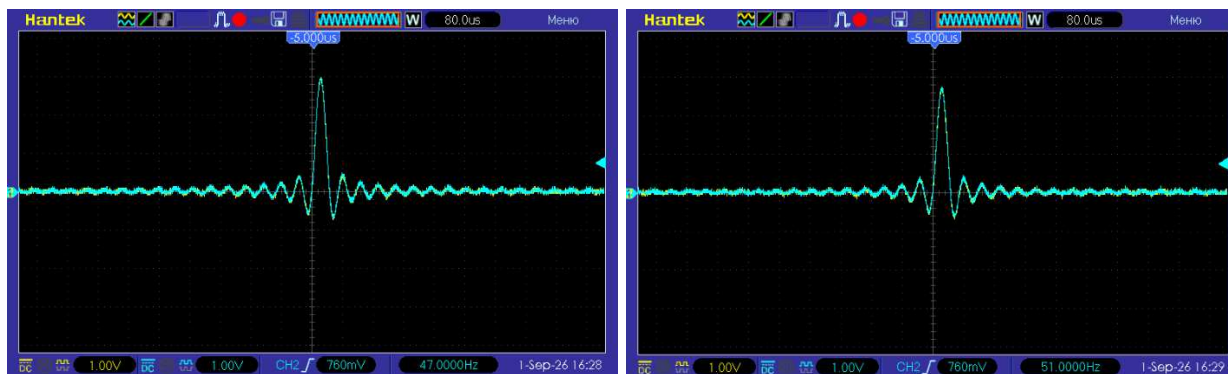


Рис.2.

Левый график по высоте точно такой же, как и без передискретизации, достигает в пике 3 В, при этом он такой же стабильный во времени, поэтому его очень **трудно отличить от импульса, полученного без передискретизации**. Единственное, что его выдает, это более длинные по времени колебания до и после импульса, так как у ЦАП (рис.1) импульс имеет меньше по времени колебания, за счет применения другой фильтрации. Но если в ЦАП такой же фильтр используется, то разницы не будет вовсе.

Правый график имеет заметно меньшую высоту импульса, что вызвано преобразованием частоты с 48 кГц в 44,1 кГц. При этом импульс имеет не большие временные биения, видимые в живую на осциллографе, правда, трудно различимые. И у него видно тоже колебания до и после импульса увеличены по времени.

Если провести измерения параметров в **RMAA 5.5**, то передискретизация вообще почти не различима по табличным (сводным) данным. Ниже показаны измерения, в том порядке, как идут осциллограммы выше. Как АЦП использовалась карта **ESI UGM192**.

Test results	Device:	44,1 kHz	48 kHz	44,1->48 kHz	48->44,1 kHz
	Sampling mode:	16-bit, 44 kHz	16-bit, 48 kHz	16-bit, 48 kHz	16-bit, 44 kHz
	Frequency response, dB	+0.01, -0.03	+0.01, -0.03	+0.01, -0.03	+0.01, -0.03
	Noise level, dBA	-94.3	-94.5	-94.5	-94.4
	Dynamic range, dBA	94.1	94.4	94.3	94.3
	THD, %	0.0007	0.0007	0.0008	0.0007
	IMD + Noise, %	0.0061	0.0060	0.0061	0.0060
	Stereo crosstalk, dB	-93.2	-93.5	-94.9	-95.5
	IMD+N (swept freq.), %	0.0064	0.0064	0.0065	0.0067
		☒ Select	☐ Select	☐ Select	☒ Select
	HINT: Right-click on result boxes to view the detailed reports...				

Рис.3.

Как видим, различие на уровне погрешности измерения. Но, АЧХ, естественно, различаются для передискретизации за диапазоном 20 кГц, как ниже показано на отдельных графиках.

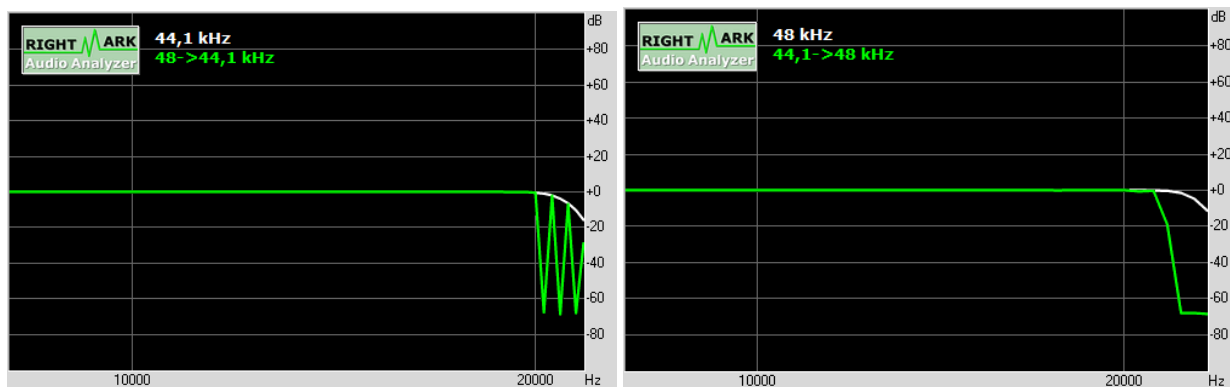


Рис.4.

Слева мы видим, когда 48 кГц обрезаются до 44,1 кГц, поэтому за 20 кГц возникают колебания АЧХ (зеленый график). Я не уверен, что все обстоит именно так, возможно, что RMAA упрощает вид АЧХ. Но, в любом случае, по АЧХ можно легко определить передискретизацию, за пределами 20 кГц по графику, если нет осциллографа.

Но есть еще способ, если нет аудиокарты для теста в RMAA, если есть только осциллограф. Для этого нужно в ЦАП выставить импульс без колебний, как ниже показан импульс для этого же ЦАП **Keycion Dual CS43198**, когда используется **NON OS** цифровой фильтр (он выбирается через приложение **Walk Play** в телефоне для Андроида или через браузер (у других ЦАП по разному)).

Ниже показаны импульсы при **NON OS** фильтре, слева для частоты записи 44,1 кГц, справа для 48 кГц.

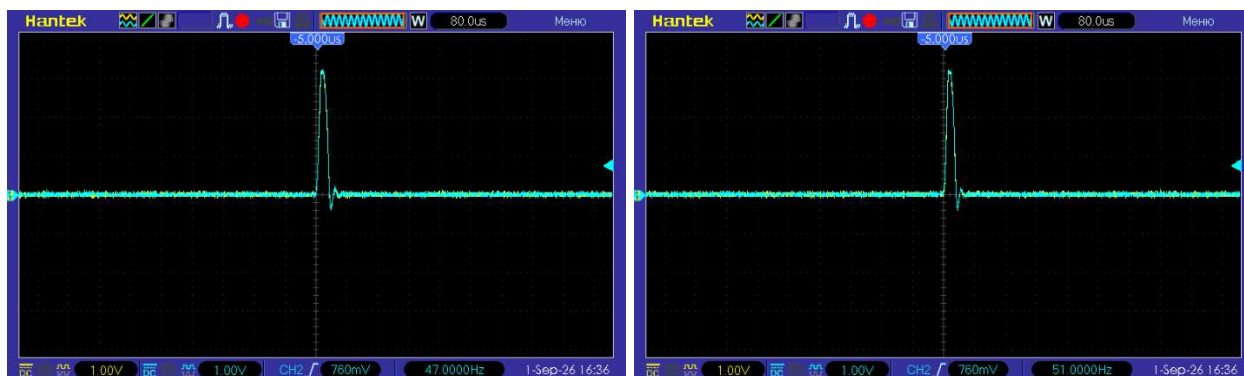


Рис.5.

Как видим, импульс получается чистый, как в ЦАП без передискретизации, как часто делают в мультибитных ЦАП, когда получаем ступеньки квантования, что на синусе 1 кГц так и выглядит на осциллографе, как зазубрины.

А ниже показаны полученные импульсы при передискретизации, как в прошлом случае. Где возникают биения, колебания, притом не стабильные по времени. То один бок больше, то другой и пр.

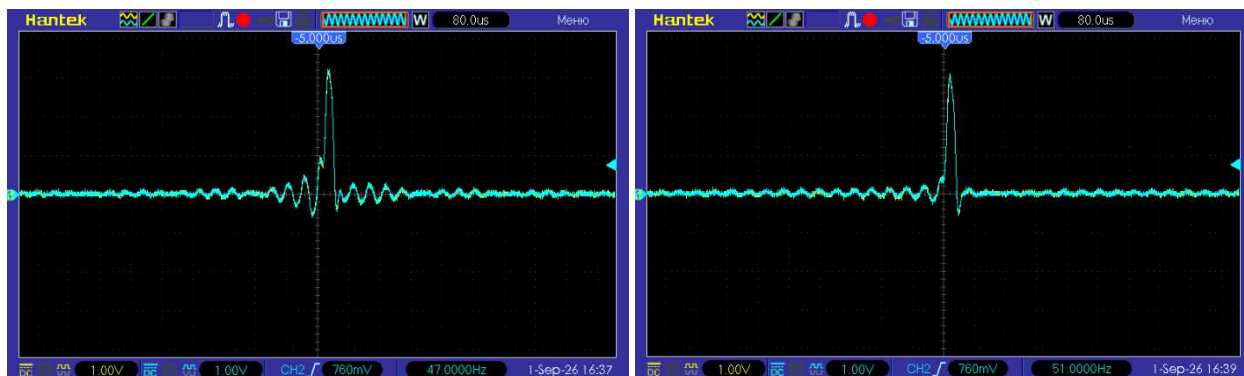


Рис.6.

Так себя проявляют следы передискретизации на NON OS фильтре. Данный фильтр используется в CS чипах. Для ЦАП на чипах ESS и AK есть похожие фильтры, где колебания до и после импульса минимальные, импульс схож с системой Legato Link от Pioneer и Alfa процессинг от Denon. Там тот же самый эффект проявляется в виде возникновения до и после импульса вибрации, которой не должно быть без передискретизации.

Вывод. Как видим, плеер **Audiophile** при побитовом выводе обеспечивает вывод данных без изменений частоты записи, без передискретизации. И делает это качественно, по табличным измерениям разницы не видно, впрочем, по графикам КНИ (THD,%) приведенным ниже тоже в искажениях при передискретизации нет никакой разницы, в пределах ошибки измерения. Графики идут в том же порядке, как в таблице и осциллограммы.

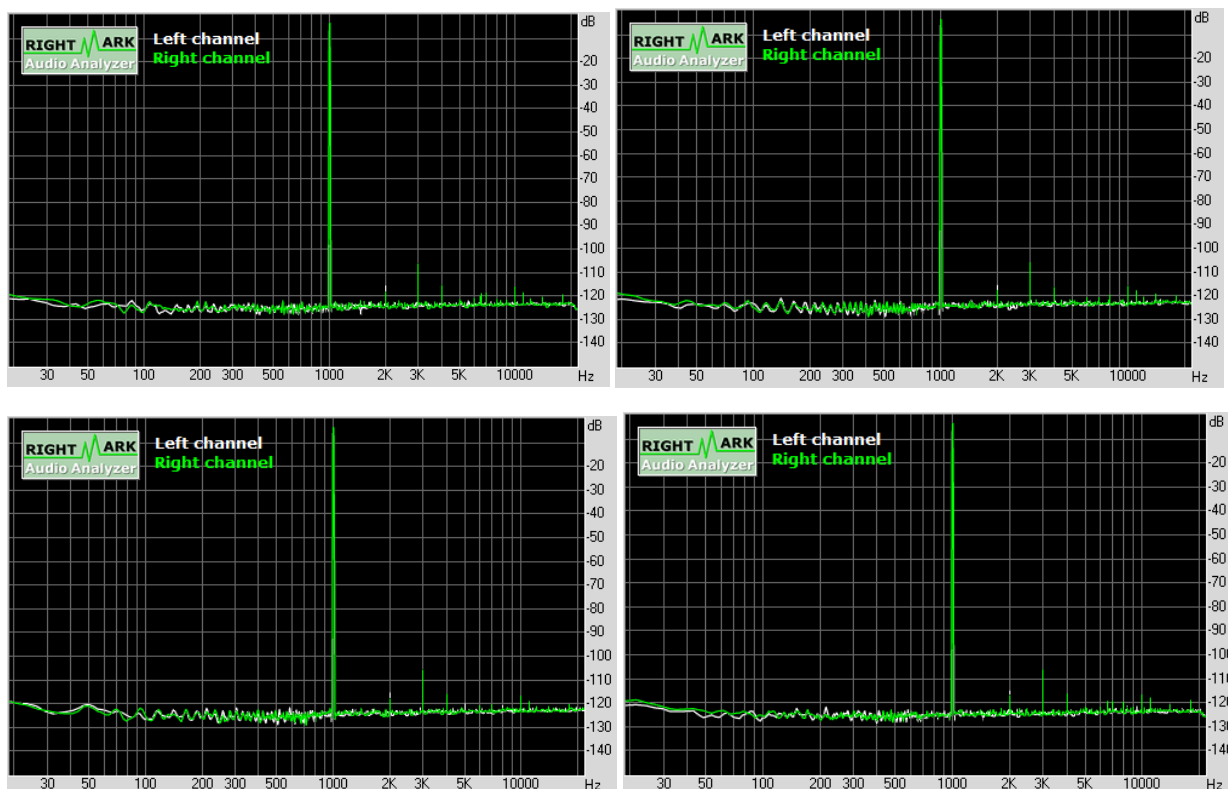


Рис.7.

Это очень достойный результат, который не часто увидишь в других плеерах. И уже тем более в системе **Winsows**, где биения при близкой передискретизации 44,1 кГц и 48 кГц бросаются сразу в глаза на осциллографе. Хотя они не попадают в отчеты по измерениям вроде RMAA, поскольку частота биений выше 20 кГц, но как интермодуляция эта вибрация всё же просачивается в слышимый диапазон. Хотя, иногда это добавляет звуку аналоговости, например на **Яндекс.Музыке**.

Причем, **передискретизацию можно использовать для бюджетных ЦАП**, как в данном случае, где видно, что кварц используется только один на частоту 48 кГц, а частота 44,1 кГц получается внутри ЦАП явно математически, пересчетом данных. И поэтому результаты измерений на частоте 44,1 кГц при побитовом выводе чуть хуже. Подобный плеер с этим может справиться не хуже, что видно по измерениям. Где на частоте 48 кГц при передискретизации значения искажений получаются лучше, чем на частоте 44,1 кГц без передискретизации.

Притом нужно учитывать, что измерения в RMAA происходят при уровне на выходе ЦАП около 500 мВ в пике на синусе, что соответствует уровню 1/6 от максимального выхода ЦАП, с пиком 3 В на небалансном подключении 3,5 мм. При таком уровне, примерно, происходит прослушивание на накладных динамических наушниках типа **FiiO FT1** и пр. Что означает, что измеренные искажения отражают реальное значение при прослушивании. Для балансного подключения измерения не проводил, там ЦАП будет играть на 1/12 максимального уровня, при 6 В напряжениях в пике, т.к. два ЦАП-а на выходе напряжение удваивают.

Поэтому разрешение данного **ЦАП 32 бита совсем не будет лишнее**, чтобы нивелировать ступени квантования при снижении уровня выходного напряжения. И данный плеер позволяет использовать разрешение 32 бит на выходе. При этом, внутренние расчеты в плеере идут с большей много точностью. Поэтому цифровой регулятор громкости не будет слабым местом, зато обеспечивает линейность и ровный баланс каналов без хрипов в бюджетном сегменте, т.е. качественно и технологично за недорого. Скорее разъем от наушников развалится, чем регулятор громкости захрипит, как это бывает обычно у аналоговых регуляторов.

