

## ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ОБРАБОТКИ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

Биткин Н.С.

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

Данилова Г.В. – ассистент каф. ПОИТ

Современный рынок программных и аппаратных средств обработки музыки огромен: различные платформы и операционные системы, приложения со множеством различных расширений и дополнений. Поэтому начинающему музыканту необходим простой и понятный пример для ознакомления с огромным числом возможностей по обработке звука.

Звук всегда присутствовал в жизни человека – от первых песен до сложных проектов, основанных на специальной обработке. На сегодняшний день существует огромное многообразие форматов, способов воспроизведения, наложения различных эффектов на звук.

Целью данного проекта является создание средства обработки медиа-файлов, которое будет поддерживать работу с файлами различных форматов, в том числе узкоспециализированными (например, использующиеся игровой индустрией) и предоставлять возможность обработки различными способами (частотные фильтры, наложение эффектов).

Фильтр изменяет сигнал, «убирая» в нем выбранные частоты. Существующие фильтры не идеальны. Полоса пропускания – полоса частот, которую фильтр не затрагивает. Полоса подавления – полоса нежелательных частот. В полосе перехода происходит спад частот. Фильтр ближе к идеальному тем, насколько меньше он искажает полосу пропускания, насколько сильно он подавляет частоты в полосе подавления и насколько узка полоса перехода [1].

В качестве примера фильтра был выбран фильтр Баттерворта первого порядка.

АЧХ (Амплитудно-частотная характеристика) фильтра Баттерворта максимально гладкая на частотах полосы пропускания и снижается практически до нуля на частотах полосы подавления [1]. При отображении частотного отклика фильтра Баттерворта на логарифмической АФЧХ, амплитуда снижается к минус бесконечности на частотах полосы подавления. В случае фильтра первого порядка АЧХ затухает с крутизной -6 децибел на октаву (-20 децибел на декаду) (на самом деле, все фильтры первого порядка независимо от типа идентичны и имеют одинаковый частотный отклик). Для фильтра Баттерворта второго порядка АЧХ затухает на -12 дБ на октаву, для фильтра третьего порядка – на -18 дБ и так далее. АЧХ фильтра Баттерворта – монотонно убывающая функция частоты.

В математическом приближении алгоритм работы фильтра сводится к свертке, которая делается последовательно для каждого семпла:

$$y(n) = b_0 * x(n) + b_1 * x(n - 1) + b_2 * x(n - 2) - a_1 * y(n - 1) - a_2 * y(n - 2) \quad (1),$$

$y(n)$  – это новое значение семпла, которое нужно рассчитать.  $x(n)$  – текущее значение семпла, соответственно  $y(n-1)$  и  $y(n-2)$  – предыдущие 2 рассчитанных семпла, а  $x(n-1)$  и  $x(n-2)$  – предыдущие входные значения семплов, а и  $b$  – некоторые коэффициенты.

Одним из самых простых эффектов является эхо, основанное на задержке. Эхо – это многократное повторение сигнала с экспоненциальным затуханием. То есть, текущее значение сигнала складывается как текущее новое значение плюс значение сигнала  $t$  времени назад,  $t$  – время задержки. Далее приведен общий вид формулы расчета:

$$y(n) = x(n) - y(n - T) \quad (2),$$

где  $x$  – входная последовательность семплов,  $y$  – результирующая,  $T$  – задержка в семплах.

Для регулирования уровня затухания, в формулу необходимо добавить долевые коэффициенты обработанного ( $P$ ) и необработанного сигнала ( $U$ ). Полученная формула представлена ниже:

$$y(n) = P * x(n) - U * y(n - T) \quad (3).$$

Далее необходимо добавить коэффициент снижения громкости по времени ( $F$ ):

$$y(n - T) = x(n) - F * y(n - T - 1) \quad (4).$$

Программная реализация будет представлять собой простейший циклический буфер.

### Список использованных источников:

[1] Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. М: Вильямс, 2016.