

## МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

**Е. А. Калмыкова\***, **Г. Г. Рогозинский**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

\*Адрес для переписки: [kalmykovaekaterin@gmail.com](mailto:kalmykovaekaterin@gmail.com)

### Аннотация

Статья посвящена описанию метода моделирования эффектов временной обработки звуковых сигналов. В качестве объекта моделирования был выбран популярный модульный программно-аппаратный комплекс Clavia Nord Modular G2. В качестве среды моделирования используется открытый мультиплатформенный язык компьютерной музыки Csound. Приводится пример моделирования эффекта Флэнжер.

### Ключевые слова

Цифровая обработка звука, моделирование, языки компьютерной музыки, Nord Modular.

### Информация о статье

УДК 519.876.5

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 31.03.2019, принята к печати 30.12.19.

**Ссылка для цитирования:** Калмыкова Е. А., Рогозинский Г. Г. Метод моделирования устройств временной обработки звуковых сигналов // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Том 7. № 3. С. 37–42. DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-3-37-42.

# MODELING METHOD OF TIME-BASED SOUND EFFECTS

E. Kalmykova\*, G. Rogozinsky

The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,  
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

\*Corresponding author: kalmykovaekaterin@gmail.com

**Abstract**—The paper presents the approach to modeling design of time-based sound effects. The Clavia Nord Modular G2 synthesizer was chosen as a main object of modeling. As a programming media, we use open source and multiplatform language Csound. The paper also gives an example of Flanger effect modelling.

**Keywords**—Digital signal processing, modeling, computer music languages, Nord Modular.

## Article info

Article in Russian.

Received 31.03.2019, accepted 30.12.19.

**For citation:** Kalmykova E., Rogozinsky G.: Modeling Method of Time-Based Sound Effects // Telecom IT. 2019. Vol. 7. Iss. 3. pp. 37–42 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-3-37-42.

В настоящее время наиболее обширные возможности в синтезе звука предоставляют модульные синтезаторы. Модули этих синтезаторов представляют собой различные электронные устройства: осцилляторы (генераторы колебаний), усилители, фильтры, генераторы управляющих сигналов. Модули соединяются между собой проводами, а характер звука определяется комбинацией таких соединений.

В 1998 году шведская компания Clavia выпустила свой первый виртуальный аналоговый синтезатор Nord Modular с модульным принципом построения. Взяв за основу концепции, использованные в серии Nord Lead, компания предложила абсолютно новый взгляд на построение синтезаторов. Программно-аппаратный комплекс на базе сигнальных процессоров Motorola, с программой-редактором для персонального компьютера, позволял моделировать широкий класс аналоговых структур синтеза и обработки звука. Всё это позволяло полностью обходиться без кабелей для соединения самих модулей, в отличие от оригинальных синтезаторов модульного типа. В результате Nord Modular предоставил возможность электронным музыкантам воплощать в жизнь новые идеи, и при этом его стоимость была сравнима с большинством приборов, пропагандирующих идею аналогового синтеза на базе цифровых сигнальных процессоров<sup>1</sup>.

В Nord Modular было реализовано некоторое количество эффектов на основе линии задержки. К ним относятся хорус, флэнжер, ревербератор и др. Все они построены на основе классической структурной схемы с линией задержки и обратной связью.

---

<sup>1</sup> <http://www.muzoborudovanie.ru/equip/studio/synth/nordmg2/clavianordmodularg2.php>

Флэнжер (англ. *flanger*) – это звуковой эффект при смешивании двух идентичных сигналов, один из которых задержан на небольшое время, при этом время задержки постоянно изменяется, как правило, среднее время задержки составляет менее 20 миллисекунд. Это приводит к эффекту движущегося гребенчатого фильтра: пики и провалы суммируются в результирующий частотный спектр, где они связаны друг с другом в линейный гармонический ряд. Изменение времени задержки служит причиной движения вверх и вниз по частотному спектру. Структурная схема эффекта Флэнжер приведена на рис. 1.

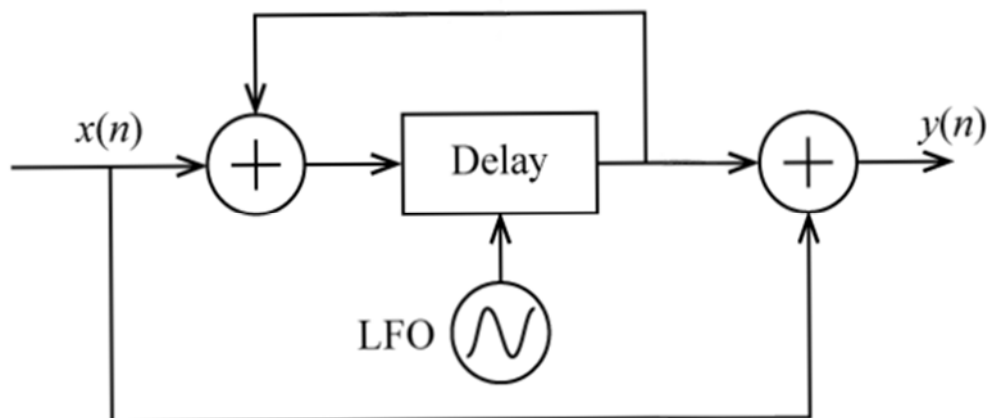


Рис. 1. Структурная схема эффекта Флэнжер

Параметры эффекта:

- глубина модуляции (*Depth* или *Range*) - характеризует диапазон изменения времени задержки;
- скорость (*Speed* или *Rate*) – частота изменения времени задержки;
- номинальное время задержки (*Delay*);
- коэффициент обратной связи (*Feedback*);
- форма волны генератора низкой частоты (*LFO waveform*) – бывает синусоидальной (*sin*), треугольной (*triangle*) и логарифмической (*log*).

Модуль эффекта Флэнжер в Nord Modular обладает некоторыми регулируемыми параметрами (рис. 2). Форма волны генератора предустановлена и не может быть изменена.

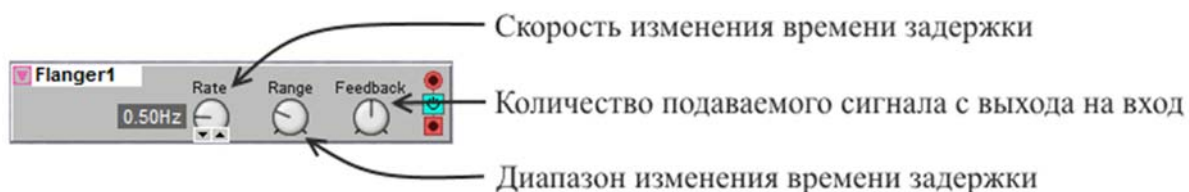


Рис. 2. Регулируемые параметры эффекта Флэнжер в Nord Modular G2

Описание синтезатора не дает точной информации об этих параметрах. Для их исследования был собран программный макет, представленный на рис. 3. Он состоит из ПО Nord Modular G2 v1.40 и ПО Audacity v2.1.2, подключенных друг к другу с помощью ПО Audio Virtual Cabel.

Win8 i3@1.8 ГГц

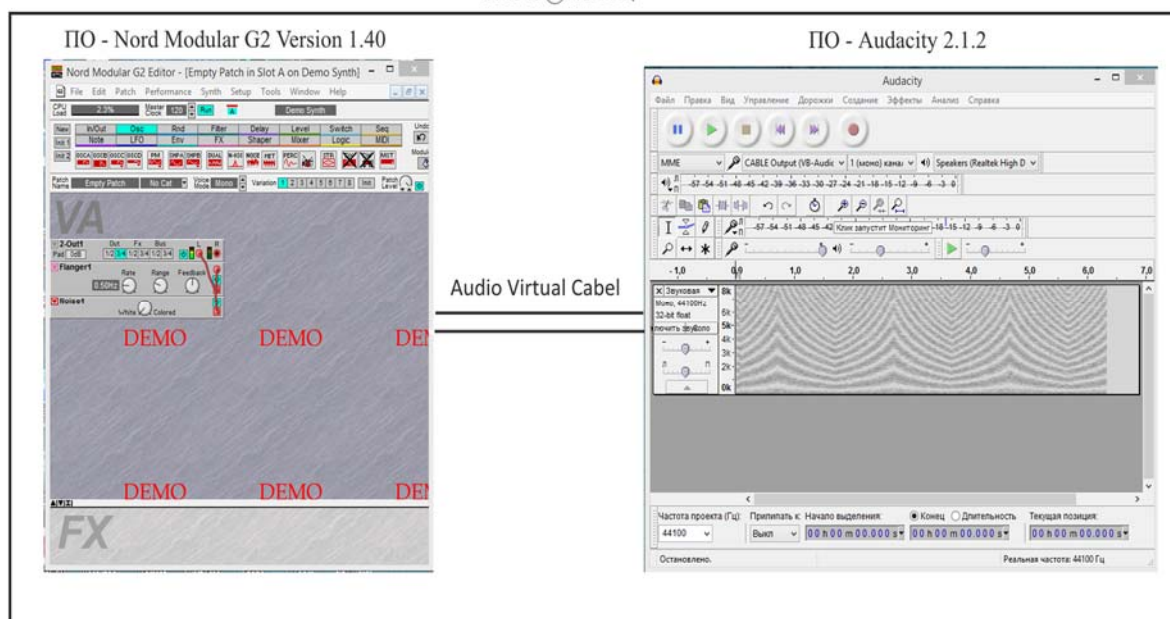


Рис. 3. Макет для исследования эффекта Флэнжер

Схема для исследования эффекта Фленжер состоит из генератора шума Noise, модуля эффекта Flanger и устройства вывода звука 2-Out.

На первом этапе определяется вид формы волны генератора низкой частоты. Для этого на вход модуля Flanger подается белый шум с модуля Noise. Параметры эффекта задаются случайным образом. На рис. 4 представлены полученные результаты. Исходя из них можно предположить, что модулирующая функция имеет треугольный вид.

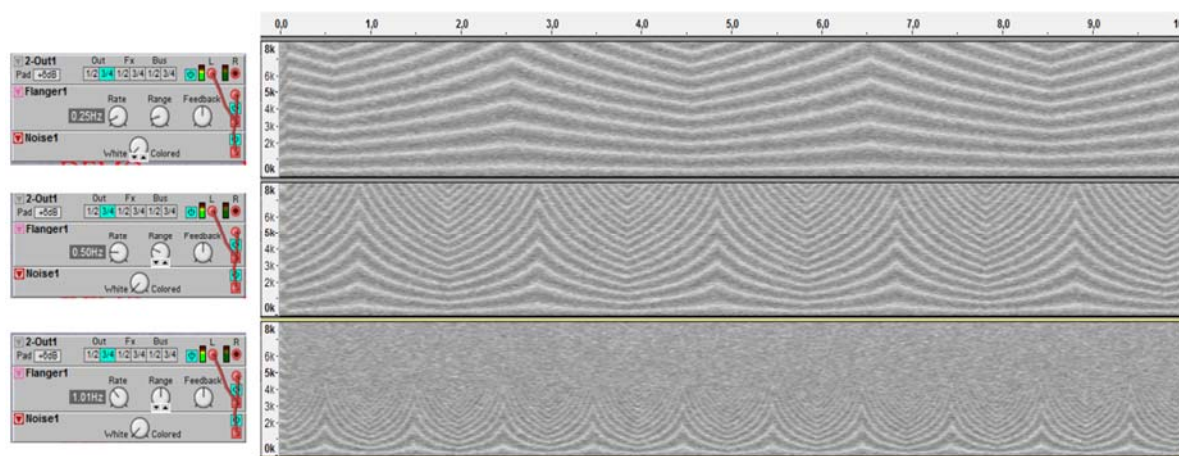


Рис. 4. Результаты исследования вида модулирующей функции

По данным спектрограмм можно определить также частоту изменения времени задержки. Серия опытов по определению частоты показала, что частота, задаваемая регулятором Rate является достоверной.

Диапазон изменения времени задержки, задаваемый регулятором Range, в Nord Modular G2 указывается в условных единицах от 0 до 100. Для определения действительных значений параметра воспользуемся формулой:

$$R = \frac{1}{\Delta f_{\min}} - \frac{1}{\Delta f_{\max}},$$

где  $\Delta f_{\max}$  и  $\Delta f_{\min}$  – значение частотного интервала между соседними пиками/провалами в спектре сигнала.

Проведем расчет для десяти возможных значений параметра Range при частоте изменения времени задержки равной 0,5 Гц и нулевой обратной связи. Результаты указаны в таблице.

Таблица

Таблица измерений параметра Range

Range	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R, мс	0,45	0,90	1,35	1,80	2,25	2,70	3,15	3,60	4,05	4,50

Количество подаваемого с входа на выход сигнала в Nord Modular G2 управляется регулятором, диапазон значений которого изменяется от 0 до 100 условных единиц. Для анализа этих значений были записаны несколько звуковых дорожек при неизменных значениях параметров Rate и Range. Амплитуда сигнала увеличивается прямо пропорционально значению Feedback. При значении параметра 100 амплитуда сигнала возрастает в два раза по отношению к нулевому положению регулятора. Следовательно, параметр Feedback изменяется от 0 до 100 %. Сравнение результатов показано на рис. 5.

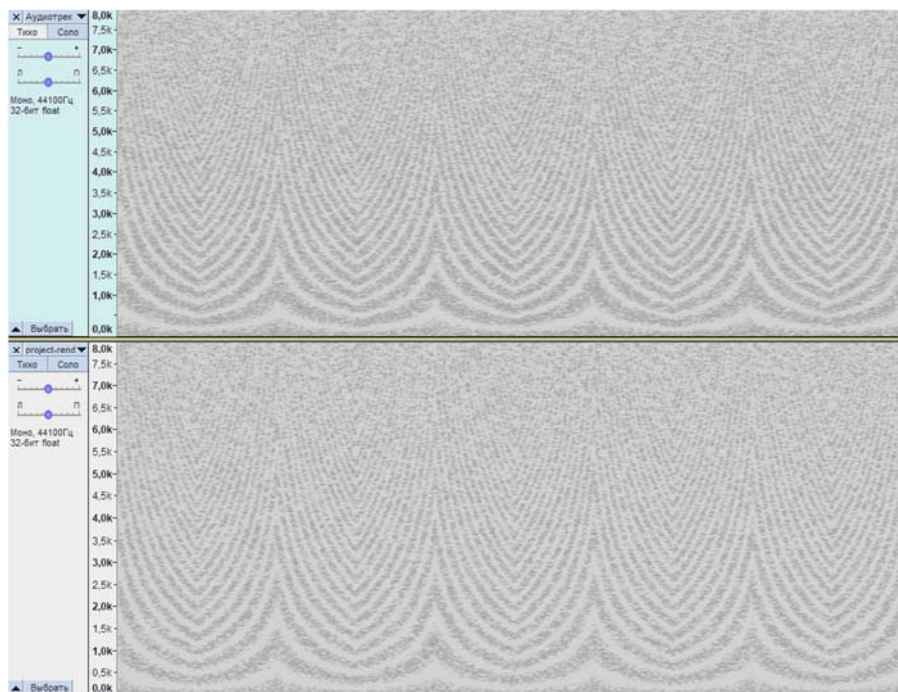


Рис. 5. Сравнение результатов (верхний спектр – Nord Modular G2, нижний – Csound)

На основе полученных данных был написан код на языке Csound<sup>2</sup> [2].

<sup>2</sup> <https://github.com/gleb812/pch2csd>



```

instr 1
  alfo      oscil  1, 0.5, 1
  a1       rand  0.1
  abuf     delayr 1
  atap     deltapi 0.0008 + 0.0045*alfo
           delayw a1 + atap*0
           out (a1 + atap)/2
endin

f1 0 16384 7 0 8192 1 8192 0
i1 0 10

```

### Выводы

Полученные в результате исследования отображения параметров оригинального модуля из инструментария Nord Modular G2 позволяют выполнить точное моделирование эффекта Фленжер в любой среде программирования.

Дальнейшие исследования будут направлены на моделирование других эффектов временной обработки Nord Modular G2. Результаты будут использованы в международном проекте PCH2CSD по автоматической трансляции патч-файлов Nord Modular G2 в язык Csound<sup>3</sup>.

### Литература

1. The Csound book: Perspectives in Software Synthesis, Sound Design, Signal Processing, and Programming / ed. R. Boulanger. – Boston: MIT Press, 2000. 782 p.
2. V. Lazzarini, S. Yi, J. ffitch, J. Heintz, Ø. Brandtsegg, I. McCurdy. Csound: A Sound and Music Computing System. – Cham: Springer IPS, 2016. – 516 p.

### References

1. The Csound book: Perspectives in Software Synthesis, Sound Design, Signal Processing, and Programming / ed. R. Boulanger. – Boston: MIT Press, 2000. 782 p.
2. V. Lazzarini, S. Yi, J. ffitch, J. Heintz, Ø. Brandtsegg, I. McCurdy. Csound: A Sound and Music Computing System. – Cham: Springer IPS, 2016. – 516 p.

**Калмыкова  
Екатерина Александровна** – магистрант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,  
Российская Федерация, kalmykovaekaterin@gmail.com

**Рогозинский  
Глеб Гендрихович** – кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ,  
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,  
gleb.rogozinsky@gmail.com

**Kalmykova Ekaterina** – Undergraduate, SUT, St. Petersburg, 193232,  
Russian Federation, kalmykovaekaterin@gmail.com

**Rogozinsky Gleb** – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
SUT, St. Petersburg, 193232, gleb.rogozinsky@gmail.com

---

<sup>3</sup> Там же.