

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В СРЕДЕ LABVIEW 3 ЧАСТЬ

Рекомендовано редакционно-издательским советом
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Самарский государственный
аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)»
в качестве методических указаний

Самара
Издательство СГАУ
2014

Составитель *А.Н. Муравьев*

Рецензент канд. техн. наук, доц. И. В. Л о ф и ц к и й

Технология разработки виртуальных приборов в среде LabView. 3 часть: метод. указания/ сост. *А.Н. Муравьев*. – Самара: Изд-во СГАУ, 2014. – 16 с.

Изложена методика создания виртуальных приборов в пакете LabView для реализации методов обработки и моделирования сигналов типовых блоков радиоэлектронных медицинских систем.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 201000 «Биотехнические системы и технологии» и выполняющих лабораторные работы по дисциплине «Системы автоматического проектирования радиоэлектронных медицинских аппаратов». Разработаны на кафедре радиотехники.

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

При решении задач, связанных с обработкой данных эксперимента, обычно требуется решение задач по визуализации данных, предварительной обработке (например, осреднение), вычислению спектров сигналов и их визуализации, обработке сигналов на фоне помех, в частности эффективное подавление шумом и фильтрация.

Эти задачи успешно решаются при помощи мощных инструментов пакета LabView. Для понимания методики создания виртуальных приборов этого класса необходимо разобраться в работе структуры программирования **CASE**, которая позволяет установить выбор порядка выполнения графического кода LabView, изучить встроенные узлы для генерации сигналов, вычисления и отображения спектров.

В LabVIEW также есть возможность полного расширенного анализа. Вы можете использовать эти анализирующие ВП для генерирования испытательных сигналов, для запуска имитационного моделирования перед помещением системы в интерактивный режим.

Библиотека расширенного анализа LabVIEW предлагает мощные большие наборы подпрограмм анализа для обработки собранных и моделируемых данных. Эти ВП представляют самые последние технологии в программном обеспечении анализа и содержат: статистический анализ, оценки, регрессионный анализ, линейную алгебру, алгоритмы генерирования сигналов, частотно-временной анализ, функции подгонки кривых, подпрограммы работы с окнами и цифровые фильтры.

Необходимые объяснения по ВП для обработки данных подробно даны в упражнениях для изучения материала.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В следующих упражнениях предлагается изучить технику программирования ВП в LabView на основе структуры программирования **CASE**, а также способы обработки данных на фоне помех и отображения результатов во временной и частотной области.

Упражнение 12. Изучение структуры CASE.

Ваша цель – создание генератора с возможностью выбора регулировки частоты дискретизации и числа выборок и наблюдение этих эффектов на синусоидальной волне.

Информация по теме:

1. Структура CASE

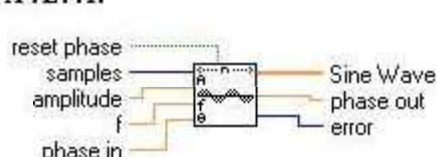
Структура выбора (**Case Structure**) является многослойной управляемой структурой. Управление производится через селектор (метка «?»), который имеется на рамке структуры. Селектор можно перемещать как элемент в лю-

бое удобное место левой стороны рамки структуры. Селектор может управляться от булевских функций «Истина» («True») — «Ложь» («False»). В любом случае структура содержит два листа, которые обозначаются булевыми элементами. Управление производится или вручную (**Controls \ Boolean**), или через логические подпрограммы. При пуске программы поочередно выполняется подпрограмма того листа структуры, обозначение которого соответствует текущему значению булевской функции.

Если требуется количество управляемых подпрограмм более двух, то при управлении ими переходят от булевских функций к использованию чисел. В этом случае к метке селектора «?» на рамке структуры подключают не булевский элемент, а, например, датчик чисел. После подключения датчика чисел обозначения листов структуры **CASE** изменяется с булевского на цифровое.

II. Генерация сигналов

В пакет встроены основные источники сигналов: синусоидальной, прямоугольной, треугольной и т.д. формы. Они имеют одинаковые терминалы управления, что позволяет их заменять в схеме без редактирования связей. Рассмотрим для примера генератор сигнала синусоидальной формы **SINE WAVE.VI**:



Основные терминалы
n — количество выборок в сигнале;
A — амплитуда в относительных единицах;
f — нормированная частота,

определяемая отношением период/выборка ($f = \text{Cycles/Sample}$). Т.е. если мы хотим наблюдать на экране виртуального осциллографа два периода (**cycles**) сигнала при объеме выборки (количества точек, отображаемых на экране) 50 (**samples**), то нормированная частота должна составлять 1/25;

0 — начальная фаза;

SINE WAVE — выход генератора. Сигнал рассчитывается по формуле

$$Y_i = A \cdot \sin(\theta + f \cdot 360 \cdot i),$$

где $i=0, 1, 2, \dots, n-1$.

III. Обработка и отображение сигналов

Реальная частота сигнала **Fc** определяется отношением - кол-во периодов/1с (**Cycles/1s**). Для связи с нормированной частотой в виртуальных приборах используется еще один важный параметр — частота выборок (**samples rate**) или частота дискретизации **fs**, которая определяется отношением кол-во выборок/1с (**samples/1s**). Количество выборок сигнала для отображения **n** может не совпадать с числом выборок (**samples**) в формуле частоты выборок. Для правильной работы цифровых алгоритмов виртуальных приборов необходимо соблюдать выполнение теоремы Котельникова:

$$F_s \geq 2 \cdot F_c.$$

Связь частоты выборок с нормированной частотой следующая:

$$f = F_c / f_s.$$

Вывод: для наблюдения сигналов с высокими частотами потребуются большие значения частоты выборки f_s и объема выборки n , что затруднительно, и поэтому рекомендуется использовать нормированную частоту f , задающую определенное число периодов **Cycles** на интервале времени, заданном объемом выборки n .

IV. Спектральный анализ

Для лучшего понимания вопросов обработки сигналов добавим в виртуальный прибор анализатор спектра. Получение спектра процесса в LabView возможно разными способами. Предлагается использовать анализатор спектра **AUTO POWER SPECTRUM.VI**



Назначение его терминалов:

Signal(V) – входной процесс;

Power Spectrum – выходной процесс;

dt – период дискретизации сигнала в секундах. Обычно $dt = 1 / f_s$;

df – интервал следования гармоник в герцах.

Терминалы **dt** и **df** необязательны, но в данном приборе они будут задействованы для точного позиционирования гармоник спектра сигналов.

Общая концепция виртуального прибора: Будем использовать структуру выбора **CASE** для формирования сигналов управления нормированной частотой f и периодом дискретизации dt в зависимости от типа управления частотой сигнала периодами **Cycles** или реальной частотой F_c . После установки параметров сигнала и запуска VI будут отображаться временная диаграмма сигнала и его амплитудно-частотный спектр.

Передняя панель

1. Откройте новую переднюю панель и поместите на неё следующие объекты:

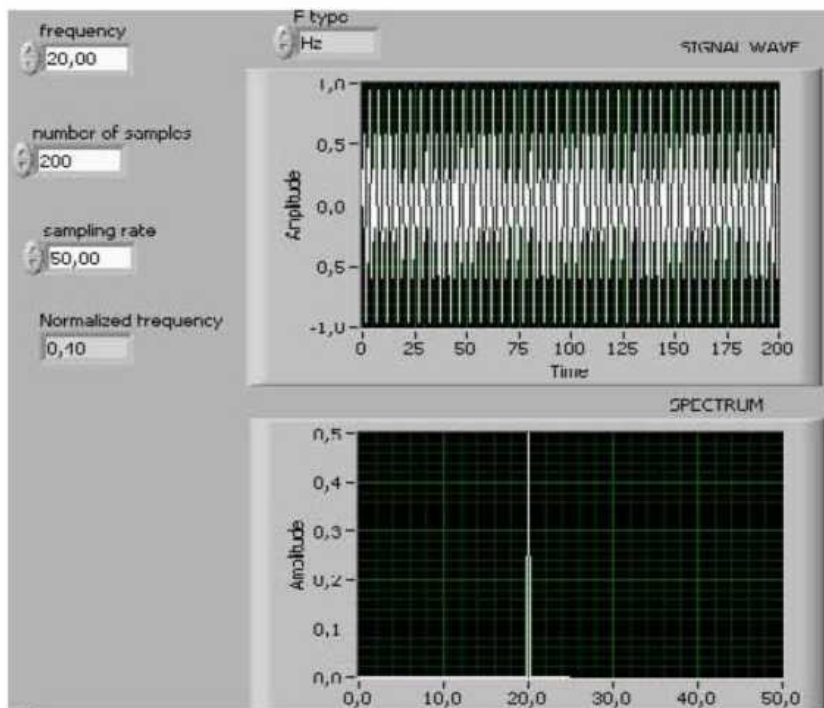
A. Три элемента **Digital Control** из палитры **Controls>>Numeric**. Дайте им названия, как показано на рисунке: **frequency** (частота), **number of samples** (объем выборки), **sampling rate** (частота дискретизации). Для элемента **number of samples** необходимо выбрать следующее представление: **Representation>>Long**.

B. Для выбора типа частоты из списка выберите элемент **Enum (Enumerated Type перечисляемый тип)** из палитры **Controls>> Ring & Enum**. Дайте ему имя **f type**. В поле ввода введите **Hz**, затем щёлкните правой кнопкой мыши на этом элементе и выберите **Add Item After** и введите **Cycle**.

C. **Digital Indicator** из палитры **Controls>>Numeric**. Дайте ему имя **normalized frequency** (нормализованная частота).

D. **Waveform Graph** из палитры **Controls>>Graph**. Дайте ему имя **SIGNAL WAVE** (временная диаграмма). Отмасштабируйте её по оси Y от -1 до 1, а по оси X - от 0 до 200.

E. **Waveform Graph** из палитры **Controls>>Graph**. Дайте ему имя **SPECTRUM**. Отмасштабируйте её по оси X - от 0 до 50 (этого диапазона будет достаточно) и снимите галочку с автоматического масштабирования по оси X: ПКМ на **Waveform Graph >> X Scale>>AutoScale X**
Результат показан на следующем рисунке:



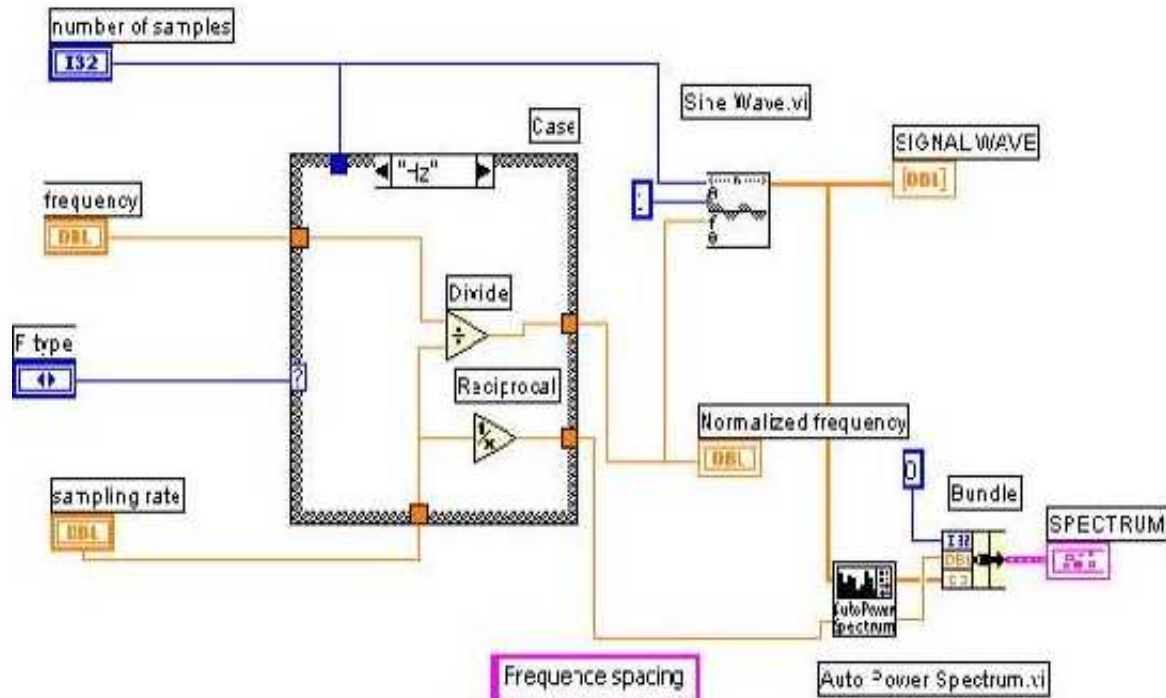
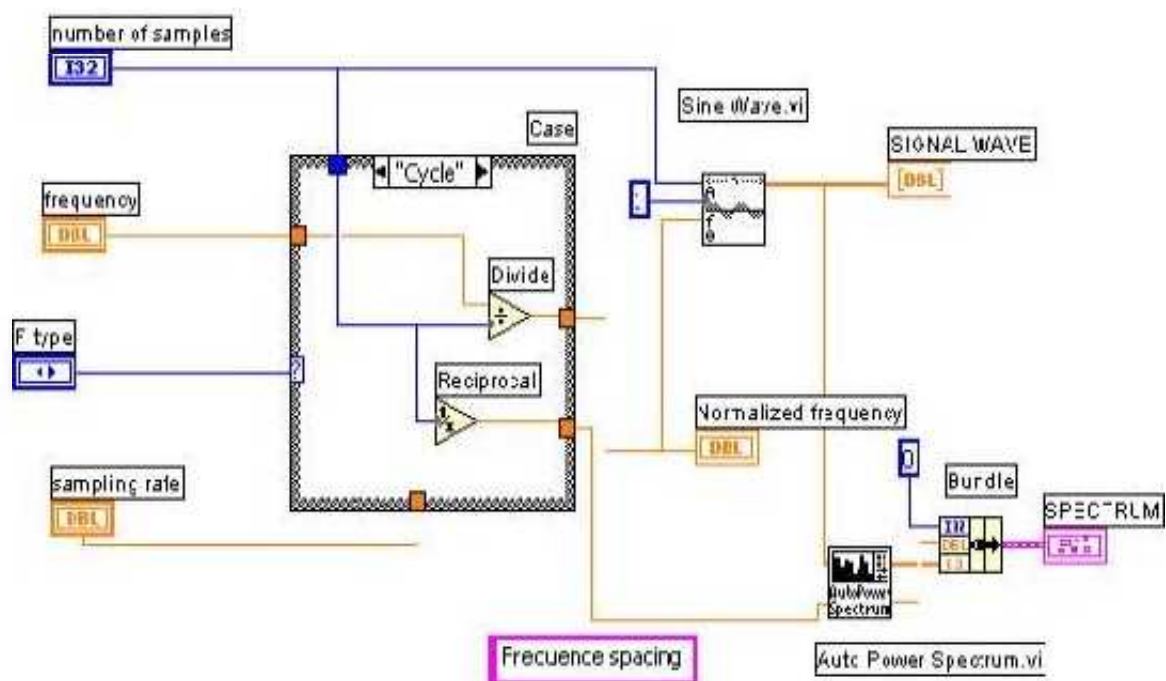
Блок-схема

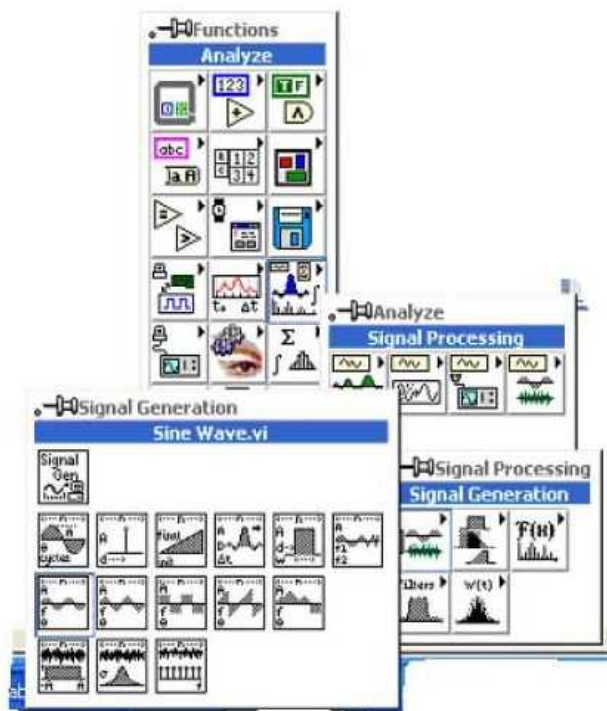
2. Сформируйте блок-схему, показанную на следующем рисунке.

Схемы отличаются содержанием структуры **CASE** для значения селектора **Hz** и **CYCLES**.

Для этого добавьте на неё следующие элементы:

A. Структуру **Case** из палитры **Functions>>Structures**. Введите в селектор вместо **True** и **False** значения **Hz** и **CYCLES** при помощи средства редактирования текста **A**.





В. **Sine Wave.VI** (Сигнал синусоидальной формы) из палитры **Functions>>Analyze>>Signal Processing>>Signal Generation>>Sine Wave.VI**.

С. **Divide** и **Reciprocal** из палитры **Functions>>Numeric**. Разберитесь по схеме с использованием этих элементов в процессе вычисления нормализованной частоты f и периода дискретизации dt (линия **frequency spacing** на схеме) для двух положений селектора **Hz** и **CYCLES**.

Д. Две числовых константы **Numeric Constant** из палитры **Functions>>Numeric**.

Е. VI для вычисления спектра **AUTO POWER SPECTRUM.VI** из палитры

Ф. **Functions>>Analyze>>Signal Processing>>Signal Generation>>Frequency Domain>>AUTO POWER SPECTRUM.VI**.

G. Элемент **Bundle** (связка) из палитры **Functions>>Cluster>>Bundel** формирует кластер из начального нулевого смещения, интервалов по частоте **df** и значений спектра сигнала для отображения на индикаторе. Соедините элементы.

Выполнение эксперимента

1. Возвратитесь в переднюю панель. Выберите селектор **f type => cycles, frequency** (частоту/число циклов) = 2 и **number of samples** (объём выборки) = 100. Выполните VI.

2. Увеличьте объём выборки на 150, 200 и 250. Сколько циклов вы видите?

3. Теперь установите объём выборки **number of samples** = 100. Увеличьте число циклов до 3, 4 и 5. Сколько циклов волны синусоиды вы видите в каждом случае?

4. Измените селектор **f type** на **Hz** и частоту дискретизации **sampling rate** на 1000.

5. Выберите объём выборки **number of samples** = 100, измените частоту сигнала **frequency** на 10, 20, 30 и 40. Сколько циклов волны синусоиды вы видите на графике для каждого случая? Объясните ваши наблюдения (для этого разберитесь в блок-схеме).

6. Повторите предыдущий шаг при частоте сигнала **frequency** = 10 и измените число выборок **number of samples** на 100, 200, 300 и 400. Сколько циклов волны синусоиды вы видите на графике для каждого случая? Объясните ваши наблюдения.

7. Установите **frequency** = 20 и **number of samples** = 200. Измените частоту дискретизации **sampling rate** (Hz) на 500, 1000 и 2000. К чему приводят эти изменения частоты дискретизации?

8. Определите минимальную предельную частоту дискретизации (при которой корректно выполняются спектральные преобразования).

9. Замените генератор синусоиды на другой. Для этого установите мышку на **Sine Wave.VI** и ПКМ выберите **Replace**, а затем перейдите к выбору VI генераторов из палитры **Functions>>Analyze>>Signal Processing>>Signal Generation**.

Список совместимых для замены генераторов:

Sine Wave.VI - генератор синусоидальной формы;

Square Wave.VI - генератор прямоугольной формы;

Triangle Wave.VI - генератор треугольной формы;

Sawtooth Wave.VI - генератор пилообразной формы.

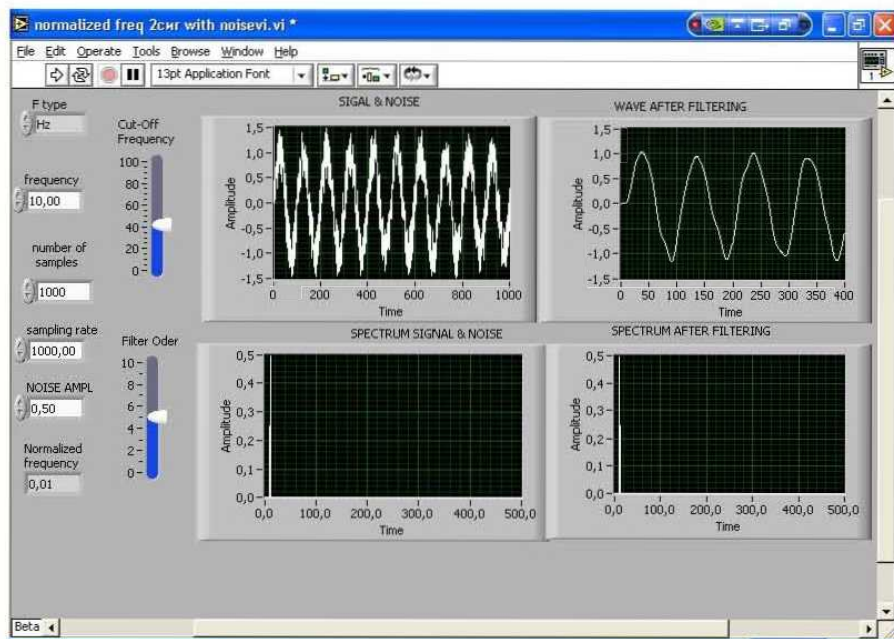
10. Сохраните VI как **Normalized Frequency.vi** в своем рабочем каталоге.

Упражнение 13. Фильтрация сигнала

Ваша цель – создание виртуального прибора для фильтрации выборки данных, которая состоит из высокочастотного шума и синусоидального сигнала с помощью фильтра Баттерворта. Установка позволяет изменять частоту синусоиды, частоту среза фильтра, его порядок и мощность шума.

Передняя панель

1. Откройте VI **Normalized Frequency.vi**, созданный в упражнении 12. Приведите переднюю панель к следующему виду:

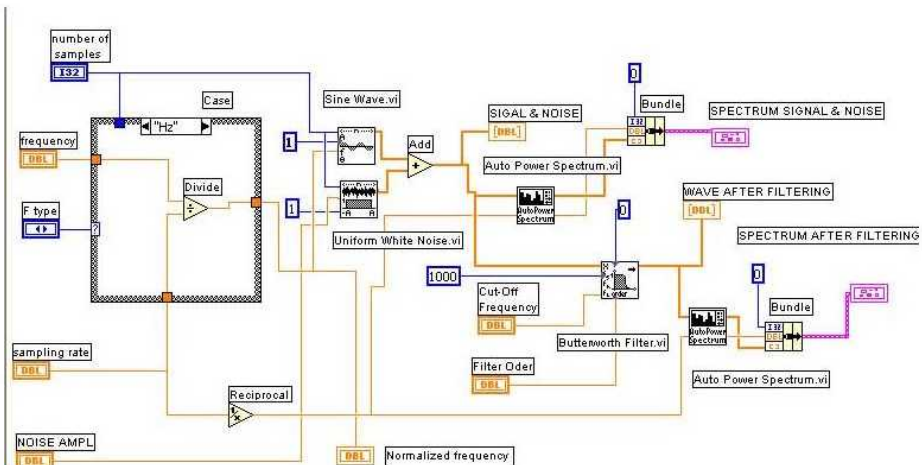


Для этого дополнительно поместите на неё следующие объекты и дайте им имена, указанные на рисунке:

- A. Два элемента **Vertical Pointer Slide** (Вертикальный Указатель) из палитры **Controls>>Numeric**.
- B. Две диаграммы **Waveform Graph** из палитры **Controls>>Graph**.

Блок-схема

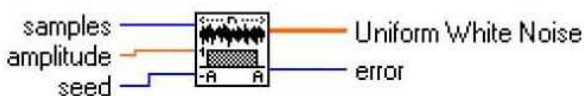
- 2. Сформируйте блок-схему, показанную на следующем рисунке.



Для этого добавьте на неё следующие элементы:



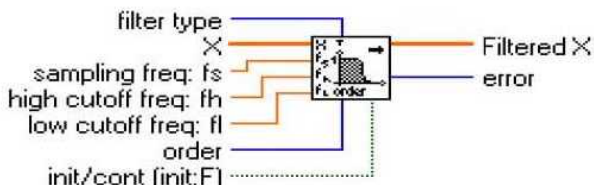
- A. **Uniform White Noise.vi** из палитры **Functions>>Analyze>>Signal Processing >>Signal Generation >> Uniform White Noise.vi** – эта функция генерирует однородный белый шум, который затем будет добавлен к синусоидальному сигналу. Терминалы источника шума показаны на следующем рисунке: Новый для вас терминал **SEED** служит для начальной установки источника случайных чисел.



Назначение других терминалов понятно из рисунка.



- B. **Butterworth Filter.vi** из палитры **Functions>>Analyze>>Signal Processing>>Signal Generation>> Filters>> Butterworth Filter.vi** – этот VI выполняет функцию фильтра с характеристикой Баттерворта.



Терминалы фильтра показаны на рисунке. Назначение основных терминалов: filter type – тип фильтра, можно задать цифрой или числовой константой:

Lowpass (0) – ФНЧ;

Highpass (1) – ФВЧ;

Bandpass (2) – ПФ;

Bandstop (3) – РФ;

X – входной процесс;

Filtered X – выходной процесс;

High cutoff freq – верхняя частота среза;

Low cutoff freq – нижняя частота среза;

Order – порядок фильтра.

На блок-схеме приведено включение этого VI в режиме ФНЧ. Аналогичные терминалы имеют фильтры с характеристиками других типов, поэтому возможна их замена без переделки всей схемы.

C. Элемент **Bundle** (связка) из палитры **Functions>>Cluster>>Bundel** формирует кластер из начального нулевого смещения, интервалов по частоте **df** и значений спектра сигнала для отображения на индикаторе.

D. Шесть числовых констант **Numeric Constant** из палитры **Functions>>Numeric**. Введите их значения в соответствии со схемой.

E. Соедините элементы, как показано на рисунке.

Выполнение эксперимента

1. Переключитесь в лицевую панель и выберите Frequency (Частоту) 10 Гц, Cut-Off Frequency (Частоту Среза) 25 Гц и Filter Order (Порядок Фильтра) 5, Noise Ampl (Амплитуду Шума) 0,5. Выполните VI.

2. Уменьшите порядок фильтра до 4, 3 и 2 и наблюдайте изменения в отфильтрованном сигнале. Объясните, что происходит, когда вы понижаете порядок фильтра.

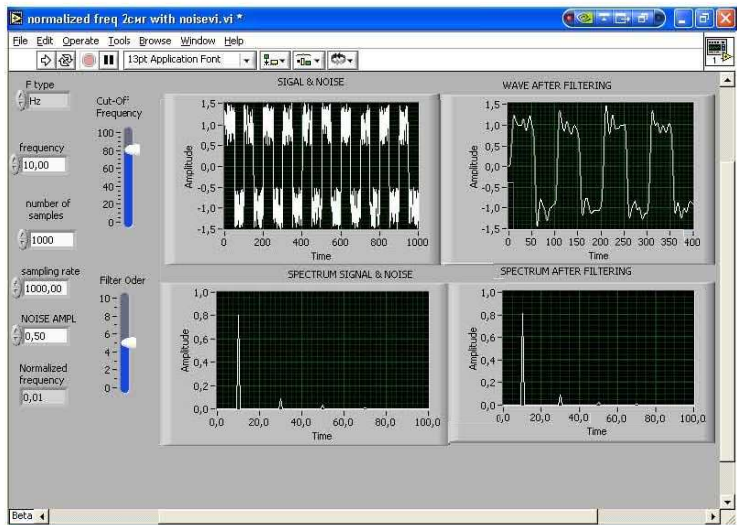
3. Увеличьте частоту среза и наблюдайте изменения в отфильтрованном сигнале. Объясните, что происходит, когда вы увеличиваете частоту среза.

4. Увеличьте амплитуду шума и наблюдайте изменения в отфильтрованном сигнале. Объясните, что происходит, когда вы увеличиваете амплитуду шума.

5. Сохраните VI как **Extract the Sine Wave.vi** в своем рабочем каталоге.

6. Закройте VI.

На следующем рисунке показан вариант данного VI с генератором прямоугольных импульсов.



Вопрос для самопроверки:

Какие изменения нужно ввести в VI (лицевая панель, блок-схема), чтобы можно было изменять с лицевой панели вид источника сигнала и тип фильтра?

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для каких целей используются инструменты расширенного анализа пакета LabView?
2. Дайте определение назначения ВП для генерации и фильтрации сигналов.
3. Какие функции выполняет структура программирования *CASE*?
4. Для чего предназначен и как настроить генератор сигнала синусоидальной формы?
5. Как связаны реальная частота сигнала и нормированная частота в пакете LabView ?
6. Какие виртуальные приборы используются для расчета спектра?
7. Для чего предназначен ВП **Sawtooth Wave.VI**?
8. Как использовать библиотеки элементов для фильтрации сигналов в пакете LabView ?
9. Как настроить ВП для построения фильтра Баттерворта в пакете LabView ?
10. Как настроить ВП для построения фильтра Чебышева в пакете LabView?

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели формировать сигнал синусоидальной или треугольной формы, отображать их на экране осциллографа, отображать их сумму, рассчитывать и отображать их спектры и спектр суммы. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 12.

2. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели формировать сигнал прямоугольной или пилообразной формы, отображать их на экране осциллографа, отображать их сумму, рассчитывать и отображать их спектры и спектр суммы. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 12.

3. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели формировать два сигнала синусоидальной формы, отображать их на экране осциллографа, отображать их произведение, рассчитывать и отображать их спектры и спектр произведения. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 12.

4. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели формировать сигнал синусоидальной или прямоугольной формы, отображать их на экране осциллографа, отображать их произведение, рассчитывать и отображать их спектры и спектр произведения. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 12.

5. Разработать виртуальный прибор, который позволяет моделировать выделение сигнала синусоидальной формы на фоне нормального шума при помощи фильтра Баттерворта. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 13.

6. Разработать виртуальный прибор, который позволяет моделировать выделение сигнала прямоугольной формы на фоне нормального шума при помощи фильтра Баттерворта. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 13.

7. Разработать виртуальный прибор, который позволяет моделировать выделение сигнала синусоидальной формы на фоне нормального шума при помощи фильтра Чебышева. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 13.

8. Разработать виртуальный прибор, который позволяет моделировать выделение сигнала прямоугольной формы на фоне нормального шума при помощи фильтра Чебышева. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 13.

Библиографический список

1. Евдокимов, Ю.К. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора [Текст]: практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW/ Ю.К. Евдокимов, В.Р. Линдваль, Г.И. Щербаков. – М.: ДМК-Пресс, 2007.
2. Жарков, Ф.П. Использование виртуальных инструментов LabView [Текст] / Ф.П. Жарков, В.В. Каратаев, В.Ф. Никифоров. – М.: Радио и связь, 1999. – 268 с.
3. Тревис, Дж. LabVIEW для всех [Текст] / Джеффри Тревис; пер. с англ. Н.А. Клушин. – М.: ДМК-Пресс; ПриборКомплект, 2005. – 544 с.

Учебное издание

**ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ
ПРИБОРОВ В СРЕДЕ LABVIEW
3 ЧАСТЬ**

Методические указания

Составитель *Муравьев Александр Николаевич*

Редакторская обработка Т.К. Кретинина
Доверстка Т.Е. Половнева

Подписано в печать 21.04.2014. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 1,0.
Тираж 50 экз. Заказ . Арт. 53/2014.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.