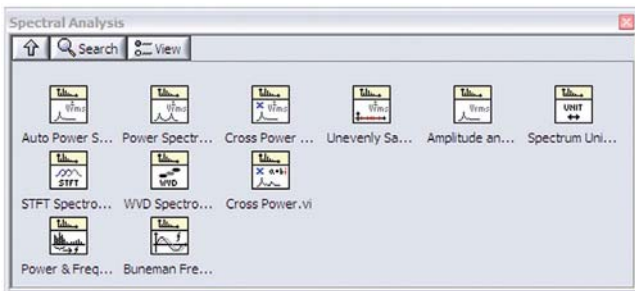


## Учебный практикум по LabVIEW

Сюрприз, обещанный на предыдущем практикуме, переносится в следующий выпуск журнала. И это будет еще больший сюрприз, чем планировалось ранее. К ежегодному форуму NI Week-2007, который состоится в августе в г. Остин, штат Техас, США, компания National Instruments в обстановке строжайшей секретности готовит всем нам нечто такое... Так что наберитесь терпения. Ну а в текущем практикуме продолжим рассмотрение функций LabVIEW. После "страшилок" типа свертки, деконволюции и корреляции, предлагается расширить свои познания в области обработки сигналов в частотной области, а именно - спектрального анализа.



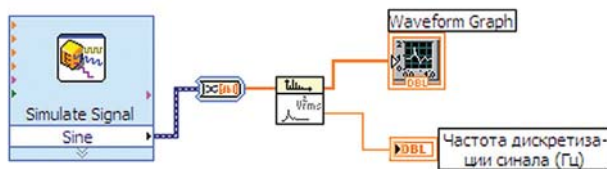
LabVIEW не был бы программным продуктом №1 в мире, если бы его создатели ограничились бы только "голым" преобразованием Фурье для решения задач цифровой обработки сигналов в частотной области. В версии 8.2 только группа спектрального анализа (**Functions>Signal Processing>Spectral Analysis**) содержит 11 функций:



Функция **Auto Power Spectrum** (трудно лаконично сказать, как это должно звучать на русском языке, но и так понятно, что имеется в виду) вычисляет спектр мощности входной последовательности:



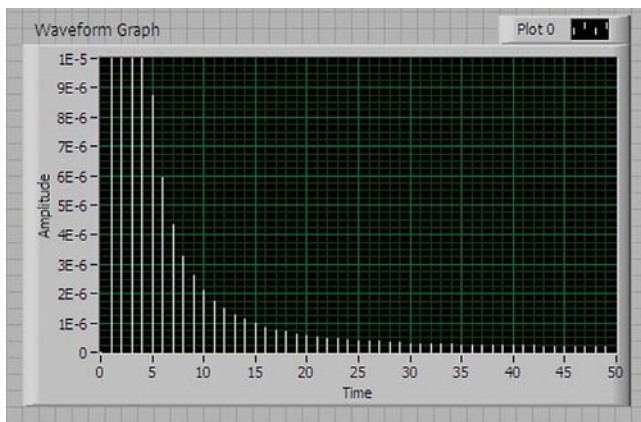
Названия входов и выходов этого VI говорят сами за себя, поэтому не будем тратить время на их описание. Спецификой данного VI является то, что диапазон частот ограничивается только составляющими до частоты Найквиста  $F_H$  (частота, равная половине частоты дискретизации), а величина спектральных составляющих увеличена в два раза. На выходе получаем массив, состоящий из мощности постоянной составляющей (нулевой элемент), мощности основной гармоники (первый элемент), а также мощностей 2-й и последующих гармоник. Подключите ко входу данной функции хорошо знакомый Вам Express VI **Simulate Signal** (не изменяя его параметров по умол-



чанию), а к выводу "Спектр мощности" - графический индикатор **Waveform Graph**, изменив при этом его параметры отображения следующим образом:

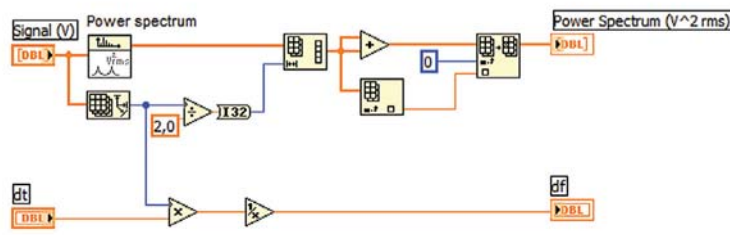
- щелкаем правой кнопкой мыши на графике и выбираем меню **"Свойства" (Properties)**;
- в разделе Plots устанавливаем режим вывода только точек;
- в окне **Fill to** вместо <none> выбираем **Zero**.

Это делается для того, чтобы отобразить лишь дискретные отсчеты на графике, а не сплошную линию. В результате, после подбора разрешения по оси Y, увидим картину спектра с дополнительными гармониками:



Этот простейший пример отображает только внешний вид спектра, при этом значения по оси X не совпадают со значениями частот составляющих сигнала, поэтому необходимы дополнительные преобразования.

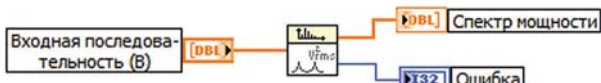
Следующей из рассматриваемой группы **Spectral Analysis** является функция получения спектра мощности входного сигнала **Power Spectrum**. Кстати, если Вы проявили бы любопытство и посмотрели внутрь предыдущей функции, то заметили бы, что основу VI **Auto Power**



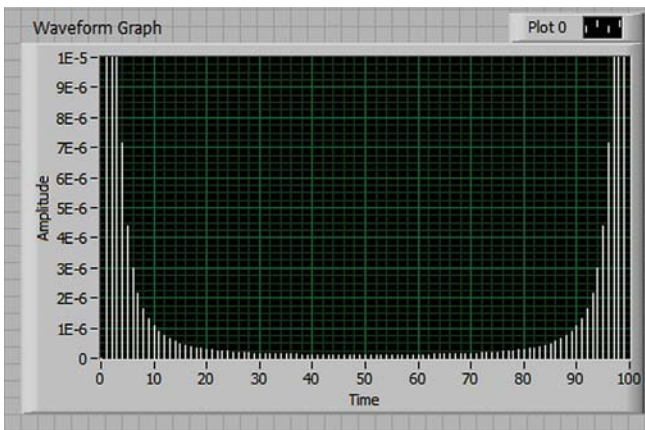


*Spectrum* составляет именно VI *Power Spectrum*. Это хорошее напоминание о том, что можно и нужно создавать свои пользовательские SubVI, для дальнейшего использования их в разрабатываемых программах.

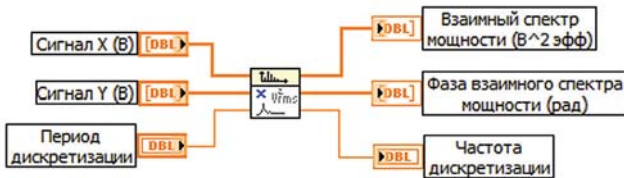
Но все же вернемся к *Power Spectrum*:



В отличие от *Auto Power Spectrum*, в данном случае спектр частот состоит как из частот ниже  $F_H$ , так и из их зеркального отражения (после  $F_H$ ). Для того, чтобы в этом убедиться, подключим ранее созданные (или создадим снова) *Simulate Signal* и *Waveform Graph*:

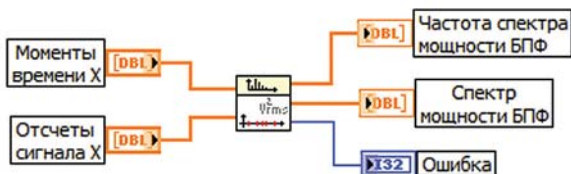


Функция *Cross Power Spectrum* (взаимный спектр мощности) рассчитывает односторонний нормированный взаимный спектр двух действительных входных сигналов: Выход *Взаимный спектр мощности* состоит из эле-

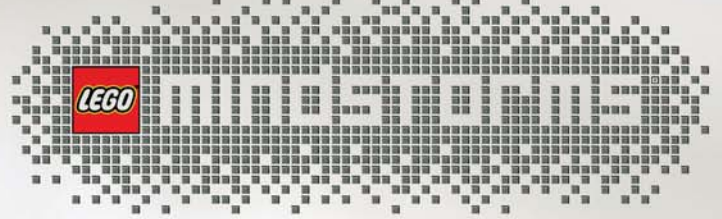


ментов, отображающих абсолютные величины составляющих спектра и имеет размерность  $[B^2 \text{ эфф}]$ , если входные сигналы в единицах  $[B]$ . А выход *Фаза взаимного спектра мощности* показывает разность фаз частотных составляющих входных сигналов  $X$  и  $Y$ .

Функцию *Unevenly Sampled Signal Spectrum* (спектр последовательности с неравномерными отсчетами) следует применять тогда, когда нужно получить спектр сигнала, имеющего разные временные интервалы между отсчетами (при оцифровке данных не было постоянного периода дискретизации):



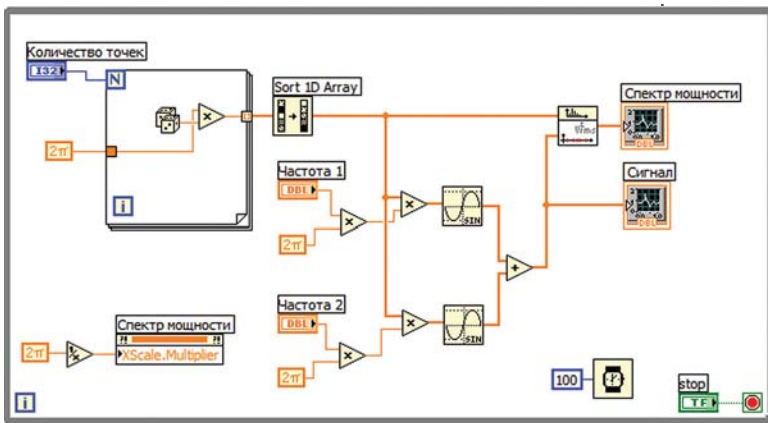
Для получения спектра мощности такого сигнала необходимо всего лишь ввести моменты времени взятия отсчетов и их значения. Для демонстрации возможностей



POWERED BY

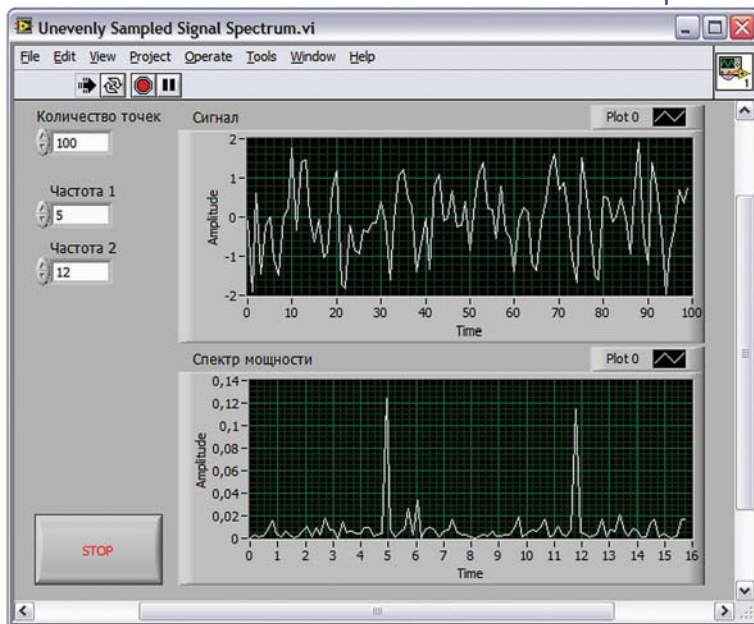






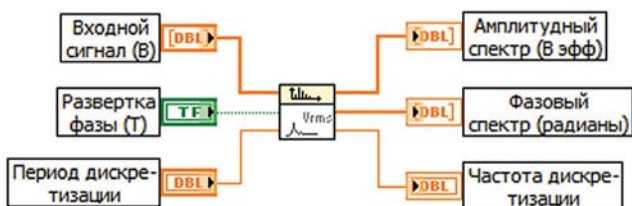
этого VI рассмотрим интересный пример. Для этого на поле блок диаграмм создадим такую несложную программу.

Все компоненты диаграммы, можно надеяться, Вам понятны. Но все же будет нелишним дать короткое объяснение ее работы. И так, сначала формируется массив случайных чисел, состоящий из указанного регулятором "Количество точек" числа элементов. Затем эти элементы ранжируются в порядке возрастания и таким образом реализуется "неодинаковость" интервалов дискретизации. После этого на основании полученных массивов создается сигнал, являющийся суммой двух синусоид. Если Вы все сделали правильно, то при запуске программы на передней панели увидите приблизительно следующее:



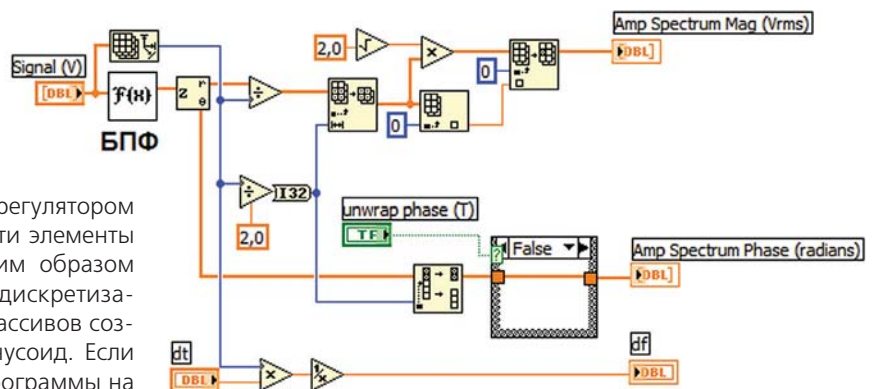
В порядке упражнения добавьте еще несколько составляющих сигналов в этот пример и посмотрите, как справится VI с поставленной перед ним задачей.

Следующая функция - **Amplitude and Phase Spectrum** (амплитудный и фазовый спектр):



Подробно описывать этот VI, наверное, особого смысла нет, поскольку в его основе заложено известное быстрое преобразование Фурье (БПФ). В этом можно легко убедиться, щелкнув дважды мышью на пиктограмме VI. Появится незамысловатая передняя панель, раскрыв внутренности которой Вы увидите функцию быстрого преобразования Фурье.

Пожалуй, вход **Развертка Фазы** требует более детального рассмотрения. Для начала - немного теории. Функция развертки фазы призвана решить проблему фазовой неоднозначности. До развертки значение фазы сигнала находится в пределах 0-360 град., в то время как в большинстве случаев необходимо знание

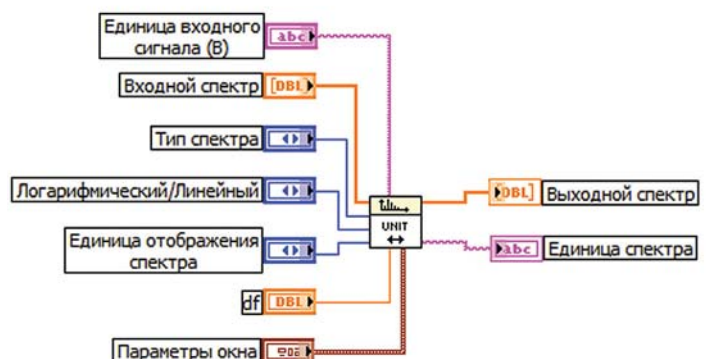


абсолютного значения фазы. Задача сводится к добавлению нужного числа фазовых циклов к каждому фазовому измерению. Задача осложняется наличием фазовых шумов в реальном сигнале и так называемых "разрывов" фазы, что делает ее решение сложным теоретически и вычислительно емким. По умолчанию функция развертки фазы этого VI включена.

Очень полезная функция **Spectrum Unit Conversion** (преобразование единиц спектра). В отличие от ранее рассмотренных, этот VI не определяет спектр сигнала, а лишь преобразует его в различные альтернативные форматы.

Дадим некоторые пояснения по поводу работы этого VI и для этого рассмотрим некоторые его входы:

■ вход **"Единица входного сигнала"** определяет единицу измерения сигнала во временной области. По умолчанию установлено значение в вольтах (V). Обратите внимание, что в данную строку необходимо вводить символы на английском языке (V, например);



■ вход **"Тип спектра"** определяет следующие типы входных спектров:

0 - спектр мощности ( $V^2$  эфф); установлен по умолчанию;

- 1 - амплитудный спектр (В эфф);
- 2 - коэффициент усиления;

■ вход **"Логарифмический/Линейный"** определяет вид выходного спектра. Можно вводить следующие значения:

- 0 - линейный;
- 1 - логарифмический (дБ);
- 2 - логарифмический (в децибелах мощности (дБм));

■ параметры окна определяются в VI **Scaled Time Domain Window** (масштабированное временное окно). По умолчанию они имеют значения, соответствующие равномерному окну.

Но это еще не все. Теперь следует набраться терпения и разобраться со входом "Единица отображения спектра". Для получения нужного выходного спектра, необходимо задать соответствующую ему единицу отображения. Можно задавать следующие значения:

- 0 - В эфф;
- 1 - В пик (пиковое значение, В);
- 2 -  $V^2$  эфф;
- 3 -  $V^2$  пик;
- 4 - В эфф/ $\sqrt{\text{Гц}}$ ;
- 5 - В пик/ $\sqrt{\text{Гц}}$ ;
- 6 -  $V^2$  эфф/ $\sqrt{\text{Гц}}$ ;
- 7 -  $V^2$  пик/ $\sqrt{\text{Гц}}$ .

Нетрудно догадаться, что на выходе **Spectrum Unit Conversion** получаем спектр сигнала с заданными пара-

метрами. Создайте несложный собственный пример спектрального анализа (или доработайте один из ранее созданных), используя блок преобразования. Тестирование его стандартными сигналами (для которых заранее известен результат) позволит быстро разобраться в работе этого непростого VI.

VI **STFT Spectrogram** (спектрограмма STFT) выполняет расчет распределения энергии в частотно-временной области, используя алгоритм локального преобразования Фурье (short-time Fourier transform (STFT)):



Вход **"Временные параметры"** является кластером, состоящим из двух значений:

■ **Time Steps** - определяет на какое число отсчетов будет сдвинуто скользящее окно. По умолчанию установлено значение -1, что означает автоматическое определение смещения окна;

■ **Frequency Bins** - определяет размер БПФ при определении локального преобразования Фурье.

■ Вход **"Параметры окна"** включает в себя два элемента, определяющих свойства окна, применяемого для преобразования:

■ Тип окна:

0 - прямоугольное окно (Rectangle); устанавливается по умолчанию;

## USB пристрої збору даних



### NI USB-6008/6009

аналоговий ввід 8SE/4DI, 12/14 біт  
частота перетворення 10/48кГц,  
аналоговий вивід 12біт, 2 канала,  
32-х розрядний лічильник,  
клемні з'єднувачі, USB кабель,  
драйвер

### NI USB-9233

аналоговий ввід  
віброакустичних сигналів,  
4 канала, 24біт, 50кГц, 102дБ  
підтримка IPE датчиків



www.holit.ua  
info@holit.ua

## ХОЛИТ Дейта Системс

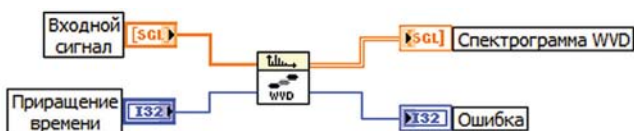
авторизований партнер фірми NATIONAL INSTRUMENTS в Україні



- 1 - окно Хэннинга (Hanning);
- 2 - окно Хэмминга (Hamming);
- 3 - окно Блэкмана-Харриса (Blackman-Harris);
- 4 - точное Блекмана (Exact Blackman);
- 5 - окно Блэкмана (Blackman);
- 6 - плосковершинное окно (Flat Top);
- 7 - четырехзвенное окно Блекмана-Харриса (4 Term B Harris);
- 8 - семизвенное окно Блекмана-Харриса (7 Term B-Harris);
- 9 - окно с низким уровнем боковых лепестков (Low Sidelobe);
- 11 - окно Блэкмана-Нуттала (Blackman Nuttall);
- 30 - треугольное окно (Triangle);
- 62 - окно Гаусса (Gaussian);

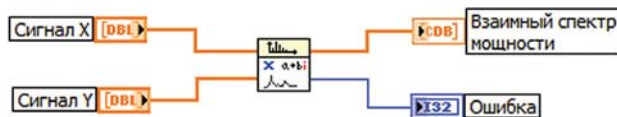
■ **Ширина окна.** По умолчанию значение данного параметра равно 64.

VI для выполнения расчетов распределения энергии в пространственно-временной области на основании преобразования Вигнера-Вилля (Wigner-Ville distribution) так и называется - **WVD Spectrogram**:



При помощи входа **"Приращение времени"** задается временной интервал распределения Винера-Вилля. Например, если выборки сигнала производились с частотой  $f$  [Гц], то расстояние между рядами спектрограммы будет равно **приращение времени /  $f$**  в секундах.

Функция **Cross Power**, заметьте не **Cross Power Spectrum**, рассмотренная выше, - это еще одна функция, определяющая взаимный спектр мощности двух входных сигналов:

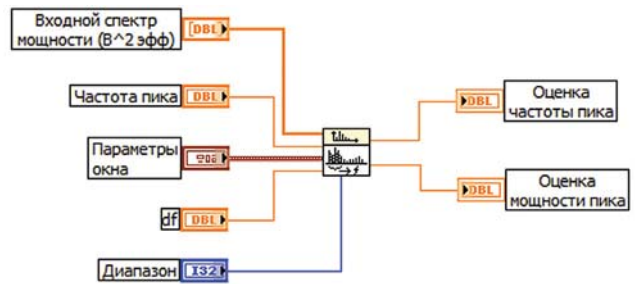


Данная функция, в отличие от **Cross Power Spectrum**, не определяет фазу взаимного спектра мощности и использует несколько иной алгоритм, позволяющий получить на выходе комплексную последовательность.

В случае, когда обе входные последовательности имеют одинаковую длину и она равна  $2^n$ , для вычисления применяется функция БПФ. Если же данное условие не выполняется, то меньшая последовательность дополняется нулями до выравнивания размеров, после чего они обе дополняются нулями, пока их длина не будет равна  $2^n$ .

С помощью функции **Power & Frequency Estimate** (оценка мощности и частоты) рассчитываются значения мощности и частоты в окрестностях пика входного спектра мощности сигнала.

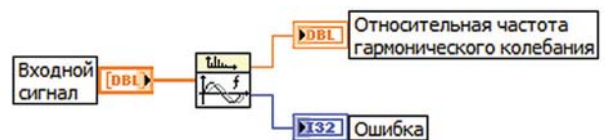
При помощи входа **"Частота пика"** указывается частота пика спектра (в Гц), в окрестностях которой будет произведена оценка частоты и мощности этого самого пика. Если к данному входу ничего не подключать, то максимум пика входного спектра будет определен автоматически и, следовательно, оценка частоты и мощности будет произведена в его окрестностях.



Вход **"Параметры окна"** является кластером, который легко формируется при помощи VI **Scaled Time Domain Window (Functions >> Signal Processing >> Windows)** и определяет свойства применяемого окна.

Вход **"Диапазон"** определяет количество спектральных линий, которые будут проанализированы при нахождении оценки. По умолчанию установлено значение 7. Это означает, что помимо пика будут исследованы три линии, находящиеся непосредственно перед ним, и три - после него.

Ну и, наконец, последняя в палитре **Spectral Analysis**, функция - **Buneman Frequency Estimator** (оценка частоты колебания). Этот VI определяет оценку относительной частоты  $\beta$  гармонического колебания при помощи анализа амплитудного спектра входной последовательности:



Действительная частота гармонического колебания рассчитывается путем умножения относительной на частоту первой гармоники, т. е.  $f = \beta * df$ .

Для задач обработки сигналов в частотной области в LabVIEW, конечно же, имеются наборы функций, позволяющие выполнять прямое и обратное преобразования Фурье, Гильберта, Хартли, Уолша-Адамара, прямое и обратное вейвлет-преобразования, и многое другое, не говоря уже о специализированных Express VI. Но об этом - в выпуске №4-2007.

**Материал подготовлен сотрудниками фирмы "ХОЛИТ Дэйта Системс", г. Киев**

**В ПОМОЩЬ инженеру на сайте**



[www.labview.com.ua](http://www.labview.com.ua)