

УДК 004.42:004.383.3

ОБРАБОТКА ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

АНТОНЕНКО М. С., ПЕЧЕНЬ Т. М.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

E-mail: tat@bsuir.by

Аннотация. В данной работе представлены результаты сравнения способов аналоговой обработки и плагинов, эмулирующих эту обработку в цифровом формате, оценки на сколько достоверны плагины, как VST-плагины изменяют характеристики звуковых сигналом и на сколько сопоставимы результаты обработки VST-плагинами и аналоговыми устройствами.

Abstract. This paper presents the results of comparing analog processing methods and plug-ins that emulate this processing in digital format, evaluating how reliable the plug-ins are, how VST plug-ins change the characteristics of audio signals, and how comparable the results of processing by VST plug-ins and analog devices are.

Актуальность данной работы обусловлена использованием современной научно-технической литературы, а также применением новейших методов исследования.

В настоящее время существует и активно используется два вида обработки звуковых сигналов: аналоговый и цифровой. Для аналоговой обработки звуковых сигналов используются аналоговые приборы (компрессоры, эквалайзеры и т.д.), которые подключаются к консоли, собирающей сигналы из разных источников и выводящей звук на аудиосистему, расположенную в студийном помещении. Аналоговый вариант обработки звука является достаточно дорогим, но высоко качественным. Но в цифровом виде существует огромное количество эмуляций аналоговых приборов. Некоторые инженеры принципиально выбирают для обработки дорогой способ с использованием аналоговых приборов, а другие наоборот используют плагины, эмуляции аналоговых приборов. Второй вариант обработки называется «in the box», что в переводе с английского «в коробке». Это означает, что вся работа по сведению осуществляется непосредственно в секвенсоре.

В цифровом виде существует огромное количество эмуляций аналоговых приборов. Для цифровой обработки используют специальные программы – секвенсоры DAW (Digital Audio Workstation). Обрабатываются звуковые сигналы в таких программах путем использования плагинов. Плагины – это дополнительное программное обеспечение, позволяющее добавлять в DAW новые виртуальные инструменты или эффекты обработки. Существуют несколько форматов плагинов: VST, AU, RTAS, AAX, TDM [1]. Самый распространенный формат VST. Он поддерживается почти всеми DAW. Стоит отметить, что данный формат поддерживается такими секвенсорами как: Steinberg Cubase, Cockos REAPER, Ableton Live, Imagine-Line FL Studio, PreSonus Studio One, Cakewalk Sonar, Acoustica Mixcraft, Audacity, и т. д. AU (Audio Units) – формат аудио-плагинов Mac OS X, разработанный для Core Audio. Данный формат поддерживается меньшим количеством DAW. Главным образом его поддерживают Logic Pro X, Digital Performer, Cockos REAPER [2].

Cubase создает проект, который позволяет работать с MIDI-файлами, сырыми (необработанными) аудиотреками и другой информацией, и представлять их в виде диапазона разнообразных форматов. Пользователь может экспортировать трек в стереоформате (.wav) для последующего выпуска аудио в формате CD, DVD или публикации в Интернете. Основное расширение файлов проектов Cubase – *.cpr. Существует возможность переноса аудиопро젝тов из Cubase в другие рабочие станции в формате OMF.

Программа доступна на следующих языках: английский, немецкий, французский, испанский, итальянский, португальский, японский, китайский, русский. Бесплатная версия Steinberg Cubase LE 10.5 имеет ряд ограничений: 1) максимальное количество миди-треков – 24; 2) максимальное количество аудио-треков – 16; 3) максимальное количество VSTi – 8; 3) максимальное количество групповых каналов – 8.

RTAS (Real Time AudioSuite) – формат аудио-плагинов, разработанный компанией Digidesign исключительно для использования в секвенсоре AVID Pro Tools 10 и более ранних версиях данной DAW. AAX (Avid Audio eXtension) – формат аудио плагинов, который используется в секвенсоре AVID Pro Tools версии 10 и более новых. Представлен в двух вариациях: AAX DSP и AAX Native [3].

TDM (Time-division Multiplexing) – версия плагинов для AVID Pro Tools, которые устанавливаются на внешнем оборудовании, таком как DSP-процессоры, для сверхвысокой точности обработки и качества. TDM плагины обычно устанавливают в студийных системах высокого качества, которые оборудованы отдельными чипами для обработки аудио-сигналов.

В табл. 1. приведены сравнительные характеристики секвенсоров [1–4].

Таблица 1. Сравнение секвенсоров

DAW	Steinberg Cubase 10.5 LE	Cockos Reaper	Imagine Line Studio FL	Ableton Live 10	Studio One 4 Prime
Максимальное количество аудио-треков	16	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено
Максимальное количество миди-треков	24	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено	–
Максимальное количество VSTi	8	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено	–
Максимальное количество групповых треков	8	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено	Ограничено
Возможность сохранения проекта	Есть	Есть	Отсутствует	Есть	Есть
Возможность экспорта	Есть	Есть	Только .wav и .mp3	Есть	Есть
Возможность экспорта мультитрека	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть
Поддержка сторонних VST2, VST3, Re-wire плагинов	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет

Как видно из табл. 1. максимально полными по техническим возможностям секвенсорами являются Cockos Reaper 6 и Ableton Live 10. На сайте производителя Cockos Reaper 6 не указаны какие системные требования нужны для запуска. Таким образом, можно сделать вывод, что эта программа может запускаться на достаточно слабом технически ПК. Для работы в Ableton Live 10 необходимо:

- Операционная система: Windows 7, Windows 8 или Windows 10;
- Процессор: 64-х битный Intel® Core™ i5 или AMD многоядерный процессор и быстрее;
- Оперативная память: 4 Гб минимум (8 Гб или больше рекомендуется).

Исходя из этих системных требований можем сделать заключение, что использование секвенсора Cockos Reaper в качестве плагина намного выгоднее, т.к. системные требования настолько малы, что запустить ее можно даже на очень слабом компьютере. В тоже время для эффективной работы в любой из DAW требуется достаточно производительный ПК.

В данной работе проводилось сравнение характеристик спектра синусоидального сигнала, обработанного с помощью аналогового устройства (Universal Audio 1176LN Limiting Amplifier) и цифровыми плагинами (Arturia – Comp FET-76, Native Instruments VC 76, Universal Audio 1176LN Limiting Amplifier [4]). Отметим, что данные плагины и аналоговый прибор используются для обработки голоса человека или музыкального инструмента.

На рис. 1. изображен Universal Audio 1176LN.



Рис. 1. Universal Audio 1176LN

На рис. 2. представлен спектр синусоидального сигнала, обработанного с помощью Universal Audio 1176LN Limiting Amplifier.

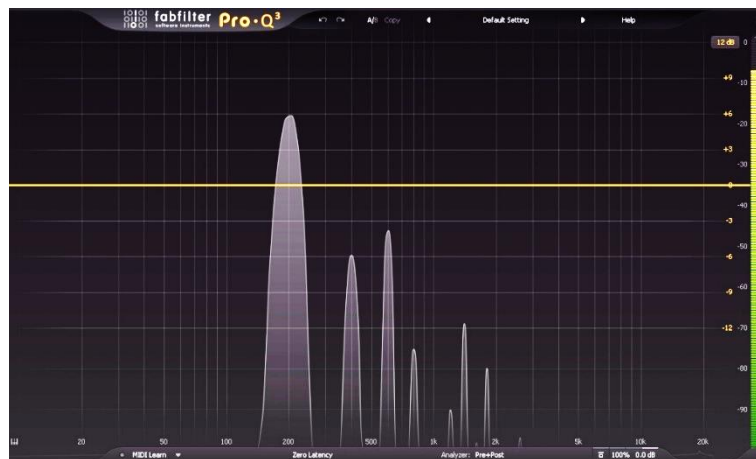


Рис. 2. Спектр синусоидального сигнала после обработки UA 1176LN

Данный спектр (рисунок 2) достаточно узкий и состоит из двух рядов гармоник, который привносит в сигнал аналоговый прибор. Первый ряд: основная гармоника, которая имеет частоту 200 Гц и субгармоники на частотах, кратных основной, а именно: 400 Гц, 800 Гц, 1600 Гц. Второй ряд: основная гармоника на частоте 600 Гц и субгармоники на 1200 Гц, 2400 Гц.

Далее были исследованы сигналы, полученные с плагинов. Все настройки, кроме Output, примерно одинаковые, т.к. плагин не имеет пошагового деления значений. Output изменяли для того, чтобы получить примерно одинаковый выходной уровень. Если Output не изменять как и на аналоговом устройстве, то получаем уровень выходного сигнала, значительно превышающий 0 dBFs. Причиной этому является то, что для аналогового измерения используется шкала dBu, в которой клиппинг (перегрузка) у микшерной консоли происходит на +26 dBu, что эквивалентно +18 dBFs. Из этого можно сделать вывод, что у аналогового оборудования динамический диапазон намного шире, чем у плагинов, эмулирующее это оборудование. Поэтому существует такой процесс как юстирование, когда выходной уровень аналогового прибора максимально подгоняется под цифровую шкалу измерения уровня сигнала, чтобы избежать цифровой перегрузки. Также применяется работа минимум с 32 битным разрешением для корректной оцифровки звука, т.к. начиная от 32 бит возможно полная реконструкция звука простым уменьшением громкости оцифрованного звукового сигнала. Однако данная функция не доступна на большинстве бюджетных АЦП-ЦАП устройств.

Исследование программной обработки звуковых сигналов начинали с плагина от компании Waves Audio, эмулирующий прибор CLA 76 (см. рис. 3.).



Рис. 3. CLA 76 от Waves Audio

Спектр, полученный с помощью обработки этого плагина, изображен на рис. 4.

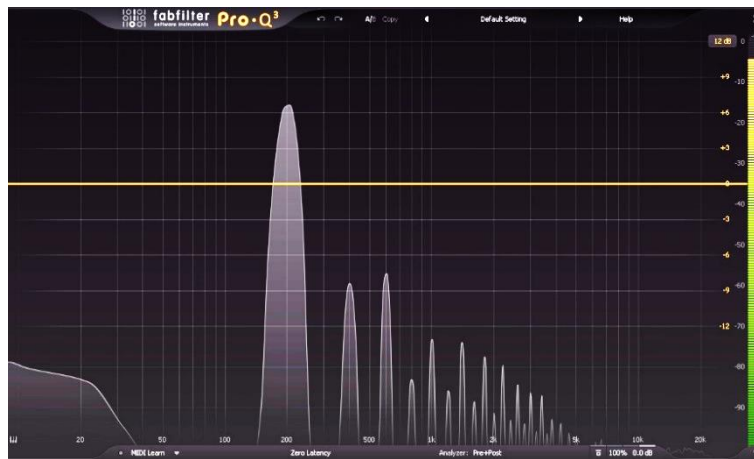


Рис. 4. Спектр синусоидального сигнала, обработанного с помощью CLA-76

Анализируя полученный спектр, можно отметить следующее: спектр после обработки стал широким, появилось некоторое количество дополнительных рядов гармоник, уровень которых равномерно уменьшается. Также видно на рис. 4, что появился шум на низких частотах, а именно: от 0 Гц до 40 Гц и его максимальный уровень равен 80 дБ.

Следующий плагин производства компании Arturia – Comp FET-76 (см. рис. 5).



Рис. 5. Arturia Comp FET-76

Спектр сигнала, обработанного с помощью плагина Comp FET-76 изображен на рис. 6.



Рис. 6. Спектр синусоидного сигнала, обработанного Comp FET-76

Данный спектр еще шире, чем у CLA 76. Это значит, что плагин вносит большое количество гармоник в исходный сигнал. И в сравнение с аналоговым прибором здесь просчитывается абсолютно весь спектр гармоник и субгармоник. Что еще меньше похоже на спектр, взятый за основу.

Далее обработаем исходный сигнал плагином от компании IK Multimedia – TR5 Black 76 (см. рис. 7).



Рис. 7. IK Multimedia TR5 Black 76

Спектр обработанного сигнала представлен на рис. 8.

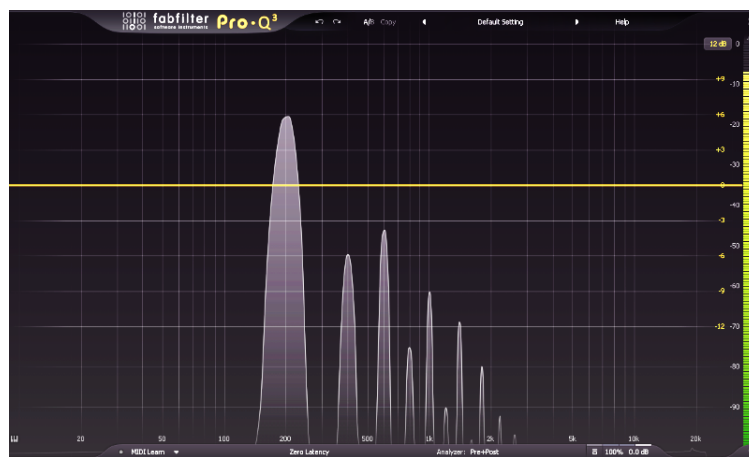


Рис. 8. Спектр синусоидального сигнала, обработанного с помощью плагина TR5 Black 76

По этому спектру видно, что он достаточно узкий по сравнению с другими плагинами, эмулирующими аналоговый прибор. Также данный плагин создает только один дополнительный ряд гармоник основная гармоника которого имеет частоту 1000 Гц и субгармонику на 2200 Гц. При сравнение полученного спектра после обработки исходного синусоидального сигнала с помощью TR5 Black 76 со спектром, полученным после обработки исходного сигнала с помощью аналогового прибора, то полученный спектр максимально походит на спектр «эталонный» спектр.

В результате проведенного исследования сравнений спектров звуковых сигналов, обработанных программным цифровым способом установили, что максимально приближенный спектр сигнала с плагина Universal Audio 1176LN Limiting Amplifier, является спектр, полученный после обработки с помощью плагина IK Multimedia TR5 Black 76, эмулирующего данный прибор. Эмулирующий плагин имеет достаточно узкий спектр, а также только один дополнительный ряд гармоник. VST-плагины не могут точно эмулировать прохождение сигнала через аналоговый прибор, т.к. есть факторы, которые влияют на восприятие звука человеком.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Electronic Drum Advisor [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.electronicdrumadvisor.com/plugin-formats-differences-between-vst-vst3-au-aax-rtas-tdm>.
2. Steinberg [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://new.steinberg.net/cubase/compare-editions>.
3. Imagine Line [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.image-line.com/flstudio-feature-comparison/index.php>.
4. Audient [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://audient.com/tutorial/what-is-clocking>.