

# РОЗШИРЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДІАПАЗОНУ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ ЗВУКОВІДТВОРЕННЯ

Гетьман В.А.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шейко С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

This paper analyzes some methods for reducing the audibility of quantization noise when recording and playing audio signals. The dithering method is used to reduce the correlation of quantization noise with the signal. The noise level in the phonogram increases to +6 dB compared to truncating but such noise has less audibility. For efficient noise spectrum formation it is necessary to generate dithering noise taking into account the initial signal. The quantization noise is shifted to the frequency range of another 15 kHz where the human hearing sensitivity is lowest.

Вже досить тривалий час для поширення звукових записів у високій якості найпопулярнішим форматами залишаються Waveform Audio, а також формати із стисненням звукової інформації без втрат (loseless). Звук CD-DA записується без стиснення у форматі PCM з частотою дискретизації 44,1 кГц і розрядністю 16 біт, що влаштовує переважну більшість слухачів. Однак деякі слухачі відзначають недоліки такого формату, пов'язані з шумом 16-розрядної квантування і внаслідок цього – недостатнім динамічним діапазоном звуку [1-3]. У даній роботі проводиться аналіз деяких методів зменшення помітності шуму квантування при записі і відтворенні звукових сигналів.

При записі і обробці звуку всі операції здійснюються в форматі з підвищеною розрядністю (24 або 32 біт). Після подальшого зниження розрядності до 16 біт методом транкейтингу виникає шум квантування з мінімально можливою амплітудою, але істотно корельований з початковим сигналом. В спектрі такого шуму спостерігаються піки і гармонійні спотворення (крива 1 на рис.1).

Для зменшення кореляції шуму квантування з сигналом застосовується метод «dithering», який полягає в додаванні до вихідного сигналу перед округленням спеціально згенерованого шуму невеликої амплітуди.

При цьому гармонійні спотворення можуть бути усунені, або значно подавлені (крива 2 на рис. 1). Рівень шуму в фонограмі в порівнянні з округленням збільшується до +6 дБ, проте суб'єктивне сприйняття такого шуму набагато краще.

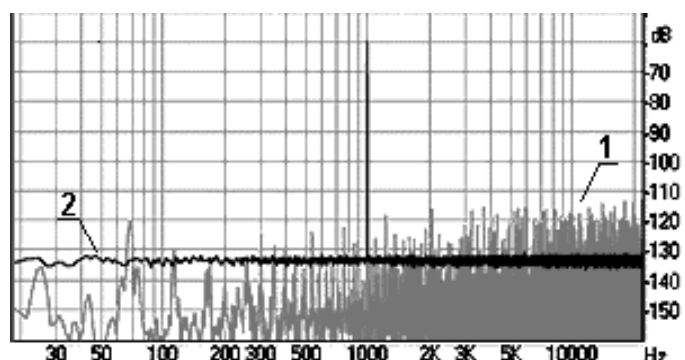


Рис. 1

Різні методи «dithering» відрізняються за амплітудою, спектру і функції розподілу ймовірності (ФРВ) амплітуд шуму. Один з варіантів – білий шум з прямокутною ФРВ і величиною 1 біт від піку до піку. Такий шум майже повністю усуває гармонійні спотворення в квантованому сигналі, але має недолік: гучність шуму квантування змінюється з часом, і залежить від початкового сигналу. Таке явище називають модуляцією шуму [1].

Другий поширений варіант методу «dithering» – білий шум з величиною 2 біта від піку до піку і трикутної ФРВ. Цей варіант вносить більше шуму в фонограму (-98 дБ (А)), але добре усуває гармонійні спотворення і модуляцію шуму.

У деяких методах «dithering» шум має більш складний спектр з метою зменшити сприйняту гучність шуму. Для ефективного формування спектра шуму квантування необхідно генерувати dithering-шум з урахуванням початкового сигналу. Такий клас алгоритмів називається «noise shaping», основна їхня ідея полягає у введенні зворотного зв'язку в процес зниження розрядності. Помилка квантування поточного тимчасового відліку бере участь у формуванні шуму для наступного часового відліку. У цьому процесі використовується фільтр, який визначає форму спектра шуму квантування.

При правильному виборі фільтра сприймана гучність шуму значно нижче. Фільтри вибираються так, щоб більша частина шуму квантування зміщлася в область частот вище 15 кГц, де чутливість людського слуху найменша (рис. 2).

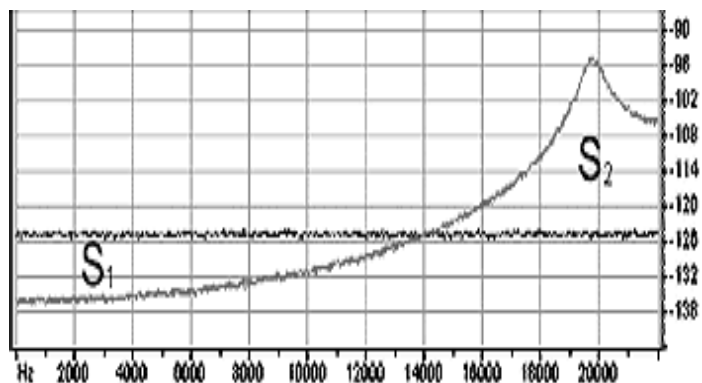


Рис. 2

Коефіцієнти фільтра повинні бути обрані так, щоб потужність шуму квантування, витісненого з однієї частотної області, дорівнювала потужності шуму квантування, доданої в іншу частотну область, тобто площа S1 повинна дорівнювати площі S2. При дотриманні цієї умови «noise shaping» забезпечує таке ж подавлення гармонійних спотворень і модуляції шуму, як і відповідний алгоритм «dithering».

### Перелік джерел:

1. Никамин В.А. Цифровая звукозапись. Технологии и стандарты. – СПб.: Наука и техника, 2002. – 256 с.
2. Лукин А. Системы понижения разрядности в мастеринге [Електронний ресурс] / А. Лукин // Звукорежиссёр, 2003, №1. (<http://www.625-net.ru/archive/z0103/lukin.htm>).
3. Мюрер Дж. Техника студийного использования алгоритмов дитера высокого порядка [Електронний ресурс] / Дж. Мюрер, Дж.Вэн // (<http://www.masteringonline.ru/articles/article2>).