

# РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ NI MULTISIM С ПОМОЩЬЮ ПОДКЛЮЧАЕМЫХ ИНСТРУМЕНТОВ LABVIEW, часть 2

Во второй части статьи рассмотрены дополнительные подключаемые инструменты LabVIEW, предназначенные для формирования простых и сложных сигналов различной формы. Приведены примеры использования этих дополнительных инструментов.

В. Макаренко

В первой части статьи приведена общая информация о подключаемых модулях и подробная информация о модуле Phase Alignment Tool [1]. Рассмотрим в этой части статьи генераторы сигналов LabVIEW, которые можно подключить к Multisim дополнительно.

## Инструмент Random Signal Generator

На схеме инструмент Random Signal Generator [2] отображается как инструмент Any Signal (рис. 1).

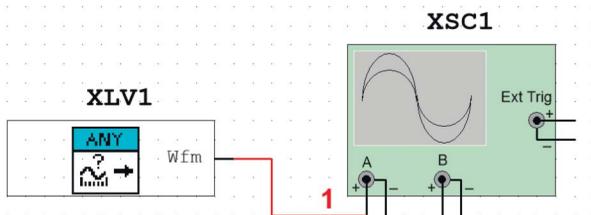


Рис. 1. Отображение инструмента Any Signal на схеме

Это генератор сигналов позволяющий:

- формировать гармонический, полигармонический и случайный сигналы, а также сигнал постоянного тока
- изменять амплитуду и начальную фазу детерминированных сигналов
- добавлять к сигналу напряжение шума (белого или Гауссова)
- вводить постоянное смещение в выходное напряжение
- менять число отсчетов, участвующих в формировании выходного сигнала
- менять частоту дискретизации.

## EMPOWERING NI MULTISIM WITH PLUG-IN INSTRUMENTS LABVIEW, PART 2

Abstract - In the second part of the paper examines the optional plug-in instruments LabVIEW for forming simple and complex signals of different shapes is examined. Examples of the use of these additional tools are given.

V. Makarenko

На рис. 2...4 показаны окна настройки параметров генератора, которые открываются после двойного щелчка "мыши" по инструменту XLV1 (Any).

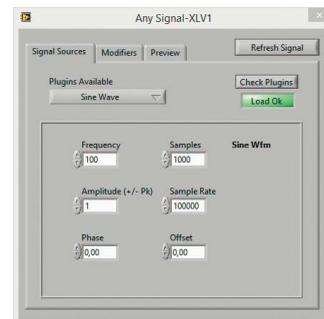


Рис. 2. Окно выбора и настройки параметров сигнала Signal Sources

В этом окне (рис. 2) задаются частота, амплитуда и фаза выходного сигнала, частота дискретизации (Sample Rate), напряжение смещения выходного напряжения (Offset) и количество отсчетов на один период (Samples).

Кроме основных окон настройки в первых двух из них дополнительно можно открыть

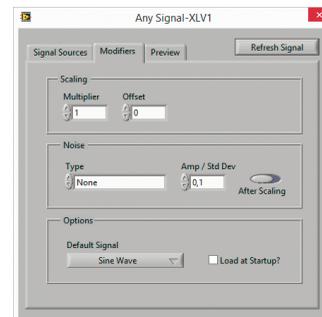
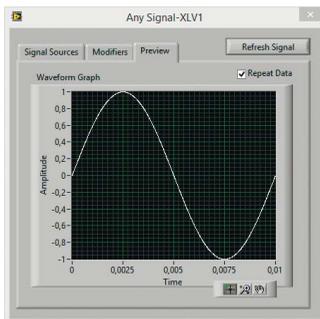


Рис. 3. Окно настройки типа шума и амплитуды выходного сигнала Modifiers



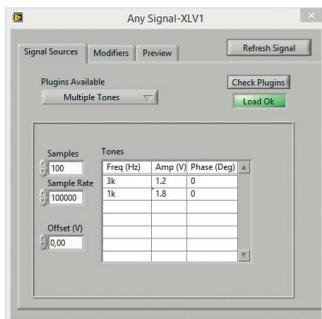
**Рис. 4. Окно предварительного просмотра формы сигнала Preview**

вспомогательные окна. Окно выбора формы сигнала (рис. 5) открывается после нажатия кнопки Plugins Available (рис. 2).



**Рис. 5. Окно выбора формы сигнала**

При выборе полигармонического сигнала (Multiple Tones) необходимо задать параметры каждой из составляющих сигнала (рис. 6).

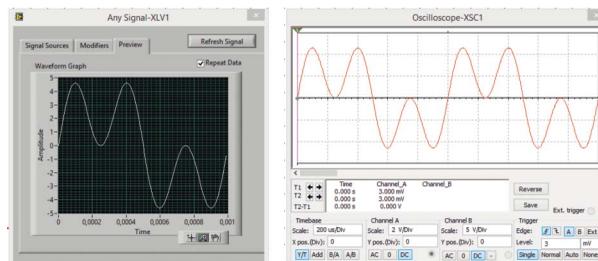


**Рис. 6. Окно формирования параметров полигармонического сигнала**

В окне задаются количество отсчетов, формирующих сигнал (Samples), частота дискретизации (Sample Rate), напряжение смещения (Offset), частота, фаза и амплитуда составляющих полигармонического сигнала. Особенностью задания амплитуды является то, что при установке значения Amp(V) меньше 1, эта составляющая в сигнале не отображается. На рис. 7 приведена форма сигнала, соответствующего параметрам, указанным на рис. 6.

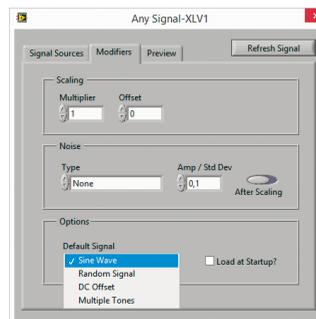
Следует помнить, что для формирования сигнала с заданными параметрами после каж-

дого их изменения необходимо нажать кнопку Refresh Signal, которая активна в любом из окон (рис. 2...4).



**Рис. 7. Форма полигармонического сигнала с параметрами, указанными на рис. 6**

В окне Modifiers (рис. 3) можно задать сигнал, который будет формироваться по умолчанию при включении генератора. Для этого достаточно нажать кнопку Default Signal и в выпадающем списке (рис. 8) выбрать форму сигнала, а в окошечке Load at Startup поставить птичку.



**Рис. 8. Выбор формы сигнала по умолчанию для генератора Any Signal**

В режиме формирования гармонического сигнала, частота, амплитуда и фаза совершенно очевидные параметры, а число отсчетов имеет несколько иное значение, чем просто число точек, аппроксимирующих выходную функцию. Например, если задать число отсчетов, равное 250, то на выходе генератора будет сформирован сигнал, приведенный на рис. 9,а.

Как следует из рис. 9,а, на выходе генератора формируется сигнал, соответствующий по форме четверти периода функции, заданной в окне выбора и настройки параметров сигнала (рис. 2). Изменив в том же окне фазу с 0 на 90 градусов, получим сигнал, приведенный на

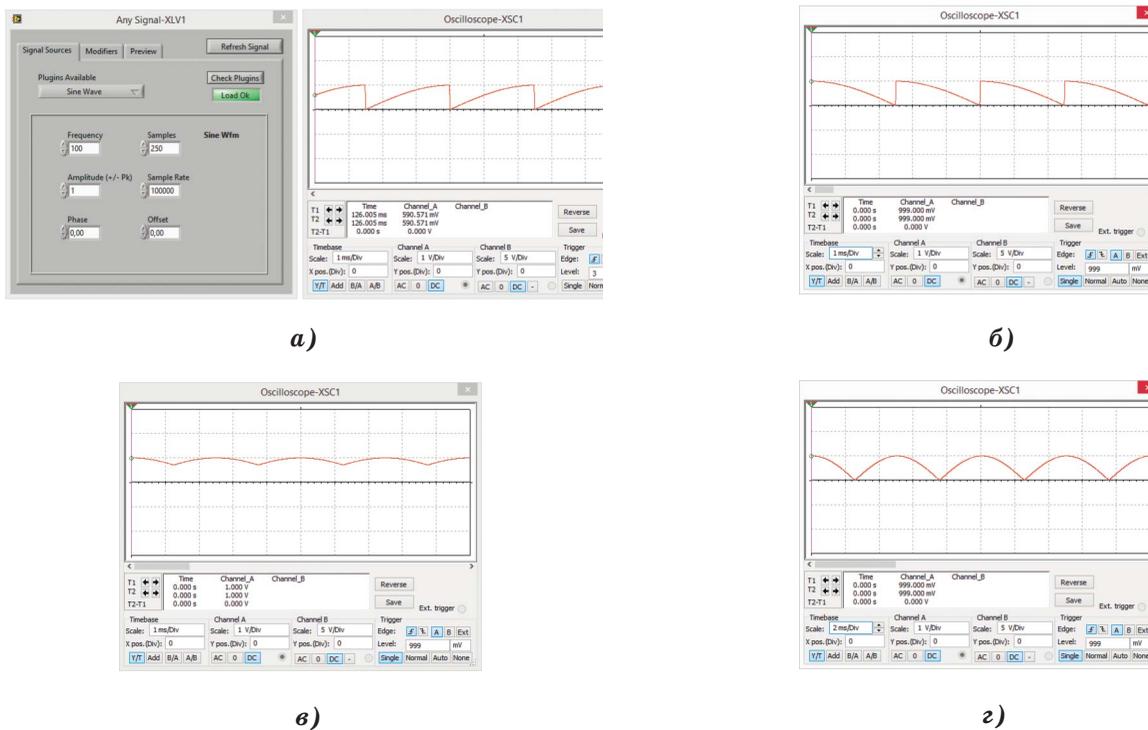


Рис. 9. Формирование сигнала в режиме *Sine Wave* при числе отсчетов 250 и начальной фазе сигнала 0° (а), 90° (б), 45° (в) и числе отсчетов 500 и начальной фазе 0° (г)

рис. 9,б, а поменяв число отсчетов до 500 при начальной фазе 0 градусов, получим сигнал, приведенный на рис. 9,в.

Как следует из рис. 9, варьируя число отсчетов, начальную фазу и напряжение смещения с помощью инструмента Any Signal, можно получить сигналы самой разнообразной формы, что значительно расширяет функциональные возможности генератора.

Еще больше возможностей формирования сигналов различной формы предоставляется при выборе режима формирования полигармонического сигнала. На рис. 10 приведен пример формирования сигнала, сформированного из двух составляющих с нулевой начальной фазой – 100 и 1000 Гц с наложенным на него белым шумом.

**Chirp Signal Generator**  
(генератор ЛЧМ-сигналов)

В [3] предложены 2 версии генераторов – Chirp Simple и Chirp Advanced, которые на схеме отображаются как Chirp и Chirp+ (рис. 11).

Рассмотрим основные возможности генератора Chirp Simple. Для открытия окна на-

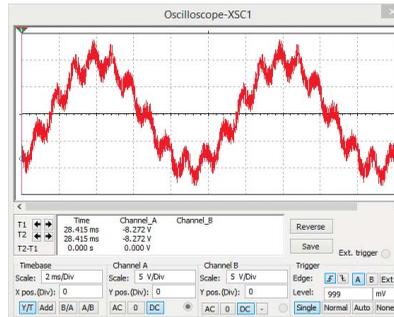


Рис. 10. Формирование полигармонического сигнала с наложенным на него шумом

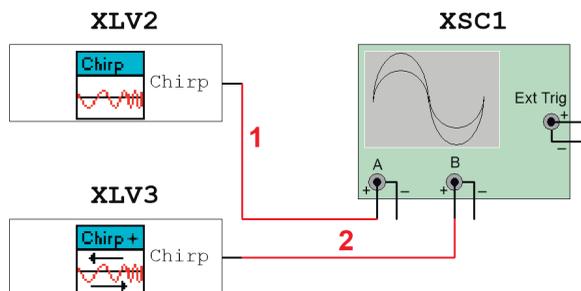


Рис. 11. Отображение на схеме генераторов Chirp Simple (верхний) и Chirp Advanced (нижний)

строек параметров достаточно дважды щелкнуть левой кнопки "мыши" по изображению Chirp на схеме. В открывшемся окне (рис. 12) можно задать такие параметры генератора:

- начальную и конечную частоту диапазона качания
- амплитуду выходного сигнала
- частоту дискретизации
- число отсчетов.

Если поставить птичку в окошке Repeat Data, то процесс будет повторяться периодически.

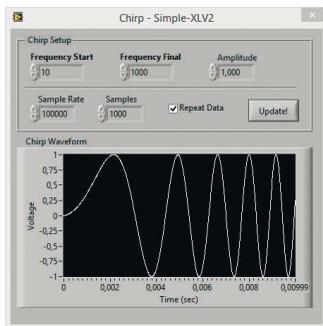


Рис. 12. Окно настройки параметров генератора Chirp Simple

После нажатия кнопки Update генератор начинает формировать сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ-сигнал) с заданными параметрами. Форма сигнала отображается в том же окне, где задаются параметры выходного сигнала.

В этом генераторе, так же, как и в генераторе Any Signal при изменении числа отсчетов осуществляется вывод заданного числа отсчетов, начиная с первого. При этом параметры сигнала, заданные пользователем, относятся к 1000 отсчетов – начальное и конечное значение частоты. Например, при задании начальной частоты ЛЧМ-сигнала, равной 10 Гц, а конечной – 100 Гц, при числе отсчетов 250 получим форму сигнала, приведенную на рис. 13. Таким образом, варьируя начальное и конечное значение частоты, а также количество отсчетов, можно получать периодические либо одиночные сигналы различной формы.

### Генератор Chirp Advanced

При двойном щелчке "мышкой" по изображению Chirp+ открывается окно с двумя за-

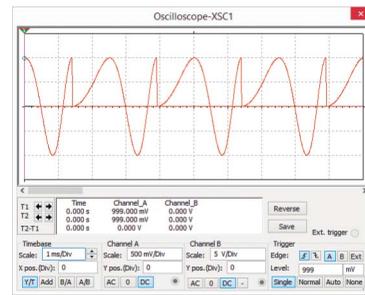


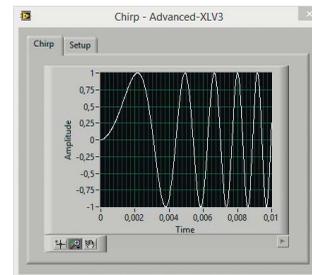
Рис. 13. Форма сигнала на выходе генератора Chirp Simple при числе отсчетов, равном 250, начальной частоте 10 и конечной частоте 1000 Гц

кладками – отображение формы сигнала (Chirp) и задания его параметров (Setup), которые приведены на рис. 14,а и 14,б.

В окне Setup можно задать:

- закон изменения амплитуды ЛЧМ-сигнала во времени (рис. 15)
- ♦ стандартный ЛЧМ-сигнал (Standard Linear Chirp)

а)



б)

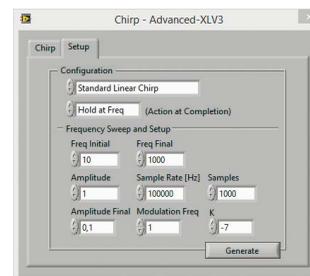


Рис. 14. Окно отображение формы сигнала (а) и задания его параметров (б)

♦ ЛЧМ-сигнал, амплитуда которого спадает по экспоненциальному закону (Exponential Decay Chirp)

♦ ЛЧМ-сигнал, амплитуда которого нарастает по экспоненциальному закону (Exponential Increase Chirp)

◆ амплитудно-модулированный ЛЧМ-сигнал (Amp Modulated Chirp)

• закон изменения частоты ЛЧМ-сигнала (рис. 16)

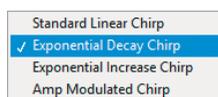
◆ изменение частоты от нижнего значения до верхнего и формирование после 1000 отсчетов гармонического сигнала с верхней частотой (Hold at Freq Final)

◆ формирование реверсивного ЛЧМ-сигнала (Reverse Chirp)

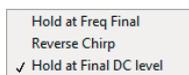
◆ формирование одного цикла ЛЧМ-сигнала с последующим формированием постоянного напряжения (Hold at Final DC level)

- начальную и конечную частоту
- амплитуду сигнала
- число отсчетов и частоту дискретизации.

При выборе режима Exponential Decay Chirp и Exponential Increase Chirp дополнительно задается амплитуда сигнала при достижении частотой сигнала максимального значения, а в режиме Amp Modulated Chirp дополнительно задается частота модулирующего сигнала.



**Рис. 15. Выбор типа модуляции ЛЧМ-сигнала в окне Setup**



**Рис. 16. Выбор закона изменения частоты ЛЧМ-сигнала в окне Setup**

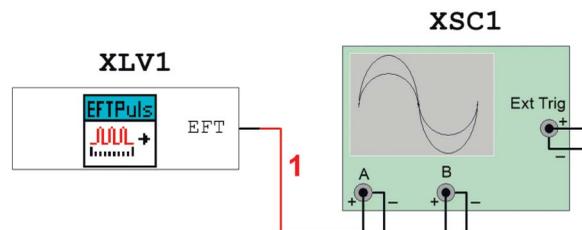
Формы сигналов при различных видах модуляции приведены на рис. 17. При моделировании этих сигналов использовались следующие параметры: начальная частота 10 Гц, конечная частота 1000 Гц, число отсчетов 1000, частота дискретизации 100 000. В режиме амплитудной модуляции частота модулирующего сигнала задана равной 100 Гц.

### Electric Fast Transient (EFT) Signal Generator

Для оценки мощности помех, при которых срабатывают элементы защиты электрических

цепей, анализа переходных процессов и электромагнитной совместимости различных устройств, необходимо формировать импульсы большой амплитуды с регулируемыми параметрами: длительностями фронта и спада, амплитудой, периодом повторения и длительностью импульса.

Генератор Electric Fast Transient (EFTPuls) [4] предназначен для формирования таких сигналов (рис. 18).



**Рис. 18. Отображение на схеме генератора Electric Fast Transient (EFT)**

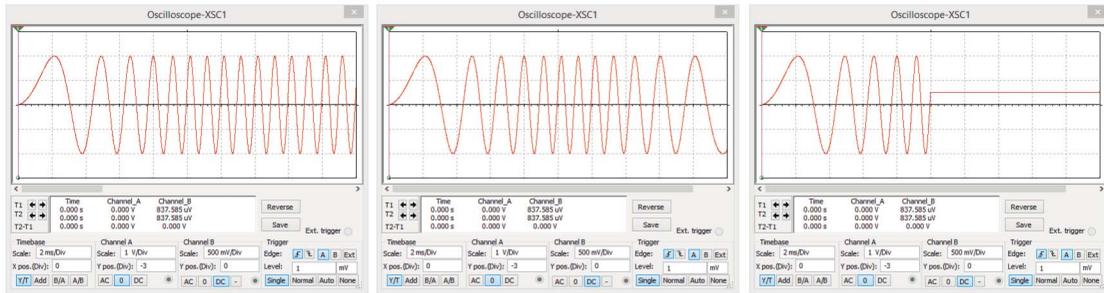
После двойного щелчка левой кнопки "мышки" по изображению EFT на схеме открывается окно настроек параметров выходных импульсов генератора (рис. 19), в котором можно задать такие параметры:

- амплитуда импульса (Pulse Peak)
- длительность фронта (Rise Time)
- длительность спада (Fall Time)
- разрешающая способность одного отсчета
- число импульсов (Burst Duration) за заданный интервал времени (Pulse Repetition Rate)
- период повторения пакета испытательных импульсов (Burst Repetition), если задана длительность пакета импульсов
- единицы измерения пакетов импульсов (число импульсов либо длительность).

Если параметры импульсов заданы верно, светится зеленый индикатор Burst Waveform OK, иначе включается красный индикатор.

При открытии закладок Pulse и Pulse Burst в открывшихся окнах можно наблюдать форму импульса (рис. 20) и пакет импульсов (рис. 21).

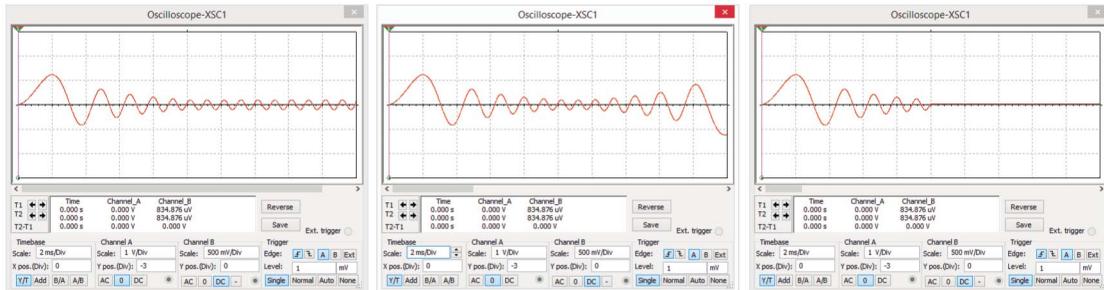
На рис. 22 приведена осциллограмма сигнала, параметры которого соответствуют заданным на рис. 19.

**Standard Linear Chirp**


Hold at Freq Final

Reverse Chirp

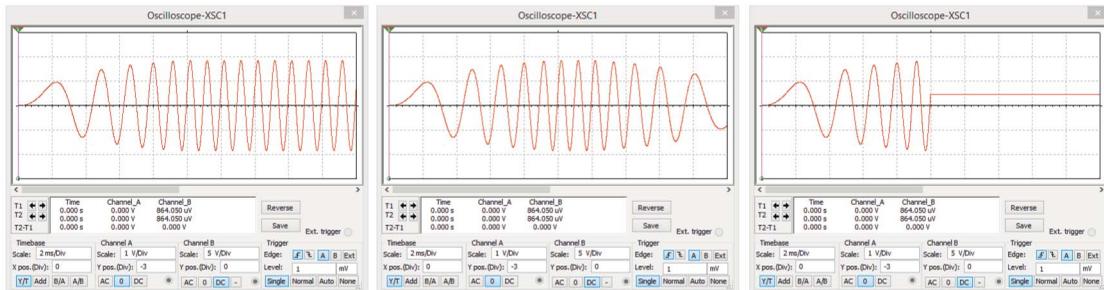
Hold at Final DC level

**Exponential Decay Chirp**


Hold at Freq

Reverse Chirp

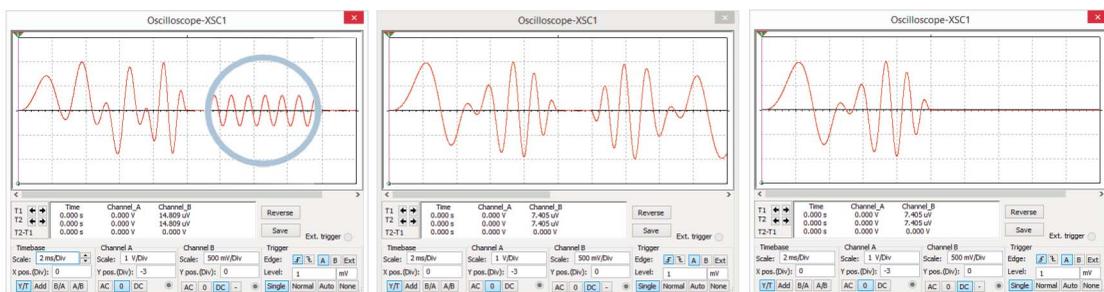
Hold at Final

**Exponential Increase Chirp**


Hold at Freq

Reverse Chirp

Hold at Final

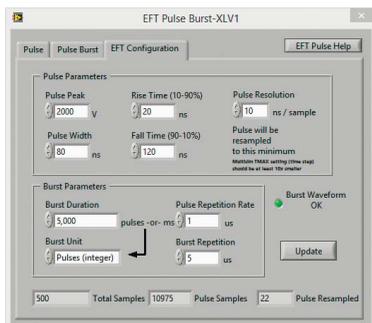
**Amp Modulated Chirp (Modulation Freq = 100 Гц)**


Hold at Freq

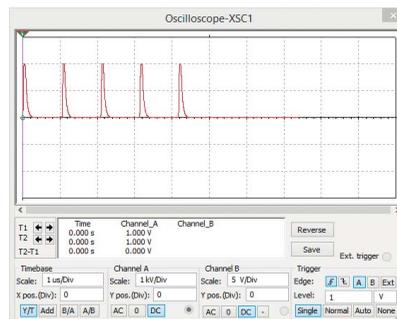
Reverse Chirp

Hold at Final

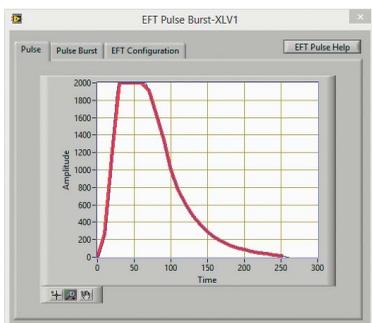
*Рис. 17. Формы сигналов на выходе генератора Chirp Advanced при различных видах модуляции*



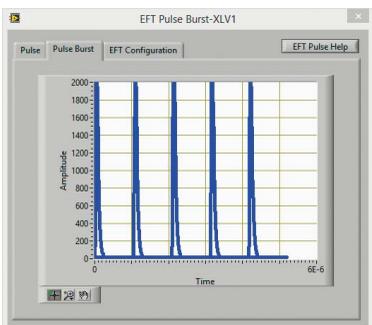
**Рис. 19.** Окно настройки параметров выходных импульсов EFT Configuration генератора Electric Fast Transient (EFT)



**Рис. 22.** Осциллограмма сигнала на выходе EFT, параметры которого соответствуют заданным на рис. 19



**Рис. 20.** Отображение формы импульса в окне Pulse генератора Electric Fast Transient (EFT)



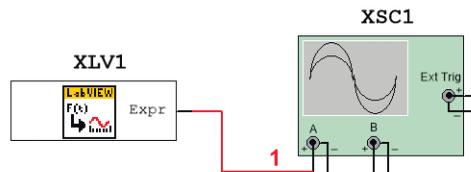
**Рис. 21.** Отображение пакета импульсов в окне Pulse Burst генератора Electric Fast Transient (EFT)

### Генератор математических функций Expression Signal Generator

Генератор Expression Signal Generator [5] предназначен для формирования сигналов, описанных математическими формулами. На схемах (рис. 23) генератор отображается как

Expression Source (Expr).

Для настройки параметров генератора необходимо дважды щелкнуть левой клавишей "мышки" по изображению генератора на схеме. В открывшемся окне (рис. 24) можно выбрать математическую функцию, представленную в левом столбике, математическую операцию (сложение, вычитание, возведение в степень, умножение и деление) и использовать одну из двух констант – pi и e.



**Рис. 23.** Отображение на схеме генератора Expression Source (Expr)

Для пользователя доступны 36 математических функций. Приведем некоторые из них:  $\text{abs}(x)$ ,  $\text{acos}(x)$ ,  $\text{asin}(x)$ ,  $\text{cos}(x)$ ,  $\text{cot}(x)$ ,  $\text{exp}(x)$ ,  $\text{sin}(x)$ ,  $\text{sinc}(x)$ ,  $\text{sign}(x)$ ,  $\text{ln}(x)$ ,  $\text{log}(x)$ ,  $\text{log}_2(x)$  и другие. Обозначения некоторых функций отличаются от принятых в математике, но определить назначение функции несложно. Например,  $\text{acos}(x)$  соответствует  $\text{arccos}(x)$ .

Кроме значения функции, которая выводится в окошко Expression после двойного щелчка "мышкой" по выбранной функции, в генераторе задаются следующие параметры выходного сигнала:

- длительность сигнала
- количество точек, аппроксимирующих функцию на таком временном отрезке

- время начала формирования сигнала.

После ввода всех параметров необходимо нажать кнопку Update Graph для обновления изображения функции в окне генератора. При необходимости сформировать периодическую последовательность сигналов нужно поставить птичку в окошке Repeat Data?. Если все параметры заданы верно, то в окне Status появится сообщение Valid Expression и будет светиться зеленый индикатор (рис. 24). В противном случае светится красный индикатор и выводится подсказка об ошибке.

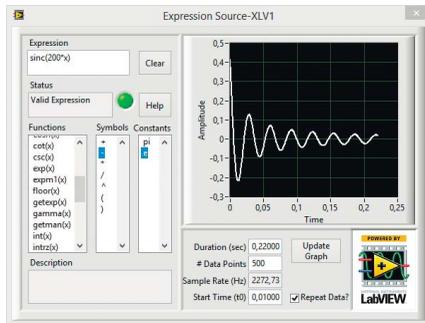


Рис. 24. Окно настройки параметров генератора Expression Source (Expr)

Для эксперимента была выбрана функция  $\text{sinc}(200x)$ , график которой выведен на рис. 24 и на осциллограмме (рис. 25).

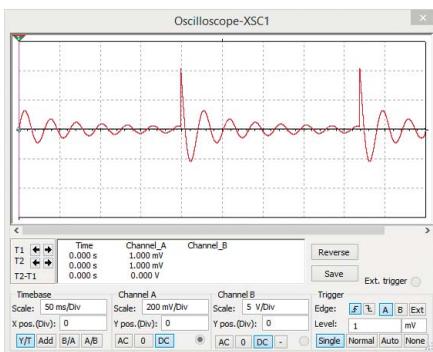


Рис. 25. Осциллограмма сигнала  $\text{sinc}(200x)$  на выходе генератора Expression Source

Применение такого генератора значительно расширяет возможности экспериментального исследования различных цепей и зачастую позволяет отказаться от сложных схем, формирующих необходимые сигналы.

## Генератор математических функций Formula Signal Generator

Генератор на схемах обозначается как Formula Simple [6] и по принципу действия аналогичен генератору Expression Source, рассмотренному выше. Обозначение на схеме и интерфейс окна настройки параметров приведены на рис. 26 и 27, соответственно.

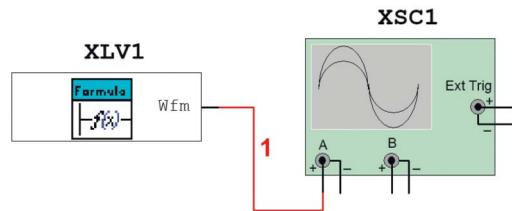


Рис. 26. Отображение на схеме генератора Formula Simple (Formula)

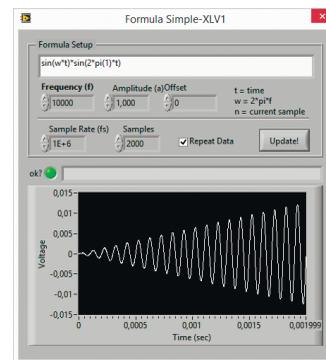
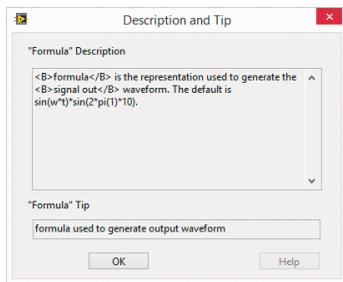


Рис. 27. Окно настройки параметров генератора Formula Simple (Formula)

Окно настройки параметров особых пояснений не требует. В верхней строчке вписывается формула, а ниже задаются частота сигнала в Гц, амплитуда сигнала и величина смещения, частота дискретизации и число отсчетов, аппроксимирующих функцию. После этого нужно нажать кнопку Update и в этом же окне будет выведен график сигнала.

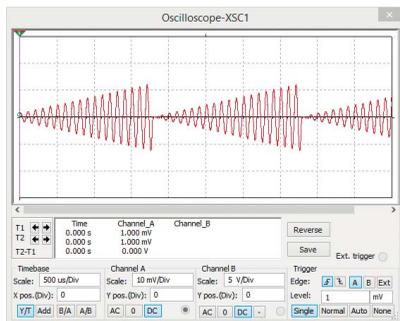
Если исходные данные введены верно, то светится зеленый индикатор (ok?). В противном случае индикатор становится темным и выводится сообщение Error, unknown. Для того, чтобы выяснить в чем заключается ошибка, необходимо поместить курсор в окошко, где введена формула, и нажать правую кнопку "мышки". В выпадающем меню выбрать пункт Deskription and Tip..., после чего от-

кроется окно с описанием ошибки (рис. 28) и подсказкой о правильной форме записи.



**Рис. 28.** Окно с описанием ошибки формирования параметров генератора *Formula Simple (Formula)*

На рис. 29 приведена осциллограмма сигнала, сформированного по формуле  $\sin(\omega t) \cdot \sin(2\pi(1)t)$  – радиоимпульсы с гармоническим заполнением. Варьируя частоту, количество отсчетов и частоту дискретизации, можно получить радиоимпульсы с различной частотой заполнения.



**Рис. 29.** Осциллограмма сигнала, сформированного по формуле  $\sin(\omega t) \cdot \sin(2\pi(1)t)$

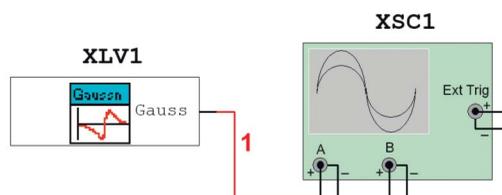
### Генератор Gaussian Pulse

Гауссов фильтр – это фильтр, импульсная характеристика которого является Гауссовой функцией. Гауссовы фильтры предназначены для уменьшения времени переходных процессов при воздействии на вход цепи ступенчатой функции. Такое поведение тесно связано с тем, что фильтр Гаусса имеет минимально возможную групповую задержку.

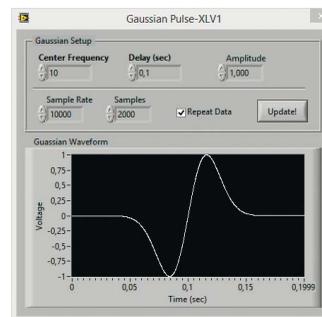
Гауссов импульсный сигнал соответствует функции Гаусса и реализуется с помощью

фильтра Гаусса. Типичное использование таких сигналов в цифровых системах связи (таких, как системы GSM), использующих гауссовскую минимальную манипуляцию (GMSK) и гауссову частотную манипуляцию (GFSK). Такой сигнал необходим для оценки с помощью Multisim импульсных переходных характеристик разрабатываемых фильтров.

На схеме такой генератор (рис. 30) обозначается как Gaussian Pulse (Gauss). Окно настройки параметров приведено на рис. 31.



**Рис. 30.** Отображение на схеме генератора *Gaussian Pulse (Gauss)*



**Рис. 31.** Окно настройки параметров генератора *Gaussian Pulse (Gauss)*

При настройке параметров выходного сигнала можно задать:

- центральную частоту
- время задержки формирования сигнала
- амплитуду сигнала
- частоту дискретизации
- число отсчетов, аппроксимирующих импульс.

После ввода параметров сигнала необходимо нажать кнопку **Update** и в окно будет выведено изображение импульса.

Осциллограмма Гауссова импульса с параметрами, указанными на рис. 31, приведена на рис. 32.

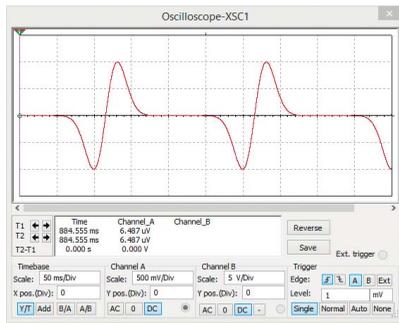


Рис. 32. Осциллограмма сигнала на выходе генератора Gaussian Pulse (Gauss)

Генератор шума Noise Source

Генератор шума Noise Source (Noise) [8] на схеме обозначается, как показано на рис. 33.

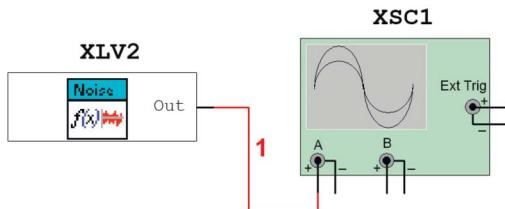


Рис. 33. Отображение на схеме генератора шума Noise Source (Noise)

Генератор позволяет формировать шумовой сигнал, изменяющийся по одному из 9, заложенных в модели, законов (рис. 34). Описание особенностей каждого вида шума можно найти в [9].

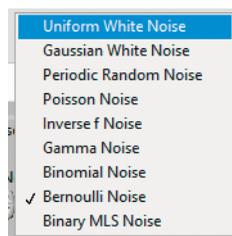
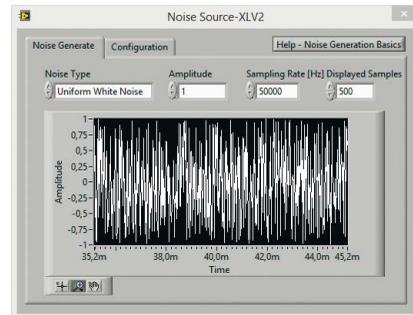


Рис. 34. Список режимов работы генератора шума Noise Source (Noise)

В окне настройки параметров Noise Generate (рис. 35,а) выбираются характер шума, амплитуда выходного сигнала, частота дискретизации и число отсчетов сигнала, выводимых на дисплей. В окне конфигурации генератора (рис. 35,б) задается активная для выбранного

шума величина. Для равномерного белого шума (Uniform White Noise) это величина начального значения, с которого начинается формирование сигнала.

а)



б)

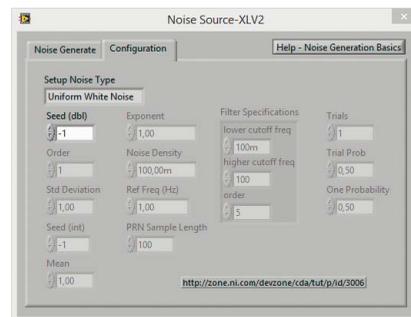


Рис. 35. Окно настройки параметров Noise Generate (а) и конфигурации (б) генератора Noise Source (Noise)

Осциллограмма шумового сигнала с параметрами, указанными на рис. 35, приведена на рис. 36.



Рис. 36. Осциллограмма сигнала на выходе генератора Noise Source

В статье рассмотрено 7 различных генераторов сигналов, которые значительно расширяют возможности исследования параметров цепей и сложных устройств. И это только половина генераторов, которые доступны для подключения к NI Multisim. В последующих

публикациях будут рассмотрены не только генераторы, но и другие инструменты LabView.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко В. Расширение возможностей NI Multisim с помощью подключаемых инструментов LabView, часть 1 // Электронные компоненты и системы, 2015, №1.

2. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21199>.

3. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21166>.

4. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28369>.

5. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-27871>.

6. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-27870>.

7. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21168>.

8. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28305#comment-34072>.

9. <http://www.ni.com/white-paper/3006/en/pdf>.



**Коллектив редакции журнала ЭКис и Научно-производственной фирмы VD MAIS поздравляют главного редактора журнала ЭКис Романова Владимира Александровича с присвоением ему Указом Президента Украины государственной награды – почетного звания "Заслуженный деятель науки и техники Украины"**



## ОФИСНЫЙ ЦЕНТР VD MAIS

**Если Вам необходимо провести семинар, тренинг или презентацию, добро пожаловать в офисный центр НПФ VD MAIS!**

К Вашим услугам современный конференц-зал площадью 300 кв.м, рассчитанный на 150 мест, который идеально подходит для проведения тренингов, семинаров и конференций.

Для ведения деловых встреч имеются комнаты для переговоров. Офисный центр расположен в живописном парке "Отрадный". Зал оборудован мультимедийным проектором, микрофоном, LCD-монитором, компьютером, удобной мебелью, системой кондиционирования и гардеробной. Возможна организация "кофе-паузы", а также обедов в ресторане "VD Restaurant Park".



Обращаться по адресу: г. Киев, ул. М. Донца, 6  
 ekis@vdmajs.kiev.ua  
 тел.: (0-44) 220-0101 (внутр. 1209)  
 факс: (0-44) 220-0202  
 Контактное лицо: Скиба Юлия

**VD MAIS**  
 The Professional Distributor