

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГМА-ДЕЛЬТА АЦП С РАЗДЕЛЬНОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ АНАЛОГОВОЙ И ЦИФРОВОЙ ЧАСТЕЙ МОДУЛЯТОРА НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Россия, г. Пенза, Пензенский государственный технологический университет

A Python program for working with sigma-delta ADC models is presented. The models implement a sigma-delta converter based on first-order modulators with separate synchronization of the analog and digital parts. The program interface and examples of its use are demonstrated.

В статье [1] описана разработка моделей сигма-дельта АЦП на языке C/C++, которые реализуют способы преобразования [2,3] с раздельной синхронизацией аналоговой и цифровой частей, предложенные на кафедре ИТС ПензГТУ. Данные модели обладают необходимой универсальностью в использовании и наличие их в информационном пространстве обеспечит больший интерес к отечественным разработкам в области теории сигма-дельта АЦП со стороны разработчиков информационных систем и производителей микроэлектроники.

Для работы с моделями также разработано приложение на языке Python обеспечивающее возможность проведения набора стандартных модельных экспериментов. Рассмотрим функционал данного приложения более подробно.

Первоначальный макет приложения представлен на рисунке 1.

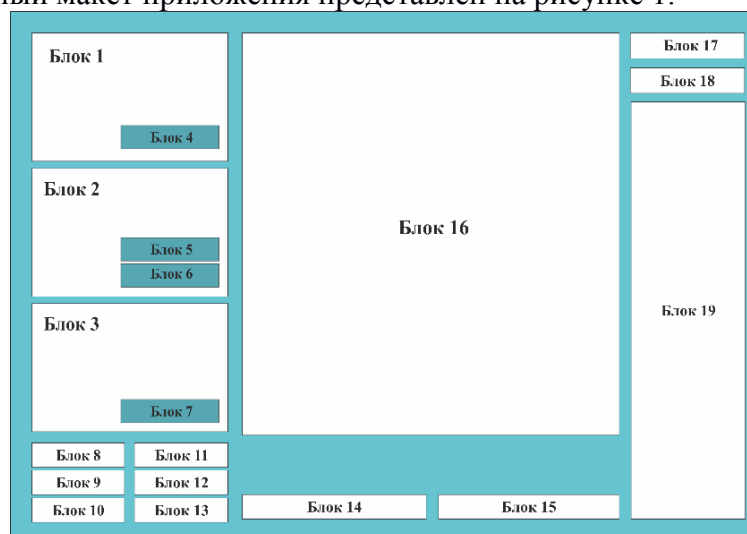


Рисунок 1 – Макет пользовательского интерфейса

В таблице описано назначение каждого функционального блока на макете.

Таблица – Назначение блоков

№ блока	Назначение
1	Задание параметров моделирования
2	Выбор и настройка параметров модулятора
3	Параметры цифрового фильтра
4	Кнопка для выбора и задания параметров входного сигнала
5	Выбор вида модуляции
6	Выбор модели интегратора
7	Выбор фильтра

8	Показатель успешности моделирования
9	Выбор выходных данных для блока 16
10	Шкала выполнения
11	Кнопка выполнения моделирования
12	Кнопка вывода результата в блоке 16
13	Кнопка очистки блока 16
14	Кнопка «Фурье»
15	Кнопка «Настройки Фурье»
16	Окно отображения результата в виде графика
17	Выбор выходных данных для блока 19
18	Кнопка вывода результата в блоке 19
19	Окно отображения результата в виде таблицы

На рисунке 2 изображено основное окно управляющей программы. В данном окне происходит вся работа пользователя с моделями.

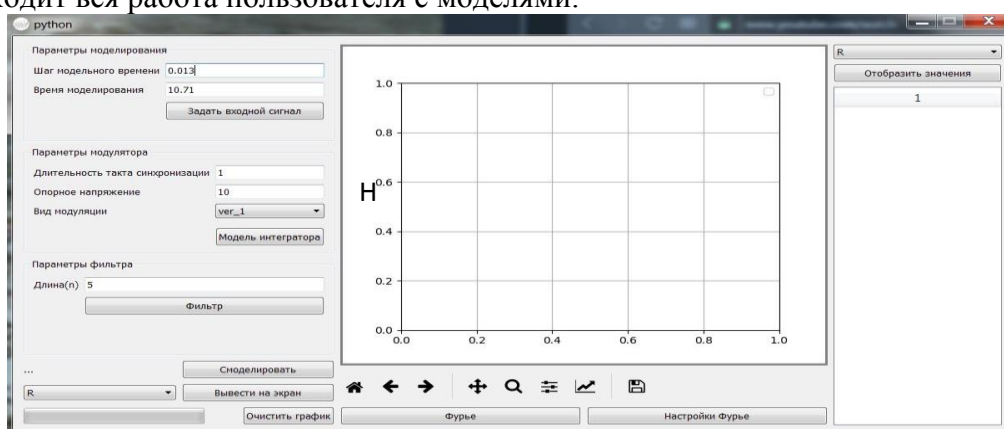


Рисунок 2 – Главное окно управляющей программы

В параметрах моделирования пользователь имеет возможность указать шаг модельного времени и время моделирования, а также задать параметр входного сигнала. Для этого, при нажатии на кнопку «Задать входной сигнал» всплывает дополнительное окно, в котором имеется возможность задать сигнал тремя способами:

- постоянное входное напряжение;
- гармонический сигнал;
- данные из файла.

Внешний вид окна представлен на рисунке 3.

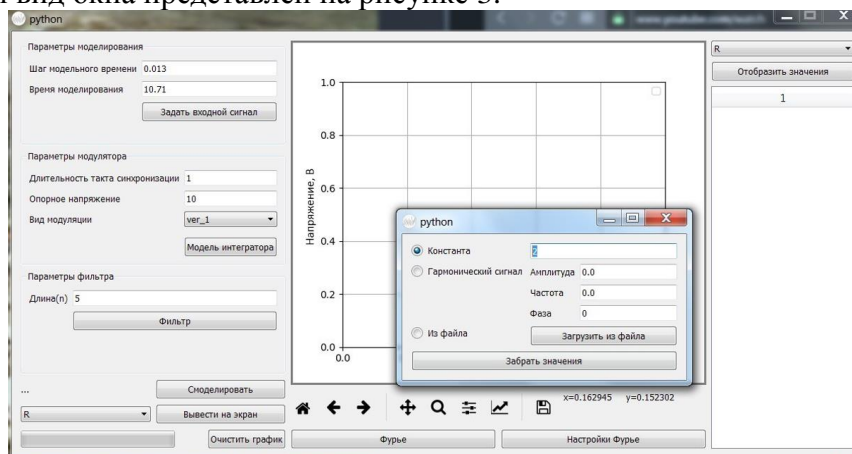


Рисунок 3 – Окно задания входного сигнала

Так как программа написана в парадигме объектно-ориентированного

программирования, для создания такого функционала, как генерация входного сигнала, необходим отдельный класс. Сам метод генерации разделен условием, зависящий от выбора пользователя в управляющей программе генерации сигнала постоянного уровня или гармонического сигнала. Для удобства работы с массивами данных и ограничений интерпретатора *Python*, была использована библиотека *numpy*, которая позволяет работать с большими многомерными массивами и использовать различные математические функции для операций над ними.

Во втором основном блоке, пользователь указывает параметры работы модулятора, в частности длительность такта синхронизации и значение опорного напряжения. Затем из выпадающего списка выбирает имеющуюся в наличии модель сигма-дельта модулятора.

В последнем из основных блоков, пользователь может указать интервал преобразования, для последующей фильтрации полученных результатов. Для поставленных задач моделирования достаточно скользящего усредняющего фильтра, который работает с выходной бинарной последовательностью модулятора. Входными параметрами при создании экземпляра являются массив данных бинарной последовательности и параметр указания интервала преобразования.

По центру расположена область построения графиков с панелью редактирования, масштабирования и сохранения. В правой части имеется выпадающее меню с выбором, какие выходные числовые данные модели будут отображены в таблице ниже.

Когда все необходимые поля заполнены, можно проводить моделирование соответствующей кнопкой. Перед этим также можно выбрать, по каким выходным данным будет построен график. Данный выпадающий список изображен на рисунке 4.

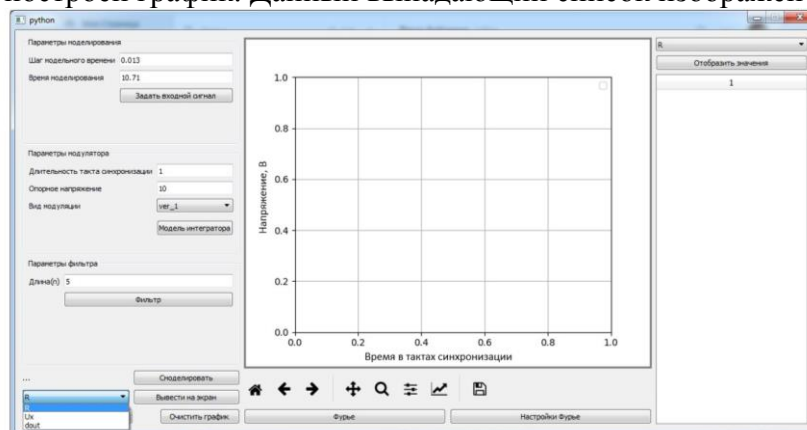


Рисунок 4 – Список выходных данных

Выходные данные представлены массивами значений разvertyвающей функции модулятора, бинарной последовательностью с выхода модулятора, а также выходными данными цифрового фильтра. В начале моделирования, создается объект класса, в котором создаются выходные массивы, заполненные нулями. Обусловлено это функциональными особенностями моделирования. В процессе моделирования, данные массивы заполняются значениями, и хранятся до следующего выполнения моделирования. Для отслеживания выполнения процесса моделирования, в левом нижнем углу расположена соответствующая шкала. По завершению, в основном окне будет указана надпись «Успешно» в случае корректной работы программы. В обратном же случае, всплывет окно с ошибкой. Результат успешной работы, с выведенным на экран графиком разvertyвающей функции и числовыми данными, изображен на рисунке 5.

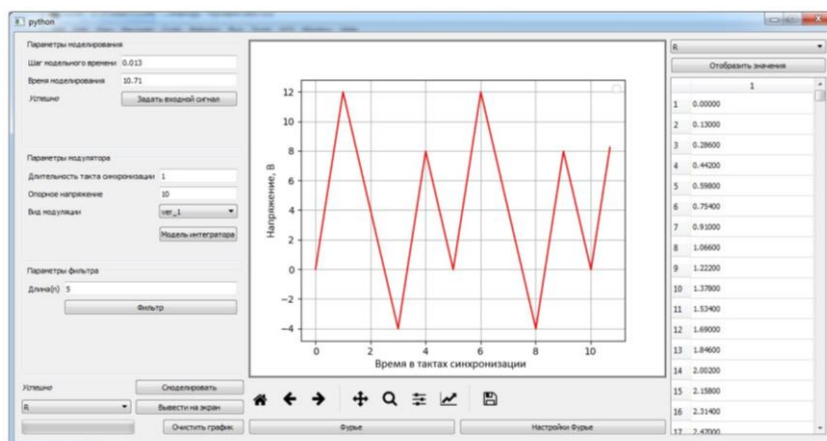


Рисунок 5 – Результат работы программы

Выходная импульсная бинарная последовательность сформированные на выходе модулятора приведена на рисунке 6.

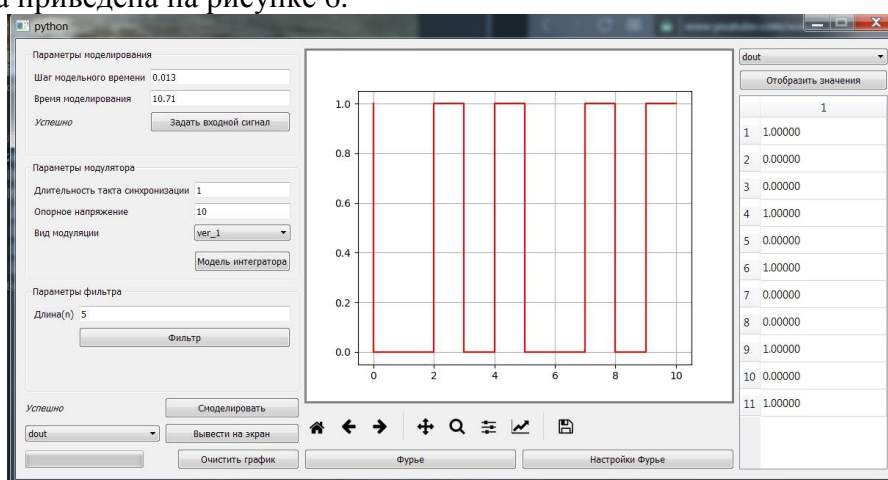


Рисунок 6 – Пример вывода результата

В настоящее время известны несколько программных средств для моделирования и исследования сигма-дельта преобразователей, в частности Delta-Sigma Toolbox для приложения MATLAB [4]; отечественные программы для моделирования структур сигма-дельта АЦП, зарегистрированные в Роспатенте [5,6]. Таким образом, разработанное приложение дополнит данный «парк» компьютерных программ моделями, разработанными в нашем университете.

1. Д. А. Жаренов, К. Ю. Пискаев. Интеграция моделей сигма-дельта АЦП на языке C/C++ в современные средства разработки // Современные информационные технологии. – 2019. – № 29. – С. 58-62.

2. Пат. 2550591 Российская Федерация, МПК G 01 R 19/25 (2006. 01). Способ интегрирующего аналого-цифрового преобразования напряжения / Пискаев К.Ю., Куц А.В., Юрманов В.А. ; заявитель и патентообладатель Пензенский государственный технологический университет. – № 2013152826/28; заявл. 27.11.2013; опубл. 10.05.2015

3. Патент 2457617 РФ. «Способ интегрирующего аналого-цифрового преобразования напряжения» / Куц А.В., Михеев М.Ю., Пискаев К.Ю., Юрманов В.А. // Пензенская государственная технологическая академия правообладатель. – Заявл. – 03.08.2011 зарег. 27.07.2012 – Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

4. Richard Schreier, Delta Sigma Toolbox [Электронный ресурс] URL: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19-delta-sigma-toolbox>

5. АС Программа поиска периодических последовательностей в выходных кодах сигма-дельта модуляторов / Б.В. Чувькин, А.В. Селезнев, И.А. Сидорова // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012618617 от 21.09.2012 г.

6. АС Программа расчета аномальных отклонений от нормального закона распределения флуктуационного шума в непрерывно-дискретных системах, относящихся к классу систем динамического хаоса / Б.В. Чувькин, И.А. Долгова, И.А. Сидорова // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012618434 от 17.09.2012 г.