

PowerGraph

часть 4 - обработка сигналов

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

Программный пакет PowerGraph - это и мощные функции цифровой обработки и анализа сигналов, и поддержка широкого спектра оборудования, и простота и наглядность пользовательского интерфейса, сочетающиеся с эффективным динамическим представлением графических данных. Четвертая статья цикла публикаций (см. ПИКАД №3-2007, №1..3-2008) посвящена применению математических функций, созданию формул и алгоритмов вычислений, обработке сигналов в режиме реального времени и особенностям работы с расчетными данными.

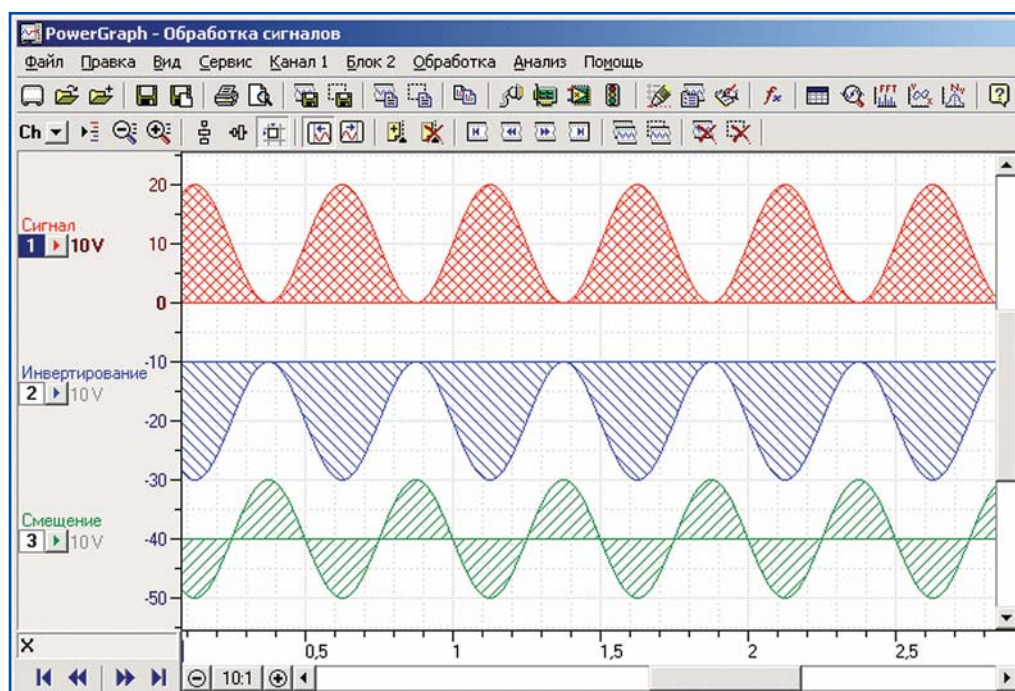
Проведение измерений позволяет зафиксировать различные параметры изучаемых объектов и явлений. Однако, полученные с помощью АЦП данные практически всегда нуждаются в дополнительной математической обработке. Во-первых, кроме полезного сигнала записанные данные часто содержат искажения, вносимые датчиками и усилителями, различные помехи и наводки, а также шумы аналоговой и цифровой частей измерительной установки. Во-вторых, не всегда доступны прямые измерения информативного параметра и для его регистрации необходимы дополнительные расчеты.

Пакет PowerGraph не только обеспечивает регистрацию, визуализацию и редактирование данных, но и включает обширную библиотеку функций математической и цифровой обработки сигналов: копирование, калибровка и нормализация; амплитудная и частотная фильтрация; дифференцирование и интегрирование; обработка циклических и модулированных сигналов; арифметические и логические операции; тригонометрические, логарифмические и другие математические функции.

Вычисления по формулам


Для обработки сигналов в PowerGraph применяются вычисления по формулам. Каждая формула представляет собой выражение, описывающее определенный набор действий с данными, и содержит имя математической функции, номер канала-источника и номер канала-приемника. При проведении вычислений копия данных из канала-источника обрабатывается указанной математической функцией и помещается в канал-приемник.

Рассмотрим простую формулу инвертирования амплитуды сигнала: $Ch2 = Invert(Ch1)$. После вычислений по этой формуле второй канал ($Ch2$ - канал-приемник) будет содержать копию данных первого канала ($Ch1$ - канал-источник), умноженных на -1 ($Invert$ - функция инвертирования). Номера каналов в формулах обозначаются с помощью приставки Ch (англ. Channel - канал). Это позволяет отличить номера каналов от других численных аргументов функций. Канал-источник указывается в правой части формулы в качестве одного из



аргументов функции. Канал-приемник указывается в левой части формулы и определяет расположение расчетных данных. В качестве канала-приемника в формуле может быть указан любой канал, что позволяет создавать новые каналы с расчетными данными или заменять существующие данные в других каналах. Номер канала-источника также может совпадать с номером канала-приемника, в этом случае исходные данные этого же канала будут заменены расчетными.

Функции обработки сигналов

 Команда **Функции...** в меню **Обработка** вызывает окно функций математической обработки сигналов, позволяющее создавать формулы и проводить вычисления. Для создания формулы необходимо выполнить следующие действия:

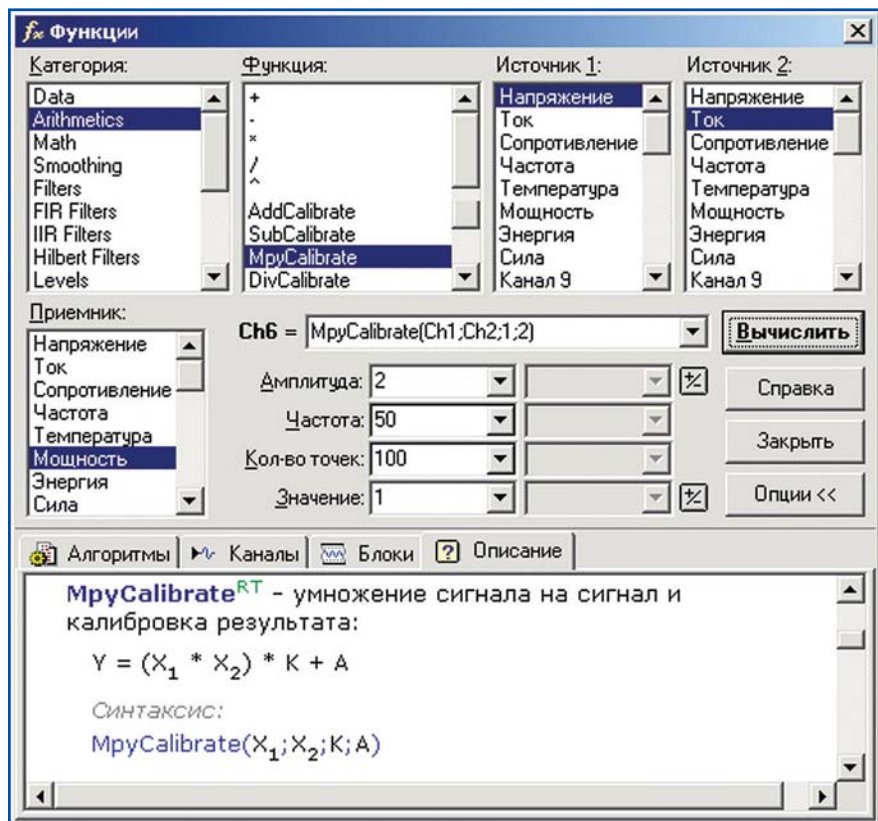
1. В списках **Категория** и **Функция** выбрать математическую функцию. PowerGraph включает более 200 функций обработки сигналов, объединенных в 17 категорий: **Data** - копирование, калибровка и нормализация; **Arithmetics** - арифметические операции; **Math** - общие математические функции; **Smoothing** - сглаживание; **Filters** - амплитудная фильтрация; и т.д. Категории и функции обработки сигналов будут рассмотрены подробнее в следующих публикациях.

2. В списках **Источник 1** и **Источник 2** выбрать каналы-источники. Для большинства функций достаточно указать только один канал-источник (Источник 1). Функции категорий **Arithmetics** (арифметические) и **Comparison** (сравнение) используют в расчетах данные двух каналов-источников (Источник 1 и Источник 2).

3. В полях **Амплитуда**, **Частота**, **Количество точек** и **Значение** ввести численные аргументы функции. Некоторые функции обработки сигналов используют в расчетах дополнительные численные значения, например, уровень амплитуды сигнала или количество точек.

4. В списке **Приемник** выбрать канал-приемник. Результаты вычислений по созданной формуле будут помещены в указанный канал.

При выборе функции, каналов или изменении численных аргументов итоговая формула отображается в поле формулы под списком функций. Поле формулы также позволяет соз-



давать и редактировать формулы путем ввода символов с клавиатуры. В общем случае формула имеет следующий вид:

Канал-приемник=Функция (Канал-источник; Численный аргумент)

Для большинства функций аргументы указываются в круглых скобках после имени функции и разделяются точкой с запятой. Для функций-операторов (категории **Arithmetics** и **Comparison**) формула записывается в виде последовательности операндов, разделенных оператором:

Канал-приемник=Канал-источник 1 Оператор Канал-источник 2

В качестве операторов в PowerGraph применяются стандартные символы арифметических действий (+, -, *, /) и сравнения (<, >, =). Вычисления по созданной формуле запускаются кнопкой **Вычислить**, расположенной справа от поля формулы.

Для правильного применения математических функций и облегчения составления формул в PowerGraph все численные аргументы функций разделены на четыре типа:

Амплитуда - значение амплитуды сигнала. Этот тип аргументов используется в случаях, когда единицы измерения численного аргумента совпадают с единицами измерения сигнала. Например, функция смещения сигнала по шкале амплитуды **Offset** (категория **Data**).

Частота - значение частоты в Герцах (Гц). Этот тип аргументов обычно используется в функциях частотной фильтрации (все функции категории **FIR Filters**) и обозначает границы частотных полос.

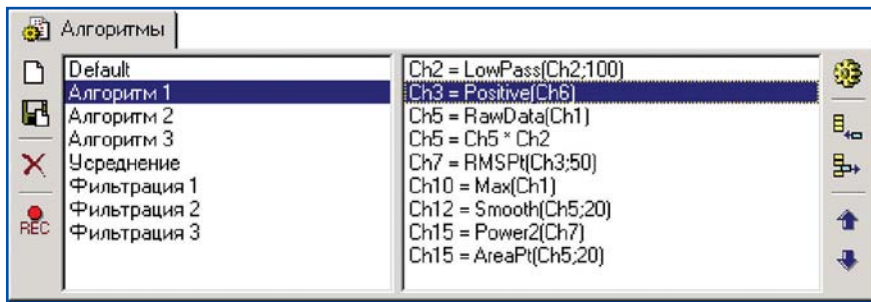
Количество точек - этот тип аргументов применяется в функциях скользящего значения и обозначает количество исходных значений, используемых для получения каждого расчетного значения. Примером функций скользящего значения являются функции сглаживания сигналов (категория **Smoothing**).

Значение - произвольное численное значение (множитель) или безразмерная константа. Примером функции, использующей этот тип аргументов, является функция масштабирования амплитуды сигнала **Scale** (категория **Data**).

В нижней части окна функций располагаются вкладки с дополнительными опциями обработки сигналов. На вкладке **Описание** отображается описание, общая математическая формула и синтаксис выбранной в списке функции.

Алгоритмы

Обработка сигналов редко ограничивается использованием только одной математической функцией или



проведением вычислений только для одного канала. Кроме применения отдельных формул, PowerGraph также позволяет создавать алгоритмы, представляющие собой последовательность нескольких формул. Алгоритмы предназначены для сохранения часто используемых формул и автоматизации комплексных вычислений.

Для работы с алгоритмами используется вкладка **Алгоритмы** в нижней части окна функций. На этой вкладке располагаются два списка - общий список созданных алгоритмов (слева) и индивидуальный список формул (справа), содержащий последовательность формул выбранного алгоритма.



Расположенные слева от списка алгоритмов кнопки

Создать, **Сохранить как** и **Удалить** применяются для создания, дублирования и удаления алгоритмов.



Дополнительная кнопка-переключатель **REC** позволяет включить режим записи протокола обработки сигналов - формулы, используемые при проведении вычислений, автоматически добавляются в список формул выбранного алгоритма.



Расположенные справа от списка формул кнопки

Добавить формулу и **Удалить формулу** используются для добавления созданной формулы в список и удаления формул из списка.



Кнопки **Переместить вверх** и **Переместить вниз** позволяют изменить последовательность формул в списке.



Кнопка **Вычислить все** запускает автоматические вычисления по всем формулам выбранного алгоритма (последовательно сверху вниз).

Обработка сигналов в режиме реального времени

PowerGraph позволяет применять математические функции не только для **пост-обработки** записанных сигналов, но и в режиме **реального времени** (англ. - Real Time, сокр. - RT), т.е. одновременно с регистрацией данных. Однако, обработка сигналов в режиме реального времени имеет существенные особенности:

- ограниченное время вычислений. В режиме реального времени результат расчетов должен быть получен до поступления новых данных, так как чрезмерная загрузка центрального процессора вычислениями может приводить к пропускам и потерям данных. При пост-обработке время вычислений не ограничено и зависит только от производительности компьютера;

- отсутствие полной информации о сигнале. В режиме реального времени обработка могут подвергаться только данные, полученные к текущему моменту, последующие изменения сигнала неизвестны. При пост-обработке в вычислениях могут использоваться все данные.

Эти особенности не позволяют использовать в режиме реального времени функции, осуществляющие длительные вычисления или требующие полного набора данных, например, статистические расчеты по всему сигналу. Тем не менее, большинство математических функций PowerGraph могут применяться для обработки сигналов в режиме реального времени. Эти функции отмечены символом RT в описании функций и в справочном руководстве программы.

Ограничение времени и отсутствие полной информации о сигнале в режиме реального времени может приводить к снижению точности расчетных данных, а также к их смещению по шкале времени (задержка сигнала, вызванная использованием только предшествующих данных). Для устранения этих явлений рекомендуется после остановки регистра-

ции проводить повторную пост-обработку записанных сигналов по тем же формулам.



Для проведения обработки сигналов в режиме реального времени необходимо для каждого расчетного канала установить индивидуальную формулу. Команда **Настройки...** в меню **Канал** вызывает окно индивидуальных настроек каналов, установка формулы реального времени осуществляется на вкладке **Обработка RT** этого окна (о других настройках каналов см. ПИКАД №1-2008 и №2-2008). Составление формулы реального времени полностью соответствует составлению формулы пост-обработки в окне функций - выбрать категорию, функцию и каналы-источники, а также ввести численные аргументы функции. В процессе регистрации данных программа автоматически проводит вычисления во всех каналах, для которых установлена формула реального времени.

В качестве каналов-источников в формулах могут быть указаны любые каналы, в том числе расчетные, поэтому принципиальное значение имеет последовательность обработки каналов, т.е. очередность вычислений по формулам реального времени. По умолчанию каналы обрабатываются последовательно по возрастанию номеров. Изменить эту последовательность можно с помощью команды **Порядок обработки каналов** в общем меню каналов и графиков **Сервис/Каналы** и **Графики**. Свободные или скрытые каналы можно задействовать для промежуточных вычислений, в этом случае необходимо переместить эти каналы в начало последовательности обработки.

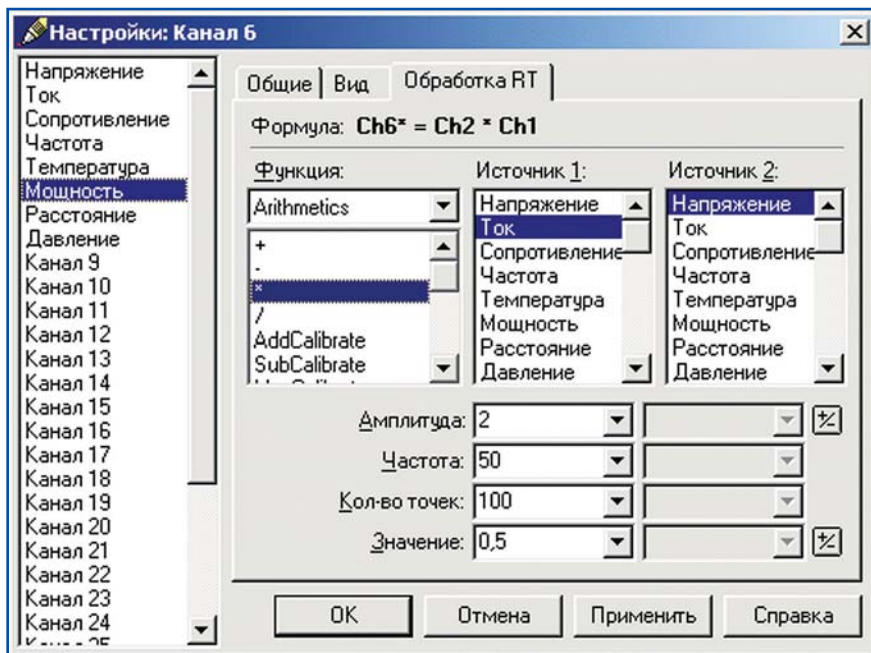
Повторная обработка сигналов

Кроме составления формул PowerGraph предоставляет возможность повторной обработки сигналов с помощью команд меню. Для каждого канала автоматически запоминается последняя формула, применявшаяся при пост-обработке. В индивидуальном меню каналов (меню Канал) присутствуют дополнительные команды:

Ch... = ... - формула пост-обработки.

Ch...* = ... - формула реального времени.

Эти команды запускают вычисления по соответствующей формуле во всех блоках. В программе также



присутствуют общие команды для повторной обработки всех каналов:

- **Вычислить** в меню **Блок** - обработка всех каналов в выбранном блоке.
- **Вычислить все** в меню **Сервис/Каналы** и **Графики** - обработка всех каналов во всех блоках.

Эти команды запускают вычис-

ления по формуле пост-обработки или реального времени для каждого канала, при этом учитывается установленная последовательность обработки каналов (см. выше), а формула пост-обработки имеет более высокий приоритет, чем формула реального времени. Формулы пост-обработки и

реального времени автоматически сохраняются в настройках каналов и могут многократно применяться для обработки сигналов без использования окна функций.

Расчетные данные

В PowerGraph каждый канал может содержать две копии данных:

- Основные данные - регистрируются с помощью АЦП или загружаются из файла.
- Расчетные данные - создаются в результате вычислений по формулам.

Применение отдельной копии расчетных данных позволяет проводить в каждом канале неограниченное количество промежуточных вычислений без потери основных данных. Если результаты математической обработки сигналов являются неудовлетворительными, то достаточно удалить расчетные данные канала и заново провести обработку основных данных. Для удаления расчетных данных используются следующие команды меню:

- **Очистить вычисления** в меню **Канал** - удаление расчетных данных выбранного канала во всех блоках.

■ **Очистить вычисления** в меню **Блок** - удаление расчетных данных всех каналов в выбранном блоке.

■ **Очистить все вычисления** в меню **Сервис/Каналы** и **Графики** - удаление расчетных данных всех каналов во всех блоках.

Следует иметь в виду, что расчетные данные создаются только во время работы программы и в файл не записываются. Чтобы сохранить успешные результаты математической обработки сигналов, необходимо заменить основные данные канала расчетными. Для этого используются следующие команды меню:

■ **Сохранить вычисления** в меню **Канал** - сохранение расчетных данных выбранного канала во всех блоках.

■ **Сохранить вычисления** в меню **Блок** - сохранение расчетных данных всех каналов в выбранном блоке.

■ **Сохранить все вычисления** в меню **Сервис/Каналы** и **Графики** - сохранение расчетных данных всех каналов во всех блоках.

Эти команды не обязательно использовать каждый раз после проведения математической обработки сигналов, так как PowerGraph автоматически предлагает сохранить все вычисления при записи данных в файл. В общих параметрах PowerGraph, которые вызываются командой **Параметры** в меню **Сервис**, также предусмотрена возможность включения режима автосохранения всех расчетных данных. В индивидуальных настройках временных или промежуточных расчетных каналов можно установить атрибут **Не сохранять вычисления**, исключающий сохранение расчетных данных этого канала.

Расчетные данные имеют более высокий приоритет, чем основные. Если канал содержит основные и расчетные данные, то при визуализации, обработке и анализе сигналов используются расчетные данные. Основные данные используются, только если канал не содержит расчетных данных. Для управления расчетными данными кроме команд меню могут применяться специальные функции обработки сигналов, входящие в категорию **Data**. Функция **RawData** копирует основные данные канала-источника в расчетные данные любого канала-приемника, т.е. позволяет использовать основные данные канала, содержащего расчетные данные. Функция **Nothing** удаляет расчетные данные канала-приемника и может применяться в алгоритмах для удаления промежуточных вычислений.

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.

ВОПРОС - ОТВЕТ

... что дает обработка сигналов в PowerGraph? Ведь есть другие более мощные математические программы, такие как Excel и MatLab.

Универсальные математические программы и пакеты не ориентированы на конкретный тип или структуру данных, в то время как PowerGraph предназначен для работы с сигналами, поэтому позволяет более эффективно решать определенный круг задач.

Действительно, для обработки сигналов часто применяется Microsoft Excel или подобные программы табличных вычислений, но в этих программах есть ряд неудобств, связанных с обработкой больших массивов данных. В Excel формулы создаются индивидуально для каждой ячейки таблицы, поэтому количество создаваемых формул должно соответствовать количеству рассчитываемых значений. Сколько значений может содержаться в сигнале - тысячи, десятки тысяч, а может быть миллионы? В PowerGraph формулы применяются для проведения вычислений с целыми каналами, по одной формуле обрабатываются сразу все значения сигнала и количество формул не зависит от объема данных. В Excel формулы хранятся в ячейках вместе с данными, т.е. формулы "привязаны" к существующим данным, а при появлении новых данных приходится вводить формулы повторно или копировать их из других файлов. В PowerGraph формулы и алгоритмы сохраняются независимо от данных и используются многократно. Но наиболее существенным является то, что в программах табличных вычислений практически отсутствуют специализированные функции для работы с сигналами, такие как частотная фильтрация, сглаживание, демодуляция, и т.п.

Работа в среде MatLab близка к программированию и требует достаточно глубоких познаний в математике, необходимых для правильного применения фундаментальных математических функций и выбора их аргументов. В PowerGraph используются более простые функции обработки сигналов, понятные всем пользователям. Некоторые функции PowerGraph включает сразу несколько базовых математических операций, что позволяет сократить количество формул и повысить производительность вычислений. Кроме того, в PowerGraph есть ряд полезных функций обработки сигналов, которые не имеют аналогов в других математических пакетах.

Пожалуй, основным достоинством PowerGraph является возможность обработки сигналов в режиме реального времени. Это не только дает пользователю полное представление о ходе эксперимента, но и позволяет организовать более "интеллектуальное" управление сбором данных. Например, синхронизация по расчетным данным позволяет исключить запись больших объемов бесполезной информации. Применение универсальных математических программ предполагает только пост-обработку записанных данных.

Выбор программы обработки сигналов - вопрос весьма неоднозначный. Это настолько обширная область, что ни одна программа не может полностью обеспечить выполнение всех задач. Оптимальное решение, вероятно, может дать только комплексный подход, но выбор в любом случае остается за пользователем.



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

ВОПРОС - ОТВЕТ