

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ NI MULTISIM С ПОМОЩЬЮ ПОДКЛЮЧАЕМЫХ ИНСТРУМЕНТОВ LABVIEW, часть 3

В третьей части статьи рассмотрены дополнительные подключаемые инструменты LabVIEW, предназначенные для формирования простых и сложных сигналов различной формы, оценки параметров источников питания, измерения сопротивления открытых транзисторов, формирования параметров цифровых фильтров при их проектировании, измерения напряжения, заряда и других параметров. Приведены примеры использования этих дополнительных инструментов.

В. Макаренко

EMPOWERING NI MULTISIM WITH PLUG-IN INSTRUMENTS LABVIEW, PART 3

Abstract – T In the third part of the paper examines the optional plug-in instruments LabVIEW for forming simple and complex signals of different shapes, estimates of the parameters of power supplies, measure the open resistance of the transistors, the formation parameters of the digital filters in their design, measurements of voltage, current and other parameters. Examples of the use of these additional tools.

V. Makarenko

В первой и второй частях статьи приведена общая информация о подключаемых модулях, подробная информация о модуле Phase Alignment Tool [1] и некоторых генераторах сигналов [2]. В третьей части статьи проведем анализ возможностей не рассмотренных ранее генераторов сигналов и других модулей LabVIEW, подключаемых к Multisim.

Для доступа к страницам загрузки инструментов нужно зайти на страницу сайта <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21596> и там в строке поиска задать нужный инструмент или скачать все инструменты в архиве по ссылке <http://www.ekis.kiev.ua/User-Files/Image/pdfArticles/2015/LVInstruments.rar>.

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ

Инструмент Riffled Signal Sweep [3]

На схеме инструмент отображается как инструмент Riffled Signal Sweep (рис. 1).

Это генератор ступенчато-изменяющегося напряжения. Для того, чтобы задать параметры выходного сигнала, необходимо нажать кнопку Setup и в открывшемся окне (рис. 2) задать:

- начальное значение напряжения (Voltage Initial)
- конечное значение напряжения (Voltage Final)
- шаг изменения напряжения (Voltage Step)

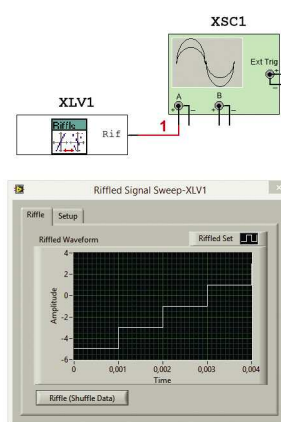


Рис. 1. Отображение инструмента Riffled Signal Sweep на схеме

- длительность ступеньки напряжения (Dwell Time)
- частоту дискретизации (Sample Rate).

Число ступеней N выходного напряжения отображается в окошке (Unique Samples) и рассчитывается по формуле

$$N = (\text{Voltage Final} - \text{Voltage Initial}) / \text{Voltage Step}$$

Например, при диапазоне изменения напряжения от -5 до 5 В и шаге изменения напряжения, равным 2 В, будет сформировано 5 ступеней в одном периоде выходного колебания генератора (рис. 2).

Частоту дискретизации желательно задавать не менее чем $10f_{\text{вых}}$, где $f_{\text{вых}}$ – значение вы-

ходной частоты генератора, которое определяется по формуле

$$f_{\text{ВЫХ}} = 1/T_{\text{ВЫХ}} = 1/(N \cdot t_{\text{DWELL}}),$$

где t_{DWELL} – длительность ступеньки выходного сигнала. Чем выше частота дискретизации, тем ближе форма ступеньки к прямоугольному скачку напряжения. Рекомендуемое типовое значение частоты дискретизации $f_d \geq 100f_{\text{ВЫХ}}$.

Для отображения формы сигнала следует

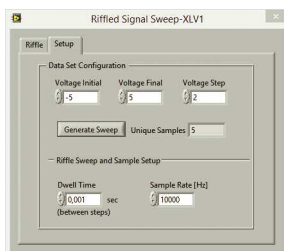


Рис. 2. Окно настройки параметров сигнала генератора Riffled Signal Sweep

нажать кнопку Generate Sweep (рис. 2).

Форма сигнала на выходе генератора при числе ступеней 5, диапазоне изменений напряжения от -5 до 5 В, длительности ступеньки 0.001 с и частоте дискретизации 100 кГц при-

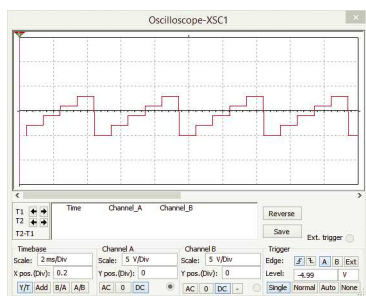


Рис. 3. Осциллограмма выходного сигнала генератора Riffled Signal Sweep при числе ступеней 5, длительности ступеньки 0.001 с и частоте дискретизации 100 кГц

ведена на рис. 3.

ИНСТРУМЕНТ SAWTOOTH SIGNAL [4]

На схеме инструмент отображается как инструмент Sawtooth (рис. 4).

Это генератор ступенчато-изменяющегося

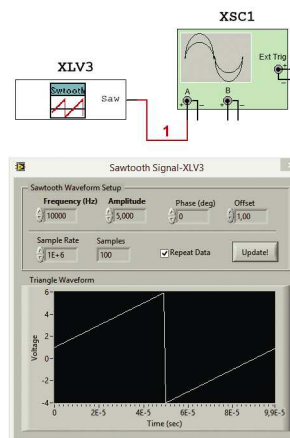


Рис. 4. Отображение инструмента Sawtooth Signal на схеме

напряжения. Для того, чтобы задать параметры выходного сигнала, необходимо дважды щелкнуть "мышкой" по значку генератора и в открывшемся окне задать:

- частоту выходного сигнала (Frequency)
- амплитуду выходного сигнала (Amplitude)
- частоту дискретизации (Sample Rate)
- фазу выходного сигнала (Phase)
- смещение выходного напряжения (Offset).

Число ступеней N выходного напряжения отображается в окошке Samples и рассчитывается по формуле $N = f_d / f_{\text{ВЫХ}}$. Если в окошке Repeat data поставить птичку, то на выходе генератора будет формироваться периодическая последовательность пилообразных импульсов. Чтобы изменения параметров вступили в силу,

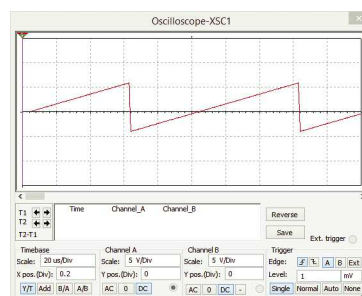


Рис. 5. Осциллограмма сигнала на выходе генератора Sawtooth Signal

необходимо нажать кнопку Update (рис. 4).

Осциллограмма сигнала на выходе генератора Sawtooth Signal при параметрах, указан-

ных на рис. 4, приведена на рис. 5.

ИНСТРУМЕНТ SINC PULSE [5]

На схеме инструмент отображается как инструмент Sinc (рис. 6).

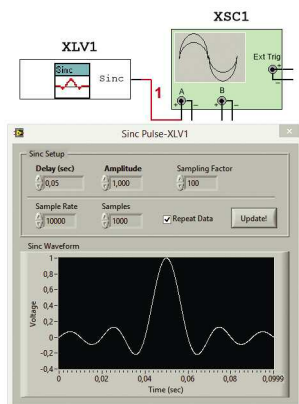


Рис. 6. Отображение инструмента Sinc Pulse на схеме

Инструмент представляет собой генератор импульсов, реализующих функцию Sinc. В математике ненормированная функция sinc определяется как

$$\text{sinc}(x) = \begin{cases} \sin(x)/x & \text{при } x \neq 0, \\ 1 & \text{при } x = 0. \end{cases}$$

После двойного щелчка в открывшемся окне можно задать следующие параметры сигнала:

- время задержки (Delay)
- амплитуду выходного сигнала (Amplitude)
- фактор отсчетов (Sampling Factor)
- частоту дискретизации (Sample Rate)
- число отсчетов на один период сигнала (Samples).

Длительность периода выходного сигнала определяется соотношением $T_{\text{сигн}} = N/f_d$, где N – число отсчетов сигнала, f_d – частота дискретизации. Время задержки устанавливает смещение максимума функции по оси времени. Время задержки равно $T_{\text{сигн}}/2$ соответствует положению максимума посередине временного интервала, соответствующего периоду. Параметр Sampling Factor показывает степень сжатия (масштаб) сигнала по оси времени.

В табл. 1 приведена форма сигнала при различных значениях задержки, а в табл. 2 – при различных значениях Sampling Factor и значении амплитуды, равном 1 В.

Для формирования периодической последовательности импульсов необходимо поставить птичку в окошке Repeat Data (рис. 6).

Таблица 1. Изменение формы сигнала при изменении времени задержки

Время задержки, с	0.0	0.1	0.25	0.5	1
Sampling Factor = 10, Sample Rate = 10 000, Samples = 10 000					
Сигнал					

Таблица 2. Изменение формы сигнала при изменении Sampling Factor

Время задержки, с	0.0	0.1	0.25	0.5	1
Delay = 0.5, Sample Rate = 10 000, Samples = 10 000					
Сигнал					

ИНСТРУМЕНТ TRIANGLE SIGNAL [6]

Это генератор треугольных импульсов с расширенными возможностями. На схеме инструмент отображается как инструмент Tri (рис. 7).

После двойного щелчка в открывшемся окне задаются следующие параметры сигнала:

- длительность импульса (Width)
- амплитуда выходного сигнала (Amplitude)
- время задержки сигнала (Delay)
- асимметрия импульса (Asymmetry)
- частота дискретизации (Sample Rate).

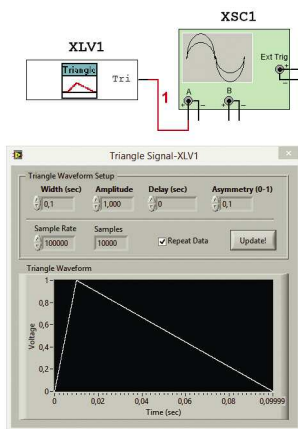


Рис. 7. Отображение инструмента Triangle Signal на схеме

Особенностью этого генератора является возможность изменения формы треугольника путем изменения параметра Asymmetry. Значение этого параметра определяет какую часть периода будет составлять фронт сигнала

$$\text{Asymmetry} = t_{\text{нар}} / T_{\text{и}},$$

где $t_{\text{нар}}$ – длительность фронта сигнала, $T_{\text{и}}$ – длительность импульса.

Изменяя величину времени задержки сигнала можно формировать импульсы или импульсные последовательности, в которых между треугольными импульсами формируется пауза (нулевой уровень). Период следования сигнала будет определяться по формуле

$$T_{\text{сигн}} = t_{\text{зад}} + T_{\text{и}},$$

где $t_{\text{зад}}$ – время задержки, установленное в окошке Delay (рис. 8).

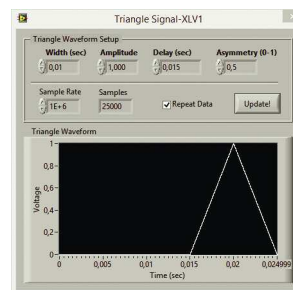


Рис. 8. Форма сигнала на выходе генератора Triangle Signal при длительности импульса 0.01 с и времени задержки 0.015 с

ИНСТРУМЕНТ USER PIECEWISE SIGNAL [7]

Генератор сигналов произвольной формы, которую можно задать в виде текстового файла или нарисовать на экране этого генератора с помощью "мышки".

Этот генератор можно использовать для исследования влияния группового времени запаздывания низкочастотных, высокочастотных и полосовых фильтров на форму сигнала. Генератор позволяет формировать сигнал любой формы с помощью кусочной аппроксимации. На схеме инструмент отображается как инструмент Wfm (рис. 9).

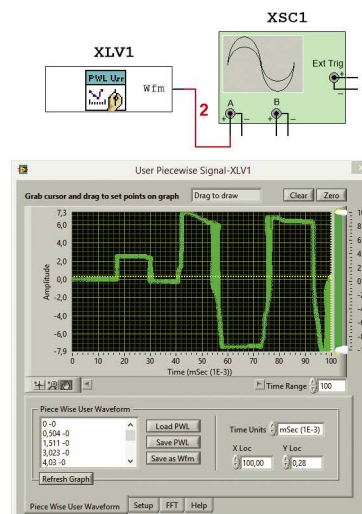


Рис. 9. Отображение инструмента User Piecewise Signal на схеме

После двойного щелчка "мышкой" по значку Wfm открывается окно настройки парамет-

ров генератора с четырьмя вкладками: Piece Wise User Waveform, Setup, FFT и Help.

На рис. 9 открыта вкладка Piece Wise User Waveform, в которой отображается окно вывода формы сигнала, кнопки Clear (при нажатии сигнал стирается), кнопки Zero (при нажатии желтый курсор устанавливается в точку с координатами 0,0), два белых указателя, ограничивающие диапазон значений сигнала по вертикальной оси, в правой части окна формы сигнала и окошко для установки числа делений по горизонтальной оси (по умолчанию 100). Все эти элементы и элементы управления масштабированием активны в любой вкладке.

На вкладке Piece Wise User Waveform можно задать дискретность изменения времени на единицу шкалы x в окошке Time Units. Диапазон изменения от 10-15 до 1 с.

В окошках X Loc и Y Loc отображается положение курсора при рисовании сигнала на экране. Кнопки Load PWL, Save PWL и Save as Wfm предназначены для загрузки формы сигнала из текстового файла, сохранения в виде текстового файла или в виде файла LabVIEW. В окошке, расположенном слева от этих кнопок, выводится информация об амплитуде сигнала в каждой точке.

На вкладке Setup (рис. 10) задается минимальный шаг изменения по оси времени (Min dt). Чем меньше шаг изменения, тем точнее отображается форма сигнала. Минимальное значение соответствует 0.001 от величины Time Units, а максимальное – не ограничено.

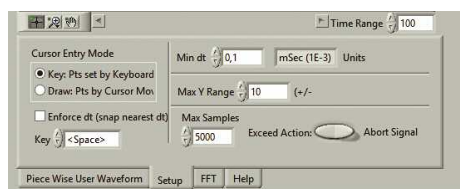


Рис. 10. Вкладка Setup инструмента User Piecewise Signal

Размах выходного сигнала задается в окошке Max Y Range в диапазоне от ±1 до ±10000000 В.

Число отсчетов сигнала, выводимых в пределах одного периода сигнала, задается в окошке Max Samples. Чтобы вывести весь сигнал, отображенный в окне формы сигнала, необходимо задать число отсчетов, которое определяется выражением

$$\text{Max Samples} = (\text{Time Units}) \times (\text{Time Range}) / (\text{Min df}).$$

Например, при значении Time Units, равном 1 мс, Time Range равном 100 и Min df, равном 0.01 мс число отсчетов должно быть не менее 10 000. На выход генератора будет выводиться только начальная часть заданного сигнала (рис. 11,а), если уменьшить число отсчетов менее этого значения. На рис. 11 приведен пример вывода всего сигнала, соответствующего приведенным выше данным, при числе отсчетов 10 000 (рис. 11,а и б) и числе отсчетов 1000 (рис. 11,в).

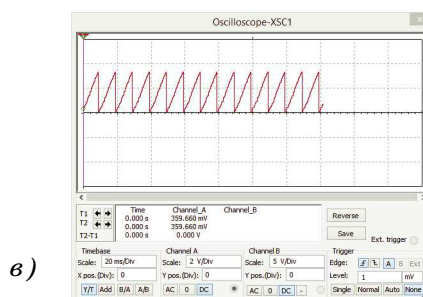
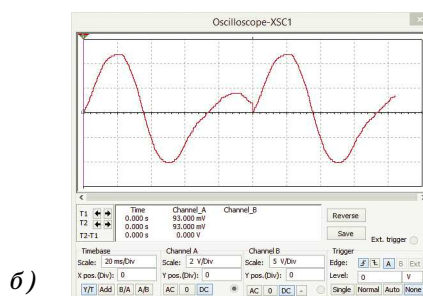
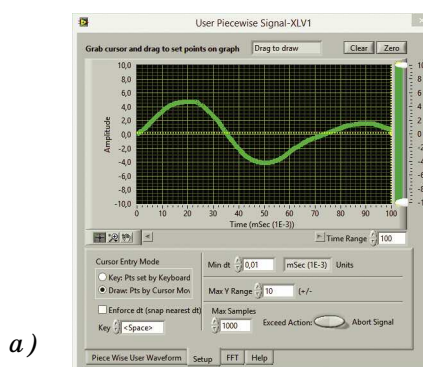


Рис. 11. Форма сигнала в окне User Piecewise Signal (а) и на осциллографе при выводе 10 000 отсчетов (б) и 1000 отсчетов (в)

Форму сигнала можно задать в графическом виде на экране двумя способами. Первый

способ заключается в рисовании "мышкой" на экране. Для этого на вкладке Setup необходимо поставить точку в окошке Draw: Pts by Cursor Movie (рис. 10).

Второй способ рисования осуществляется с помощью клавиш курсора. Для этого нужно на вкладке Setup поставить точку в окошке Draw: Pts set by Keyboard (рис. 10). Поочередно помещая курсор в окошки X Loc и Y Loc и меняя значения координат в этих окнах, можно рисовать нужную кривую по точкам с высокой точностью. Но это весьма трудоемкий процесс.

Кроме графического способа формирования сигнала можно воспользоваться табличным методом задания. Так как форму сигнала можно не только сохранять, но считывать из файла с расширением .txt, то можно создать текстовый файл с требуемой формой сигнала в любом текстовом редакторе и загрузить его в User Piecewise Signal.

Ниже приведен фрагмент такого текстового файла. В левом столбце указывается время, а в правом – значение амплитуды в вольтах.

0	0
5,037783E-7	0,185185
1,763224E-6	0,277778
2,770781E-6	0,462963
4,282116E-6	0,462963
5,541562E-6	0,462963
6,297229E-6	0,648148
7,556675E-6	0,740741
8,312343E-6	0,833333
8,816121E-6	0,833333
9,319899E-6	0,925926
9,823678E-6	1,018519

Этот инструмент – последний из списка генераторов. Всего рассмотрено 13 генераторов, которые позволяют сформировать любой сигнал, как простой детерминированный или шумовой, так и модулированный с различными видами модуляции.

Рассмотрим другие инструменты LabVIEW, предназначенные для различных измерений и обработки данных.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗНОСТИ ФАЗ, УРОВНЯ ШУМА И КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ

Инструмент Phase Measure (на схеме обозначается как Phase) предназначен для изме-

рения разности фаз сигналов произвольной формы в то время как Боде-плоттер позволяет измерять ФЧХ только на гармоническом сигнале [8]. Кроме измерения фазы этот инструмент позволяет измерять время задержки сигнала.

Инструмент Gain Calculation позволяет измерять коэффициент передачи (усиления) любой электрической цепи как по переменному, так и по постоянному току, что бывает необходимо в процессе моделирования и настройки сложных схем [9].

Для иллюстрации работы этих инструментов использован ФНЧ третьего порядка (рис. 12).

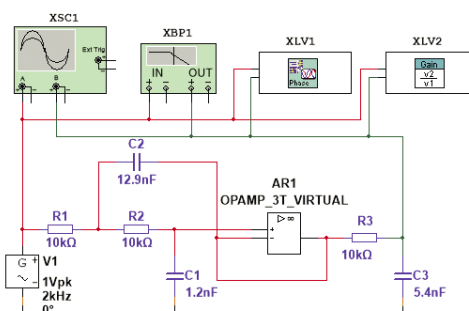


Рис. 12. Модель для исследования возможностей инструментов Phase Measure и Gain Calculation

Для контроля процесса измерения на гармоническом сигнале параллельно измерителю разности фаз XLV1 подключен Боде-плоттер XBP1. Результаты измерения фазы на частоте 2 кГц приведены на рис. 13. Отличия в результатах измерений составляют сотые доли градуса, что практически является идентичным результатом.

В окне параметров Phase Measure можно выбрать единицы измерения в окошке Type – градусы, радианы или задержка сигнала в секундах. В окошке In1 можно задать измерение фазы по отношению к сигналу, поданному на первый вход (Leading), или по отношению к сигналу, поданному на второй вход (Lagging).

В окошке Method задается метод измерения фазы – по уровню 50% от амплитуды (50% Rise Time) или по результатам быстрого преобразования Фурье (FFT). Результат измерения методом 50% Rise Time дает результат, идентичный измеренному с помощью Боде-плоттера, а FFT-метод дает результат, отличающийся почти на 0.5 градуса на гармониче-

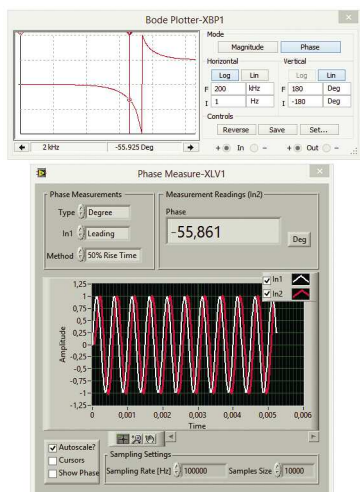


Рис. 13. Результаты измерения разности фаз с помощью Бод-плоттера и Phase Measure

ском сигнале.

В окне Phase Measure отображаются входной и выходной сигналы во временной области. В правой верхней части этого окна отображается цвет входных сигналов и можно отключить вывод на экран как каждого из этих сигналов, так и обоих одновременно.

В нижней части экрана задается частота дискретизации и число отсчетов, по которым производится измерение. Рекомендуемая частота дискретизации $100f_{\text{сигн}}$, где $f_{\text{сигн}}$ – частота сигнала. При измерении времени задержки в логических элементах частота дискретизации должна быть установлена не менее 10 МГц.

Измеритель коэффициента усиления (XLV2 на рис. 12) позволяет измерять коэффициент усиления как на переменном токе, так и на постоянном. Результат измерения коэффициента передачи фильтра на частоте 2 кГц приведен на рис. 14. Для измерения коэффициента усиления на постоянном токе достаточно перевести переключатель в окне Gain Calculation в

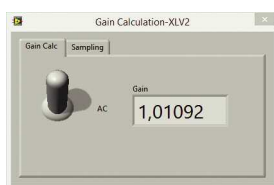


Рис. 14. Результат измерения коэффициента усиления на переменном токе с помощью Gain Calculation

нижнее положение.

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ SNR BW LIMIT [10]

На схеме этот инструмент (рис. 15) обозначается как Multisim SNR. Для исследования этого инструмента формируется сумма гармонического сигнала (генератор V1) и теплового шума (генератор V2) с помощью виртуального сумматора (A1).

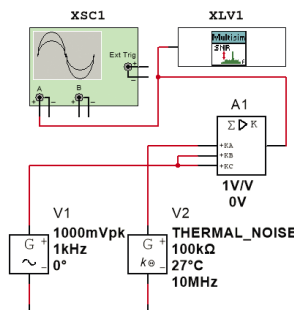


Рис. 15. Схема для исследования измерителя отношения сигнал/шум

После двойного щелчка открывается окно с тремя вкладками (рис. 16), в которых отображаются результаты и задаются параметры измерений.

На первой вкладке (рис. 16,а) отображается измеренное значение отношения сигнал/шум в децибелах, выбирается метод измерения – Method1 ($V_{\text{sig}}/V_{\text{noise}}$) или Method2 (THD, SINAD) и в нижней части окна выбирается сигнал, который отображается на этой вкладке: входной (input signal), основной сигнал (fundamental signal) и разность входного и основного сигналов.

На второй вкладке отображаются среднеквадратические значения основного сигнала и шума, а также значение частоты (рис. 16,б). Здесь также можно выбрать один из двух методов измерения.

На третьей вкладке (рис. 16,в) задаются параметры измерителя SNR:

- частота дискретизации
- метод интерполяции (Corse, Linear, Spline, Force Step)
- число отсчетов
- оконная функция БПФ-анализа (Rectangular, Hanning, Low side lobe)

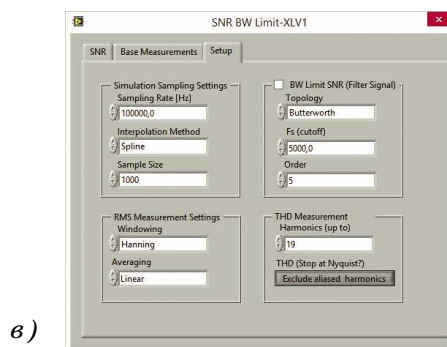
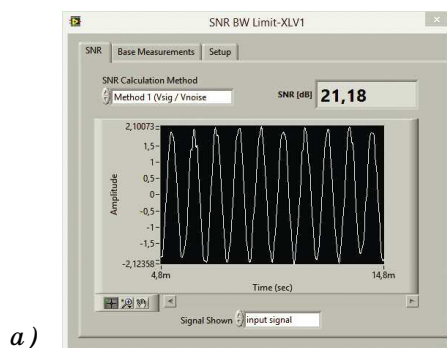


Рис. 16. Результаты измерения отношения сигнал/шум на вкладке SNR (а), измерения среднеквадратических значений сигнала, шума и частоты сигнала (б), и вкладка установки параметров измерителя (в)

- метод усреднения результатов (Linear, Exponential)
- число гармоник при вычислении суммарных гармонических искажений (THD).

Кроме того, можно провести анализ отношения сигнал/шум в ограниченной полосе частот. Для этого нужно поставить птичку в окошке BW Limit SNR (Filter Signal) и задать параметры фильтра нижних частот (рис. 16,в):

- вид аппроксимации (Баттерворта, Чебышева или эллиптическая)
- частоту среза Fs
- порядок фильтра.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Инструмент для измерения пульсаций напряжения Ripple [11]

Инструмент предназначен для измерения пульсаций на выходе импульсных источников питания. На схеме он обозначается как Power Ripple (рис. 17).

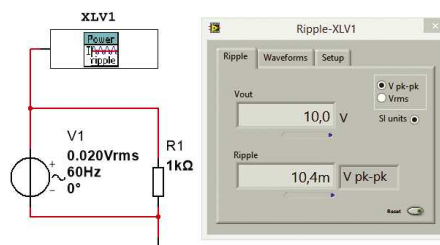


Рис. 17. Схема для исследования уровня пульсаций с помощью инструмента Ripple

Для исследования уровня пульсаций в схеме использован генератор переменного напряжения, в котором задано среднеквадратическое значение выходного напряжения равное 0.02 В и смещение выходного напряжения 10 В. При двойном щелчке по значку Power Ripple открывается вкладка Ripple (рис. 17) в которой можно увидеть измеренное значение постоянного напряжения (V_{out}) и значение напряжения пульсаций (Ripple). Напряжение пульсаций измеряется в двух режимах – от пика до пика (V_{pk-pk}) или как среднеквадратическое значение (V_{rms}).

На вкладке Waveform (рис. 18) отображаются форма сигнала, значения постоянной составляющей измеряемого напряжения и значения напряжения пульсаций (среднеквадратическое и от пика до пика).

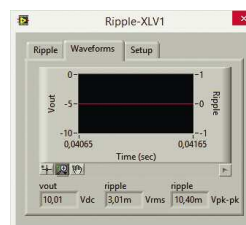


Рис. 18. Вкладка Waveform инструмента Ripple

На вкладке Setup (рис. 19) задаются пара-

метры измерителя пульсаций: частота дискретизации, число отсчетов для анализа, метод интерполяции (Corse, Linear, Spline, Force Step), оконная функция БПФ-анализа (Rectangular, Hanning, Low side lobe) и метод усреднения результатов (Linear, Exponential).

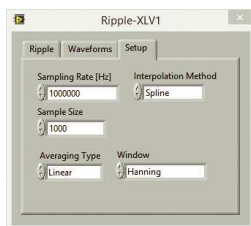


Рис. 19. Вкладка Setup инструмента Ripple

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ POWER QUALITY [12]

Инструмент предназначен для измерения таких параметров электроэнергии в нагрузке в цепях однофазного переменного тока:

- среднеквадратическое значение напряжения (RMS voltage)
- среднеквадратическое значение тока (RMS current)
- среднеквадратическое значение мгновенной мощности (instantaneous RMS power)
- реактивная и кажущаяся мощность (reactive and apparent power)
- пик-фактор (crest factor)
- косинус фи или коэффициент мощности (power factor)

Для исследования свойств инструмента использовалась схема, приведенная на рис. 20.

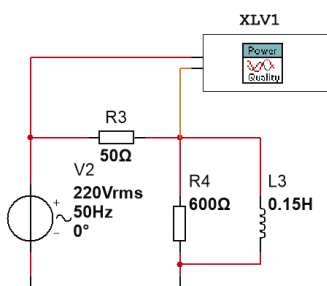


Рис. 20. Схема для исследования инструмента Power Quality

Результаты работы инструмента Power Quality при номиналах элементов, указанных

на рис. 20, приведены на рис. 21.

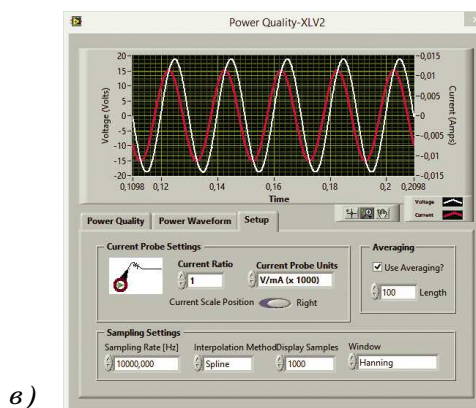
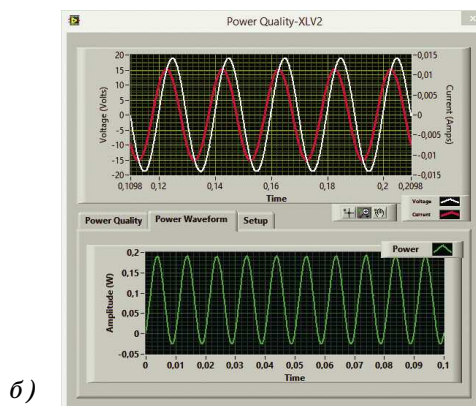
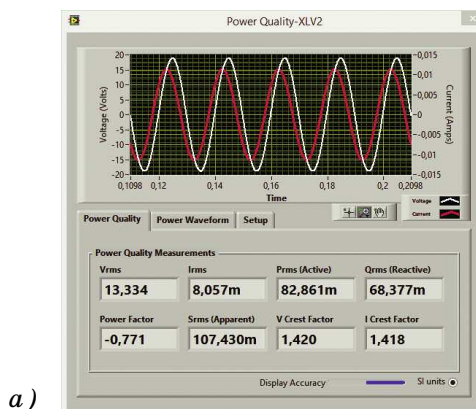


Рис. 21. Результаты измерения качества электроэнергии (а), форма сигнала мощности (б) и вкладка параметров измерения инструмента Power Quality (в)

После двойного щелчка "мышкой" по пиктограмме XLV1 открывается окно (рис. 21,а) в верхней части которого отображаются формы напряжения и тока, а в нижней, на вкладке Power Quality – измеренные параметры, перечисленные выше. На вкладке Power Waveforms (рис. 21,б) отображается форма сигнала мощности. Параметры инструмента Power

Quality задаются при открытии вкладки Setup (рис. 21,в). Здесь можно задать чувствительность датчика тока (Current Ratio и Current Probe Units), число усреднений результатов измерений (Averaging Length), частоту дискретизации, метод интерполяции, число отсчетов на экране дисплея и весовое окно.

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КПД ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ REGULATOR AND SMPS CIRCUITS EFFICIENCY EVALUATOR [13]

На схеме инструмент обозначается как Power (рис. 22) и предназначен для измерения КПД линейных и импульсных источников питания, определяемого как отношение полезной выходной мощности цепи к входной мощности. Кроме того, инструмент позволяет наблюдать форму сигнала мощности на входе и выходе источника питания.

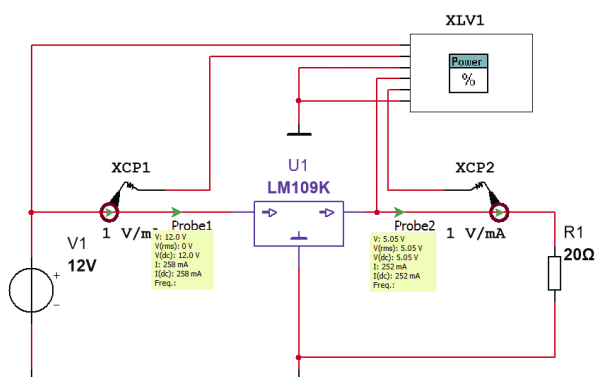


Рис. 22. Схема для исследования инструмента Regulator and SMPS Circuits Efficiency Evaluator

Для измерения КПД на входе и выходе источника питания необходимо включить датчики тока (XCP1 и XCP2 на рис. 22). После двойного щелчка "мышкой" по пиктограмме XLV1 открывается окно с тремя вкладками. На вкладке Efficiency (рис. 23,а) выводятся значения измеренного КПД, входной и выходной мощности. На вкладке Power Wfm отображается форма сигнала мощности на входе и выходе, а в нижней правой части окна – значение измеренного КПД (рис. 23,б). На вкладке Setup задаются параметры измерителя:

чувствительность датчика тока (Current Ratio и Current Probe Units), число усреднений

результатов измерений (Averaging Length), частота дискретизации, метод интерполяции, число отсчетов на экране дисплея и весовое окно.

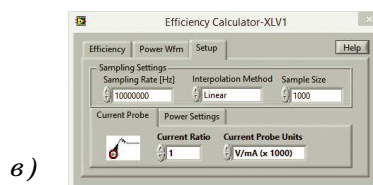
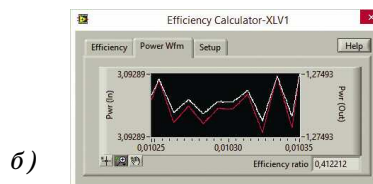
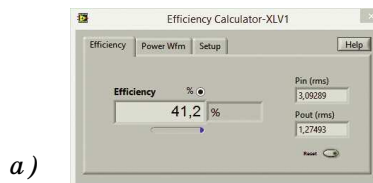


Рис. 23. Результаты измерения КПД (а), форма сигнала мощности на входе/выходе стабилизатора (б) и вкладка установки параметров Efficiency Calculator

ИНСТРУМЕНТ LOAD CONTROLLER [14]

Инструмент Load Controller дает возможность пользователю регулировать нагрузку в автоматическом режиме и просмотреть соответствующие ей напряжение и ток. На рис. 24 приведена схема для исследования этого инструмента. Закон изменения нагрузки во времени программируется пользователем следующим образом.

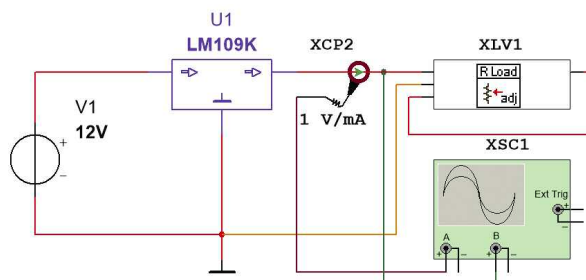


Рис. 24. Схема для исследования инструмента Load Controller

После двойного щелчка "мышкой" по пиктограмме XLV1 (R Load) открывается окно (рис. 25,а), в котором имеется несколько окошек и кнопок. В окошке Load задается начальное значение сопротивления нагрузки, в окошке Duration – длительность интервала времени, на котором сопротивление нагрузки не изменяется, а в окошке Action at End можно задать единичный цикл изменения сопротивления (Hold) или повторяющийся бесконечно (Repeat).

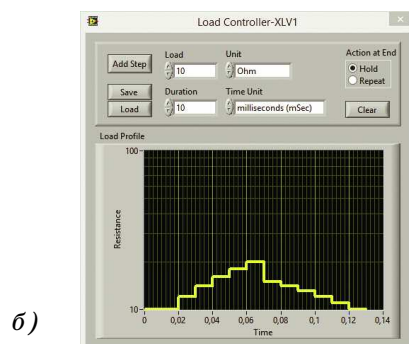
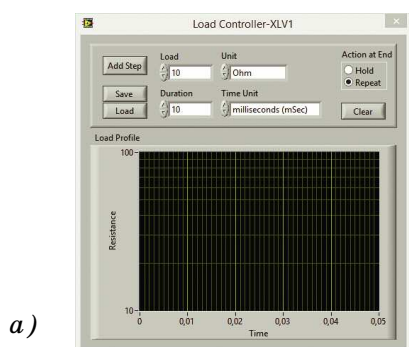


Рис. 25. Окно формирования параметров сопротивления нагрузки инструмента Load Controller до (а) и после программирования (б)

Начинать программирование следует с задания начального значения сопротивления нагрузки и шага изменения сопротивления по времени. На рис. 25,а заданы значения 10 Ом и 10 мс соответственно. После этого следует нажать кнопку Add Step. В результате этого при моделировании на первом шаге сопротивление нагрузки будет установлено равным 10 Ом. При повторном нажатии кнопки Add Step будет задан второй временной интервал с сопротивлением нагрузки 10 Ом. Для изменения со-

противления нагрузки на следующем шаге необходимо вначале задать требуемое сопротивление в окошке Load, а затем нажимать кнопку Add Step. Сформированный таким образом закон изменения сопротивления нагрузки приведен на рис. 25,б. Созданный пользователем закон изменения сопротивления нагрузки можно сохранить в виде текстового файла после нажатия кнопки Save. При необходимости использовать такой закон изменения сопротивления, можно загрузить этот файл с помощью кнопки Load.

Ниже приведена структура текстового файла, описывающего закон изменения нагрузки. Он состоит из двух столбцов. В первом задается начальная точка отсчета очередного временного интервала в секундах, а во втором – значение сопротивления в омах. Создать такой файл можно в любом текстовом редакторе.

```
0,01 10
0,02 12
0,03 14
0,04 16
0,05 18
0,06 20
```

На рис. 26 приведены осциллограммы тока и напряжения на выходе стабилизатора при изменении сопротивления нагрузки по закону, приведенному на рис. 25,б.

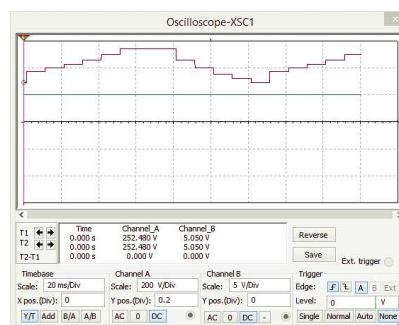


Рис. 26. Осциллограммы тока и напряжения на выходе стабилизатора при изменении сопротивления нагрузки с помощью инструмента Load Controller

При использовании инструмента следует учесть, что скорость изменения сопротивления нагрузки не превышает 100 Ом/мс.

ИНСТРУМЕНТ TRANSFER FUNCTION ANALYSIS TOOL [15]

Этот инструмент предназначен для измерения передаточной функции. По нашему мнению, этот инструмент неудобен и формирует трудно объяснимый результат. Поэтому подробно он не рассматривается.

ИНСТРУМЕНТ SIGNAL STATISTICAL INFORMATION ANALYZER (HISTOGRAM) [16]

Этот инструмент позволяет сформировать в виде графика статистическое распределение различных сигналов, например, теплового шума. На рис. 27 приведена схема для измерения функции распределения, а на рис. 28 – функция распределения напряжения на выходе генератора теплового шума.

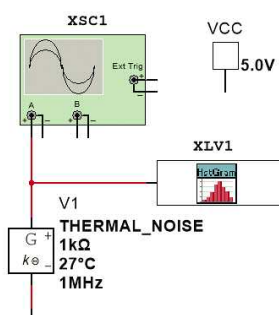
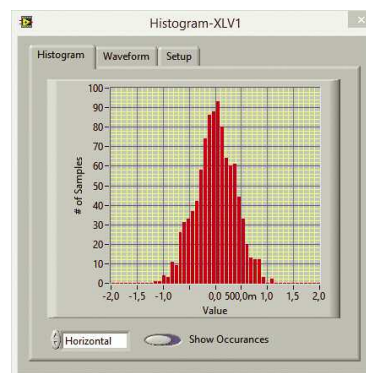


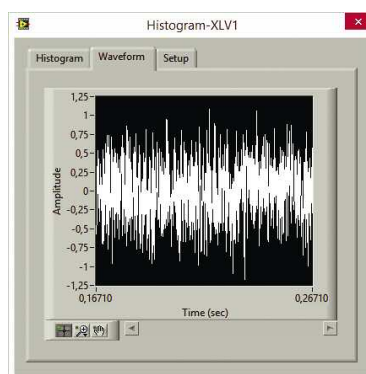
Рис. 27. Схема для измерения функции распределения с помощью инструмента Histogram

При открытии окна инструмента Histogram пользователю доступны три вкладки: Histogram, в которой выводится измеренная функция распределения; Waveform, в которой отображается форма исследуемого сигнала; Setup, в которой задаются параметры анализа – число столбцов гистограммы (Number of Bins), стиль отображения столбцов, минимальное и максимальное входное напряжение, частота дискретизации, число отсчетов и метод интерполяции. На рис 28 приведены результаты исследования функции распределения напряжения на выходе генератора теплового шума.

а)



б)



в)

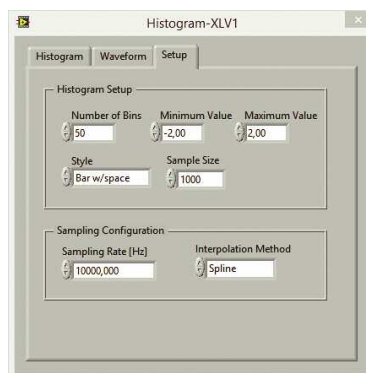


Рис. 28. Результаты измерения функции распределения (а), форма сигнала на выходе генератора шума (б) и вкладка установки параметров инструмента Histogram

ИНСТРУМЕНТ XY GRAPH PLOTTER [17]

Инструмент, предназначенный для исследования до четырех сигналов во временной области. Имеет очень ограниченные функциональные возможности по сравнению с четырехканальным осциллографом и очень неудобен в использовании. Поэтому подробно не рассматривается.

ИНСТРУМЕНТЫ STACKED SIGNAL GRAPHER AND WAVEFORM RECORDER [18]

Эти инструменты предназначены для отображения формы сигналов и записи этих сигналов в файл с расширением .lvm (например, Multisim Wfms_2015_08_17.lvm). Первый из них позволяет контролировать и сохранять до восьми сигналов, а второй – до четырех. Однако попытки работать с Waveform Recorder приводили к зависанию Multisim, а Stacked Signal Grapher успешно записал файл. Оказалось, что для просмотра результатов его работы (чтения файла .lvm) требуются компоненты программы LabVIEW, которые отсутствуют в дистрибутиве Multisim. Поэтому вопрос исследования возможностей этих инструментов без установки LabVIEW просто невозможен.

ИНСТРУМЕНТЫ ON-RESISTANCE <RDS(ON)> INTERACTIVE METER [19] И ON-RESISTANCE <RDS(ON)> INTERACTIVE PLOTTER [20]

В аналоговой схемотехнике сопротивление транзистора в открытом состоянии $R_{ds(on)}$ является очень важным параметром при оценке потерь мощности транзисторов (как полевых транзисторов с МОП-структурой (MOSFET) так и любых других типов). Инструмент On-Resistance <Rds(on)> Interactive Meter позволяет контролировать сопротивление открытого транзистора в динамическом режиме при изменении тока через базу или напряжения управления на затворе.

На рис. 29 приведена схема, позволяющая исследовать сопротивление транзистора с помощью этого инструмента.

При изменении напряжения, снимаемого с потенциометра R1, на экране Rds(ON) Meter отображается сопротивление перехода коллектор-эмиттер, которое также изменяется.

Инструмент On-Resistance <Rds(on)> Interactive Plotter позволяет исследовать зависимость сопротивления открытого транзистора от температуры перехода при фиксированном напряжении на нагрузке.

Схема для измерения сопротивления открытого транзистора приведена на рис. 30. Для поддержания постоянства напряжения на нагрузке используются цепи обратной связи, в

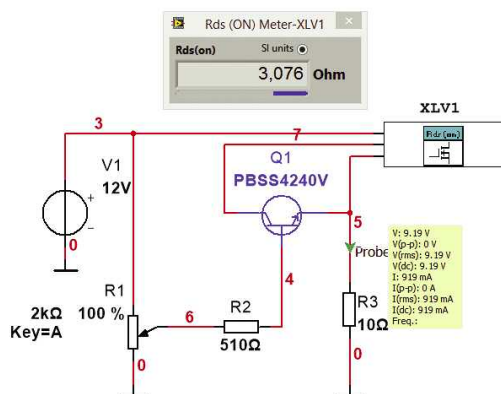


Рис. 29. Схема для исследования сопротивления открытого транзистора с помощью инструмента On-Resistance <Rds(on)> Interactive Meter

которых в качестве элементов регулировки используются виртуальные резисторы U1 и U2, управляемые напряжением.

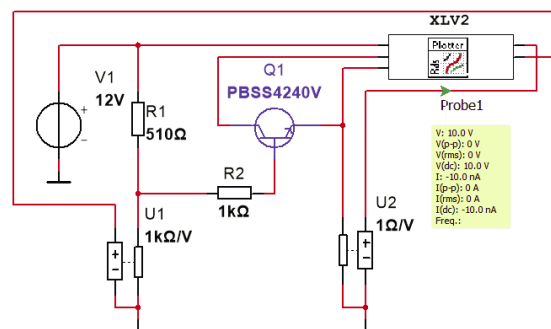
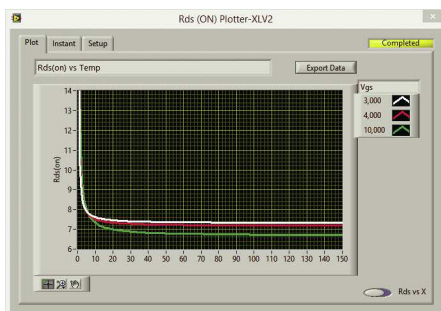


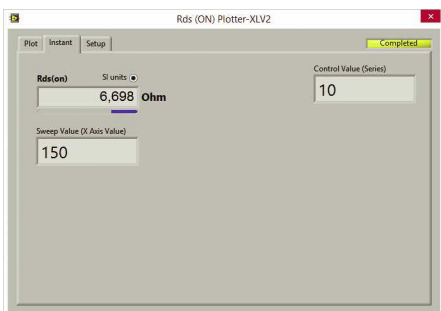
Рис. 30. Схема для исследования сопротивления открытого транзистора с помощью инструмента On-Resistance <Rds(on)> Interactive Plotter

Результаты испытаний транзистора выводятся на вкладке Plot в виде графиков разного цвета (рис. 31,а) для различных значений напряжения на нагрузке. Измеренные значения сопротивления открытого транзистора, температуры перехода напряжения на нагрузке выводятся на вкладке Instant (рис. 31,б). Параметры моделирования задаются на вкладке Setup (рис. 31,в). Здесь задаются значения напряжений на нагрузке в виде списка, разделенного запятыми, начальное и конечное значение температуры в градусах Цельсия, шаг изменения температуры и интервал времени для выполнения каждого шага.

а)



б)



в)

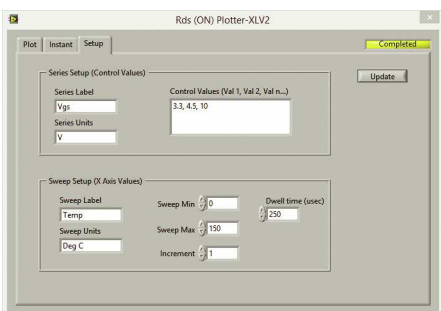


Рис. 31. Графики зависимости $R_{ds(on)}$ от температуры (а), значения измеренных параметров на вкладке Instant (б) и вкладка установки параметров Setup (в)

Для схемы на рис. 31 заданы напряжения 3.3, 4.5, 10 В, диапазон изменения температуры 0...150 °С с шагом изменения 1 °С, и время выполнения одного шага 250 мкс.

Результаты моделирования можно сохранить в виде текстового файла в котором сохраняются значения температуры, напряжения на нагрузке и сопротивление открытого транзистора. для этого достаточно нажать кнопку Export Data на вкладке Plot.

ИНСТРУМЕНТ LED INTENSITY GRID [21]

Предназначен для оценки относительной интенсивности светодиодов в матрице до 4 4 элементов. А фактически этот инструмент по-

казывает относительное значение токов в цепях, число которых может достигать 16.

На рис. 32 приведена схема для проверки работы этого инструмента, а на рис. 33 – результаты его работы.

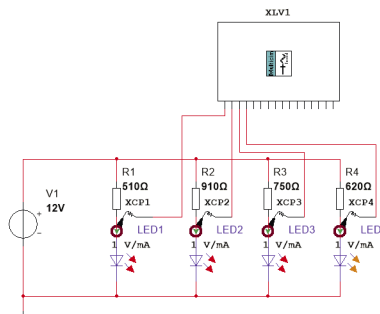


Рис. 32. Схема для исследования инструмента LED Intensity Grid

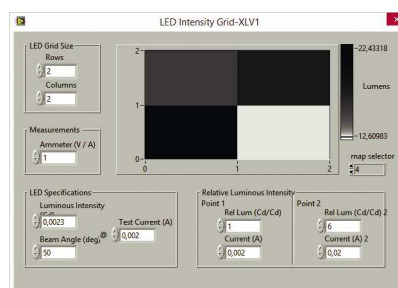


Рис. 33. Окно инструмента LED Intensity Grid

Для иллюстрации работы этого инструмента токи через светодиоды и величина сопротивлений резисторов, ограничивающих ток, задана различной. Особых пояснений этот инструмент не требует, так как при измерении относительной силы тока задается число элементов в матрице, минимальное и максимальное значения токов, при которых осуществляется оценка. Результаты выводятся в виде шахматного поля, клеточки в котором имеют яркость, пропорциональную силе тока.

ИНСТРУМЕНТ CURRENT ELECTRON COUNTER [22]

Инструмент предназначен для подсчета количества зарядов, протекающих через исследуемую цепь (рис. 34).

Кроме того, он позволяет измерять как текущие значения, так и сумму зарядов в кулонах и ампер-часах, силу тока в цепи, поток

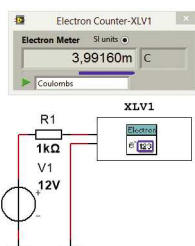


Рис. 34. Схема включения Current Electron Counter в измерительную цепь

электронов, элементарный заряд Фарадея.

Чтобы выбрать измеряемый параметр, необходимо нажать на треугольник в нижней части окна инструмента и в выпадающем списке (рис. 35) выбрать нужный пункт.

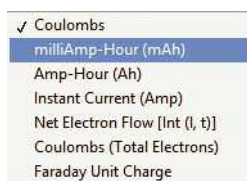


Рис. 35. Выпадающее меню инструмента Current Electron Counter

Разрешающая способность дисплея регулируется путем перетягивания конца синей полочки, расположенной в нижней части дисплея, вправо или влево (рис. 34). Максимальное число разрядов после запятой равно 9.

ИНСТРУМЕНТ KEITHLEY 2000 DIGITAL MULTIMETER [23]

Позволяет измерять постоянное напряжение и ток, а также сопротивление (рис. 36).

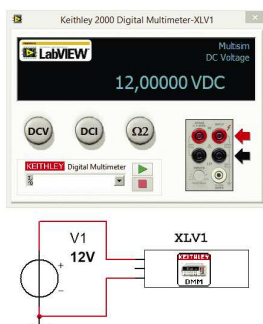


Рис. 36. Измерение постоянного напряжения с помощью мультиметра Keithley 2000

ИНСТРУМЕНТ IIR DIGITAL FILTERING TOOL [24]

Предназначен для упрощения процедуры определения параметров цифровых фильтров с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ) на этапе их проектирования. Формирование параметров фильтра осуществляется путем сравнения формы входного сигнала и формы сигнала на его выходе.

Для этого на вход IIR Digital Filtering подаются сигнал от источника с требуемыми характеристиками и меняют параметры фильтра: тип аппроксимации, порядок фильтра, величину гарантированного затухания АЧХ в полосе пропускания. В инструменте предусмотрено использование аппроксимаций Бесселя, Баттерворта, Чебышева, инверсной Чебышева и эллиптической (Золотарева).

Рассмотрим работу инструмента на примере. Пусть нам необходимо выделить первую гармонику сигнала из последовательности n прямоугольных импульсов с частотой следования 1 кГц, скважность импульсов равна 10.

Для выделения первой гармоники выберем ФНЧ с частотой среза 1.2 кГц (задана произвольно, но не должна быть меньше 1.05 кГц). Для реализации был выбран фильтр Чебышева с параметрами: Порядок фильтра 3, гарантированное затухание 60 дБ (рис. 37,а).

В окне на рис. 37,а кроме окошек для задания параметров фильтра выводятся графики АЧХ и ФЧХ фильтра. Результат выделения первой гармоники сигнала фильтром третьего порядка приведен на рис. 37,б. Визуально заметны значительные искажения сигнала (график зеленого цвета). Для уменьшения искажений увеличим порядок фильтра до 5 (рис. 38,а). Искажения сигнала стали визуально незаметны (рис. 38,б).

В процессе работы можно менять аппроксимации, порядок фильтра и другие параметры, наблюдая, как меняется форма сигнала на выходе фильтра.

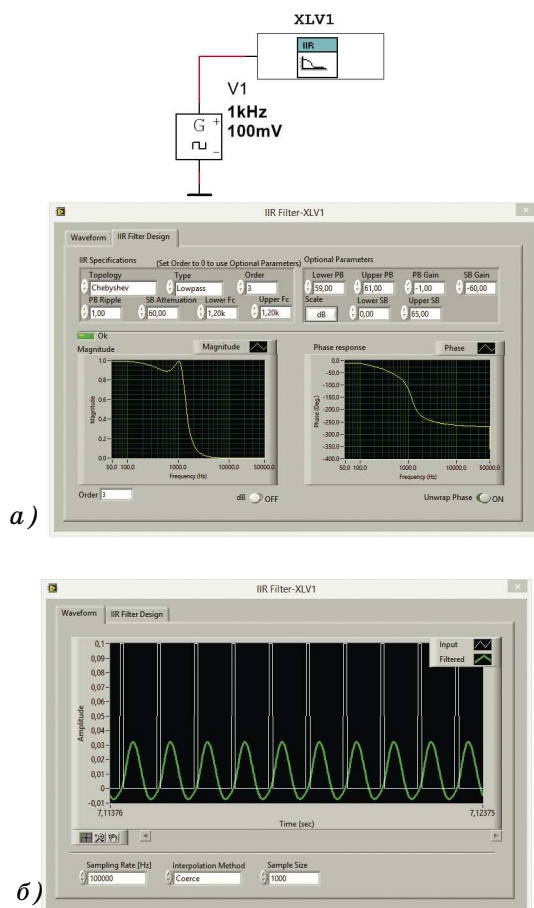


Рис. 37. Окно формирования параметров IIR Digital Filtering (а) и результат моделирования с фильтром Чебышева третьего порядка

ИНСТРУМЕНТ FIR DIGITAL FILTERING TOOL [25]

Предназначен для упрощения процедуры определения параметров цифровых фильтров с конечной импульсной характеристикой (КИХ) на этапе их проектирования. Аналогичен инструменту IIR Digital Filtering Tool. Имеется два окна в одном из которых отображаются результаты моделирования, а в другом задаются параметры фильтра и выводятся его АЧХ и ФЧХ (рис. 39). При проверке различных вариантов КИХ-фильтров можно менять тип весового окна (рис. 40).

С инструментом WAV File Input Signal Generator мы познакомим читателей в отдельной статье.

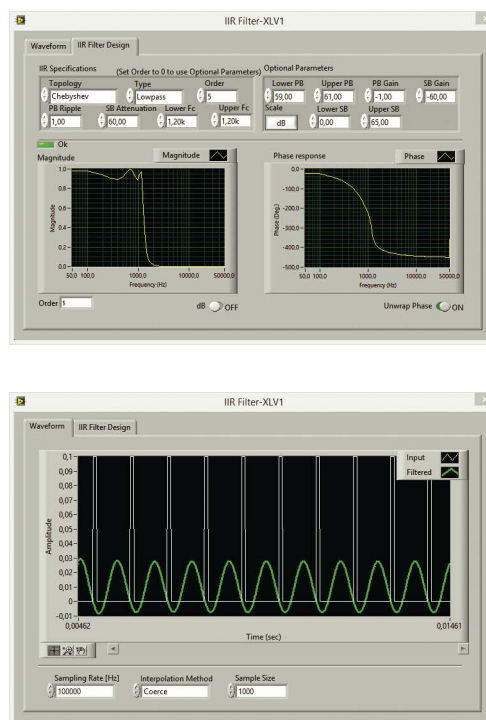


Рис. 38. Окно формирования параметров IIR Digital Filtering (а) и результат моделирования с фильтром Чебышева пятого порядка

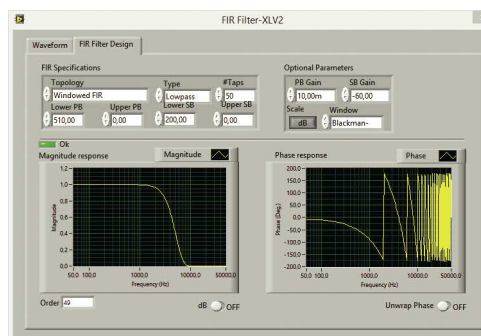


Рис. 39. Окно формирования параметров инструмента FIR Digital Filtering Tool

Рис. 40. Типы весовых окон, доступных в инструменте FIR Digital Filtering Tool

- None
- Hanning
- Hamming
- Triangular
- Blackman
- Exact Blackman
- ✓ Blackman-Harris
- Kaiser-Bessel
- Flat Top

Подводя итоги рассмотренному материалу, можно сделать вывод о том, что многие из описанных инструментов могут найти применение для упрощения процесса синтеза сложных

сигналов, для анализа различных цепей и устройств. Большое число инструментов ориентировано на оценку параметров источников питания, что позволяет быстро оценивать их параметры. А без некоторых инструментов прямое измерение параметров вообще невозможно. Например, измерение сопротивления открытого транзистора.

Поэтому применение таких инструментов позволит сократить время, необходимое для разработки и моделирования различных устройств, что является несомненно полезным.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Макаренко В. Расширение возможностей NI Multisim с помощью подключаемых инструментов LabView, часть 1 // Электронные компоненты и системы, 2015, №1.
- 2.Макаренко В. Расширение возможностей NI Multisim с помощью подключаемых инструментов LabView, часть 2 // Электронные компоненты и системы, 2015, №2.
- 3.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28537>.
- 4.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21170>.
- 5.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21596>.
- 6.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28190>.
- 7.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21169>.
- 8.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28347>.
- 9.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28346>.
- 10.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-16248>.
- 11.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21523>.
- 12.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21085>.
- 13.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21522>.
- 14.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28456>.
- 15.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21201>.
- 16.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28520>.
- 17.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28172>.
- 18.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28161>.
- 19.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28434>.
20. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21595>.
- 21.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21521>.
- 22.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21597>.
- 23.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21600>.
- 24.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-21184>.
- 25.<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-28521>.

VD MAIS
Контрактное производство электроники
 (по стандарту IPC-A-610)

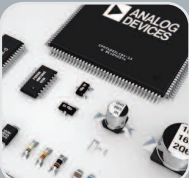


- автоматизированный монтаж SMD-компонентов (до 1,5 млн в сутки)
- автоматизированная селективная пайка компонентов, монтируемых в отверстия
- монтаж прототипов печатных плат
- 100% автоматический оптический контроль качества монтажа
- изготовление опытных образцов изделий
- мелко- и крупносерийное производство
- 10-летний опыт контрактного производства
- гарантия качества

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 и ISO/TS 16949:2009.
 Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852, факс: (0-44) 220-0202
 e-mail: info@vdmals.ua, www.vdmals.ua

VD MAIS
Электронные компоненты и системы



- Микросхемы
- Датчики
- Оптоэлектроника
- Источники питания
- Драйверы светодиодов
- Резонаторы и генераторы
- Дискретные полупроводники
- Пассивные компоненты
- СВЧ-компоненты
- Системы беспроводной связи

Дистрибуция и прямые поставки:
 Analog Devices, Bluetech, Cree, DDC, Dynex, Fordata, Foryard, Gaia, Geyer, IXYS, Kendell, Kingbright, Ledil, Littlefuse, Mean Well, Microsemi, Omron, Recom, Sitti, Sonitron, Suntain, Telit, Vacuumschmelze, Xilinx, Yitran

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852, факс: (0-44) 220-0202
 e-mail: info@vdmals.ua, www.vdmals.ua