



Оливер Ровини, Артур Пини, Грег Тэйт

## Современные дигитайзеры

### Часть 4

Мы заканчиваем публикацию материалов по модульным дигитайзерам компании Spectrum: в четвёртой части представлено профессиональное программное обеспечение Spectrum SBench 6, разработанное компанией для программной поддержки работы дигитайзеров. Отображение формы сигнала, быстрое преобразование Фурье, различные функции для обработки полученных сигналов, включающие цифровую фильтрацию, арифметические действия над волновыми формами, построение гистограмм, и много других возможностей пакета SBench 6 позволяют значительно улучшить качественные показатели захваченного аналогового сигнала и раскрыть его спектральные составляющие. Также рассмотрены преимущества дигитайзеров перед осциллографами.

#### ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В ДИГАЙЗЕРАХ

Модульные дигитайзеры производят высокоточный первичный сбор данных с высоким разрешением и быстро передают их для дальнейшей обработки в хост-компьютер. Функции обработки сигналов, используемые в дигитайзере и в хост-компьютере, позволяют улучшать полученные данные и извлекать чрезвычайно полезную информацию из результата простого измерения.

Современные дигитайзеры поддерживают программное обеспечение, подобное Spectrum SBench 6, или другие сторонние программы, которые включают множество различных функций для обработки сигналов. К ним относятся функции арифметических действий с формой сигнала, объединения и усреднения серии длинных импульсов, быстрое преобразование Фурье (FFT), расширенные функции фильтрации и построение гистограмм. В рекомендациях по применению дигитайзеров подробно раскрыты данные возможности и там же приводятся типовые примеры использования этих инструментов для многих широко распространенных приложений.

#### АНАЛОГОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ (АРИФМЕТИКА ФОРМЫ СИГНАЛА)

Аналоговое вычисление включает в себя функции сложения, вычитания, умножения и деления полученных волновых форм. Эти функции применяются к полученным данным в целях улучшения качества исследуемого сигнала или для получения альтернативных функций. Одним из примеров приме-

нения является использование функции вычитания для объединения дифференциальных компонентов в дифференциальную форму сигнала с пониженным содержанием синфазных шумов и наводок. Или другой пример, в котором на основе значений сигналов тока и напряжения вычисляется мгновенная мощность.

Каждая из этих арифметических функций применяется для замеров вол-

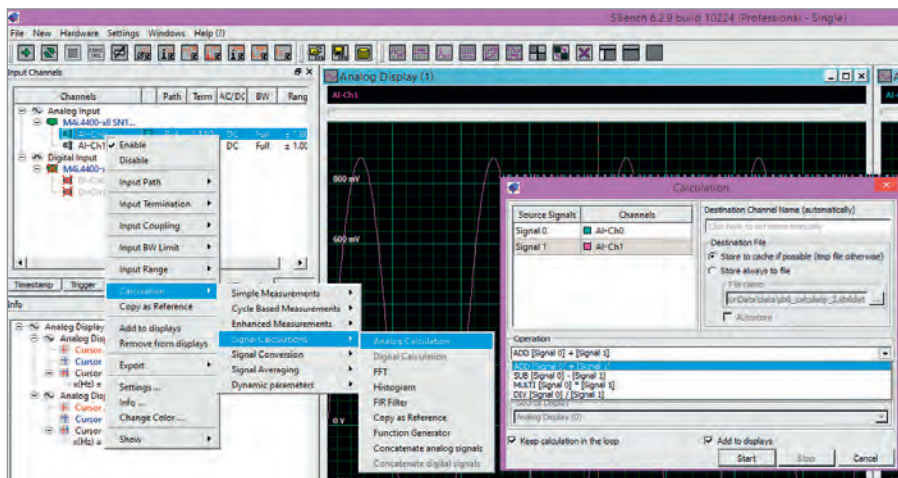


Рис. 48. Настройка типа сигнальной обработки в программе SBench 6 отдельно для каждого входного канала. Для аналоговых вычислений выбран канал AI-Ch0. Диалоговое окно вычислений настроено для добавления сигналов AI-Ch0 и AI-Ch1

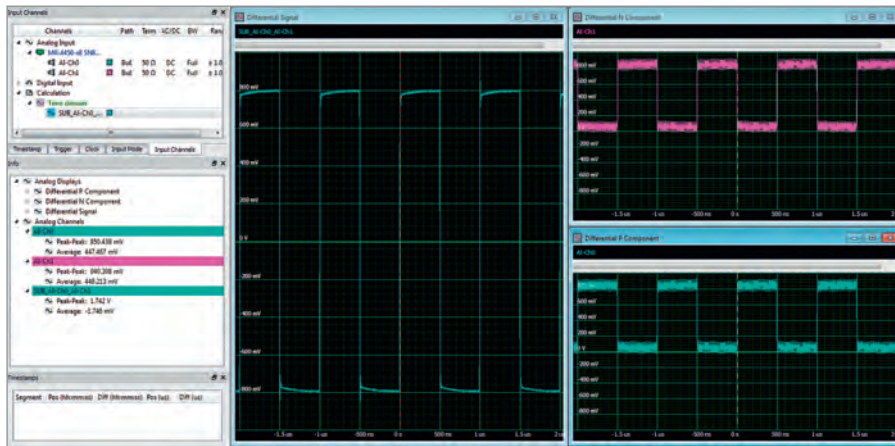


Рис. 49. Применение функции вычитания для объединения двух дифференциальных компонентов в дифференциальный сигнал

новых форм на основе выборок. Предполагается, что сигналы при объединении имеют одинаковую длину записи. На рис. 48 показан пример последовательности выбора вида аналогового вычисления в программе S-Bench 6.

Щелчок правой кнопкой мыши на нужном канале источника сигнала вызывает диалоговое окно выбора. В разделе Calculation (расчёт) открываются дополнительные варианты для измерений, расчёта, преобразования и усреднения сигналов. Выбор Signal Calculations (сигнальные вычисления) обеспечивает доступ к быстрому преобразованию Фурье (FFT), гистограммам, фильтрации и ряду других функций. Если выбирается Analog Calculation (аналоговое вычисление), появляется диалоговое окно Calculation (расчёт), в котором возможно произвести установку требуемых арифметических операций. В рассматриваемом примере могут быть добавлены два источника сигналов. Другие варианты вычислений — это функции вычитания (SUB), умножения (MULTI) и деления (DIV). Аналогичным образом можно выделить для применения дополнительные функции обработки сигнала, которые будут рассмотрены далее.

На рис. 49 представлен первый пример применения операций с сигналами для решения практической задачи: вычитание одного компонента сигнала из другого для вычисления дифференциального сигнала.

Дифференциальные сигналы обычно используются для повышения целостности сигнала. В примере на рис. 49 компоненты  $P$  и  $N$  тактовой частоты 1 МГц (показаны на двух правых панелях) объединяются с помощью операции вычитания. Результирующий дифференциальный сигнал показан на сет-

ке слева. На информационной панели слева в центре используются параметры для измерения значения каждого сигнала от пика до пика и их средних значений. Обратите внимание, что дифференциальный сигнал имеет двойную амплитуду от пика до пика и почти нулевое среднее значение. Отметим также, что был устранён синфазный шум на дифференциальных компонентах.

Во втором примере представлено перемножение сигналов напряжения и тока для получения значения мгновенной мощности, как показано на рис. 50.

Исходными сигналами являются напряжение на полевом транзисторе (FET) и ток канала полевого транзистора в режиме обратного хода при переключении источника питания.

Произведение значений этих сигналов представляет собой мгновенную мощность, рассеиваемую на полевом транзисторе. Форма кривой тока (верхняя правая сетка на рис. 50) линейно возрастает при отпирании FET и достигает максимального значения 600 мА.

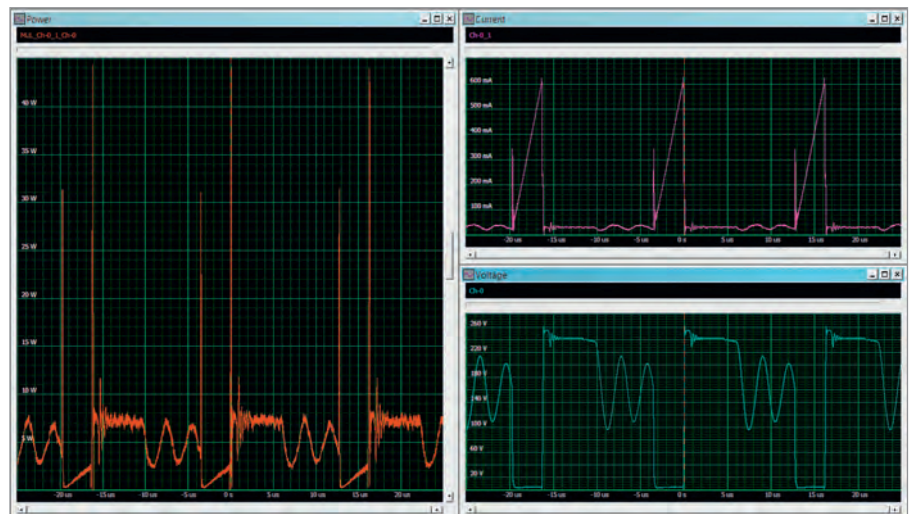


Рис. 50. Использование функции умножения для расчёта мгновенной мощности от волновых форм тока и напряжения в импульсном блоке питания

Напряжение на FET-транзисторе минимально в состоянии проводимости и повышается до пикового значения 260 В, когда устройство заперто. Произведение этих двух форм волны отображается на левой сетке. Это мгновенное значение мощности сигнала, которое показывает, что значительные пики возникают во время переходов между включённым (проводимость) и выключенным состоянием. Средняя (5,111 Вт) и пиковая (44,25 Вт) мощности определяются с помощью исходных параметров и отображаются на информационной панели в центре слева.

Представленные примеры показывают, как аналоговые вычисления могут быть использованы для получения других важных волновых форм сигналов из тех, которые были изначально собраны.

### Усреднение

Усреднение является инструментом обработки сигналов, который используется для уменьшения влияния шума и несинхронных периодических волновых составляющих в оцифрованных исходных сигналах.

При этом необходим многократный сбор данных и стабильный триггер. Сигнальная составляющая не синхронизирована с запуском триггера, она содержит случайный шум, поэтому при усреднении её амплитуда уменьшается. Степень ослабления зависит от характеристик сигнала и количества усредняемых циклов сбора данных.

Программное обеспечение Spectrum S-Bench 6 и большинство осциллографов выполняют групповое усреднение. Это означает, что расположенные в одном и том же месте выборки из нескольких измерений взаимно усред-

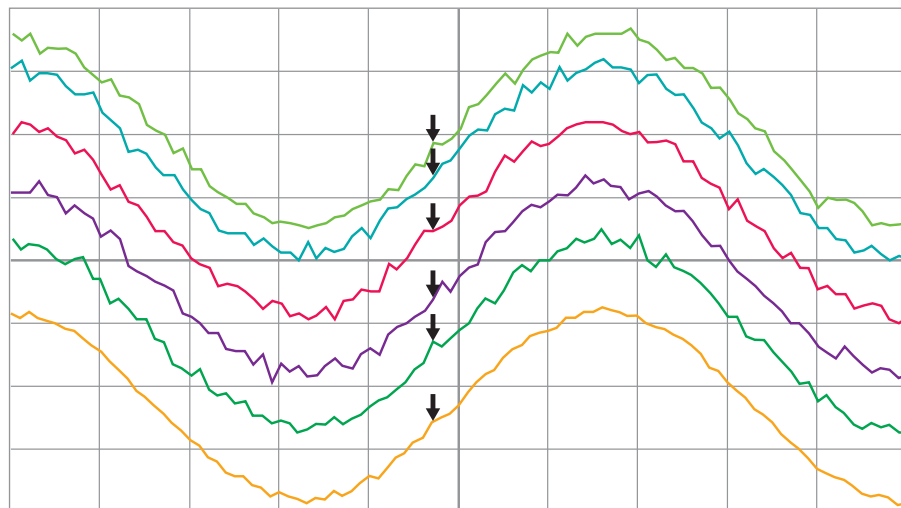


Рис. 51. Суммированное групповое усреднение добавляет некоторую точку для нескольких сборов данных и затем делит полученную сумму на количество сборов, чтобы определить среднее значение для этой точки

няются. Если применяется стабильный триггер, то результирующее среднее значение имеет составляющую случайного шума ниже, чем у полученного в результате однократной записи.

### Суммированное усреднение

Суммированное усреднение использует фиксированное количество циклов сбора и повторное накопление с одина-

ковым весом одних и тех же точек выборки из последовательных циклов сбора сигнала. Каждый раз, когда достигается максимальное заданное количество циклов сбора, процесс усреднения или останавливается, или происходит сброс и начинается сначала.

На рис. 51 демонстрируется понятие суммированного группового усреднения. На рисунке стрелки указывают на

случайно выбранную энную точку. Амплитудное значение данной точки каждого цикла сбора суммируется с аналогичными измерениями из других циклов. Итоговая сумма делится на число сборов данных для определения среднего значения в этой точке. Это происходит для всех точек в группе собранных значений. Полученный усреднённый сигнал имеет такое же количество точек, как каждый собранный сигнал.

Функция усреднения поддерживает-ся как для нормального, так и для многократного (сегментированного) режима сбора данных. Расчёт нескольких значений усреднений позволяет определить среднее значение последовательных сегментов в многократной выборке.

### Каких улучшений можно ожидать?

При усреднении сигнала аддитивный широкополосный гауссовский шум будет снижен в квадратный корень из числа усреднений, поэтому усреднение принятых данных может улучшить соотношение сигнал-шум в два раза. Аналогичным образом в результате усреднения будут уменьшены несин-



**НА ВЕРШИНЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ,  
УНИВЕРСАЛЬНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ**





- Встраиваемые 1/8/16-портовые KVM-консоли оператора
- Заказные компьютерные платформы для специальных применений
- Защищенные портативные рабочие станции для ответственных применений

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ АСМЕ**

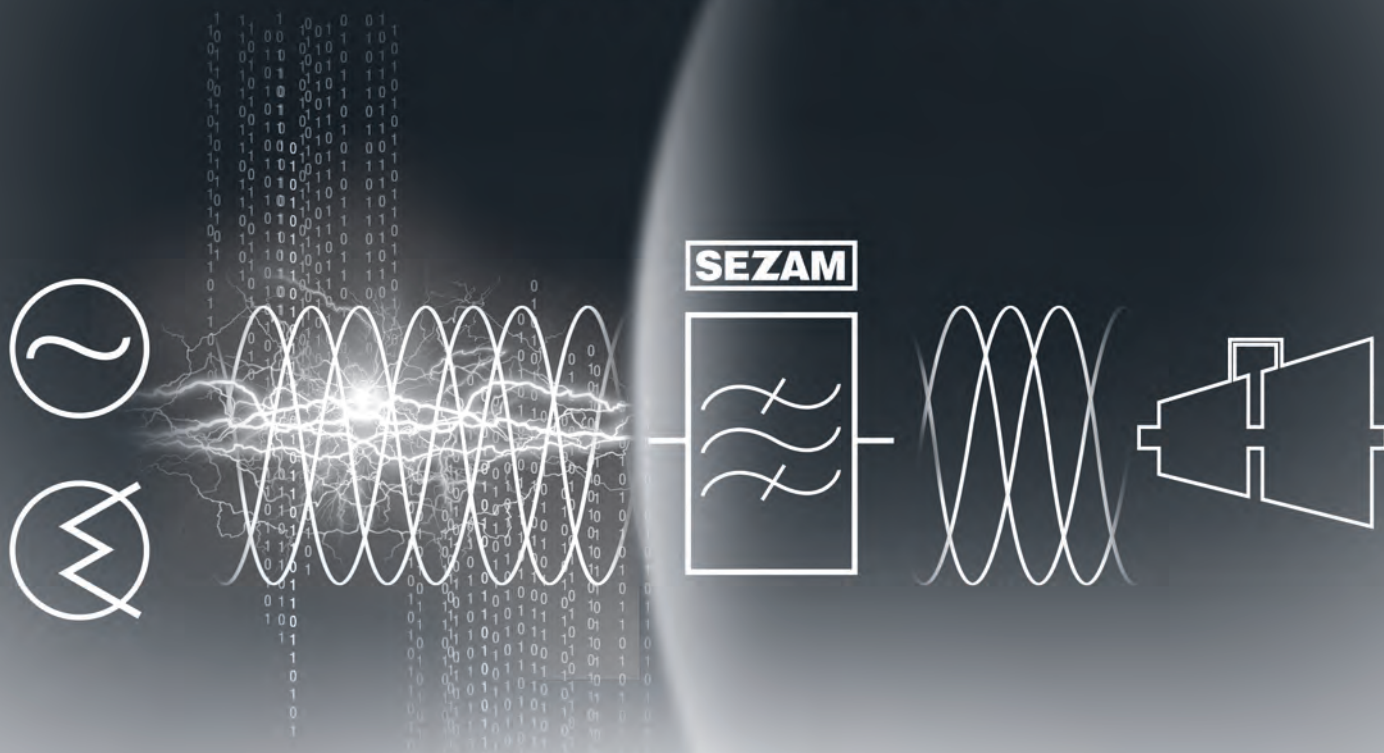
**ProSOFT® 25 лет**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru





Там, где ИБП бессильны



## Сетевой защитный модуль SEZAM

### Параметры

- вход 220, 380 В
- мощность 3, 5, 10, 15 кВт
- рассеиваемая энергия импульсов перенапряжения до 20 кДж

### Защита от

- повышенного напряжения
- импульсов от 4,5 до 10 кВ и разрядов молнии
- последствий обрыва нулевого провода
- преднамеренных электромагнитных воздействий

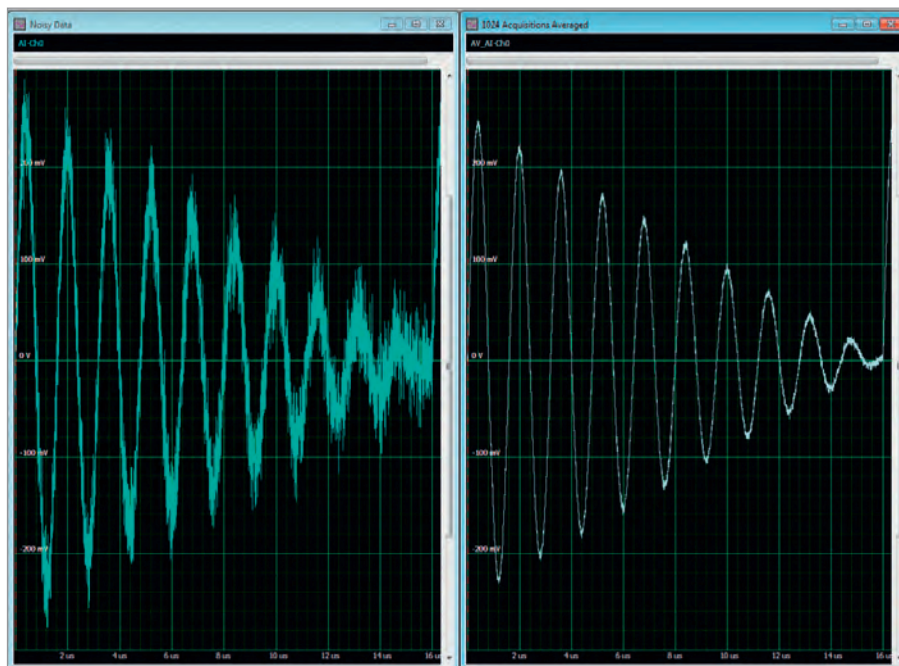


Рис. 52. Пример использования суммированного усреднения для улучшения отношения сигнал–шум

хронные периодические сигналы. Степень ослабления зависит от изменения фазы сигнала помехи от сбора к сбору. Синхронные с триггером сигналы, такие как искажения результатов, вследствие усреднения уменьшены не будут.

### Пример усреднения

На рис. 52 показан типичный пример, демонстрирующий полезность усреднения. Полученный сигнал (левая сетка на рисунке) представляет собой линейно затухающую синусоиду с аддитивным вертикальным шумом. Обратите внимание, что по мере уменьшения амплитуды синуса, в присутствии фиксированной амплитуды шума, полезный сигнал теряется в шуме. Усреднение 1024 сборов данных увеличивает коэффициент сигнал–шум до точки, где синусоида может быть различима по всей форме волны.

Показано 1024 усреднённых значения собранных данных и затухающая синусоидальная волна, которая видна над шумом. Принципиальным ограничением суммирования группового среднего значения является то, что для него требуется несколько повторяющихся волновых сигнальных форм, полученных со стабильным триггером.

### Скользящее усреднение

Скользящее усреднение, которое иногда называют средним числом серии длинных импульсов, или сглаживанием, усредняет значения по заданному пользователем количеству симметрично расположенных соседних отсчётов.

Для выборки из пяти точек процесс математически определяется следующим уравнением:

$$\text{Усреднённая выборка} = [\text{выборка } (x-2) + \text{выборка } (x-1) + \text{выборка } (x) + \text{выборка } (x+1) + \text{выборка } (x+2)] / 5$$

Число выборок, используемое в усреднении, должно соответствовать периоду изменений в форме сигнала, иначе скользящее усреднение может уменьшить амплитуду сигналов с узкими характеристиками (малой длительностью).

На рис. 53 приведён пример использования скользящего усреднения для

50 смежных выборок, показанных в левой сетке. По сравнению с исходной формой сигнала следует отметить сглаживание и устранение шума после обработки (справа на рисунке).

Равномерно взвешенные замеры и средние значения взяты по выборкам собранных данных. Преимущество скользящего усреднения в том, что для этого сигналу не требуется иметь повторяющийся характер. Компромисс в том, что при создании сглаженного сигнала присутствует соответствующая потеря высокочастотной информации. Необходимо проявлять осторожность при определении количества выборок усреднённых данных.

### Быстрое преобразование Фурье

Быстрое преобразование Фурье (БПФ, FFT) отображает полученную на временном интервале волновую форму сигнала (амплитуда в зависимости от времени) в области частотного спектра (зависимость амплитуды от частоты). Это позволяет наблюдать за частотными компонентами, которые входят в структуру сигнала.

FFT непосредственно не улучшает качество сигнала, но показывает его структуру и предоставляет информацию о том, как удалить нежелательные спектральные компоненты.

Полученный из FFT частотный спектр имеет дискретную временную ось, подобно тому, как временная область сигнала имеет дискретные временные выборки. Выборки в спектре,

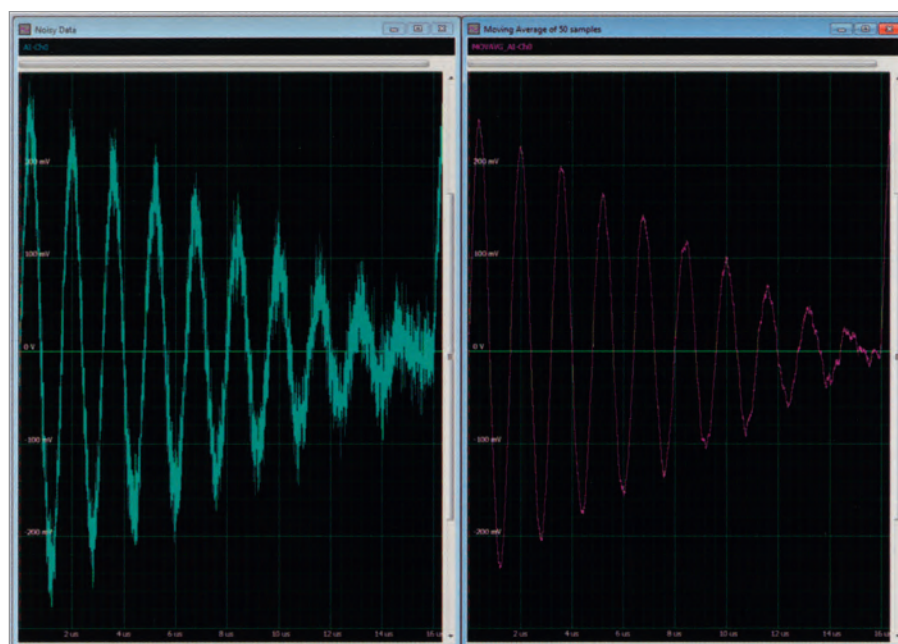


Рис. 53. Пример использования скользящего усреднения с применением 50 соседних выборок исходного сигнала (слева); справа показано результирующее сглаживание

# Надёжные решения для автоматизации газовой отрасли и энергетики

Интеллектуальная система с широкими коммуникационными возможностями для работы в жёстких полевых условиях



## eBOX800-841-FL $-30...+60^{\circ}\text{C}$

Безвентиляторная встраиваемая система со степенью защиты IP67 с процессором Intel® Atom™ E3845 1,91 ГГц, с портами VGA, 2 GbE LAN, 2 USB 2.0, 2 COM

- 4 водонепроницаемых антенных разъёма для работы с WLAN и WWAN
- Поддержка разъёмов M12 для портов VGA, USB, GbE LAN, COM и входа электропитания
- Гибкие возможности ввода-вывода для заказных исполнений и критически важных приложений
- Поддержка расширенного диапазона рабочих температур  $-30...+60^{\circ}\text{C}$  и входного напряжения 9...36 В постоянного тока

$-10...+50^{\circ}\text{C}$

### eBOX560-500-FL

Безвентиляторная встраиваемая система с процессором 6-го поколения Intel® Core™ i7-6600U 3,4 ГГц/ Celeron® 3955U 2,0 ГГц, с портами: 2 HDMI, 2 GbE LAN, 4 USB 3.0, 2 COM и PCI Express Mini Card



$-20...+60^{\circ}\text{C}$

### ICO310

Защищённая безвентиляторная встраиваемая система для монтажа на DIN-рейку с процессором Intel® Celeron® N3060/N3160, портами: 2 COM, 4 USB, 2 Gigabit LAN



$-40...+70^{\circ}\text{C}$

### rBOX510-6COM (ATEX/C1D2)

Защищённая безвентиляторная промышленная встраиваемая система с 6 COM-портами для монтажа на DIN-рейку и с сертификатом взрывозащиты ATEX & C1D2



$-20...+50^{\circ}\text{C}$

### GOT815-834

Безвентиляторный панельный ПК 15" XGA TFT с плоской передней панелью с окантовкой, в корпусе из нержавеющей стали со степенью защиты IP66 & IP69K, с проекционно-ёмкостным или резистивным сенсорным экраном



$-20...+50^{\circ}\text{C}$

### GOT812L(H)-880

Безвентиляторный панельный ПК 12,1" XGA TFT с процессором Intel® Core™ i5, с плоской передней панелью с окантовкой, в корпусе из нержавеющей стали со степенью защиты IP66, с проекционно-ёмкостным или резистивным сенсорным экраном



$-0...+40^{\circ}\text{C}$

### GOT3217W-881-PCT

Безвентиляторный панельный ПК 21,5" Full HD TFT с поддержкой технологии Multitouch и с процессором 4-го поколения Intel® Core™ i7/i5/i3, Pentium® & Celeron



IoT Solutions Alliance

**Axiomtek Co., Ltd.**

Tel: +886-2-2917-4550 ext.6417

Fax: +886-2-2917-3200

E-mail: [adam.lan@axiomtek.com.tw](mailto:adam.lan@axiomtek.com.tw)



iOS



Android

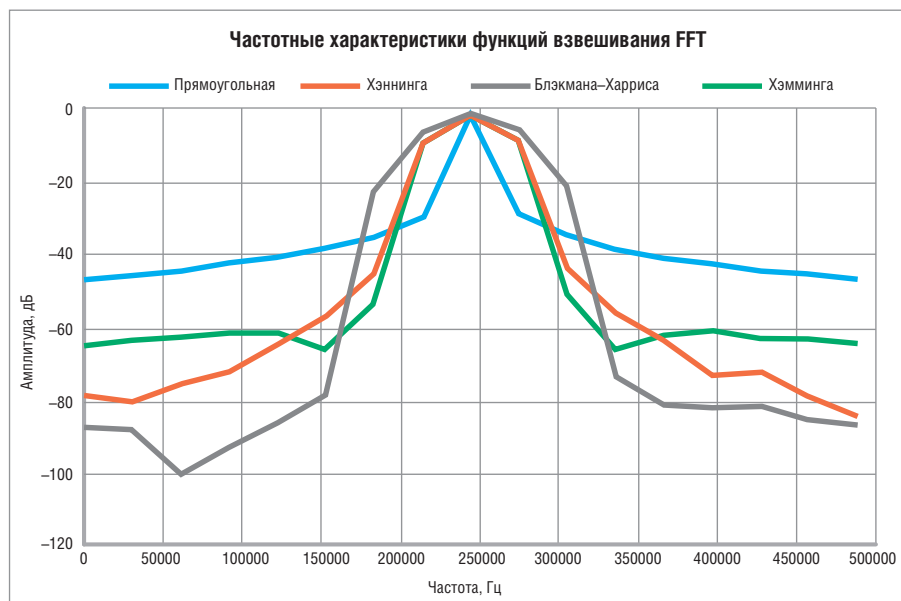


Рис. 54. Сравнение спектральной формы четырёх наиболее часто используемых функций взвешивания, включая прямоугольную (без взвешивания), Хэннинга, Хэмминга и Блэкмана-Харриса

часто называемые частотными дискретами (bins), или ячейками (cells), расположены с разрешением пропускной способности ( $f$ ), которая обратно пропорциональна полученной длине записанных сигналов. Таким образом, чтобы увеличить разрешение по частоте спектра FFT, вы должны увеличить длительность записи собранных сигналов.

Частотный диапазон, или период отображения спектра, определяется как половина значения частоты дискретизации, с которой был оцифрован сигнал. Таким образом, для увеличения диапазона необходимо повысить частоту дискретизации.

Вертикальное масштабирование FFT в SBench 6 может быть отображено в линейных единицах (В) или в децибелах (дБ) в логарифмическом масштабе. Шкала децибел может быть привязана к полной шкале диапазона дигитайзера (dBFS), одному милливатту (дБмВ), 1 мкВ (дБмкВ) или к величине наибольшего пика в спектре, который, как предполагается, является модулированной несущей (дБс).

## ФУНКЦИИ ВЗВЕШИВАНИЯ

Теория преобразования Фурье предполагает, что входная последовательность имеет бесконечную длину. Конечная записанная длина может иметь разрывы на своих краях, тем самым в спектральную область могут быть добавлены ложные частоты, что искажает реальный спектр. Когда фазы начала и конца сигнала отличаются, частота сигнала находится в пределах двух значе-

ний разрешения по частоте, расширяя спектр.

Расширение спектральной базы, растягивающейся на многие соседние частотные дискреты (bins), называют утечкой. Средства исправления этого эффекта должны гарантировать, что в сетке дисплея содержится целое число периодов или что нет никаких разрывов на краях.

Необходима очень точная синхронизация между частотой волны сигнала и частотой дискретизации дигитайзера, а также точная настройка продолжительности сбора данных, что обычно возможно только в лаборатории и не с реальными сигналами. Другой способ заключается в использовании функции окна (взвешивания) для сглаживания фронтов сигнала.

Для минимизации этих эффектов к полученному сигналу применяется функция взвешивания, которая приводит конечные точки записи к нулевому значению. FFT в SBench 6 предлагает пользователю выбор любой из восьми функций взвешивания. Взвешивающие функции производят эффект изменения формы спектральных линий. Од-

ним из мнений об FFT является то, что оно синтезирует параллельный банк полосовых фильтров, расположенных в полосе пропускания. Функция взвешивания влияет на форму частотной характеристики фильтра. На рис. 54 показано сравнение спектральных ответов для четырёх наиболее часто используемых функций взвешивания.

В табл. 6 приведены основные характеристики каждой функции взвешивания. В идеале основной лепесток должен быть максимально узким и плоским для отображения действительных спектральных составляющих, в то время как все боковые лепестки должны быть максимально ослаблены по амплитуде. Тип окна определяет полосу и форму эквивалентного фильтра для использования в процессе обработки FFT. Максимальные амплитуды боковых лепестков спектральной характеристики приведены в табл. 6. Минимальные уровни боковых лепестков помогают разделять близко расположенные элементы спектра.

## Параметры фильтров окна FFT

Как уже упоминалось, частотные оси FFT имеют дискретный вид с расположением частотных дискретов (bins) в пределах разрешающей способности полосы пропускания. Если частота входного сигнала попадает между двумя соседними выборками, его энергия распределяется между ними и амплитудный пик уменьшается. Это называется эффектом частотного отклика, или неравномерностей на краях выборок. Расширение спектрального отклика уменьшает изменение амплитуды.

В табл. 6 столбец «Потери из-за неравномерностей на краях выборок» (Scallop Loss) показывает изменение амплитуды для каждой функции взвешивания.

Функции взвешивания влияют на пропускную способность спектральной характеристики. Эквивалентная полоса пропускания шумовой мощности (ENBW) определяет относительное изменение пропускной способности по

Таблица 6

Характеристики четырёх наиболее часто используемых функций взвешивания

| Тип окна         | Максимальный уровень боковых лепестков | Потери из-за неравномерности на краях выборок | Эквивалентная полоса пропускания шумовой мощности (ENBW) | Когерентное усиление |
|------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|
| Прямоугольное    | -13 дБ                                 | 3,92 дБ                                       | 1,0                                                      | 0,0 дБ               |
| Хэннинга         | -32 дБ                                 | 1,42 дБ                                       | 1,5                                                      | -6,02 дБ             |
| Хэмминга         | -43 дБ                                 | 1,78 дБ                                       | 1,37                                                     | -5,35 дБ             |
| Блэкмана-Харриса | -67 дБ                                 | 1,13 дБ                                       | 1,71                                                     | -7,53 дБ             |

сравнению с прямоугольным взвешиванием.

Нормализация спектральной мощности в полосе измерения (спектральная плотность мощности) предполагает деление спектральной мощности на произведение ENBW и ширины полосы пропускания ( $\Delta f \times \text{ENBW}$ ).

Когерентное усиление определяет изменения в спектральной амплитуде для заданной функции взвешивания относительно прямоугольного взвешивания. Это фиксированное усиление по всем частотам и может быть легко нормализовано. Прямоугольная функция взвешивания является ответом полученного сигнала без любого взвешивания вообще, имеет самую узкую пропускную способность, но демонстрирует довольно высокие уровни боковых лепестков.

Поскольку амплитудная характеристика равномерна по всем точкам в полученной записи временного интервала, это свойство используется для сигналов, которые являются переходными по своей природе (намного короче, чем длина записи), а также когда требуется наименьшая частотная погрешность.

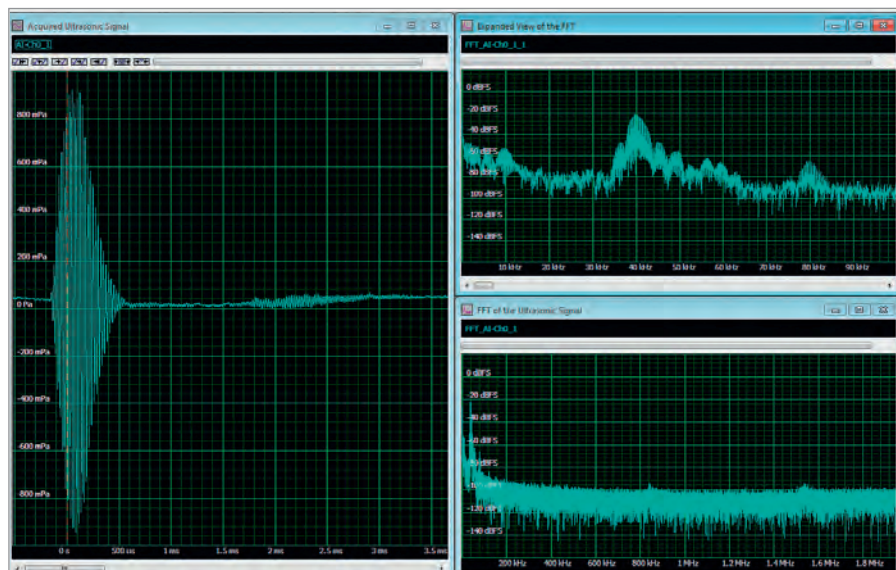


Рис. 55. Ультразвуковой импульс частотой 40 кГц (слева) и соответствующие ему частотные характеристики FFT (полный спектр – внизу справа и просмотр с масштабированием –верху справа). Отображается основной спектральный отклик при 40 кГц вместе с нежелательными низко- и высокочастотными составляющими

Взвешивающие функции Хэннинга и Хэмминга являются функциями общего назначения с быстрой реакцией и обеспечивают высокое разрешение по частоте одновременно с приемлемым откликом бокового лепестка. Функция Блэкмана-Харриса предназначена для

получения наилучшей амплитудной точности и отличного подавления боковых лепестков.

#### FFT: пример применения

На рис. 55 показан типичный пример полезного применения быстрого пре-

**TDK-Lambda**

### ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

**5 лет**  
ГАРАНТИИ



Поставка, гарантийный и постгарантийный сервис

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ TDK-LAMBDA

**PROSOFT® 25 лет**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама



Рис. 56. Результаты применения полосового FIR-фильтра с частотами отсечки от 30 до 50 кГц для ультразвукового сигнала частотой 40 кГц. Исходный сигнал и его FFT находятся в левой части экрана. Справа отображается отфильтрованный сигнал и его FFT. Выравнивание в отфильтрованной базовой линии получено в результате устранения низкочастотной составляющей

образования Фурье (FFT). Сигнал от ультразвукового дальномера, полученный с помощью широкополосного измерительного микрофона, обрабатывается с помощью 14-разрядного дигитайзера Spectrum M4i.44xx.

Временная область с полученным сигналом показана на сетке слева. Запись временного интервала включает 16384 выборки, взятые с частотой дискретизации 3,90625 МГц. Его продолжительность составляет 4,2 мс. Результат FFT-преобразования (правая сетка) занимает 8192 дискрета (bins), расположенных с разрешением полосы пропускания 238 Гц (4,2 мс — длина записи, обратная величина этого значения) для диапазона, равного половине частоты дискретизации 1,95 МГц. Спектр полной панорамы представлен внизу справа. В правом верхнем углу рисунка показан вид с масштабированием, здесь представлены только первые 100 кГц, что позволяет лучше отобразить основные спектральные компоненты.

FFT даёт нам возможность получить более глубокое понимание элементов, составляющих структуру сигнала. Это переходный сигнал, длительность которого меньше, чем длина записи собранных данных. В рассматриваемом примере было использовано прямоугольное взвешивание.

Первичный сигнал — это пакетный сигнал частотой 40 кГц, который является частотной компонентой с наиболь-

шей амплитудой. Присутствует сигнал 80 кГц, который является второй гармонической составляющей сигнала 40 кГц. Его амплитуда примерно на 45 дБ ниже составляющей сигнала 40 кГц. Присутствует также много низкочастотных компонентов в диапазоне от 0 Гц до 10 кГц. Самые высокие компоненты, которые представляют собой шум от окружающей среды в месте, где было использовано устройство, находятся вблизи DC-области (постоянного сигнала).

Задача состоит в том, чтобы получить возможность измерить время задержки между переданным и отражённым пакетом 40 кГц. Для повышения качества этих измерений мы можем удалить все лишние частотные составляющие сигнала, находящиеся за пределами диапазона компонентов 40 кГц. Данное спектральное представление будет нашим проводником по настройке фильтра для удаления нежелательных частотных составляющих.

### Фильтрация

Профессиональное программное обеспечение SBench 6 включает в себя возможности цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой (FIR), с возможностью его конфигурации как фильтра низких, высоких частот или как полосового. Фильтры могут быть созданы непосредственно в SBench 6 путём введения в настройки нужного типа фильтра, частоты среза или частоты

и порядка фильтра. SBench 6 подскажет, если фильтр нереализуем, и предложит решения для устранения проблемы. Кроме того, можно ввести коэффициенты фильтра, полученные из другого источника.

Данные фильтры могут быть применены к принятому сигналу и позволяют сравнить результаты с исходными или усреднёнными собранными значениями. На рис. 56 показано применение полосового FIR-фильтра с частотами отсечки 30 и 50 кГц для обработки принятых данных.

Верхняя левая сетка содержит необработанный сигнал. Ниже находится FFT исходного сигнала, который мы видели раньше. В верхней правой части экрана показывается волновая форма сигнала после обработки полосовым фильтром. FFT отфильтрованного сигнала находится в нижнем правом углу. Обратите внимание, что полосовой фильтр устранил всплески низких частот и второй гармоники 80 кГц. Временной интервал отфильтрованного сигнала представлен в виде плоской базовой линии. Отражения более чётко различимы, что и является целью обработки. Ещё раз можно увидеть, что быстрое преобразование Фурье FFT даёт глубокое понимание процесса фильтрации.

### Гистограммы

До сих пор мы изучали данные во временной и частотной областях. Каждый из этих подходов добавляет что-то новое к нашему пониманию собранных данных. Мы можем также изучить данные в статистической области, чтобы понять вероятность появления определённых значений амплитуды. Это реализуется с помощью гистограммы, которая графически отображает частоты возникновения сигналов с различными амплитудными значениями.

SBench 6 предлагает возможность создания гистограмм полученных сигналов. Некоторые примеры гистограмм, включая синусоидальный, треугольный и шумовой сигналы и связанные с ними гистограммы распределения, приведены на рис. 57.

Горизонтальная ось гистограммы отображает амплитуду сигнала. Вертикальная ось показывает количество значений в небольшом диапазоне величин (binning — разбиение значений случайной величины на интервалы).

Каждая гистограмма индивидуальна, и различия объясняются характеристиками сигнала. Распределение синусои-



HiVe-модуль



Модуль GPU PCIe

Карта CPU PCIe

Карта IB

Коммутатор PCIe



## Достигайте лучших результатов за счёт невероятного ускорения

- **1500 Тфлопс** в одной стойке
- До 4 ускорителей Nvidia или Xeon PHI на 1 процессор в каждом модуле
- До 4 ускорителей на 1 процессор ARM или Intel
- Непосредственное жидкостное охлаждение



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ EUROTECH



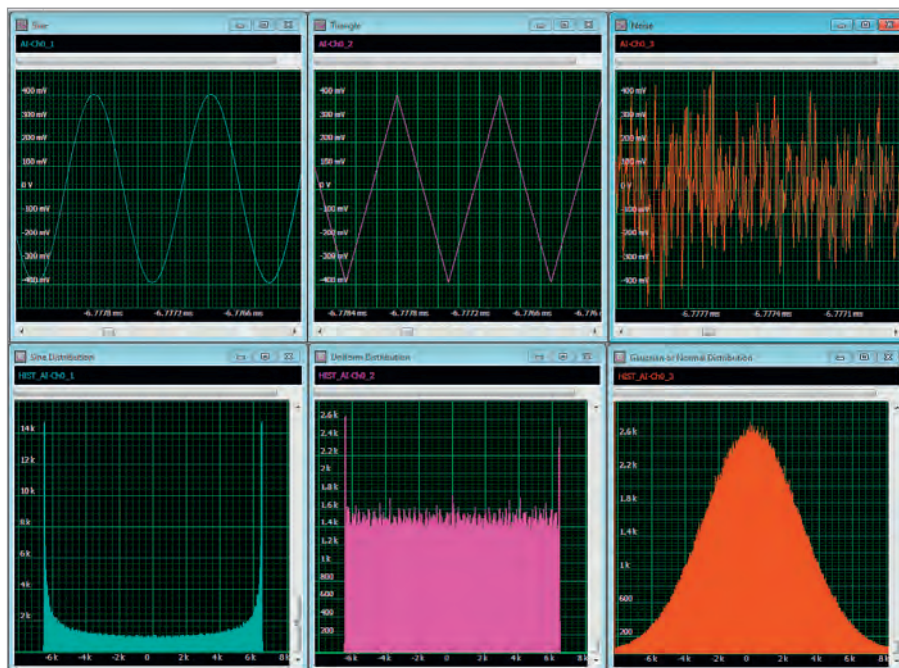


Рис. 57. Примеры общих волновых форм, включая синусоиду, треугольник, шум и связанные с ними гистограммы. Верхний ряд сигналов показывает синусоидальную, треугольную и шумовую формы волны, внизу ассоциированные с ними гистограммы

ды показывает высокие пики на краях и изображение в форме седла в средней области. Причина этого состоит в том, что скорость изменения синусоидального сигнала меняется на протяжении

каждого цикла. Максимальная скорость видна на пересечении с нулём и самая медленная на пиках. Если синусоидальный сигнал оцифровывается с постоянной частотой дискретизации, то по-

лучаем больше выборок на положительном (крайний правый пик в гистограмме) и отрицательном (самый левый) пиках. Мы видим наименьшее количество выборок при нулевом пересечении (в центре гистограммы по горизонтали).

Треугольная волна имеет постоянный наклон, положительный или отрицательный. Результирующая гистограмма показывает равномерное распределение, за исключением крайних областей. Пики на гистограмме — следствие того, что генератор сигналов имеет ограниченную пропускную способность, поэтому округляются пики и на граничные точки приходится большее число сэмплов. В результате получается большее количество выборок, собранных в этих точках.

Гистограмма шумового сигнала представляет собой Гауссиану, или нормальное распределение. Знакомым со статистикой, вероятно, не потребуется уделять слишком много внимания этому распределению. Уникальной характеристикой распределения Гаусса является то, что оно не ограничено частотным спектром.

Другие распределения имеют амплитудные пределы и фиксированный горизонтальный диапазон, а Гауссово рас-

## ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПЛАТЫ

Mini-ITX • ATX • PICMG 1.3 • COM Express • PC/104 • PCIe/104 • StackPC • 3,5" • EPIC • EBX

OXY5336A  
Одноплатный компьютер 3,5"

### Преимущества Perfectron

- Высочайшая надежность
- Широкие возможности кастомизации
- Диапазон рабочих температур  
-40...+85°C
- Защита от ударов и вибраций

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ PERFECTRON

PROSOFT® 25 ЛЕТ

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

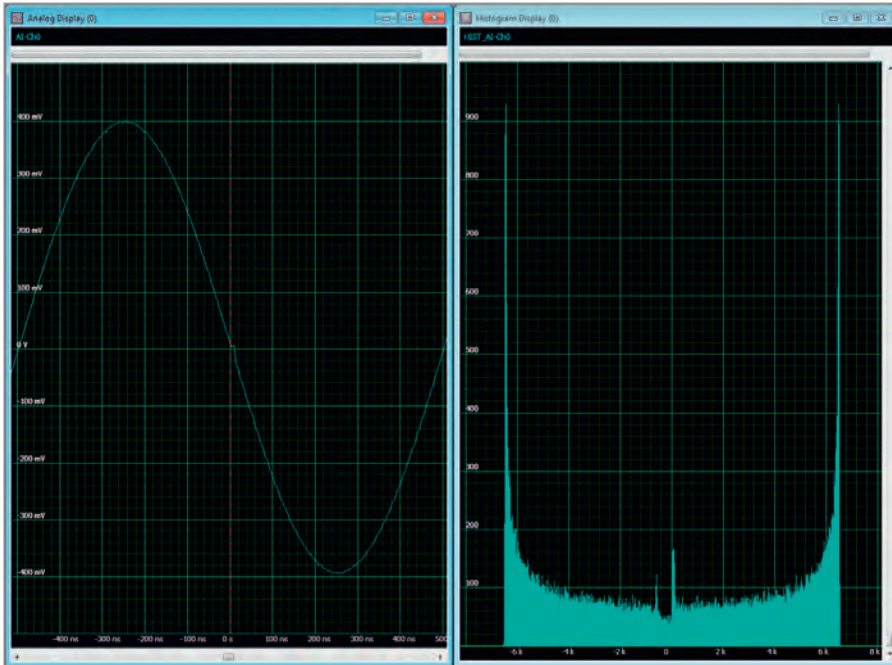


Рис. 58. Синусоидальная волна с незначительным искажением при пересечении нулевого значения, справа – соответствующая гистограмма этой волны с пиками в средней части гистограммы

пределение характеризуется так называемыми хвостами, которые простираются теоретически до бесконечности (на практике в приборах хвосты будут ограничены благодаря отсечению в аналого-цифровом преобразователе).

Таким образом, гистограммы рассказывают свои собственные истории о полученных сигналах. Они хороши для показа асимметрии (искажений) и маловероятных «глюков» в исследуемых волновых формах сигнала. На рис. 58

представлена гистограмма синусоидальной волны с незначительным искажением при пересечении нуля. Здесь мы ясно видим значительные пики около нулевого пересечения, которых нет в гистограмме синусоиды на рис. 57.

### Вывод

Инструменты для обработки сигнала, такие как аналоговое вычисление, усреднение, FFT, фильтрация и гистограммы помогают интерпретировать собранные данные и получить вторичные сигналы с более полным представлением об исходных данных.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИГИТАЙЗЕРА В КАЧЕСТВЕ ОСЦИЛЛОГРАФА

«Когда можно использовать дигитайзер в качестве осциллографа, и в чём различие между осциллографическим и неосциллографическим дигитайзером?» — это интересный вопрос, и лучший способ для поиска ответа на него — познакомиться с определением осциллографа, приведённым в словаре.

Итак, осциллограф, это «электронный прибор, используемый для измерения изменения электрического напря-



## Лучшие решения хранения данных для промышленных применений



**2,5" SATA SSD 3MG2-P – большая ёмкость**

- Ёмкость до 2 Тбайт
- Высокая скорость передачи данных благодаря буферу DRAM
- Защита данных в случае сбоя питания с технологиями iCell и iData Guard



**SATADOM 3ME3 – компактные размеры**

- Питание через 7-й или 8-й контакт
- Защита данных в случае сбоя питания с технологиями iCell и iData Guard
- Разнообразие исполнений: вертикальное, горизонтальное, низкопрофильное



**CFast 3ME3 – высокая скорость**

- Защита данных в случае сбоя питания с технологиями iCell и iData Guard
- Функция аппаратной защиты данных
- Размер, позволяющий заменить CF-карту

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNODISK**



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)



жения. Он отображает на экране форму электрических колебаний сигнала».

Дигитайзер, используя соответствующее программное обеспечение, может сделать то же самое (рис. 59). Он получает электрическую форму волны напряжения и выводит её для отображения на экран дисплея. Самое существенное различие в том, что обычно осциллограф является автономным инструментом со встроенным дисплеем, в то время как дигитайзер — системный компонент, который получает и хранит сигнал электрического напряжения и, при необходимости используя вспомогательное программное обеспечение, выводит данные на экран. Таким образом, ответом является: «Да, цифровой преобразователь может использоваться как осциллограф», но возникают два других вопроса:

1. Почему бы вам не использовать дигитайзер вместо осциллографа?
2. Какие характеристики дигитайзера делают его хорошей заменой осциллографу?

### ПОЧЕМУ СТОИТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДИГИТАЙЗЕР ВМЕСТО ОСЦИЛЛОГРАФА?

Первый ответ на этот вопрос: дигитайзер поддерживает большее количество входных каналов. Дигитайзеры Spectrum предлагают до 16 каналов для одиночных карт и до 256 каналов в случае применения до 16 плат, объединённых с помощью Star-Hub. Это значительное преимущество перед осциллографами, которые обычно ограничиваются менее чем восемью входными каналами на один прибор.

При таком количестве каналов дигитайзеры отличаются меньшим фактором самой платы. Сравните дигитайзер Spectrum на восемь каналов с восьмиканальным осциллографом, и вы легко увидите разницу. Плата дигитайзера настолько мала, что её можно подключить непосредственно в свободный слот PCIe в любой современный ПК. Значительные преимущества дигитайзеров также в том, что они имеют намного меньшее энергопотребление при аналогичном количестве каналов.

Следующим фактором является вертикальное разрешение. Осциллографы обеспечивают максимальное разрешение от 8 до 12 бит, в то время как быстрые дигитайзеры предлагают разрешение от 8 до 16 бит. При этом следует иметь в виду, что разрешение зависит от пропускной способности, и вы должны



Рис. 59. Дигитайзеры Spectrum PCIe и LXI имеют все необходимые возможности аппаратного и программного обеспечения для работы в качестве осциллографа

сравнить применяемые инструменты для обеспечения одинаковой пропускной способности.

Если для дальнейшей обработки необходимо обеспечить высокоскоростную передачу данных в персональный компьютер, то дигитайзер является лучшим выбором. Дигитайзеры Spectrum серии M4i могут обеспечить передачу потока данных со скоростью до 3,4 Гбайт/с по шине PCIe, в то время как автономные осциллографы обычно используют гораздо более медленные интерфейсы, такие как USB или LAN. Получить данные из дигитайзера можно на порядок быстрее, чем с осциллографа.

Таким образом, дигитайзер — это, несомненно, наилучший выбор, когда требуется последующая передача и обработка сигналов.

Ещё одна задача появляется, если вам необходимо осуществлять измерения удалённо. Дигитайзеры с сетевыми функциями, такие как Spectrum digitizer NETBOX, предлагают возможность LXI-контроля и передачи данных, таким образом дигитайзер может быть расположен на значительном расстоянии от места измерения. Это хороший вариант, если вам нужно просматривать данные и контролировать аппаратуру по LAN-интерфейсу из диспетчерской комнаты, из офиса, или даже из совсем другого места корпоративной сети.

Дигитайзер — это системный расширяемый компонент: число каналов легко увеличивается, и системная конфигурация дигитайзера гибко настраивается. Поменяйте тип карты или добавьте дополнительные, тем самым изменив необходимую пропускную способность, частоту дискретизации и продолжительность записи данных. В противоположность этому, осциллограф — инструмент с относительно фиксированной конфигурацией.

### КАКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИГИТАЙЗЕРА ДЕЛАЮТ ЕГО КАНДИДАТОМ НА ЗАМЕНУ ОСЦИЛЛОГРАФА?

Существуют сотни моделей дигитайзеров и их возможных конфигураций, из которых можно выбрать необходимое вам решение. Когда ответ на основополагающие вопросы выбора — о числе каналов и пропускной способности — уже позади, для полноценной замены осциллографа дигитайзером необходимо определиться ещё с некоторыми моментами.

Первый момент — частота дискретизации. Должна ли она быть фиксированная, или её требуется выбирать? Осциллографы обеспечивают выбор частоты дискретизации, так что вы можете просматривать сигналы с различной частотой. Дигитайзер, в случае замены осциллографа, должен обладать той же функциональностью. Обычно для точной оцифровки сигналов с быстрыми фронтами частота дискретизации должна быть в четыре-пять раз выше пропускной способности. В дигитайзерах Spectrum используется программируемая фазовая автоподстройка частоты на основе базового времени (ФАПЧ). Кроме того, вы можете использовать внешний генератор тактового сигнала или источник внешнего опорного тактового сигнала, если хотите управлять частотой дискретизации или синхронизировать её от другого источника.

Объём памяти для сбора данных определяет наибольшее время записи, которое вы можете получить, не понижая частоту дискретизации. Дигитайзеры Spectrum M4i предлагают до 4 Гсэмпл памяти в стандартной конфигурации, что примерно в четыре раза больше максимальной памяти в осциллографах высшего класса. На практике это означает, что дигитайзер может записывать более длинные сигналы без необходимости уменьшения частоты дискретизации и, следовательно, не теряется драгоценное временное разрешение.

Дигитайзеры, используемые в качестве осциллографа, также должны иметь гибкие настройки конфигурации входных цепей. Дигитайзеры Spectrum M4i.44xx с разрядностью 14 и 16 бит предлагают входы 50 Ом и 1 МОм с буферизованным вводом и высокочастотный вход 50 Ом с очень малым искажением сигнала. Оба варианта построения входных цепей предлагают несколько входных диапазонов, подобно тому, как это реализовано в осциллографе.



## CompactPCI ■ Компьютеры специального назначения

**Блочные корпуса** с различными механическими характеристиками, в том числе с ударопрочностью до **25g**

Эффективное электромагнитное экранирование

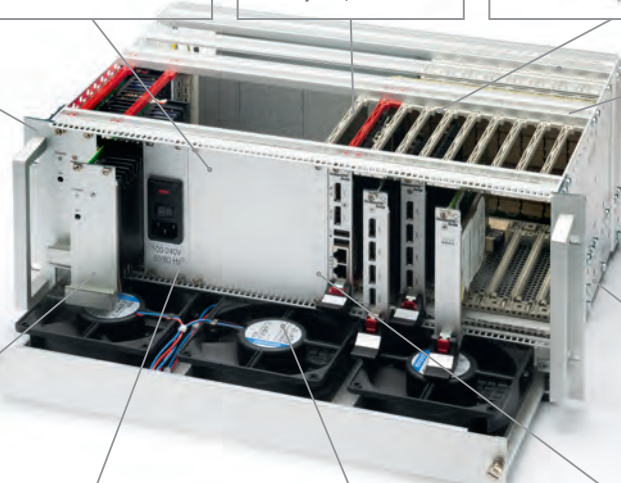
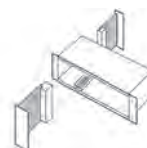


**Процессорные модули** PICMG 2.0, 2.16, 2.30; CPCI-S.0 (Serial) на различных процессорных платформах AMD и Intel для работы в жёстких условиях эксплуатации

**Кросс-платы и модули расширения** PICMG 2.0, 2.16, 2.30, CPCI-S.0 (Serial)



Подключение модулей тыльного ввода-вывода



**Источники питания** одинарные или резервированные: встраиваемые или в виде сменных блоков



**Панели ввода** с клеммами заземления и разъёмами питания разных типов



**Вентиляторы** с возможностью «горячей» замены. Система охлаждения, в том числе с кондуктивным отводом тепла



**Лицевые панели** универсальные и заказные для вставных блоков



**Различные габариты** и варианты компоновки



### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADVANTIX

**МОСКВА**  
**С.-ПЕТЕРБУРГ**  
**АЛМА-АТА**  
**ВОЛГОГРАД**  
**ЕКАТЕРИНБУРГ**  
**КАЗАНЬ**  
**КИЕВ**  
**КРАСНОДАР**  
**Н. НОВГОРОД**  
**НОВОСИБИРСК**  
**ОМСК**  
**САМАРА**  
**УФА**  
**ЧЕЛЯБИНСК**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (727) 329-5121; 320-1959 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com  
Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru  
Тел.: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: +38 (044) 206-2343; 206-2478 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft-ua.com  
Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
n.novgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Таблица 7

Сравнение преимуществ дигитайзеров и осциллографов

| Преимущества дигитайзеров                                                                                                      | Преимущества осциллографов                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Оптимальное соотношение цена/функциональность с возможностью расширения                                                        | Высокая общая доступная полоса пропускания (относительно цены)                                     |
| Доступна более высокая разрешающая способность по вертикали при заданной пропускной способности                                | Интерактивный просмотр и управление (сенсорные экраны, управление на передней панели)              |
| Маленький, компактный инструмент с низким энергопотреблением                                                                   | Большое количество совместимых пробников                                                           |
| Высокая скорость передачи данных                                                                                               | Большое количество доступных встроенных технологий измерений и методов анализа (относительно цены) |
| Более низкая стоимость канала                                                                                                  |                                                                                                    |
| Настраиваемые измерения и анализ (возможность программирования пользователем и применения стороннего программного обеспечения) |                                                                                                    |

Осциллографы обеспечивают сегментированные режимы сбора данных в реальном времени. Последовательный режим даёт возможность сегментирования памяти и применяется для приложений, в которых должны быть получены множественные события, что может уменьшить время простоя для сбора данных (dead time — время перезапуска между событиями).

Как правило, дигитайзеры обеспечивают несколько различных режимов сбора информации. Дигитайзеры Spectrum M4i.44xx предлагают режим кольцевого буфера (аналогичный приёму в реальном времени осциллографом), FIFO (поточковый режим), Multiple Recording — многократный режим записи (сегментированный режим), Gated Sampling (ворота) и режим двойного базового времени (АВА-режим), которые сочетают возможности медленной и непрерывной записи с быстрой реакцией на каждое триггерное событие. Все перечисленные режимы сбора характеризуются быстрым временем перезапуска. Например, в дигитайзерах Spectrum M4i.22xx с разрешением 8 бит это время равно 80 периодам выборки (то есть 16 нс при 5 Гэмпл/с). Это значительно меньше, чем длительность перезапуска 1 мкс в

большинстве осциллографов. Указанные различные режимы сбора позволяют пользователю конфигурировать дигитайзер так, чтобы наилучшим образом использовать память сбора данных для различных применений.

Триггерный механизм служит для синхронизации данных с внешними событиями. Для эффективного применения дигитайзера требуется большая гибкость при построении пускового триггерного устройства.

Простые граничные триггеры, основанные на наклоне и уровне сигнала, являются стандартными для большинства дигитайзеров. Многие также предлагают окно триггерного запуска. Триггерные источники включают каналы сбора и несколько внешних триггерных входов.

Для обеспечения триггерной универсальности эти входы с возможностью времени перезапуска могут быть ещё и логически скомбинированы, что позволяет генерировать сложные триггерные состояния.

Одним из ключевых преимуществ дигитайзеров является возможность быстрой потоковой передачи данных в компьютер для дальнейшего анализа и архивирования. Дигитайзеры Spectrum в режиме FIFO (поточковый режим) рас-

считаны на непрерывную передачу данных между буферной памятью дигитайзера и памятью компьютера. Благодаря интерфейсу PCI Express x8 Gen 2 скорость потока передачи может быть до 3,4 Гбит/с. В осциллографах применяются значительно более медленные интерфейсы (LXI и USB) для переноса данных на компьютер. Сочетание возможностей потоковой передачи от дигитайзера с быстрой системой хранения данных (например, основанной на RAID-массивах с несколькими дисками) делает дигитайзер совершенным инструментом в приложениях, в которых необходимо обеспечить хранение непрерывных продолжительных сигналов. Системы могут быть легко настроены для обеспечения нескольких часов или даже дней непрерывной записи.

Сравнение преимуществ дигитайзеров и осциллографов приведено в табл. 7.

### SBench 6 — ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ, ПРОСМОТРА, ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ДАННЫХ С МОДУЛЬНЫХ ДИГАЙТЕРАМ

Дигитайзеры — это «слепые» инструменты и обычно не имеют собственного дисплея для просмотра, оценки или анализа данных, которые они собирают. Данные функции выполняются с помощью персонального компьютера.

Компания Spectrum предоставляет полнофункциональную программу, которая называется SBench 6. Она обеспечивает возможность управления дигитайзером и позволяет просматривать полученные формы захваченного сигнала. Программа может выполнять простые и сложные измерения и использовать многочисленные инструменты для анализа. SBench 6 поддерживает всё семейство дигитайзеров Spectrum, включая digitizer NETBOX, и является мощным приложением для проверки работы дигитайзера прямо «из коробки». SBench 6 также позволяет пользователю верифицировать работу дигитайзера в процессе разработки им собственного прикладного программного обеспечения и выступает в качестве автономной станции для просмотра и анализа данных.

SBench 6 обеспечивает отображение, управление, измерение и анализ функций, позволяя дигитайзеру работать подобно осциллографу.

На рис. 60 демонстрируется универсальность программного обеспечения

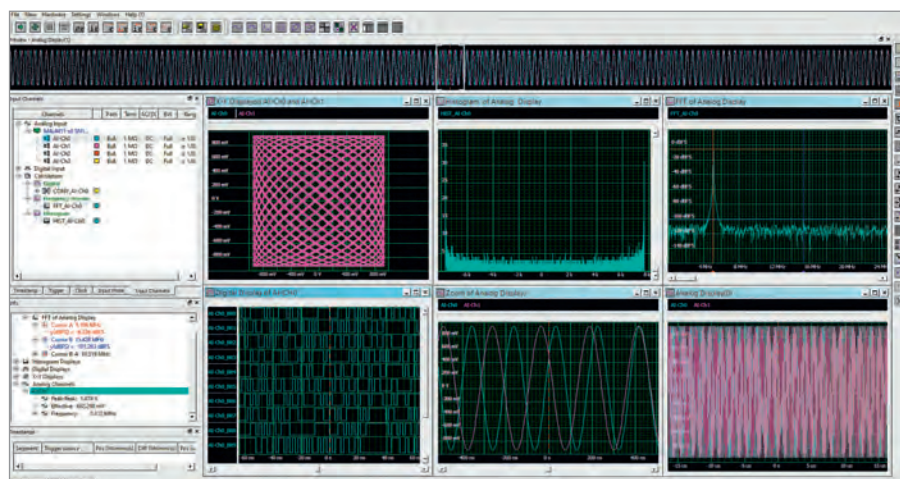


Рис. 60. Программное обеспечение Spectrum SBench 6 позволяет дигитайзерам работать подобно осциллографам для контроля, сбора, просмотра, измерения и анализа сигналов

SBench 6 в управлении, сборе, просмотре, измерении и анализе данных совместно с дигитайзерами Spectrum. В нижнем правом углу экрана показаны два канала сбора данных. Масштабированное по горизонтали отображение тех же самых путей сбора представлено в нижней центральной части рисунка. Верхняя левая сетка содержит график этих двух сигналов в формате X-Y. В нижней левой части отображаются в цифровой форме четырнадцать битовых значений, образующих сигнал в канале 1. Быстрое преобразование Фурье (FFT) сигнала из канала 1 показано в верхнем правом углу дисплея, в то время как верхняя центральная часть содержит гистограмму того же самого сигнала. Как можно заметить, дигитайзер в комбинации с SBench 6 обеспечивает все возможности отображения и анализа сигналов подобно осциллографу.

SBench 6 также выводит курсоры (по два для каждого отображения сетки) и измеряемые параметры. Курсоры демонстрируются на экране FFT, где измеряется амплитуда и частота спектральных линий 5 и 15 МГц. Индикация курсора высвечивается на панели



Рис. 61. Расчёт фазовой мощности с использованием значений всех трёх фазовых напряжений и токов в простом примере

информации Info в левой части рисунка, относящейся к отображению FFT. Три из двадцати одного измеренного параметра, относящиеся к каналу AI-ChO, также отображаются на панели Info.

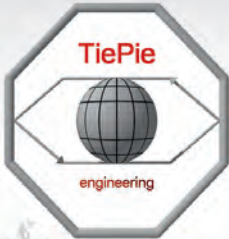
Это амплитудное значение от пика до пика, действующее значение амплитуды (rms) и частота.

Инструменты анализа в SBench 6 включают в себя усреднение, арифме-

тику формы волны, быстрое преобразование Фурье, гистограммы, фильтрацию и преобразование между аналоговыми и цифровыми формами.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИГИТАЙЗЕРА ВМЕСТО ОСЦИЛЛОГРАФА

На рис. 61 показаны фазные напряжения ( $V_a$ ,  $V_b$  и  $V_c$ ), фазные токи ( $I_a$ ,  $I_b$



## Новые стандарты измерений сигналов

Портативные приборы TiePie engineering с USB-интерфейсом



**HANDYSCOPE HS5**  
2-канальный осциллограф с разрешением 14 бит и высокой частотой опроса:

- полоса частот входного сигнала 250 МГц
- частота дискретизации до 500 МГц
- разрешение 12, 14, 16 бит
- память 64 Мсэмпл
- встроенный генератор 30 МГц



**HANDYPROBE HP3**  
Профессиональный USB-прибор с функциями мультиметра, осциллографа, спектроанализатора, логического анализатора:

- диапазон входного сигнала 0,2–800 В
- разрешение 10 бит
- максимальная частота дискретизации 100 МГц

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ TiePie engineering**



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



и  $I_c$ ) и рассеиваемая мощность каждой фазы ( $P_a$ ,  $P_b$  и  $P_c$ ) в нагрузке, подключённой по схеме «звезда с нулевым проводом», для которой у нас есть доступ к фазным и линейным напряжениям.

Результатом умножения каждого фазного напряжения на соответствующее значение фазного тока является мгновенная мощность в каждой фазе. Среднее значение мгновенной мощности является активной составляющей нагрузки системы питания. Сумма всех трёх фазных мощностей определяет полную действительную мощность нагрузки. Это измерение называется измерением мощности методом трёх ваттметров. Для того чтобы сделать данное измерение с помощью внешних дифференциальных датчиков измерения напряжения, потребуется шесть каналов. Если использовать несимметричные пробники, количество каналов увеличится до девяти.

Главным преимуществом в этом типе измерения является гибкая возможность использовать до 16 каналов для измерений в единственной карте дигитайзера.

Фазные напряжения показаны в верхнем ряду на рис. 61. Фазные токи отобра-

жаются в центральном ряду. Соответствующие точки каждой из волновых форм перемножаются с использованием аналоговых вычислений. Результирующая фазная мощность отображается в нижнем ряду. Сумма всех трёх фазных мощностей как результат аналогового суммирования возникает в крайней левой сетке с надписью "Total Power" (полная мощность). Обратите внимание, что суммарная мощность относительно постоянна. Параметры, отображённые на панели Info слева, показывают средние значения мощности для каждой фазы и общую суммарную мощность. Сумма средних значений трёх измерений фазной мощности равна средней общей мощности. Результат измерения для полной мощности составляет 850,9 Вт.

### Вывод

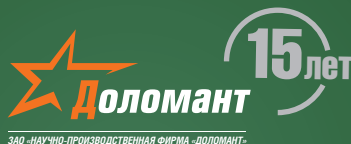
Представленные примеры демонстрируют огромные преимущества применения дигитайзера совместно с программным обеспечением SBench 6 для измерений различных аналоговых сигналов в режиме осциллографа.

Итак, ещё раз перечислим преимущества дигитайзера по сравнению с осциллографом.

1. Больше максимальное количество каналов.
2. Более низкая стоимость и мощность на канал.
3. Выше разрешение амплитуды при соизмеримых полосах частот.
4. Более высокая скорость передачи данных для более быстрых автоматизированных измерений.
5. Меньшие габариты устройства при эквивалентном числе каналов.
6. Простое дистанционное управление.
7. Специализированное программное обеспечение и доступ к стандартным аналитическим инструментам.
8. Модульность и расширяемость.

Принимая во внимание все перечисленные аргументы и проведя тщательный анализ ключевых преимуществ, предоставляемых дигитайзером, вы вполне можете прийти к выводу, что вам требуется именно это устройство. ●

**Авторизованный перевод  
Игоря Грузинского,  
сотрудника фирмы ПРОСОФТ  
Телефон: (495) 234-0636  
E-mail: info@prosoft.ru**



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

## ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ ОТВЕТСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ



### КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

#### Контрактная сборка электронного оборудования

- ОКР, технологические консультации
- Макеты, установочные партии
- Полное комплектование производства, поддержание складов
- Серийное плановое производство
- Гарантийный и постгарантийный сервис

### ЗАКАЗНЫЕ РАЗРАБОТКИ

#### Разработка электронного оборудования по ТЗ заказчика в кратчайшие сроки

- Модификация КД существующего изделия
- Разработка спецвычислителя на базе COM-модуля
- Конфигурирование модульного корпусированного изделия
- Сборка магистрально-модульной системы по спецификации заказчика
- Разработка изделия с нуля

• Опыт работы со спецсчетами и в рамках конкурсных процедур •

ТЕЛ.: (495) 739-0775

WWW.DOLOMANT.RU

Реклама



## PC/104 – надежность, проверенная временем

- Работа в жестких условиях эксплуатации и расширенном диапазоне температур
- Устойчивость к ударам и вибрации
- Длительный срок доступности



**CMx-BTx**

**Защищенные процессорные платы с Intel® Atom™ E38xx**

- Форм-фактор: PC/104, PC/104-Plus, PCI-104
- Интерфейсы: SATA, GbE, USB 3.0, USB 2.0
- Память DDR3L SODIMM до 4 Гбайт
- Поддержка VGA и LVDS



**CM1-86DX3**

**Защищенная процессорная плата PC/104 с процессором Vortex86DX3 System-on-Chip**

- Память DDR3L, напаянная, до 2 Гбайт
- Интерфейсы: SATA, CFast, GbE, Fast Ethernet
- Поддержка VGA и 18/24 бит TTL/TFI



**CM-920**

**Процессорная плата PCI-104 Express с Intel® Core™**

- Память DDR3, напаянная, до 4 Гбайт
- Поддержка HDMI, VGA, LVDS, SSD 8 Гбайт
- Интерфейсы: SATA, CFast, GbE, Fast Ethernet

### SEMA-Cloud



- Удаленное управление и контроль устройств в облаке
- Передача данных в облако
- Снижение простоев за счет дистанционного диагностического обслуживания
- Удаленное обновление ПО

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADLINK**

