

УДК681.3.06(045)

В. М. Синеглазов, д-р техн. наук, проф.,

А. С. Юрченко, канд. техн. наук

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА

Институт электроники и систем управления НАУ, email: iesy@nau.edu.ua

*Приведено краткое описание разработанной интегрированной системы для построения цифрового фильтра, основанного на быстром преобразовании Фурье.***Ключевые слова:** расчета цифрового фильтра, преобразование Фурье, интерфейс интегрированной среды.

Введение и постановка задачи. В настоящее время существует много программных систем для решения задач расчета цифровых фильтров. К таким системам можно отнести *Sound Forge*, *Adobe Audition*, *Cakewalk SONAR*, *Steinberg WaveLab*, *Audacity*, *GoldWave*, *Matlab*, *Mathematica*, *Mathcad*, *Maple*, *Statistica*, *Macsyma*, *PDEase2D*, *GAP* (Groups, Algorithms and Programming), *GPSS* (General Purpose Simulation System), **ФОРМУЛА** и многие другие пакеты. С помощью этих пакетов можно решить задачу разработки и построения цифрового фильтра. Однако эти программные системы являются системами закрытого типа, а отсюда следует, что нельзя вносить изменения в программный код в случае необходимости.

Продукты *Adobe*, *Steinberg*, *Sony* предлагают «изошренную» функциональность. Есть задачи, требующие более простых и дешевых инструментов. Исходя из этого была поставлена задача разработки собственной программной системы. Порядок расчета цифрового фильтра, реализуемого программным путем на компьютере, включает четыре основных этапа:

1. Решение задачи аппроксимации с целью определения коэффициентов фильтра, при котором фильтр удовлетворяет заданным требованиям.
2. Выбор конкретной схемы построения фильтра и квантование найденных значений его коэффициентов в соответствии с фиксированной длиной слова.
3. Квантование переменных величин фильтра, т. е. выбор длины слова входных, выходных и промежуточных переменных.
4. Проверка моделированием соответствия полученного фильтра заданным требованиям.

Математический аппарат для построения системы. Разработка цифрового фильтра не есть тривиальной задачей, поскольку основывается на сложном математическом аппарате, преобразовании Фурье (прямом и обратном), которое по существу является преобразованием функции, превращающим её в совокупность частотных составляющих. Более точно преобразование Фурье – это интегральное преобразование, которое раскладывает исходную функцию на базисные функции, в качестве которых выступают синусоидальные функции, т. е. представляет исходную функцию в виде интеграла синусоид различной частоты, амплитуды и фазы. В терминах обработки сигналов преобразование получает представление функции сигнала в виде временных рядов и отображает его в частотном спектре, где ω – угловая частота. То есть оно превращает функцию времени в функцию частоты; это разложение функции на гармонические составляющие на различных частотах.

Использование дискретного преобразования Фурье для научных расчетов и цифровой обработки сигналов обусловлено необходимостью иметь функции x_k , которые определены на *дискретном* множестве точек вместо непрерывной области, снова периодическом или ограниченном. В этом случае используется дискретное преобразование Фурье (DFT), которое представляет x_k как сумму синусоид:

$$x_k = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} f_j e^{2\pi i j k / n} \quad k = 0, \dots, n-1,$$

где f_j – амплитуды Фурье.

Хотя непосредственное применение этой формулы требует $O(n^2)$ операций, этот расчет можно выполнить за $O(n \log n)$ операций (если n – произведение небольших простых чисел), используя алгоритм быстрого преобразования Фурье (FFT), что делает преобразование Фурье важной операцией.

Краткое описание разработанной системы. Поскольку полное описание системы занимает значительный объем, ограничимся здесь только описанием основных особенностей. Данная система является интегрированной. Внешний вид системы показан на рис. 1.

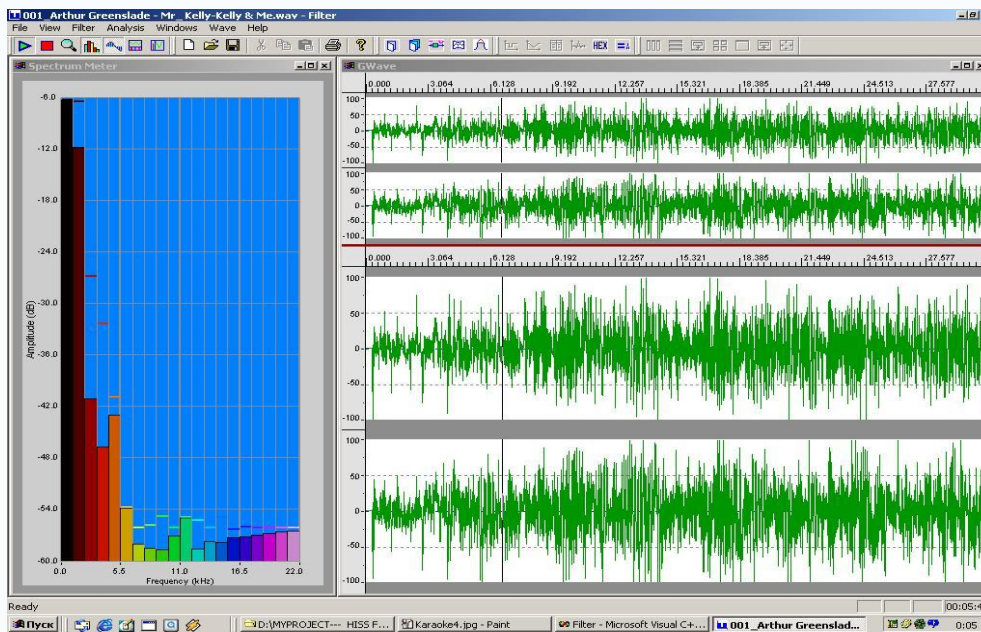


Рис. 1. Общий вид интегрированной среды

Интерфейс интегрированной среды с учетом всех ее возможностей удобен и не очень сложен для освоения: сверху традиционно размещены меню и кнопки, а в рабочей области могут располагаться несколько окон, выполняющих различные функции.

Работу с программой желательно начинать с настройки ее интерфейса. Доступ ко всем функциям можно получить из главного меню, но для упрощения и ускорения работы нужно использовать панели инструментов, на которых расположены кнопки с пиктограммами. Нажатие кнопки эквивалентно выбору соответствующей команды из главного меню.

Основные возможности этой системы:

- построение стандартных типов цифровых фильтров (низкочастотных, высокочастотных и полосовых). Выбор фильтра для построения задается с помощью специальных диалоговых окон настройки (рис. 2);
- построение фильтров с произвольной частотной характеристикой, которую пользователь может задавать с помощью специального окна настройки параметров нестандартного фильтра (рис. 3). Графическое представление очень наглядно и предоставляет определенную свободу творчества;
- расчет коэффициентов фильтра (рис. 4);
- запись, импорт и экспорт звуковых файлов;
- редактирование и проигрывание звукового файла или диапазона;
- анализ спектра аудиосигналов при проигрывании (рис. 1);

Разработанная система позволяет не только рассчитать цифровой фильтр, определив его коэффициенты, но и сразу проверить как визуально, так и на основании исследования полученных конкретные значения по частоте и амплитуде выходного сигнала, сравнивая эти значения с соответствующими значениями с исходного звукового файла.

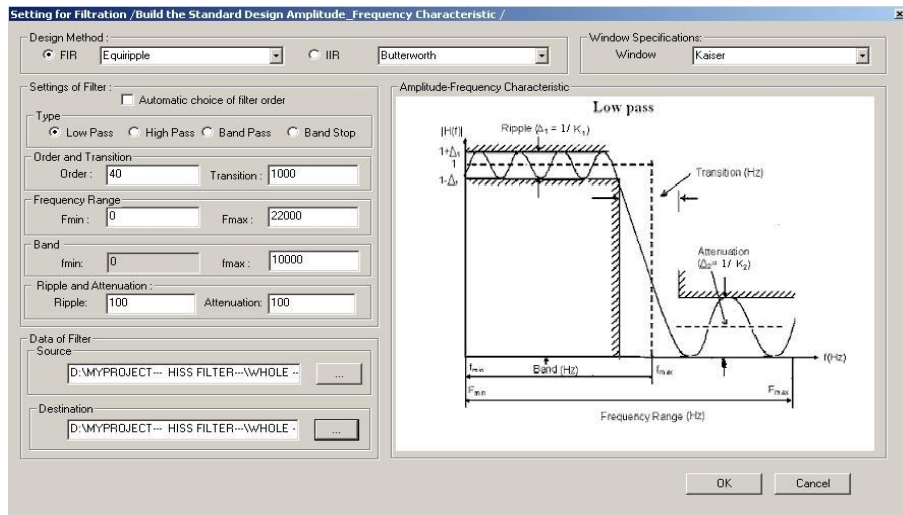


Рис. 2. Настройка стандартного типа цифрового фильтра

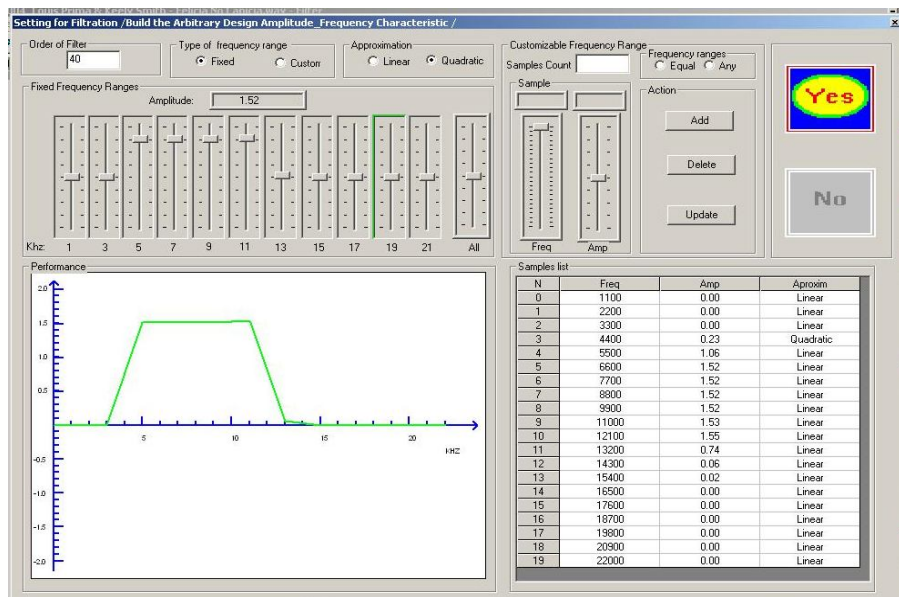


Рис. 3. Настройки параметров нестандартного фильтра

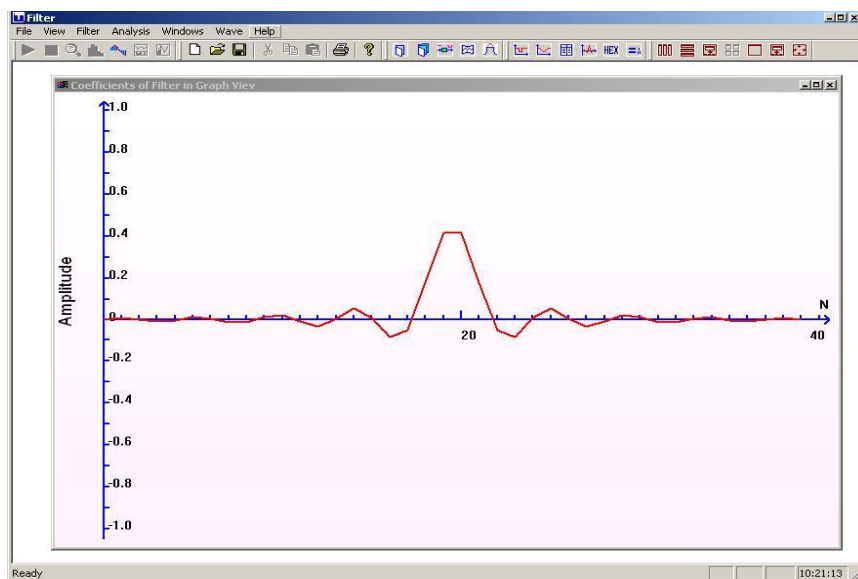


Рис. 4. Окно расчета коэффициентов фильтра

Интерфейс системы близок к уровню интерфейса известных систем, однако уступает по количеству функций и возможностей редактировать звуковые файлы, реализовывать различные эффекты, которые применяются в современных звуковых редакторах.

С помощью имеющихся в системе средств обработки можно легко реализовать эффект постепенного нарастания громкости звучания в начале файла или затухания громкости в его конце. Графическое представление очень наглядно и предоставляет определенную свободу творчества.

Выводы. Интерфейс разработанной системы является простым и неприхотливым, удобным в работе; выглядит как обычное Windows-приложение: основное меню, кнопки быстрого доступа к функциям, окно редактирования звуковой волны. В случае необходимости можно подключать множество дополнительных окон. Данная программная система оказалась полезной при разработке **Hiss**-цифровых фильтров, применяемых для устранения различных шумов в звуковых сигналах, однако возможности по применению данной системы значительно шире.

Список литературы

1. *Digital Signal Processing Applications Using The ADSP-2100 Family*. Analog Devices 1996. – 206 p.
2. Каппелини В. Цифровые фильтры и их применение / В. Каппелини, А. Константиноидис, П. Эмилиани. – М: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.
3. Секунов Н. Обработка звука на PC. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2001. – 1248 с.
4. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд. – М: Мир, 1978. – 486 с.

В. М. Синеглазов, А. С. Юрченко

Інтегроване середовище для розроблення цифрового фільтра

Наведено короткий опис розробленої інтегрованої системи для побудови цифрового фільтра, що ґрунтується на перетворенні Фур'є.

V. M. Sineglazov, A. S. Yurchenko

Integrated environment for development of digital filter

Short description over of the developed integrated system is brought for research of sound signals. Development of digital filter is based on transformation of Fur'є.