BEIJING SEASUNCC TECHNOLOGY CO., LTD.

Дигитайзер NDA6110

Руководство по эксплуатации, версия 2.1.1

Перевод с китайского языка · структурированное издание

Содержание

Дигитайзер NDA6110 . . . 2
Структура аппаратной части . . . 2
Полная оцифровка формы сигнала . . . 4
Измерение энергетического спектра . . . 5
Совпадения . . . 6
Дискриминация по ширине импульса . . . 7
Сохранение данных полной оцифровки формы сигнала . . . 8
Сохранение спектрометрических данных . . . 9
Счёт Аппроксимация двойной экспонентой, трапецеидальная фильтрация . . . 10
Описание функциональных параметров 1 Полная оцифровка формы сигнала . . . 11
2 Измерение энергетического спектра . . . 12
3 Счёт . . . 13
4 Совпадения . . . 13
5 Сохранение данных . . . 13
6 Дискриминация по ширине импульса . . . 14
Структура передачи данных . . . 14
1 Полная оцифровка формы сигнала . . . 14
2 Измерение энергетического спектра . . . 15
3 Дискриминация по ширине импульса . . . 16
4 Передача по оптоволокну . . . 16
Руководство по работе с ПО верхнего уровня 1 Архитектура системного ПО . . . 17
2 Аппаратная конфигурация . . . 17
3 Описание окна программы . . . 18
4 Изменение IP-адреса . . . 19
1 Полная оцифровка формы сигнала . . . 20
2 Измерение энергетического спектра . . . 20
3 Совпадения . . . 23
4 Счёт . . . 26
5 Сохранение данных полной оцифровки формы сигнала . . . 27
6 Сохранение спектрометрических данных . . . 28
7 Дискриминация по ширине импульса . . . 30
Институт физики высоких энергий Академии наук Китая Адрес: КНР, г. Пекин, р-н Шицзиншань, ул. Юйцюань, д. 19 (лит. Б) . . . 31
› Цзинаньский институт ядерных технологий Академии наук Китая . . . 32

Дигитайзер NDA6110

4 канала

Частота дискретизации 1 Гвыб/с, разрядность 14 бит

Полный диапазон входного сигнала ±1 В

Полоса аналогового входа 250 МГц

Связь по постоянному току, входное сопротивление 50 Ом

Буфер DDR3 4 Гбит

ОБЗОР ИЗДЕЛИЯ

- NDA6110 — четырёхканальный дигитайзер 14 бит, 1GSPS. Он имеет структуру «материнская плата — дочерняя плата»; дочерняя плата содержит одну ПЛИС, которая обрабатывает два
- АЦП и данные четырёх микросхем DDR3, где АЦП выполняет аналого-цифровое преобразование, а DDR3 используется для хранения данных полной формы сигнала; четыре микросхемы DDR3 совместно хранят данные четырёх каналов;
- Кроме того, имеются 1 микросхема SPI Flash, 1 разъём загрузки JTAG, 2 высокоскоростных межплатных разъёма Samtec, 1 тактовый драйвер, источники питания LDO и др.; при этом высокоскоростной разъём Samtec служит для высокоскоростной передачи сигналов между материнской и дочерней платами; тактовый драйвер формирует для двух АЦП общий тактовый сигнал дискретизации 1 ГГц, тактовый сигнал ядра JESD204b 250 МГц, а также опорный тактовый сигнал MGT 125 МГц, формируемый ПЛИС. Материнская плата содержит 1 ПЛИС, 1 гигабитный интерфейс Ethernet, 1 оптоволоконный интерфейс, 1 разъём питания, 1 микросхему SPI Flash, 1 разъём загрузки JTAG и 2 высокоскоростных межплатных разъёма Samtec. Передача данных между материнской и дочерней платами выполняется по MGT, а связь дигитайзера с ПК — по гигабитному Ethernet (UDP протокол) и по оптоволокну.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- NDA6110 предоставляет 7 алгоритмов встроенного ПО, а именно: Типовые применения NDA6110 включают:

1. Полная оцифровка формы сигнала — для сбора, хранения и отображения исходной формы сигнала частиц.
1. Сбор и обработка ядерных сигналов.
2. Измерение энергетического спектра — для сбора, обработки и отображения спектральной информации о сигналах частиц.
2. Эксперименты по ядерной физике и физике частиц.
3. Счёт — для подсчёта, отображения и сохранения числа событий и скорости счёта текущего канала.
3. Регистрация быстрых переходных сигналов.
4. Совпадения — для логических связей и совпадений между несколькими каналами.
4. Системы сбора данных лидаров.
5. Дискриминация по ширине импульса — для спектрального разделения различных падающих частиц (например, альфа/бета).
6. Цифровая фильтрация, включая скользящее среднее, КИХ-фильтр нижних частот, трапецеидальную фильтрацию и др.
7. Подавление наложений — для устранения влияния наложения сигналов при высокой скорости счёта на результаты измерений.



Рис. 1

Структура аппаратной части

Схема структуры аппаратной части

Тактовая сеть дигитайзера

Сеть передачи данных дигитайзера

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Общий вид Габаритные размеры 196×234×64 мм (Д×Ш×В) Масса 1,1 кг
- Число каналов:
- Интерфейсы:
- Полоса пропускания:
- Внутренний триггер:
- 4 канала, несимметричный вход
- Триггер по фронту, триггер по уровню
- Триггер
- Аналоговый вход
- Импеданс (Zin):
- Полный диапазон шкалы (FSR):
- Внешний триггер
- Триггер по фронту
- АЦП и АЦП:
- Тип связи: по постоянному току
- Управляющий процессор AD9680
- Ethernet: 1000 Мбит/с
- Разрядность дискретизации:
- Частота дискретизации:
- Аналого-цифровое преобразование
- Интерфейс связи
- Оптоволокно: 10 Гбит/с
- Тепловыделение:
- Энергопотребление:
- ENOB и
- Максимум 80°C (при непрерывной работе 12 часов,
- Энергопотребление и тепловыделение
- 48 Вт (4 канала на полной мощности)
- температура помещения 25°C)
- Источник тактового сигнала:
- Полная оцифровка формы сигнала, спектрометрия, совпадения, счёт, дискриминация по ширине импульса, цифровая фильтрация,
- Оцифровка АЦП
- локальный кварцевый генератор 40 МГц через микросхему тактового драйвера SI5345 формирует два сигнала 1 ГГц
- Встроенное ПО
- Тактирование
- Подавление наложений
- синхронный тактовый сигнал служит общим тактовым сигналом дискретизации для двух АЦП
- Максимальное число сохраняемых точек:
- Максимальная длительность записи:
- Макс. объём
- Программное обеспечение
- Накопитель
- памяти: 4 Гбит на канал 250MS/ch

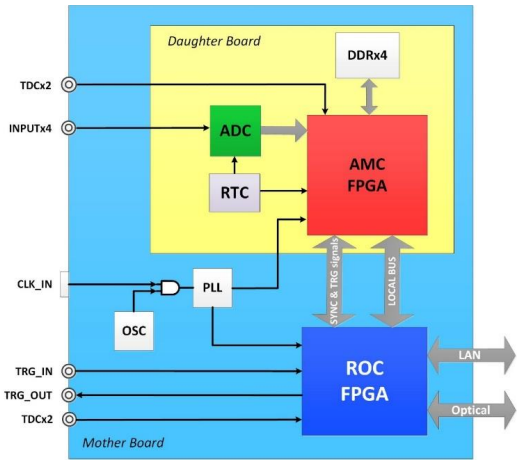


Рис. 2

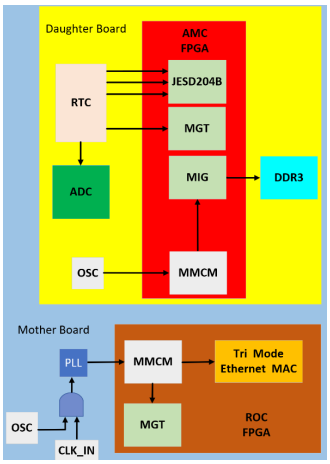


Рис. 3

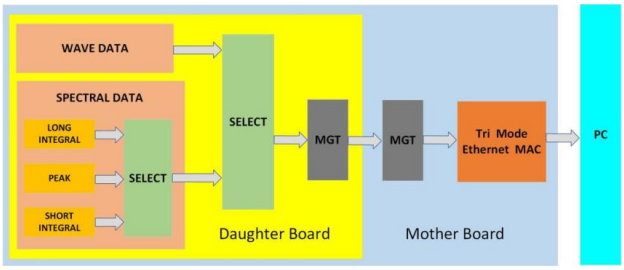


Рис. 4

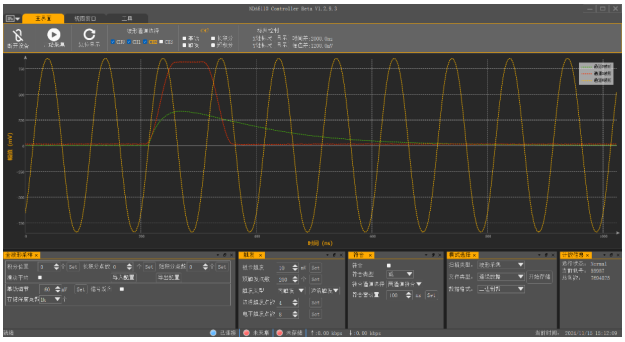


Рис. 5

Полная оцифровка формы сигнала

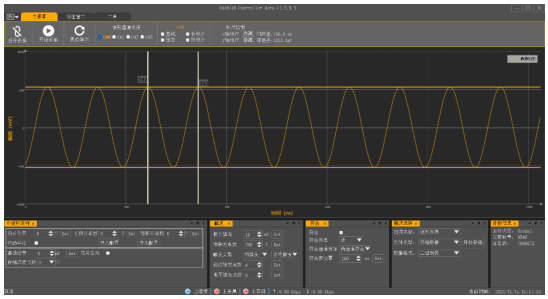


Рис. 6



Рис. 7

Многоканальный сбор сигналов

Синусоидальный сигнал 10 МГц

Поддержка синхронного сбора по четырём каналам; поддержка инверсии полярности сигнала Поддержка подстройки базовой линии сигнала

Поддержка скользящего среднего и КИХ-фильтрации; графический интерфейс, временная и амплитудная шкалы; внутренний триггер, внешний триггер, триггер по фронту, триггер по уровню Регулируемое число предтриггерных точек

Регулируемая глубина записи

Сбор сигналов отрицательной полярности

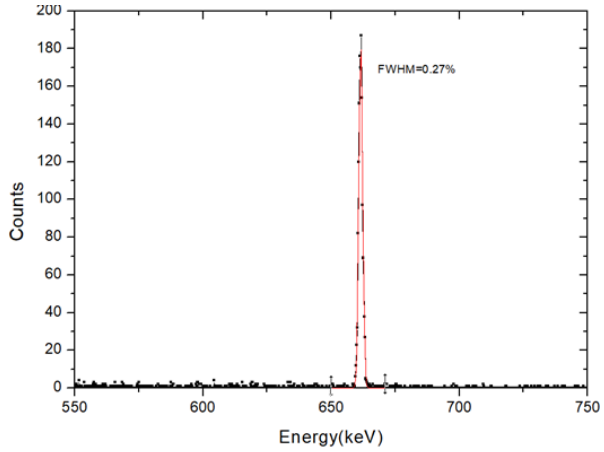


Рис. 8

Измерение энергетического спектра

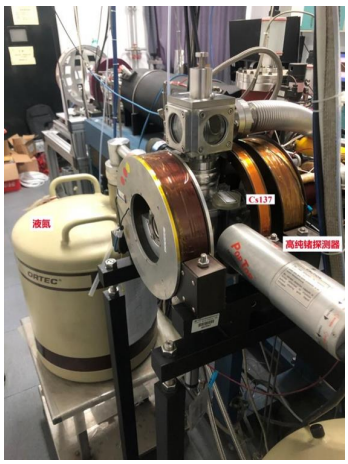


Рис. 9

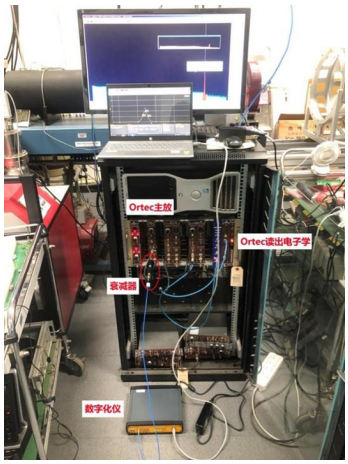


Рис. 10

Энергетическое разрешение (оцифровка формы сигнала, пиковый метод)

Детектор из особо чистого германия Система считывающей электроники детектора из особо чистого германия

Регулируемые интервалы интегрирования (длинный, короткий); переключаемый тип спектра (пиковый, интегральный)

Регулировка спектрального коэффициента и разбиение спектра на BIN; энергетическое разрешение на уровне Ortec MCA927 и CAEN DT5730

Энергетическое разрешение (оцифровка формы сигнала, метод интегрирования)

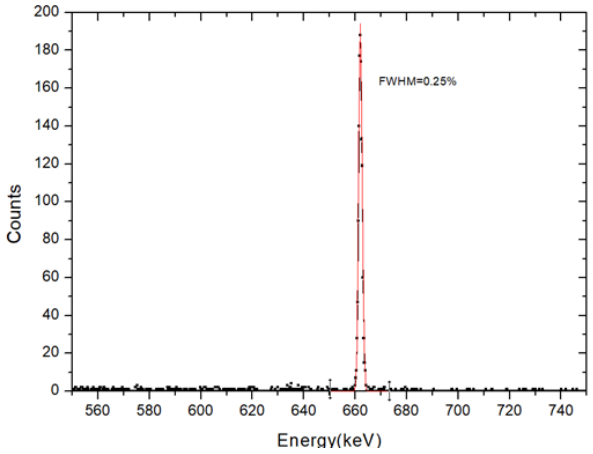


Рис. 11

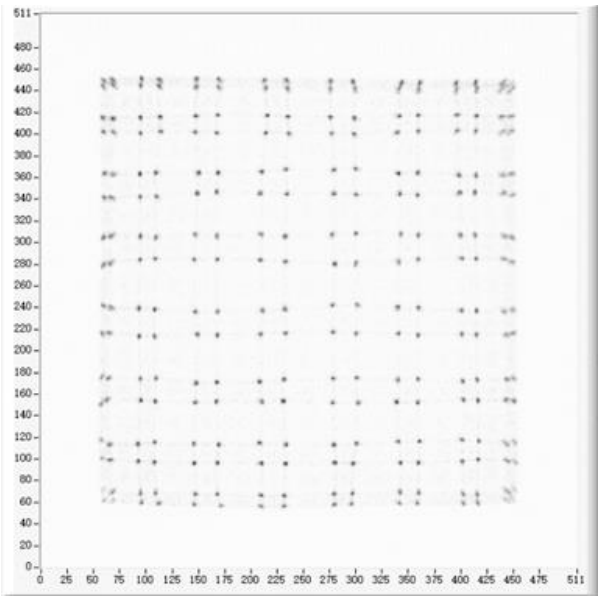


Рис. 12

Совпадения

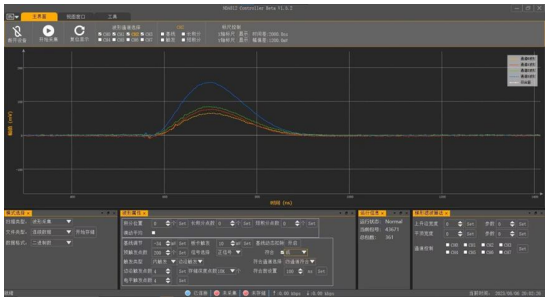


Рис. 13

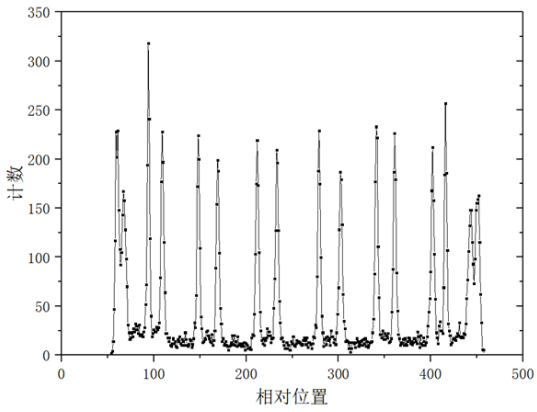


Рис. 14

Диаграмма рассеяния по координате

4 входных сигнала от детекторов

Логические И/ИЛИ

Двухканальные и четырёхканальные совпадения с регулируемым окном совпадений Пространственное разрешение

Одномерная проекция

Дискриминация по ширине импульса

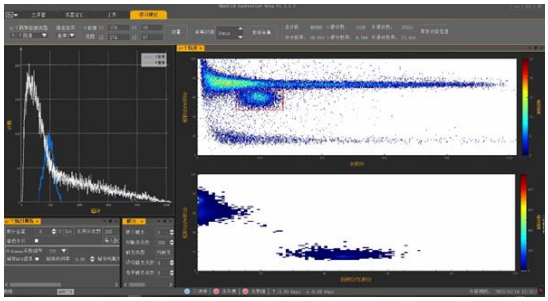


Рис. 15

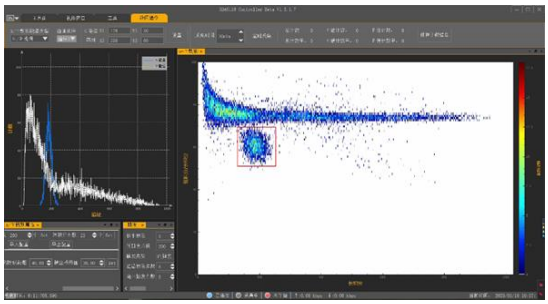


Рис. 16

Тепловая карта дискриминации по ширине импульса при трёхканальных совпадениях

Тепловая карта одноканальной дискриминации по ширине импульса

Длинное, короткое и заднее интегрирование; алгоритмы поиска пика и интегрирования Разделение спектров

α/β-разделение

n/γ-разделение

Эффективность дискриминации свыше 97%

График результатов эксперимента по эффективности α/β-разделения

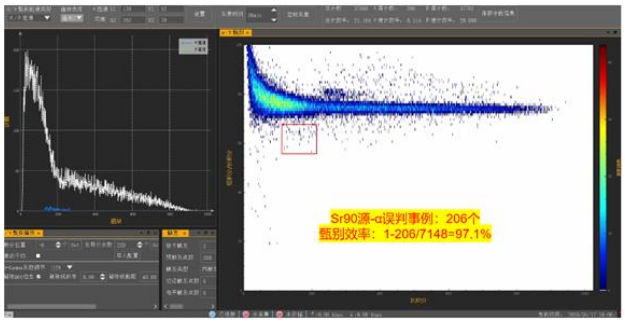


Рис. 17

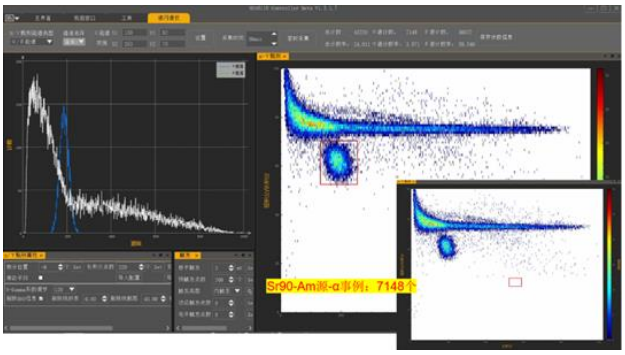


Рис. 18



Рис. 19



Рис. 20

Сохранение данных полной оцифровки формы сигнала

20241029 142636 二进制波形连续数据.bin

Address	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000	80	04	80	04	80	04	0b	f0	80	04	80	04	80	04	0b	d8
00000010	80	04	80	04	80	04	0b	c0	80	04	80	04	80	04	0b	d0
00000020	80	04	80	04	80	04	0b	e4	80	04	80	04	80	04	0b	c8
00000030	80	04	80	04	80	04	0b	ec	80	04	80	04	80	04	0b	fc
00000040	80	04	80	04	80	04	0b	c0	80	04	80	04	80	04	0b	fc
00000050	80	04	80	04	80	04	0b	dc	80	04	80	04	80	04	0b	9c
00000060	80	04	80	04	80	04	0b	cc	80	04	80	04	80	04	0b	e8
00000070	80	04	80	04	80	04	0b	f4	80	04	80	04	80	04	0c	04
00000080	80	04	80	04	80	04	0b	e0	80	04	80	04	80	04	0b	dc

Рис. 21

20241029 143748 通道0波形界面数

文件 编辑 查看

通道0波形采集配置参数:
积分位置：-20
长积分点数：120
短积分点数：0
平滑：开启
基线调节：30
板卡触发：10
基线动态扣除：关闭
预触发点数：200
信号选择：负信号
触发类型：内触发 电平触发
边沿触发点数：8
电平触发点数：8
存储深度点数：10k
符合：关闭 或

Рис. 22

20241029 143229 通道1波形界面数

文件 编辑 查看

通道1波形采集配置参数:
积分位置：-20
长积分点数：120
短积分点数：0
平滑：开启
基线调节：20
板卡触发：10
基线动态扣除：关闭
预触发点数：200
信号选择：正信号
触发类型：内触发 电平触发
边沿触发点数：8
电平触发点数：8
存储深度点数：10k
符合：关闭 或

Рис. 23

Файл сохранения: текущее изображение, десятичный формат

Файл сохранения: непрерывные данные, двоичный формат

Файл сохранения параметров полной оцифровки формы сигнала

Файл сохранения: непрерывные данные, двоичный формат

Поддержка сохранения непрерывных данных и текущего изображения; поддержка двоичного и десятичного форматов; поддержка сохранения параметров конфигурации

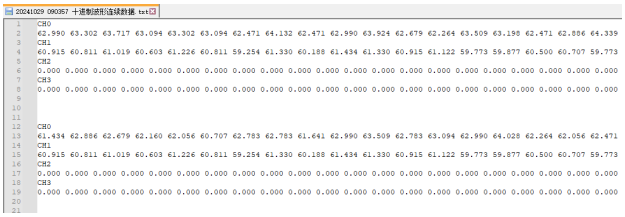


Рис. 24

20241115 161110 CH0能谱界面数据.txt

4976	1
4977	0
4978	2
4979	3
4980	10
4981	26
4982	29
4983	97
4984	192
4985	465
4986	814
4987	1672
4988	3069
4989	5521
4990	9544
4991	16414

Рис. 25

20241115 161104 CH1能谱界面数据.txt

4977	0
4978	2
4979	3
4980	10
4981	21
4982	28
4983	88
4984	170
4985	417
4986	735
4987	1491
4988	2719
4989	4919
4990	8574
4991	14671
4992	23780
4993	37117

Рис. 26

Сохранение спектрометрических данных

20241018 160713 二进制能谱连续数据.bin

Address	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000	80	07	a7	b0	05	20	ac	77	60	07	d5	4d	05	20	ac	77
00000010	40	07	e9	45	05	20	ac	77	20	08	21	c9	05	20	ac	77
00000020	80	07	a2	d4	05	20	ac	78	60	07	da	4b	05	20	ac	78
00000030	40	07	ee	f7	05	20	ac	78	20	08	1f	f2	05	20	ac	78
00000040	80	07	a7	c5	05	20	ac	79	60	07	d2	4f	05	20	ac	79
00000050	40	07	ea	8f	05	20	ac	79	20	08	1e	9d	05	20	ac	79
00000060	80	07	a5	3f	05	20	ac	7a	60	07	d8	9b	05	20	ac	7a
00000070	40	07	eb	cf	05	20	ac	7a	20	08	23	4c	05	20	ac	7a

Рис. 27

1	6378.000 0.000 0.000 0.000
2	6242.000 0.000 0.000 0.000
3	18194.000 0.000 0.000 0.000
4	8610.000 0.000 0.000 0.000
5	3158.000 0.000 0.000 0.000
6	3624.000 0.000 0.000 0.000
7	1249.000 0.000 0.000 0.000
8	5441.000 0.000 0.000 0.000
9	26918.000 0.000 0.000 0.000
10	8399.000 0.000 0.000 0.000
11	1997.000 0.000 0.000 0.000
12	18642.000 0.000 0.000 0.000
13	15910.000 0.000 0.000 0.000
14	21546.000 0.000 0.000 0.000
15	6021.000 0.000 0.000 0.000
16	29414.000 0.000 0.000 0.000
17	6400.000 0.000 0.000 0.000

Рис. 28

Файл сохранения: непрерывные данные, двоичный формат
Файл сохранения: текущее изображение, десятичный формат

Файл сохранения скорости счёта при спектрометрии

Файл сохранения: непрерывные данные, десятичный формат

Файл сохранения параметров спектрометрии

Поддержка сохранения непрерывных данных и текущего изображения; поддержка двоичного и десятичного форматов; поддержка сохранения параметров конфигурации; поддержка сохранения скорости счёта



Рис. 29

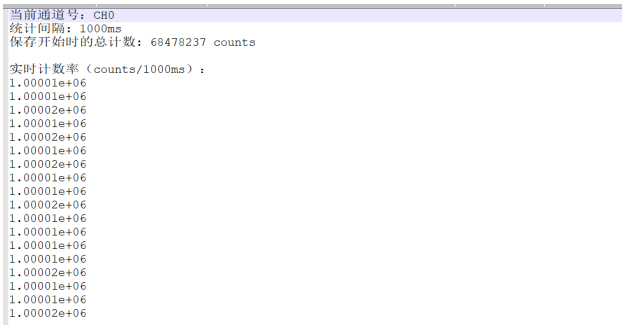


Рис. 30

Счёт Аппроксимация двойной экспонентой, трапецеидальная фильтрация



Рис. 31



Рис. 32

Импульсный сигнал 862,3 кГц и соответствующая скорость счёта

График результатов аппроксимации двойной экспонентой

1.4 Импульсный сигнал МГц и соответствующая скорость счёта

3 Импульсный сигнал МГц и соответствующая скорость счёта

Верхний предел поддерживаемой скорости счёта — 3 МГц
График результатов трапецеидальной фильтрации

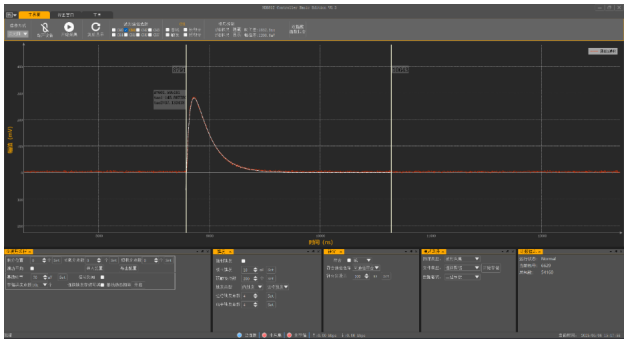


Рис. 33



Рис. 34



Рис. 35

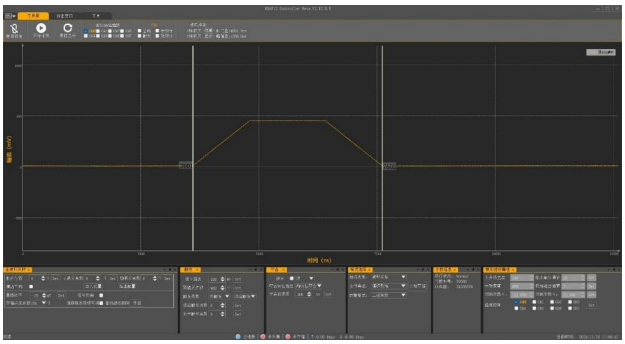


Рис. 36



Рис. 37



Рис. 38

Описание функциональных параметров 1 Полная оцифровка формы сигнала

1.1 Выбор канала осциллограммы

При полной оцифровке формы сигнала функции и параметры любого канала или нескольких каналов настраиваются независимо. Внимание: настройка функций и выбор параметров каждого канала относятся к текущему отмеченному

каналом соответствуют друг другу однозначно.

1.2 Выбор канала спектра

При наборе спектра выбирается, спектр какого канала выводить на экран; возможно одновременное отображение спектров нескольких каналов (и одновременное их сохранение).

1.3 Линии-маркеры (курсоры)

При полной оцифровке формы сигнала или измерении спектра ПО верхнего уровня предоставляет средства визуализации: пользователь может по своему усмотрению включать отображение базовой линии, положения триггера, длины длинного интегрирования, корот

длины короткого интегрирования, временной шкалы по оси X, амплитудной шкалы по оси Y, длительности окна совпадений и др.

1.4 Полярность сигнала

Пользователь может инвертировать входной сигнал. Если инверсия не выбрана, дигитайзер не обрабатывает данные АЦП; при выборе инверсии из 16383 вычитаются

данные АЦП, обеспечивая инверсию сигнала.

1.5 Регулировка базовой линии (−1 мВ~1 мВ)

ПО верхнего уровня передаёт значение подстройки базовой линии в диапазоне −1 мВ~1 мВ; к данным, прошедшим обработку с учётом выбора инверсии сигнала, прибавляется это значение, и получаются данные с откорректированной базовой линией.

Таким образом, положительное значение подстройки базовой линии увеличивает амплитуду сигнала, а отрицательное — уменьшает её.

1.6 Скользящее среднее (усреднение по 4 точкам)

Алгоритм скользящего среднего усредняет амплитуду сигнала по 4 точкам, снижая шум и устраняя выбросы.

1.7 Тип триггера

Триггер бывает внутренним и внешним; внутренний, в свою очередь, делится на триггер по фронту (нарастающему) и триггер по уровню.

Триггер по фронту: сигнал считается действительным, если на нарастающем фронте амплитуда превышает порог срабатывания на нескольких последовательных точках (регулируется в пределах 2~16 точек, каждая следующая точка по амплитуде больше предыдущей);

Триггер по уровню: сигнал считается действительным, если его амплитуда превышает порог срабатывания на нескольких последовательных точках (регулируется в пределах 2~20 точек).

Внешний триггер (по фронту): предназначен для приёма триггерного сигнала внешней системы регистрации, амплитуда 1,8 В.

1.8 Триггер платы (−1 В~1 В)

Значение триггера платы задаётся в диапазоне −1 В~1 В и служит порогом срабатывания для триггера по фронту и по уровню, обеспечивая отбор и отображение действительных сигналов.

1.9 Число предтриггерных точек (0~960 точек)

Для удобства наблюдения формы сигнала и расчёта базовой линии задаётся число предтриггерных точек — сколько точек перед точкой срабатывания участвует в отображении осциллограммы или измерении спектра; диапазон значений 0~960

точек.

2 Измерение энергетического спектра

2.1 Положение интегрирования

то есть начальная позиция интегрирования — точка начала длинного и короткого интегрирования. Отсчёт ведётся от точки срабатывания триггера: отрицательное значение означает, что интегрирование начинается до точки сраба

тывания триггера; положительное значение начальной позиции интегрирования означает, что оно начинается правее точки срабатывания.

Внимание: если положение интегрирования отрицательное, его абсолютная величина не должна превышать число предтриггерных точек.

2.2 Число точек длинного интегрирования (0~65535 точек)

Интегрирование, используемое при наборе спектра: число точек длинного интегрирования задаётся в диапазоне 0~65535 и определяет, сколько точек, начиная с начальной позиции интегрирования, участвует в интегрировании.

2.3 Число точек короткого интегрирования (0~65535 точек)

Число точек короткого интегрирования применяется при дискриминации по ширине импульса и задаёт количество точек для короткого интеграла в диапазоне 0~65535. Внимание: это значение должно быть меньше числа точек длинного интег

2.4 Выбор типа спектра

Различают режим интегрирования и пиковый режим. В режиме интегрирования спектр строится по интегралу сигнала (в интервале длинного интегрирования), а в пиковом режиме — по максимуму сигнала, найденному алгоритмом поиска пика в интервале

интегрирования. В обоих режимах необходимо задать интервал интегрирования.

2.5 Регулировка спектрального коэффициента (16~8192×)

Значение интеграла усекается по разрядам, что масштабирует диапазон номеров каналов по оси абсцисс и упрощает набор и отображение спектра.

2.6 Порог интегрирования

Если выбран интегральный тип спектра, установка этого порога отсекает данные с интегралом ниже порогового значения.

2.7 Обнуление временной метки

Формат данных включает также временную метку; данная команда сбрасывает отсчёт временной метки на 0.

2.8 Разбиение спектра на BIN

Ось абсцисс окна спектрометрии (номера каналов) разбивается на небольшие интервалы; параметр разбиения на бины (1~15) задаёт их размер. Отсчёты спектра внутри одного интервала суммируются, а в качестве номера канала

по оси абсцисс отображается срединное значение соответствующего интервала.

3 Счёт

При расчёте скорости счёта и суммарного числа отсчётов необходимо выбрать интервал статистики: доступны интервалы 100 мс, 500 мс и 1000 мс.

Функция сохранения скорости счёта записывает скорость счёта и суммарное число отсчётов за каждый интервал статистики для последующего анализа пользователем.

4 Совпадения

Совпадения отражают логическую связь между каналами и делятся на «И» и «ИЛИ». При «И» несколько каналов должны сработать одновременно в пределах окна совпадений —

только тогда сигнал считается действительным, и передаются и сохраняются осциллограммы либо спектрометрические данные всех участвующих в совпадении каналов. При «ИЛИ» достаточно срабатывания хотя бы одного канала, чтобы все сигналы

считались действительными, после чего передаются и сохраняются осциллограммы или спектрометрические данные всех участвующих в совпадении каналов.

4.1 Выбор каналов совпадений

Указывает, сколько каналов участвует в логической операции и совпадении: два или четыре. Выбор каналов ограничен допустимыми комбинациями. В режиме «двухканальных совпадений» возможна работа только с кана

лами 0 и 1, а также 2 и 3; в режиме «четырёхканальных совпадений» коррелируются все четыре канала одновременно.

4.2 Установка окна совпадений (5 нс~20000 нс)

Значение окна совпадений задаёт временной интервал, в пределах которого выполняется операция «И» между несколькими каналами.

5 Сохранение данных

Для удобства углублённого анализа данных и исследования алгоритмов в режиме полной оцифровки формы сигнала и в спектрометрическом режиме предусмотрены два способа сохранения:

Режим «Текущее изображение»: сохраняется только осциллограмма, отображаемая в текущем окне; формат сохранения — «десятичный», объём данных сравнительно невелик;

Режим «Непрерывные данные»: минимальной единицей является «глубина записи в точках», которую задаёт пользователь.

После запуска сбора сигнал непрерывно записывается в локальную память DDR3; при каждом заполнении заданной «глубины записи в точках» выполняется чтение из DDR3, причём время считывания равно времени записи

в 5 раз, после чего данные передаются в компьютер. Максимальная глубина записи составляет 200 мкс на канал (800 мкс для четырёх каналов), считывание занимает 1 мс (4 мс для четырёх каналов). Формат сохраняемых данных «двоичный» или «десятичный».

При одновременном сборе данных по нескольким каналам локальная память DDR3 записывает данные каналов последовательно, после чего они считываются, что вносит определённое мёртвое время. Выбранные каналы

обращение и операции с данными выполняются для соответствующих каналов; невыбранные каналы игнорируются и не учитываются во временной диаграмме операций.

Например, если сигналы подаются на 3 канала — CH0, CH2, CH3, — а «глубина записи в точках» для всех задана 1K точек, то после запуска сбора запись ведётся только по этим трём каналам

данные записываются поочерёдно по кругу. Время записи одного канала составляет 1024×1 нс = 1024 нс, время считывания — 1024 нс; при этом скорость передачи ограничена пропускной способностью сетевого кабеля, поэтому данные буферизуются: передача данных одного канала через сетевой порт занимает 65536 нс, а полная передача данных одного канала глубиной 1K — 67584 нс, что и составляет мёртвое время системы в этом режиме.

6 Дискриминация по ширине импульса

Интегрирование сигнала выполняется путём задания положения интегрирования, длинного и короткого интервалов. В режиме дискриминации по ширине импульса отсчёт ведётся от пика сигнала, и начальная позиция интегрирования

Отрицательное значение означает, что интегрирование начинается левее пика; положительное значение начальной позиции интегрирования означает, что оно начинается правее пика.

От положения начала интегрирования до конца короткого интервала получается короткий интеграл сигнала; от положения начала интегрирования до конца длинного интервала — длинный интеграл; от позиции длинного интеграла

начинается ещё одно интегрирование длительностью, равной длинному интервалу, что даёт задний интеграл сигнала.

Получив значения короткого, длинного и заднего интегрирования, ПО верхнего уровня выполняет расчёт и строит тепловую карту дискриминации по ширине импульса.

Структура передачи данных

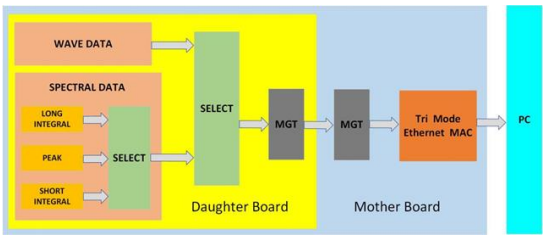


Рис. 39

Дигитайзер построен по схеме «материнская плата — дочерняя плата»; его основные тактовая сеть и сеть передачи данных показаны на рисунке ниже.

Сеть передачи данных дигитайзера

Тактовая сеть дигитайзера

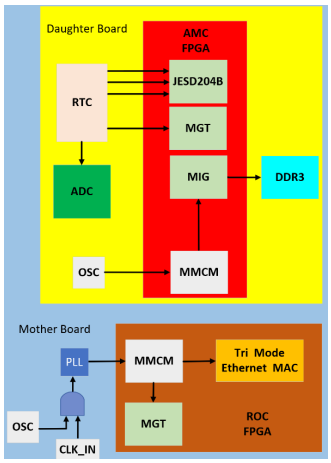


Рис. 40

1 Полная оцифровка формы сигнала

1.1 Передача данных от АЦП к ПЛИС дочерней платы

Микросхема АЦП передаёт оцифрованный сигнал в ПЛИС дочерней платы; на стороне ПЛИС для приёма и преобразования данных используется интерфейс JESD204B. JESD204B настроен на 8 линий, что соответствует двум

данные выборки АЦП, скорость линии 10 Гбит/с, внутреннее кодирование 8B/10B, тактовая частота 250 МГц.

1.2 Передача данных MGT от дочерней платы к материнской

Данные осциллограмм передаются с дочерней платы на материнскую через интерфейс MGT по протоколу aurora_8b10b_single_lane_4byte; максимальная скорость линии этого протокола — 10,3125 Гбит/с,

Текущая скорость межплатной передачи составляет 4 Гбит/с. MGT использует опорный тактовый сигнал 125 МГц, рабочий тактовый сигнал 100 МГц, разрядность передаваемых данных 32 бита, кодирование 8b/10b рование.

1.3 Передача данных по Ethernet от материнской платы к ПК

В режиме полной оцифровки формы сигнала структура пакета передачи такова: 1024 байта данных + 4 байта номера пакета + 2 байта служебных данных протокола Ethernet, всего 1030 байт. При этом первые 1024

байт — это данные; средние 4 байта — номер пакета, используемый для сборки пакетов Ethernet и отображения длиннопериодных сигналов; последние 2 байта относятся к самому протоколу Ethernet и не требуют внимания.

В 1024 байтах данных каждые 8 байт (64 бита) представляют 4 точки выборки, поэтому эти 1024 байта содержат в сумме 512 точек выборки. Разрядность передачи MGT

составляет 32 бита; за одну передачу последовательно передаются два слова по 32 бита, то есть 64 бита, представляющие точки выборки четырёх каналов. Структура приведена в таблице ниже:

Таблица 1. Формат данных полной оцифровки формы сигнала

Здесь Data flag — бит признака данных: значение 01 означает, что предшествующие 14 бит данных действительны; Data0 — данные канала 0, Data1 — данные канала 1, Data2 —

данные канала 2, Data3 — данные канала 3. Число передаваемых точек данных соответствует выбранной пользователем глубине записи. Разной глубине записи соответствуют разное число пакетов и Действительные точки данных приведены в таблице ниже.

Таблица 2. Число Ethernet-пакетов и точек данных для различной глубины записи

Глубина записи, точек

Число пакетов (шт.)

Действительных точек данных (шт.)

При выборе нескольких каналов в каждой передаче действительны данные только одного канала. Например, при работе с каналами 0 и 1 и глубине записи 10K точек дигитайзер сначала

передаются данные канала 0 — с 1-го по 80-й пакет, всего 80 пакетов (действительны данные канала 0); после завершения передачи номер пакета обнуляется, затем передаются данные канала 1, также начиная с Пакеты 1–80 — всего 80 пакетов данных (действительны данные канала 1); после завершения передачи номер пакета снова обнуляется, затем передаются данные канала 0, и так по циклу.

2 Измерение энергетического спектра

2.1 Пакет данных Ethernet

В режиме спектрометрии структура пакета передачи такова: 1024 байта данных + 4 байта номера пакета + 2 байта служебных данных протокола Ethernet, всего 1030 байт; при этом первые 1024

байт — это данные; средние 4 байта — номер пакета, используемый для сборки пакетов Ethernet; последние 2 байта относятся к самому протоколу Ethernet и не требуют внимания.

В 1024 байтах каждые 8 байт представляют 1 точку данных, поэтому эти 1024 байта содержат в сумме 128 точек данных; порядок этих 128 точек — канал 0, кан

канал 1, …, канал 3 и далее по кругу. Структура приведена в таблице ниже:

Таблица 3. Порядок спектрометрических данных четырёх каналов

2.2 Режим интегрирования

Спектрометрия выполняется в режиме интегрирования или в пиковом режиме. В режиме интегрирования структура каждой точки данных следующая:

Таблица 4. Формат спектрометрических данных одного канала в режиме интегрирования

Номер канала

Интеграл

Временная метка

2.3 Пиковый режим

В пиковом режиме структура каждой точки данных следующая:

Таблица 5. Формат спектрометрических данных одного канала в пиковом режиме

Номер канала

Пиковый режим

Временная метка

3 Дискриминация по ширине импульса

Формат Ethernet-пакета в режиме дискриминации по ширине импульса совпадает с форматом при спектрометрии, но структура точки данных отличается и приведена ниже:

Таблица 6. Формат спектрометрических данных одного канала в режиме дискриминации по ширине импульса

Номер канала

Длинный интеграл

Короткий интеграл

Значение заднего интеграла

4 Передача по оптоволокну

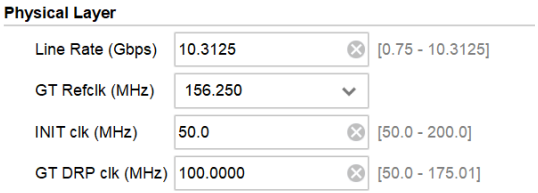


Рис. 41

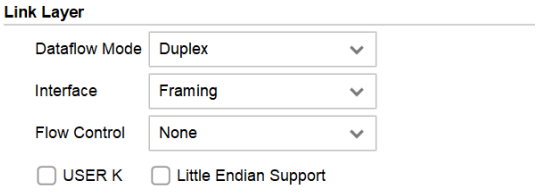


Рис. 42

Дигитайзер поддерживает связь с ПО верхнего уровня по оптоволокну; все форматы данных совпадают с режимом передачи по Ethernet. Оптический интерфейс поддерживает скорость передачи до 10,3125 Гбит/с, для связи

Используется кодирование 64b/66b; по результатам испытаний коэффициент ошибок менее 10-14. Настройки скорости оптоволоконной связи приведены ниже:

Настройка скоростей оптоволоконной связи

Настройка параметров оптоволоконной связи

Руководство по работе с ПО верхнего уровня 1 Архитектура системного ПО

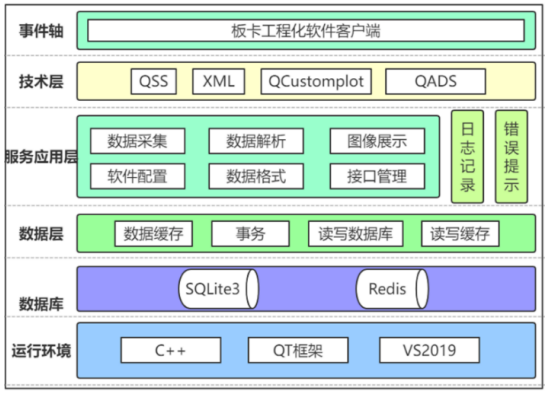


Рис. 43

Архитектура системного ПО показана на рисунке ниже:

Схема архитектуры ПО

2 Аппаратная конфигурация

Таблица 7. Требования к конфигурации для работы ПО

Минимальная конфигурация

Стандартная комплектация

2,0 ГГц или выше, двухъядерный или

Обработка

1,0 ГГц или выше

или выше

Оперативная память

2 ГБ или больше

8 ГБ или больше

Накопитель

20 ГБ или больше

60 ГБ или больше

Свободное место

DirectX 9 или новее

DirectX 11 или новее

Видеокарта

(драйвер WDDM 1.0 или новее

(драйвер WDDM 2.0 или новее

программа)

программа)

Встроенное ПО

Поддержка

система

Windows 7 или новее

Windows 10 или новее

720p или выше, диагональное разрешение

Дисплей

480p или выше

разрешение более 9 дюймов по диагонали, 8 бит на цветовой канал

3 Описание окна программы

В данном разделе на примере интерфейса клиентского ПО подробно описаны функции каждого окна.

Общий вид интерфейса

3.1 Строка меню

Интерфейс строки меню показан на рисунке ниже.

Главное окно строки меню

Главное окно строки меню: управление подключением прибора, управление сбором данных, выбор каналов, выбор линий параметров каналов, управление шкалами и др.;

3.2 Окно настроек

3.2.1 Окно выбора режима

Окно выбора режима показано на рисунке ниже:

Окно выбора режима

Окно выбора режима позволяет выбрать алгоритмические функции: сбор осциллограмм, спектрометрию, дискриминацию по ширине импульса и др. Также предоставляются функции сохранения данных и выбора формата сохранения, обеспечивающие

экспорт и сохранение данных для последующего анализа.

3.2.2 Окно конфигурации параметров

Окно настройки параметров полной оцифровки формы сигнала

Окно настройки спектрометрических параметров

В зависимости от выбранного типа сканирования окно настройки предоставляет соответствующий набор параметров. После их задания клиентское ПО отправляет соответствующие команды на плату и завершает конфигурирование прибора.

Кроме того, в ПО верхнего уровня добавлены функции импорта и экспорта конфигурации параметров: экспорт позволяет выгрузить заданные параметры и сохранить их в виде файла конфигурации; им

Импорт конфигурации позволяет считать сохранённый файл параметров и загрузить его в дигитайзер, избавляя пользователя от повторного ввода параметров.

3.2.3 Информация о работе

Окно информации о работе

Окно информации о работе показывает номер пакета и общее число пакетов в текущем цикле сканирования, а также скорость счёта спектра и суммарное число отсчётов. Интервал статистики регулируется; поддерживается

сохранение скорости счёта.

3.3 Строка состояния

Строка состояния

Строка состояния отображает состояние подключения прибора, состояние сбора и сохранения данных, а также скорость передачи данных и текущее время.



Рис. 44



Рис. 45



Рис. 46



Рис. 47

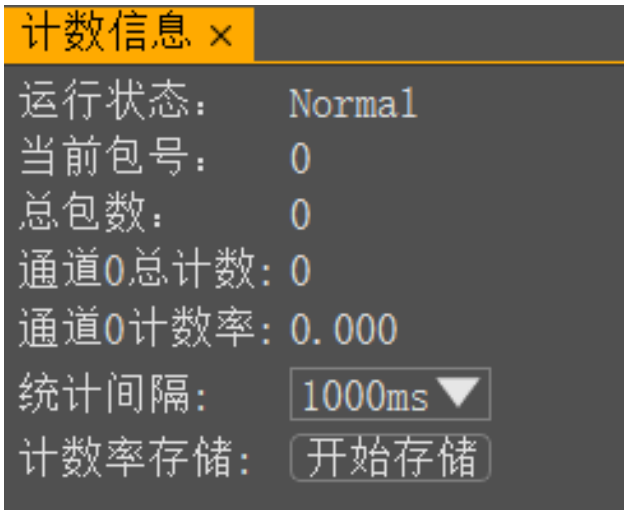


Рис. 48

4 Изменение IP-адреса

IP-адрес локального компьютера — 192.168.1.6, маска подсети — 255.255.255.0.

1 Полная оцифровка формы сигнала



Рис. 49

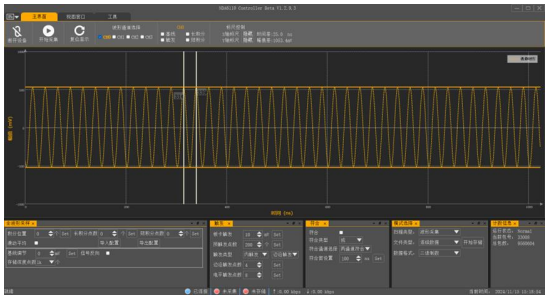


Рис. 50

1.1 Базовая форма сигнала

На примере синусоидальных сигналов 10 МГц и 40 МГц осциллограммы, полученные дигитайзером, показаны на рисунке ниже:

Синусоидальный сигнал 10 МГц

Синусоидальный сигнал 40 МГц

На примере импульсного сигнала 1 МГц осциллограмма, полученная дигитайзером, показана на рисунке ниже:

Импульсный сигнал 1 МГц

Различные формы сигналов группы из 3 каналов; осциллограммы, полученные дигитайзером, показаны на рисунке ниже:

Многоканальный сбор сигналов

CH0 (жёлтый): синусоидальный сигнал 10 МГц

CH1 (красный): импульсный сигнал 1 МГц (фронт 20 нс, спад 30 нс) CH2 (зелёный): фоновый сигнал детектора LYSO



Рис. 51

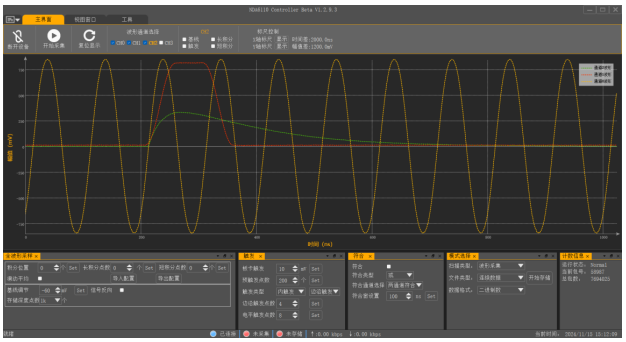


Рис. 52

2 Измерение энергетического спектра

2.1 Одноканальный спектр

Перед измерением спектра включите отображение «длинного интеграла» и настройте параметры: триггер платы, положение интегрирования, число точек длинного интегрирования и др., как показано на рисунке ниже:

Настройка параметров одноканальной спектрометрии

При переключении типа сканирования с «сбор осциллограмм» на «спектр» дигитайзер передаёт спектрометрические данные в ПО верхнего уровня; по умолчанию используется режим интегрирования, спектр показан на рисунке ниже:

Одноканальный спектр (режим интегрирования)

Если спектр требуется строить по пиковым значениям, переключите тип спектра с «интегрирования» на «пиковый»; спектр примет вид, показанный на рисунке ниже:

Одноканальный спектр (пиковый режим)

2.2 Многоканальный спектр

Дигитайзер поддерживает одновременное отображение спектров нескольких каналов. На примере каналов 1 и 2: перед началом спектрометрических измерений необходимо настроить соответствующие параметры обоих каналов, ПО верхнего уровня

Параметры в разделе «Измерение спектра» независимы для каждого канала и настраиваются раздельно, как показано на рисунке ниже:

Настройка параметров многоканальной спектрометрии

При переключении типа сканирования на «спектр» полученный дигитайзером спектр выглядит так, как показано на рисунке ниже:

Многоканальный спектр (режим интегрирования)

Аналогично, при переключении типа спектра каждого канала с «интегрирования» на «пиковый» спектры принимают вид, показанный на рисунке ниже:

Многоканальный спектр (пиковый режим)

2.3 Характеристики спектрометрии

Для подтверждения характеристик дигитайзера было проведено всестороннее испытание его функций и параметров с детектором из особо чистого германия, а также сравнительные испытания с Ortec MCA927 и DT5730.

В радиационных испытаниях использовался источник 137Cs; предусилитель и основной усилитель — производства Ortec, штатная считывающая электроника — многоканальный анализатор Ortec MCA927, который в ходе испытаний заменялся на

проведено сравнение CAEN DT5730, NDA812 и NDA6110. Натурные радиационные испытания показаны на рисунке ниже:

Детектор из особо чистого германия

Система считывающей электроники детектора из особо чистого германия

Система считывающей электроники детектора из особо чистого германия (NDA6110)

Ниже приведены результаты спектрометрических измерений:

Из рисунка ниже видно, что энергетическое разрешение, полученное на NDA812, составляет 0,2903%, а на DT5730 — 0,2924%; результаты совпадают.

Энергетический спектр и энергетическое разрешение, полученные на NDA812

Энергетическое разрешение, полученное на DT5730

Можно также использовать режим оцифровки формы сигнала: исходные осциллограммы обрабатываются на компьютере и после оптимизации (например, гауссовой аппроксимации) на их основе строятся спектр и рассчитывается энергетическое разрешение,

результат оказывается лучше, как показано на рисунке ниже.

Энергетическое разрешение, полученное на MCA927

Слева: энергетическое разрешение Ortec в реальном времени 0,223%; справа: энергетическое разрешение Ortec при офлайн-обработке 0,224% (оцифровка формы сигнала)

Энергетическое разрешение, полученное на NDA812 (оцифровка формы сигнала)

Энергетическое разрешение, полученное на NDA6110 (оцифровка формы сигнала, пиковый метод)

Энергетическое разрешение, полученное на NDA6110 (оцифровка формы сигнала, метод интегрирования)

Результаты измерения энергетического разрешения с детектором из особо чистого германия для четырёх вариантов электроники сведены в таблицу 7.1; они показывают, что собственный дигитайзер по спектрометрическим характеристикам сопоставим с Ortec MCA927 и

находится на одном уровне с CAEN DT5730.

Таблица 8. Энергетическое разрешение, полученное с детектором из особо чистого германия на четырёх вариантах считывающей электроники

Компания

Модель прибора

Энергетическое разрешение

Способ обработки сигнала

Оцифровка формы сигнала

Оцифровка формы сигнала с офлайн-
Обработка
(сглаживающая фильтрация,
гауссова аппроксимация)
Спектр в реальном времени
ИФВЭ
Оцифровка формы сигнала с офлайн-
Обработка
(пиковый метод)
Оцифровка формы сигнала с офлайн-
Обработка
(метод интегрирования)
Измерение энергетического спектра



Рис. 53

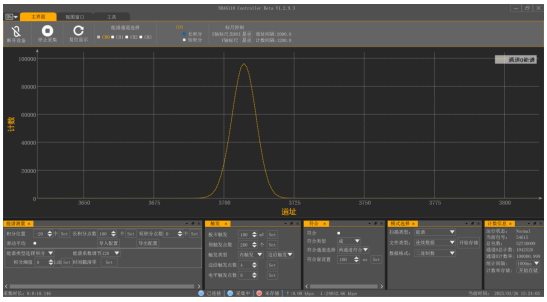


Рис. 54

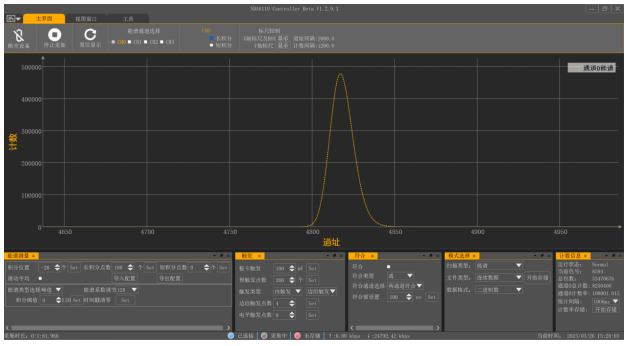


Рис. 55

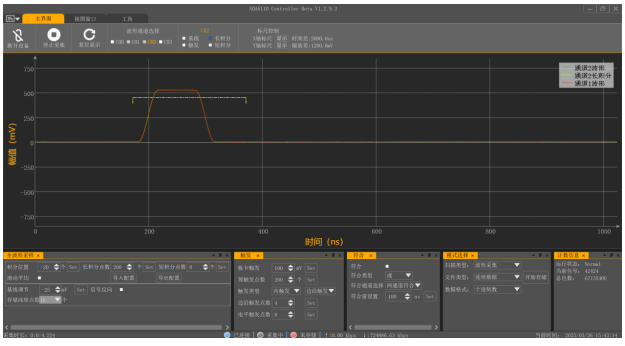


Рис. 56

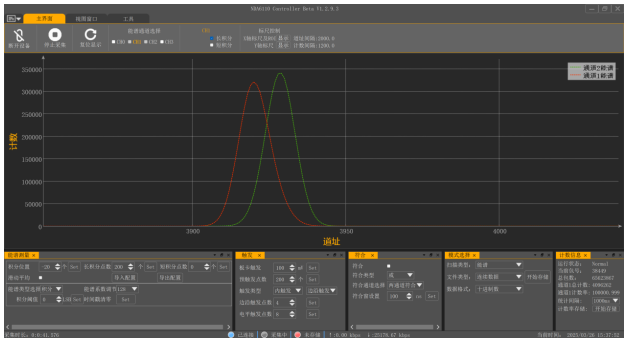


Рис. 57

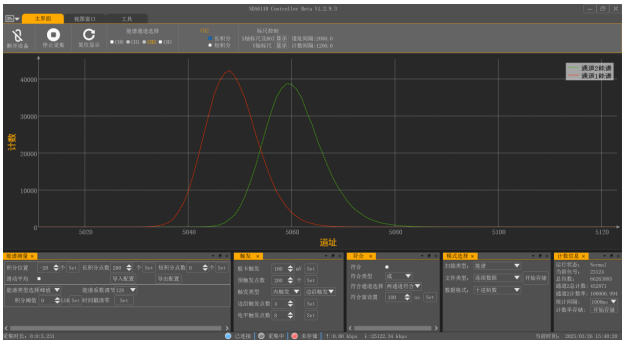


Рис. 58

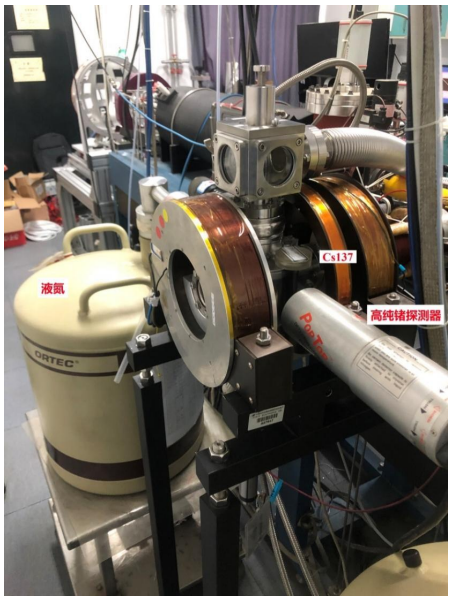


Рис. 59

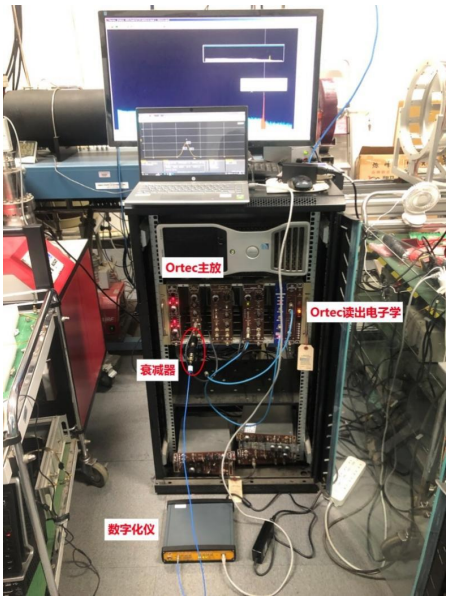


Рис. 60

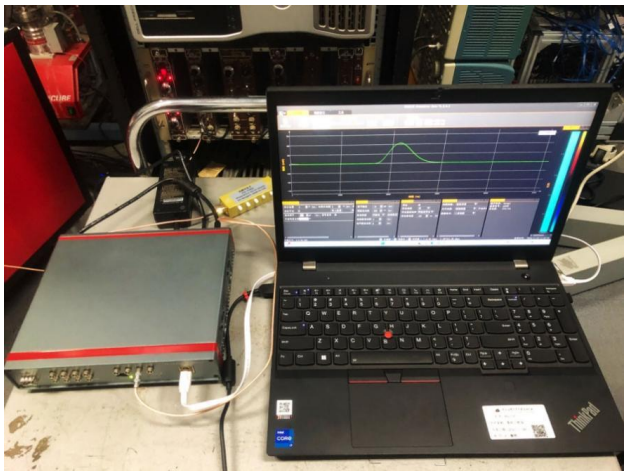


Рис. 61

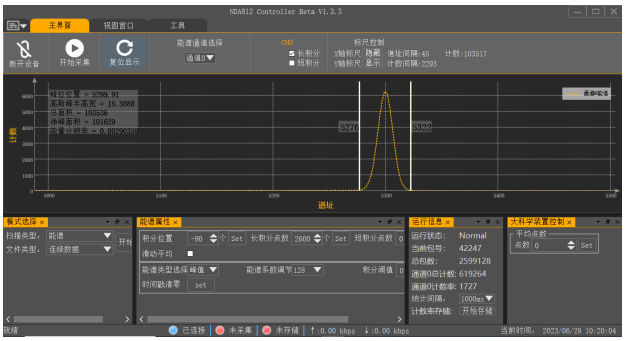


Рис. 62

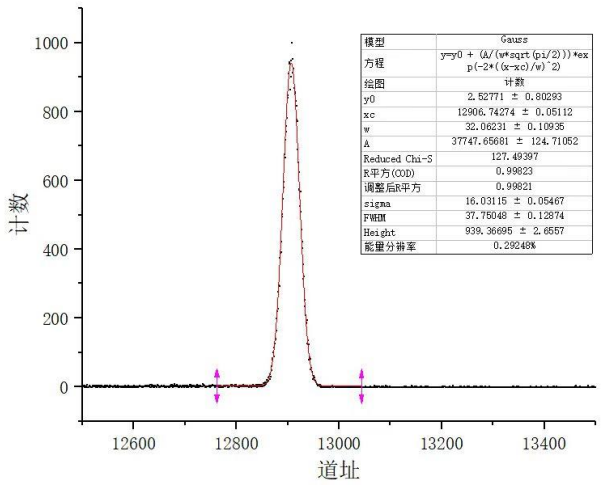


Рис. 63

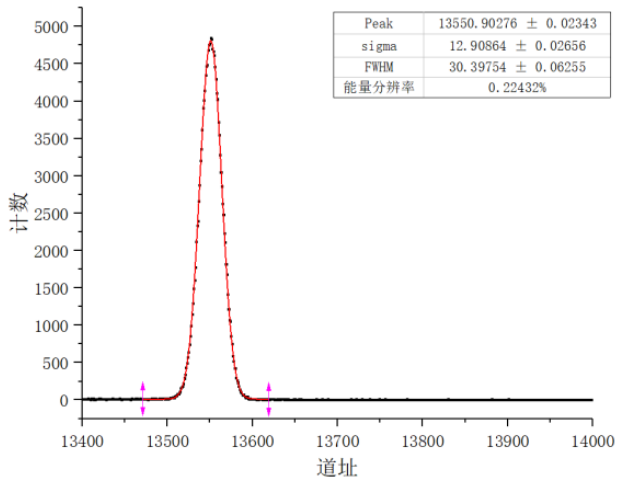


Рис. 64

3 Совпадения

3.1 Описание функции совпадений

Функция совпадений отражает логическую связь между сигналами разных каналов и делится на «логическое И» и «логическое ИЛИ». При функции «логическое И» выбранные каналы должны сработать одновременно в пределах

«окна

совпадений»; только тогда сигнал отображается и записывается. При функции «логическое ИЛИ» достаточно срабатывания любого из выбранных каналов, чтобы отобразить и записать все выбранные каналы.

Выбор каналов для совпадений ограничен допустимыми комбинациями. В режиме «двухканальных совпадений» возможны только пары «канал 0 и 1» и «канал 2 и 3»; в режиме «четырёхканальных совпадений» все четыре

каналов одновременно.

3.2 Демонстрация двухканального генератора логических сигналов «И», «ИЛИ»

Генератором сигналов формируются 2 сигнала, подаваемые на каналы CH0 и CH1; частота обоих сигналов 1 МГц, при этом CH0 и CH1 — сигналы от разных источников, длительность импульса 100 нс,

фронт 10 нс, спад 30 нс, задержка сигналов CH0 и CH1 — 50 нс. Базовая линия обоих сигналов установлена на 0 мВ, порог триггера — 10 мВ, «глубина записи в точках» задана равной 1К точек, «длительность окна совпадений» — 100 нс.

Подача сигналов на два канала (функция «логическое ИЛИ» отключена)

Как показано на рисунке выше, при отключённой функции «логическое ИЛИ» оба сигнала отображаются от собственных точек срабатывания, их начальные положения практически совпадают, и взаимная временная связь между дву

мя осциллограммами не отражается.

Подача сигналов на два канала (функция «логическое ИЛИ» включена)

Как показано на рисунке выше, при включённой функции «логическое ИЛИ» отсчёт ведётся от положения срабатывания первого сигнала, и определяются и отображаются текущие положения обеих групп сигналов с задержкой 50 нс.

Подача сигналов на два канала (функция «логическое ИЛИ» включена)

Как показано на рисунке выше, при включённой функции «логическое И» и длительности окна совпадений 50 нс, равной времени задержки, отсчёт ведётся от положения срабатывания первого сигнала, и определяются и отображаются обе группы

текущее положение сигнала, задержка 50 нс.

3.3 Демонстрация четырёхканального генератора логических сигналов «И», «ИЛИ»

Генератором сигналов формируются 4 сигнала, подаваемые на каналы CH0, CH1, CH2, CH3; частота всех сигналов 1 МГц, при этом CH0 и CH3 — сигналы от общего источника, дли

тельность импульса 100 нс, фронт 10 нс, спад 30 нс; CH1 и CH2 — сигналы от общего источника, длительность импульса 100 нс, фронт 10 нс, спад 30 нс; CH0 и CH3 а сигналы CH1 и CH2 задержаны на 50 нс. Базовая линия всех 4 сигналов установлена на 0 мВ, порог триггера — 10 мВ, «глубина записи в точках» — 1К, «длительность окна совпадений» —

Подача сигналов на четыре канала (функция «логическое ИЛИ» отключена)

Как показано на рисунке выше, при отключённой функции «логическое ИЛИ» все 4 сигнала отображаются от собственных точек срабатывания, их начальные положения практически совпадают, и взаимная временная связь между дву

мя осциллограммами не отражается.

Подача сигналов на четыре канала (функция «логическое ИЛИ» включена)

Как показано на рисунке выше, при включённой функции «логическое ИЛИ» отсчёт ведётся от положения срабатывания первого сигнала, и определяются и отображаются текущие положения обеих групп сигналов с задержкой 50 нс.

Подача сигналов на четыре канала (функция «логическое И» включена, окно совпадений равно времени задержки)

Как показано на рисунке выше, при включённой функции «логическое И» и длительности окна совпадений 52 нс, достигшей времени задержки, отсчёт ведётся от положения срабатывания первого сигнала, и определяются и отображаются обе группы

текущее положение сигнала, задержка 50 нс.

Подача сигналов на четыре канала (функция «логическое И» включена, окно совпадений меньше времени задержки)

Как показано на рисунке выше, при включённой функции «логическое И» и длительности окна совпадений 49 нс, меньшей времени задержки, окно не охватывает триггерные сигналы всех каналов, поэтому отобра

жение осциллограмм невозможно.

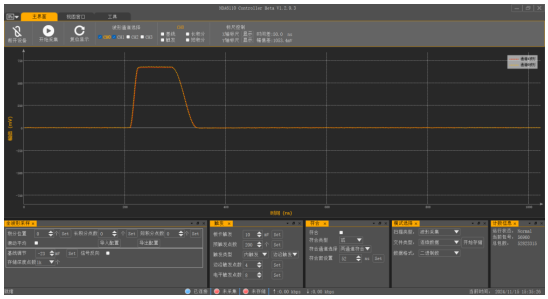


Рис. 65

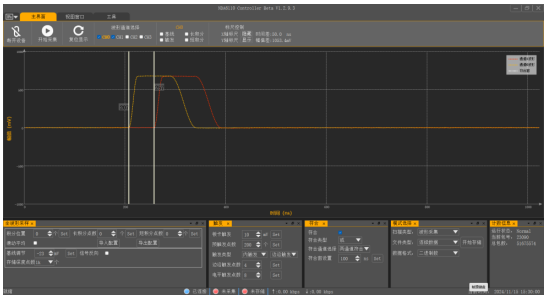


Рис. 66

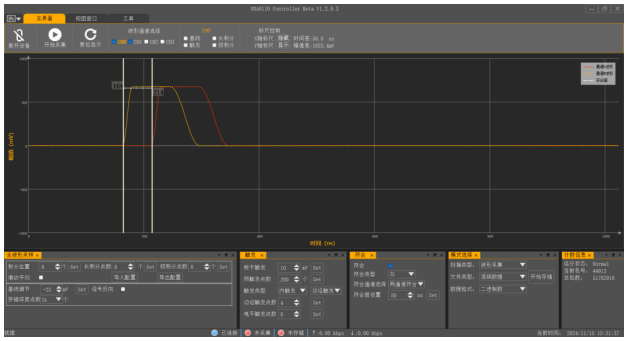


Рис. 67

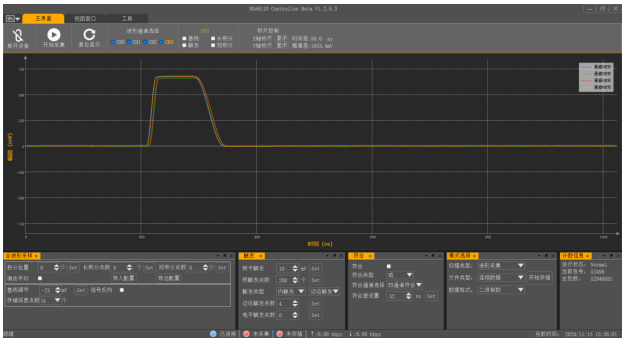


Рис. 68

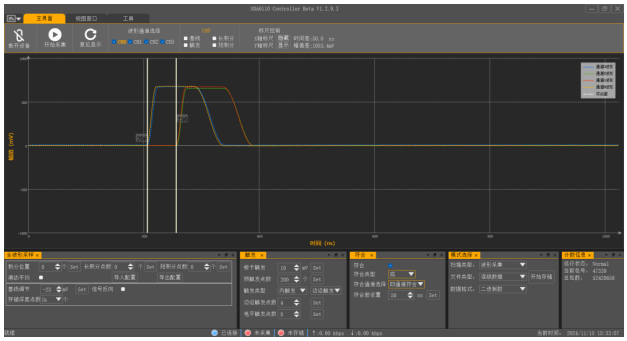


Рис. 69

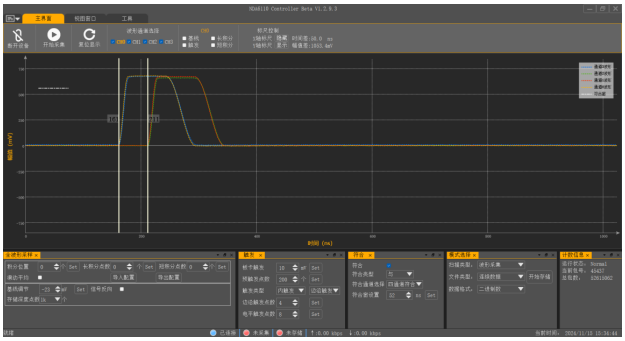


Рис. 70

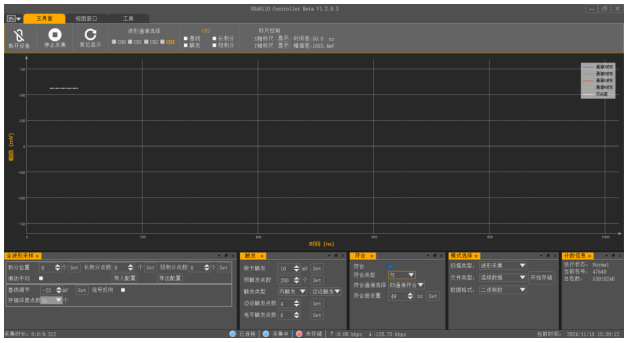


Рис. 71

4 Счёт



Рис. 72



Рис. 73

Верхний предел функции счёта дигитайзера составляет 3 МГц. Для проверки этой функции скорость счёта измерялась на импульсных сигналах 862,3 кГц, 1,4 МГц и 3 МГц.

Генератор формирует импульсный сигнал частотой 862,3 кГц с длительностью импульса 100 нс, длительностью фронта 30 нс, длительностью спада 30 нс, диапазоном уровней 0–1 В, выходным сопро

тивлением 50 Ом. Соответствующий импульсный сигнал и отображаемая ПО верхнего уровня скорость счёта показаны на рисунке ниже.

Импульсный сигнал 862,3 кГц и соответствующая скорость счёта

Генератор формирует импульсный сигнал частотой 1,4 МГц; длительность импульса, длительности фронта и спада, диапазон уровней, выходное сопротивление и прочие параметры не меняются. Соответствующий импульсный

сигнал и отображаемая ПО верхнего уровня скорость счёта показаны на рисунке ниже.

1.4 Импульсный сигнал МГц и соответствующая скорость счёта

Генератор формирует импульсный сигнал частотой 3 МГц; длительность импульса, длительности фронта и спада, диапазон уровней, выходное сопротивление и прочие параметры не меняются. Соответствующий импульсный сигнал

и скорость счёта, отображаемая ПО верхнего уровня, показаны на рисунке ниже.

3 Импульсный сигнал МГц и соответствующая скорость счёта



Рис. 74



Рис. 75



Рис. 76



Рис. 77

5 Сохранение данных полной оцифровки формы сигнала

Для режима полной оцифровки формы сигнала ПО верхнего уровня предоставляет сохранение осциллограмм в разных форматах. Тип сохранения — непрерывные данные или текущее изображение; формат данных —

Можно выбрать двоичный или десятичный формат; одновременно с сохранением данных сохраняются и заданные параметры. Путь сохранения по умолчанию: корневой каталог ПО верхнего уровня/data

5.1 Непрерывные данные, двоичный формат

Если выбран тип сохранения «непрерывные данные», а формат — двоичный, ПО верхнего уровня непрерывно сохраняет принимаемые данные до остановки записи, причём данные сохраняются в исходном виде,

то есть двоичные данные.

Файл сохранения: непрерывные данные, двоичный формат

5.2 Непрерывные данные, десятичный формат

Если выбран тип сохранения «непрерывные данные», а формат — десятичный, ПО верхнего уровня непрерывно сохраняет передаваемые дигитайзером данные до нажатия кнопки остановки записи, при этом исходные

исходные данные преобразуются в десятичный формат и сохраняются. Если по какому-либо каналу осциллограммы нет, ПО верхнего уровня заполняет этот канал нулями.

Как показано на рисунке ниже, вторая строка содержит данные осциллограммы канала 0, четвёртая — данные канала 1 и так далее. Поскольку по каналам 2 и 3 осциллограммы не снимались, при сохранении данных

позиции данных этих двух каналов заполняются нулями.

Файл сохранения: непрерывные данные, десятичный формат

5.3 Текущее изображение, десятичный формат

Если выбран тип сохранения «текущее изображение», формат данных по умолчанию — десятичный, и ПО верхнего уровня сохраняет только данные изображения из текущего окна. При включении нескольких каналов ПО

ПО верхнего уровня сохраняет данные в несколько файлов раздельно по каналам.

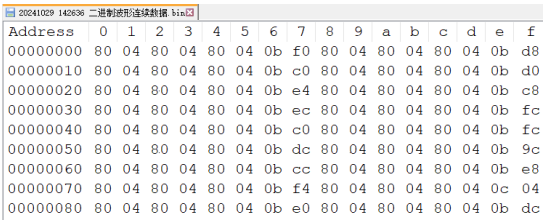
Файл сохранения: текущее изображение, десятичный формат

5.4 Сохранение параметров полной оцифровки формы сигнала

Одновременно с сохранением осциллограмм ПО верхнего уровня сохраняет и параметры конфигурации сбора данных: значение подстройки базовой линии, тип триггера, число точек триггера, включение сглаживания и т. п., не

Параметры конфигурации разных каналов сохраняются в отдельные файлы по номеру канала.

Файл сохранения параметров полной оцифровки формы сигнала



Address	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000	80	04	80	04	80	04	0b	f0	80	04	80	04	80	04	0b	d8
00000010	80	04	80	04	80	04	0b	c0	80	04	80	04	80	04	0b	d0
00000020	80	04	80	04	80	04	0b	e4	80	04	80	04	80	04	0b	c8
00000030	80	04	80	04	80	04	0b	ec	80	04	80	04	80	04	0b	fc
00000040	80	04	80	04	80	04	0b	c0	80	04	80	04	80	04	0b	fc
00000050	80	04	80	04	80	04	0b	dc	80	04	80	04	80	04	0b	9c
00000060	80	04	80	04	80	04	0b	cc	80	04	80	04	80	04	0b	e8
00000070	80	04	80	04	80	04	0b	f4	80	04	80	04	80	04	0c	04
00000080	80	04	80	04	80	04	0b	e0	80	04	80	04	80	04	0b	dc

Рис. 78

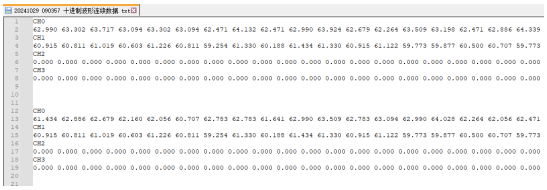


Рис. 79

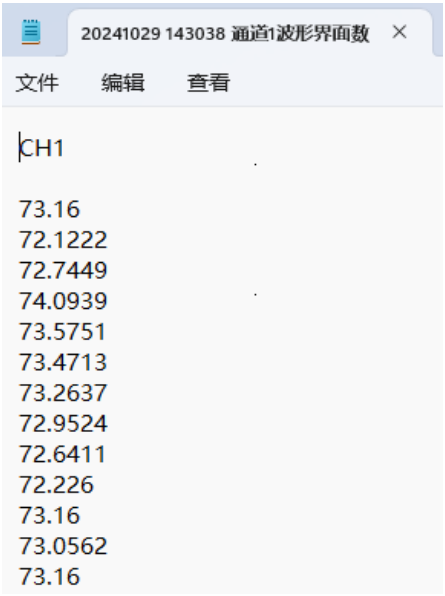


Рис. 80



Рис. 81



Рис. 82



Рис. 83

6 Сохранение спектрометрических данных

Для спектрометрии ПО верхнего уровня также предоставляет сохранение спектрометрических данных в разных форматах. Тип сохранения — непрерывные данные или текущее изображение; формат данных —

Можно выбрать двоичный или десятичный формат; одновременно с сохранением данных сохраняются и заданные параметры.

6.1 Непрерывные данные, двоичный формат

Если выбран тип сохранения «непрерывные данные», а формат — двоичный, ПО верхнего уровня непрерывно сохраняет передаваемые дигитайзером спектрометрические данные до нажатия кнопки остановки записи, причём данные

формат — двоичные данные.

Файл сохранения: непрерывные данные, двоичный формат

6.2 Непрерывные данные, десятичный формат

Если выбран тип сохранения «непрерывные данные», а формат — десятичный, ПО верхнего уровня преобразует передаваемые дигитайзером спектрометрические данные в десятичный вид и сохраняет их, как показано на рис.

7.32

. Столбцы 1–3 соответствуют спектрометрическим данным каналов 0–3; нулевой столбец означает, что по соответствующему каналу спектрометрические данные не передавались.

Файл сохранения: непрерывные данные, десятичный формат

6.3 Текущее изображение, десятичный формат

Если выбран тип сохранения «текущее изображение», формат данных по умолчанию — десятичный, и ПО верхнего уровня может сохранить спектрометрические данные из текущего окна. При включении нескольких каналов

ПО верхнего уровня сохраняет данные в несколько файлов раздельно по каналам.

Файл сохранения: текущее изображение, десятичный формат

6.4 Сохранение параметров измерения спектра

Одновременно с сохранением спектрометрических данных ПО верхнего уровня сохраняет и параметры конфигурации спектрометрии: положение интегрирования, число точек длинного интегрирования, число точек короткого интегрирования, выбор типа спектра и

спектральный коэффициент и др.

Файл сохранения параметров спектрометрии

6.5 Сохранение скорости счёта спектра

При выборе спектрометрического режима в правом нижнем углу интерфейса ПО верхнего уровня отображается информация о счёте; пользователь может сохранить скорость счёта — после нажатия «Начать сохранение» ПО непрерывно сохраняет

информацию о скорости счёта — до остановки записи или прекращения набора спектра.

Файл сохранения скорости счёта при спектрометрии

20241018 160713 二进制能谱连续数据.bin

Address	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000	80	07	a7	b0	05	20	ac	77	60	07	d5	4d	05	20	ac	77
00000010	40	07	e9	45	05	20	ac	77	20	08	21	c9	05	20	ac	77
00000020	80	07	a2	d4	05	20	ac	78	60	07	da	4b	05	20	ac	78
00000030	40	07	ee	f7	05	20	ac	78	20	08	1f	f2	05	20	ac	78
00000040	80	07	a7	c5	05	20	ac	79	60	07	d2	4f	05	20	ac	79
00000050	40	07	ea	8f	05	20	ac	79	20	08	1e	9d	05	20	ac	79
00000060	80	07	a5	3f	05	20	ac	7a	60	07	d8	9b	05	20	ac	7a
00000070	40	07	eb	cf	05	20	ac	7a	20	08	23	4c	05	20	ac	7a

Рис. 84

```
1  6378.000 0.000 0.000 0.000
2  6242.000 0.000 0.000 0.000
3  18194.000 0.000 0.000 0.000
4  8610.000 0.000 0.000 0.000
5  3158.000 0.000 0.000 0.000
6  3624.000 0.000 0.000 0.000
7  1249.000 0.000 0.000 0.000
8  5441.000 0.000 0.000 0.000
9  26918.000 0.000 0.000 0.000
10 8399.000 0.000 0.000 0.000
11 1997.000 0.000 0.000 0.000
12 18642.000 0.000 0.000 0.000
13 15910.000 0.000 0.000 0.000
14 21546.000 0.000 0.000 0.000
15 6021.000 0.000 0.000 0.000
16 29414.000 0.000 0.000 0.000
17 6400.000 0.000 0.000 0.000
```

Рис. 85

20241115 161110 CH0能谱界面数据.txt

4976	1
4977	0
4978	2
4979	3
4980	10
4981	26
4982	29
4983	97
4984	192
4985	465
4986	814
4987	1672
4988	3069
4989	5521
4990	9544
4991	16414
4992	26608
4993	41714
4994	63696

Рис. 86

20241115 161104 CH1能谱界面数据.txt

4977	0
4978	2
4979	3
4980	10
4981	21
4982	28
4983	88
4984	170
4985	417
4986	735
4987	1491
4988	2719
4989	4919
4990	8574
4991	14671
4992	23780
4993	37117

Рис. 87



Рис. 88



Рис. 89

7 Дискриминация по ширине импульса

7.1 Одноканальная дискриминация по ширине импульса

Дискриминация по ширине импульса может выполняться независимо по каждому каналу. После установки положения интегрирования, числа точек длинного и короткого интегрирования выполняется переключение в режим дискриминации по ширине импульса и ведётся сбор в течение

заданное время, после чего строится тепловая карта дискриминации по ширине импульса. Тепловая карта эксперимента с α- и β-источниками показана на рисунке ниже.

На рисунке слева показан спектр — в режиме дискриминации по ширине импульса спектр также может отображаться. На первой тепловой карте справа по оси абсцисс отложен длинный интеграл, по оси ординат — отношение короткого интеграла к длин

ному интегралу. На второй тепловой карте по оси абсцисс отложено отношение заднего интеграла к длинному, по оси ординат — отношение короткого интеграла к длинному.

Тепловая карта одноканальной дискриминации по ширине импульса

7.2 Трёхканальная дискриминация по ширине импульса

Эксперимент по дискриминации ширины импульса в режиме трёхканальных совпадений: ПО верхнего уровня усредняет данные, полученные в режиме трёхканальных совпадений, а затем отфильтровывает сигналы BGO, в

результате чего получается

тепловая карта с исключёнными сигналами BGO, показанная на рисунке ниже.

Тепловая карта трёхканальной дискриминации по ширине импульса

Из рисунка видно, что в эксперименте по дискриминации ширины импульса в режиме трёхканальных совпадений после исключения сигналов BGO разделение α- и β-источников заметно улучшается.

7.3 Эффективность дискриминации по ширине импульса

Эксперимент по эффективности дискриминации ширины импульса в режиме трёхканальных совпадений. Сначала эксперимент проводится с α- и β-источниками; полученная тепловая карта показана на рисунке ниже.

Тепловая карта дискриминации по ширине импульса для α- и β-источников

Затем проводится эксперимент с β-источником; полученная тепловая карта показана на рисунке ниже.

Тепловая карта дискриминации по ширине импульса для β-источника

При эксперименте только с β-источником подсчитывается число событий, попавших в область α-источника на тепловой карте; отсюда рассчитывается эффективность дискриминации по ширине импульса, достигающая 97,1%.

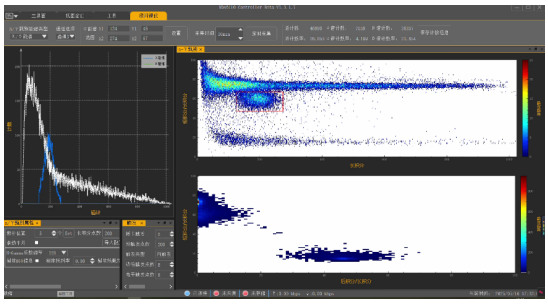


Рис. 90

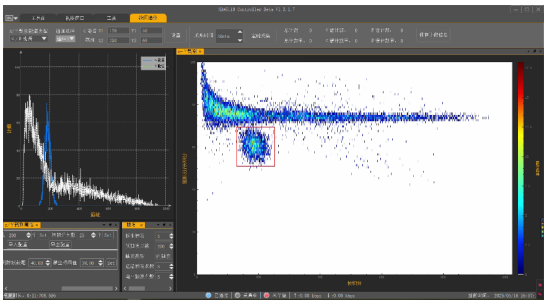


Рис. 91

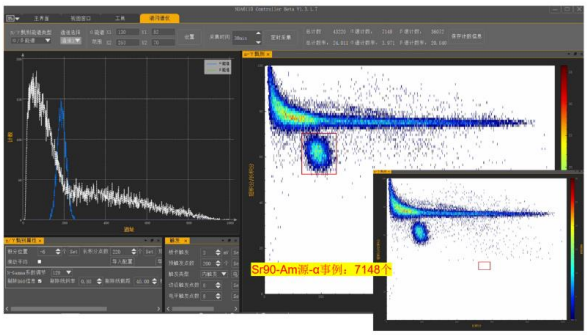


Рис. 92

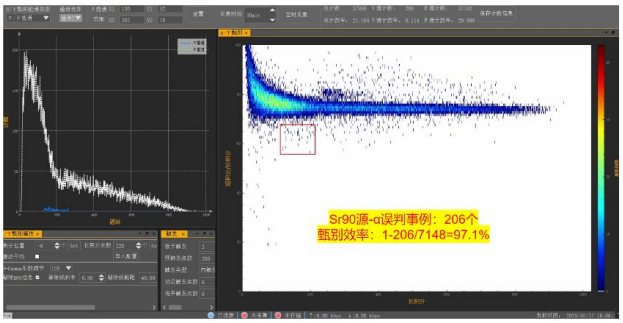


Рис. 93

Институт физики высоких энергий Академии наук Китая Адрес: КНР, г. Пекин, р-н Шицзиншань, ул. Юйцюань, д. 19 (лит. Б)



Рис. 94

› Цзинаньский институт ядерных технологий Академии наук Китая



Рис. 95



Рис. 96

Адрес: КНР, пров. Шаньдун, г. Цзинань, р-н Цибу, ул. Цуйчжай, Южная Выставочная ул., технопарк «Чжунке синь цзинцзи», Цзинаньский институт ядерных технологий АН Китая