



# PowerGraph

## Справочник по функциям обработки сигналов - Часть 1

Измайлов Д.Ю., Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Россия

В десятках организаций Украины уже используется программный пакет PowerGraph, обеспечивающий поддержку широкого спектра оборудования (L-Card, ХОЛИТ Дэйта Системс, National Instruments и др.) и обладающий мощными функциями цифровой обработки и анализа сигналов. Нынешняя публикация об этом программном продукте, уже пятая по счету, должна была быть посвящена Анализу Данных. Но, наверное, прежде следует дать больше информации по функциям обработки сигналов. И лучше это сделать в виде справочника, который будет весьма полезен и для читателей ПИКАД, и для уже состоявшихся пользователей PowerGraph. Справочник состоит из списка категорий, в каждом из которых идет перечисление функций этой категории. И для каждой функции указывается имя, короткое описание и общая формула (если необходима).

Используемые обозначения: **X** - значение сигнала в канале-источнике, **Y** - значение сигнала в канале-приемнике, **A** - амплитуда, **F** - частота, **N** - количество точек, **K** - произвольное численное значение.

### Data

Категория **Data** содержит функции копирования, калибровки и нормализации данных.

**Copy** - копирование данных канала-источника в канал-приемник:

$$Y = X$$

**RawData** - копирование основных данных канала-источника в расчетные данные канала-приемника (подробнее об основных и расчетных данных см. ПИКАД №4-2008).

**Invert** - инвертирование данных (умножение на -1):

$$Y = -X$$

**Calibrate** - линейная калибровка данных, включающая умножение на масштабный коэффициент **K** и прибавление смещения **A**:

$$Y = X * K + A$$

**Scale** - масштабирование данных (умножение на **K**):

$$Y = X * K$$

**Offset** - смещение данных (прибавление **A**):

$$Y = X + A$$

**OffsetMax** - вычитание максимального значения (Max). Максимальное значение обработанных данных равно 0:

$$Y = X - Max$$

**OffsetMin** - вычитание минимального значения (Min). Минимальное значение обработанных данных равно 0:

$$Y = X - Min$$

**OffsetMean** - вычитание среднего арифметического

значения (Mean). Среднее арифметическое значение обработанных данных равно 0:

$$Y = X - Mean$$

**OffsetMedian** - вычитание медианы (Median). Медиана (значение, которое разбивает выборку на две равные части) обработанных данных равна 0:

$$Y = X - Median$$

**OffsetMiddle** - вычитание центрального значения всего диапазона значений. Минимальное и максимальное значения обработанных данных равны по модулю:

$$Y = X - (Min + Max) / 2$$

**OffsetMode** - вычитание моды (Mode). Мода (значение, наиболее часто встречающееся в выборке) обработанных данных равна 0:

$$Y = X - Mode$$

**Normalize** - нормализация данных, включающая вычитание среднего арифметического значения (Mean) и деление на стандартное отклонение (StdDev). Среднее арифметическое значение обработанных данных равно 0, а стандартное отклонение равно 1:

$$Y = (X - Mean) / StdDev$$

**NormalizeByMax** - нормализация данных относительно наибольшего по модулю значения. Значения обработанных данных находятся в диапазоне от -1 до 1.

$$Y = X / |Max| \text{ если } |Max| > |Min|$$

$$Y = X / |Min| \text{ если } |Min| > |Max|$$

**NormalizeByRange** - нормализация данных относительно всего диапазона значений. Минимальное значение обработанных данных равно -1, а максимальное значение равно 1:

$$Y = 2 * (X - Min) / (Max - Min) - 1$$

**NormalizeByRate** - нормализация данных относительно частоты регистрации, т.е. деление на значение частоты регистрации (Fs) или умножение на значение периода дискретизации (dT = 1 / Fs):

$$Y = X / Fs \text{ или } Y = X * dT$$

**NormalizeByTime** - нормализация данных относительно периода дискретизации, т.е. умножение на значе-

ние частоты регистрации ( $F_s$ ) или деление на значение периода дискретизации ( $dT = 1 / F_s$ ):

$$Y = X * F_s \text{ или } Y = X / dT$$

**Nothing** - удаление расчетных данных канала-приемника. Функция может применяться при составлении алгоритмов для удаления промежуточных вычислений.

### Filters

Категория **Filters** содержит функции амплитудной фильтрации сигналов.

**Positive** - копирование только положительных значений:

$$Y = X \text{ если } X > 0 \\ Y = 0 \text{ если } X \leq 0$$

**Negative** - копирование только отрицательных значений:

$$Y = X \text{ если } X < 0 \\ Y = 0 \text{ если } X \geq 0$$

**Above** - копирование значений, расположенных выше заданного уровня амплитуды **A**:

$$Y = X \text{ если } X > A \\ Y = A \text{ если } X \leq A$$

**Below** - копирование значений, расположенных ниже заданного уровня амплитуды **A**:

$$Y = X \text{ если } X < A \\ Y = A \text{ если } X \geq A$$

**RangeFilter** - копирование значений, расположенных в заданном диапазоне амплитуды от **A1** до **A2**:

$$Y = X \text{ если } A1 < X < A2 \\ Y = A1 \text{ если } X \leq A1 \\ Y = A2 \text{ если } X \geq A2$$

**MedianFilter** - медианный фильтр. Единственным численным аргументом функции является количество точек исходного сигнала **N**, используемое для расчета скользящей медианы.

**NoiseFilter** - удаление из сигнала высокочастотных шумов и случайных выбросов. В функции применяется избирательный алгоритм обработки соседних значений сигнала.

**Trend** - выделение линейного тренда из сигнала. Функция возвращает значения, соответствующие линейной аппроксимации исходного сигнала.

**NoTrend** - удаление линейного тренда из сигнала. Функция вычитает из исходного сигнала значения, соответствующие его линейной аппроксимации.

**AC** - выделение из сигнала синусоидальной составляющей с заданной частотой. Единственным аргументом функции является частота аппроксимирующей синусоиды **F** (Гц).

**ACFilter** - удаление из сигнала синусоидальной составляющей с заданной частотой. Единственным аргументом функции является частота аппроксимирующей синусоиды **F** (Гц).

**ACSelectMax** - выделение из сигнала синусоидальной составляющей с максимальной амплитудой в заданном диапазоне частот. Численными аргументами функции являются крайние значения диапазона частот **F1** и **F2** (Гц), а также целочисленный коэффициент **K**. Функция аппроксимирует исходный сигнал набором синусоид частотой от **F1** до **F2** с шагом  $\Delta F = (F2 - F1) / K$  и возвращает значения, соответствующие синусоиде с максимальной амплитудой.

### Arithmetics

Категория **Arithmetics** содержит функции арифметических операций с сигналами. В качестве основных аргументов арифметических функций указываются два канала-источника **X1** и **X2**.

**+, -, \*, /, ^** - функции-операторы арифметических действий: сложение, вычитание, умножение, деление и возведение в степень.

**Quotient** - целочисленное деление сигнала на сигнал (целое частное).

**Remainder** - остаток от целочисленного деления сигнала на сигнал.

**Magnitude** - модуль двух сигналов (квадратный корень из суммы квадратов):

**Phase** - фаза двух сигналов (арктангенс отношения), выраженная в радианах. Результат вычислений принимает значения от  $-\pi$  до  $+\pi$  ( $\approx 3.141593$  радиан):

$$Y = \arctg(X1 / X2)$$

**PhasePl** - фаза двух сигналов (арктангенс отношения), выраженная в единицах. Результат вычислений принимает значения от  $-1$  до  $+1$ .

$$Y = \arctg(X1 / X2) / \pi$$

**AddCalibrate** - сложение двух сигналов и калибровка результата:

$$Y = (X1 + X2) * K + A$$

**SubCalibrate** - вычитание двух сигналов и калибровка результата:

$$Y = (X1 - X2) * K + A$$

**MpyCalibrate** - умножение сигнала на сигнал и калибровка результата:

$$Y = (X1 * X2) * K + A$$

**DivCalibrate** - деление сигнала на сигнал и калибровка результата:

$$Y = (X1 / X2) * K + A$$

**CalibrateAdd** - калибровка и сложение двух сигналов:

$$Y = (X1 * K1) + (X2 * K2) + A$$

**CalibrateSub** - калибровка и вычитание двух сигналов:

$$Y = (X1 * K1) - (X2 * K2) + A$$

**CalibrateMpy** - калибровка и умножение сигнала на сигнал:

$$Y = (X1 * K1 + A1) * (X2 * K2 + A2)$$

**CalibrateDiv** - калибровка и деление сигнала на сигнал:

$$Y = (X1 * K1 + A1) / (X2 * K2 + A2)$$

### Comparison

Категория **Comparison** содержит функции сравнения, включающие сравнение сигналов двух каналов-источников **X1** и **X2**, а также сравнение сигнала одного канала-источника **X** с двумя значениями амплитуды **A1** и **A2**. В качестве результата функции сравнения возвращают:

- логические значения: 0 ("ложь") - если условие сравнения ошибочно; 1 ("истина") - если условие сравнения верно;
- значение одного из сигналов.

**<** (меньше) - **X1** меньше **X2**:

$$Y = 1 \text{ если } X1 < X2$$

$$Y = 0 \text{ если } X1 \geq X2$$

**<=** (меньше или равно) - **X1** меньше или равно **X2**:

$$Y = 1 \text{ если } X1 \leq X2$$

$$Y = 0 \text{ если } X1 > X2$$

> (больше) - **X1** больше **X2**:

$$Y = 1 \text{ если } X1 > X2$$

$$Y = 0 \text{ если } X1 \leq X2$$

>= (больше или равно) - **X1** больше или равно **X2**:

$$Y = 1 \text{ если } X1 \geq X2$$

$$Y = 0 \text{ если } X1 < X2$$

= (равно) - **X1** равно **X2**:

$$Y = 1 \text{ если } X1 = X2$$

**Y = 0** во всех остальных случаях

<> (не равно) - **X1** не равно **X2**:

$$Y = 0 \text{ если } X1 = X2$$

**Y = 1** во всех остальных случаях

**Rangeln** - значение сигнала принадлежит диапазону амплитуды от **A1** до **A2**:

$$Y = 1 \text{ если } A1 \leq X \leq A2$$

$$Y = 0 \text{ если } X < A1 \text{ или } X > A2$$

**RangeOut** - значение сигнала не принадлежит диапазону амплитуды от **A1** до **A2**:

$$Y = 0 \text{ если } A1 \leq X \leq A2$$

$$Y = 1 \text{ если } X < A1 \text{ или } X > A2$$

**SelectMax** - выбор большего значения:

$$Y = X1 \text{ если } X1 \geq X2$$

$$Y = X2 \text{ если } X1 < X2$$

**SelectMin** - выбор меньшего значения:

$$Y = X1 \text{ если } X1 \leq X2$$

$$Y = X2 \text{ если } X1 > X2$$

## Math

Категория **Math** содержит математические, тригонометрические и логарифмические функции.

**Abs** - модуль числа (абсолютное значение):

$$Y = X \text{ если } X \geq 0$$

$$Y = -X \text{ если } X < 0$$

**Sign** - знак числа:

$$Y = 1 \text{ если } X > 0$$

$$Y = 0 \text{ если } X = 0$$

$$Y = -1 \text{ если } X < 0$$

**Reciprocal** - обратная величина числа:

$$Y = 1 / X$$

**Power2** - квадрат числа:

$$Y = X^2$$

**Power** - произвольная степень числа:

$$Y = X^K$$

**Sqrt** - квадратный корень числа:

$$Y = X^{0.5}$$

**SqrtPI** - квадратный корень числа умноженного на :

$$Y = (X * \pi)^{0.5}$$

**Round** - округление числа до ближайшего целого.

**Fix** - целая часть числа.

**Int** - округление числа до ближайшего меньшего целого (например  $\text{Int}(-8.3) = -9$ ).

**Sin, SinPI** - синус угла, выраженного в радианах и единицах  $\pi$ :

$$Y = \sin(X)$$

**Cos, CosPI** - косинус угла, выраженного в радианах и единицах  $\pi$ :

$$Y = \cos(X)$$

**Tan, TanPI** - тангенс угла, выраженного в радианах и единицах  $\pi$ :

$$Y = \text{tg}(X)$$

**ATan, ATanPI** - арктангенс числа, результат в радианах и единицах  $\pi$ :

$$Y = \text{arctg}(X)$$

**RadToPI** - преобразование радиан в единицы  $\pi$ :

$$Y = X / \pi$$

**PIToRad** - преобразование единиц в радианы:

$$Y = X * \pi$$

**RadToDeg** - преобразование радиан в градусы:

$$Y = X * 180 / \pi$$

**DegToRad** - преобразование градусов в радианы:

$$Y = X * \pi / 180$$

**Log10** - десятичный логарифм числа:

$$Y = \lg(X)$$

**Ln** - натуральный логарифм числа:

$$Y = \ln(X)$$

**Exp** - экспонента числа:

$$Y = e^X$$

**Rand** - произведение числа и случайного значения в диапазоне от 0 до 1.

## Levels

Функции категории **Levels** заполняют все данные канала-приемника одним значением - уровнем. В качестве уровня могут быть использованы расчетные статистические значения, а также пользовательские и математические константы.

**Const** - произвольное значение амплитуды **A**.

**Max** - максимальное значение в канале-источнике.

**Min** - минимальное значение в канале-источнике.

**Range** - диапазон значений канала-источника: Max-Min.

**Mean** - среднее арифметическое значение канала-источника.

**Middle** - центральное значение диапазона значений канала-источника:  $(\text{Min} + \text{Max}) / 2$ .

**Median** - медиана канала-источника (значение, которое разбивает выборку на две равные части).

**Mode** - мода канала-источника (значение, наиболее часто встречающееся в выборке).

**RMS** - среднеквадратичное значение канала-источника.

**Variance** - значение дисперсии канала-источника.

**StdDev** - значение стандартного отклонения канала-источника.

**StdError** - значение стандартной ошибки канала-источника.

**NULL** - нулевое значение (0).

**TRUE** - значение "истина" логической операции (1).

**2PI** - значение  $2\pi$ .

**PI** - значение  $\pi$ .

**PI\_2** - значение  $\pi/2$ .

**PI\_4** - значение  $\pi/4$ .

## Shift

Категория **Shift** содержит функции смещения сигналов по оси времени и изменения последовательности значений.

**Reverse** - переворачивание (обращение) сигнала по оси времени: первая точка становится последней, а последняя первой.

**ShiftLeft** - смещение сигнала влево (к началу) на заданное количество точек **N**:

$$Y(i) = X(i + N)$$

**ShiftRight** - смещение сигнала вправо (к концу) на заданное количество точек **N**:

$$Y(i) = X(i - N)$$

**ShiftToMax** - смещение сигнала влево на **Nmax** точек, где **Nmax** - индекс точки с максимальным значением (точка с максимальным значением становится первой):

$$Y(i) = X(i + Nmax)$$

**ShiftToMin** - смещение сигнала влево на **Nmin** точек, где **Nmin** - индекс точки с минимальным значением (точка с минимальным значением становится первой):

$$Y(i) = X(i + Nmin)$$

**ShiftToAbove** - смещение сигнала влево на **Namp** точек, где **Namp** - индекс точки, в которой положительный фронт сигнала достигает или переходит заданный уровень амплитуды **A** (эта точка становится первой):

$$Y(i) = X(i + Namp)$$

где  $X(Namp) \geq A$ , а  $X(Namp-1) < A$

**ShiftToBelow** - смещение сигнала влево на **Namp** точек, где **Namp** - индекс точки, в которой отрицательный фронт сигнала достигает или переходит заданный уровень амплитуды **A** (эта точка становится первой):

$$Y(i) = X(i + Namp)$$

где  $X(Namp) \leq -A$ , а  $X(Namp-1) > -A$

**SortAsc** - сортировка значений сигнала в порядке возрастания.

**SortDesc** - сортировка значений сигнала в порядке убывания.

## Cyclic

Категория **Cyclic** содержит функции обработки циклических сигналов. Функции этой категории разбивают сигнал канала-источника на отдельные циклы, содержащие положительный и отрицательный фронт. Для каждого цикла вычисляется соответствующее функции значение, а данные канала-приемника заполняются этим значением на протяжении всего цикла. Единственным численным аргументом всех функций этой категории является количество точек **N** (2 и более), определяющее минимальный размер циклов. Ограничение минимального размера циклов, наряду с предварительным сглаживанием и фильтрацией исходных сигналов, позволяет исключить из обработки случайные выбросы и шумы.

**CyclePhase** - фаза цикла:

**Y = 1** от минимума до максимума  
(положительный фронт)

**Y = -1** от максимума до минимума  
(отрицательный фронт)

**CycleFrequency** - частота каждого цикла в герцах.

**CyclePeriod** - длительность (период) каждого цикла в секундах.

**CycleHalfPeriod** - длительность положительного и отрицательного фронтов сигнала (полупериод).

**CycleMax** - максимальное значение в каждом цикле.

**CycleMin** - минимальное значение в каждом цикле.

**CycleMean** - среднее арифметическое значение каждого цикла.

**CycleRange** - диапазон значений каждого цикла: Max-Min.

## Generators

Категория **Generators** содержит функции генерации сигналов.

**GenSine** - генерация синусоидального сигнала. Численные аргументы функции: амплитуда **A**, частота **F** (Гц) и начальная фаза **K** (от 0 до 1).

**GenTriangle** - генерация треугольного сигнала. Численные аргументы функции: амплитуда **A**, частота **F** (Гц) и начальная фаза **K** (от 0 до 1).

**GenRamp** - генерация пилообразного сигнала. Численные аргументы функции: амплитуда **A**, частота **F** (Гц) и начальная фаза **K** (от 0 до 1).

**GenRandom** - генерация случайных значений с равномерным распределением. Единственным численным аргументом функции является амплитуда сигнала **A**, соответствующая максимальному по модулю значению ( $-A \leq Y \leq A$ ).

**GenRandomGaus** - генерация случайных значений с гауссовским (нормальным) распределением. Единственным численным аргументом функции является амплитуда сигнала **A**, соответствующая стандартному отклонению нормального распределения.

*Справочник по функциям обработки в PowerGraph получается предельно кратким, но, тем не менее, в рамках одной публикации все осветить не получается. В следующем выпуске ПИКАД - вторая часть справочника. В ней будут рассмотрены более сложные функции обработки сигналов, использующие принцип свертки: сглаживание, фильтрация, дифференцирование, интегрирование и другие.*



### КОНТАКТЫ:

тел: 8-107-495-961-47-30  
e-mail: soft@powergraph.ru

*Демонстрационная версия, позволяющая протестировать возможность применения PowerGraph для различных задач регистрации, обработки и анализа сигналов доступна в Интернете по адресу: [www.powergraph.ru](http://www.powergraph.ru).*

**АКЦИЯ!**

Дополнительная лицензия  
на PowerGraph  
за публикацию о внедрении  
программного продукта  
в журнале "ПиКАД"