

P13-2002-247

Г. А. Черемухина, Е. А. Черемухин*, Д. Е. Донец

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС
ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ С ОДНОКООРДИНАТНОГО
ДЕТЕКТОРА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

*МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва

ВВЕДЕНИЕ

В Лаборатории высоких энергий (ЛВЭ) создана серия установок для прикладных исследований на основе однокоординатного позиционно-чувствительного детектора рентгеновского излучения [1-3]. В состав такой установки помимо детектора входят измерительная электроника в стандарте КАМАК, контроллер крейта КАТ и персональный компьютер (ПК), осуществляющий все управление установкой. Принцип действия детектора, а также электроника считывания и регистрации подробно описаны в [4]. Применение в детекторе линии задержки (ЛЗ) для определения координаты позволяет получить 1000 и более каналов регистрации с использованием только двух измерительных трактов (дискриминатор и ВЦП [5]). В связи с тем, что применение ЛЗ накладывает ограничения на загрузочную способность (~200 кГц), мертвое время инкрементации должно быть не более 2-5 мкс. Разработанные в ЛВЭ контроллер крейта КАМАК КАТ и инкрементная память НМ2К-24 удовлетворяют этим требованиям и обеспечивают довольно высокую производительность измерения, обработки и представления экспериментальных данных. В связи с появлением новых компьютерных технологий и сохраняющимся интересом к прикладным исследованиям в области кристаллографии для одномерного детектора был разработан пакет программного обеспечения для многозадачных операционных систем (ОС) фирмы Microsoft, построенных на основе NT-технологии (платформы Windows NT/ 2000).

ЭЛЕКТРОНИКА СВЯЗИ С ПК И НАКОПЛЕНИЯ ДАННЫХ

Электроника связи с ПК состоит из контроллера крейта КАМАК КАТ и интерфейсной платы - адаптера (разработка А.Б.Иванова, aivanov@sunhe.jinr.ru). Обмен данными осуществляется через порты ввода/вывода, что позволяет использовать КАТ для приложений в современных ОС. Помимо стандартных функций, контроллер КАТ поддерживает режим блочной передачи, позволяющий осуществлять обмен массивами данных. Также существует возможность создания ветви до 8и контроллеров КАТ включительно.

Адаптер имеет шину ISA. Адресное пространство портов ввода/вывода, выбираемое из диапазона адресов 000h-FFFh, обычно устанавливается 220h – 22Fh. Назначение портов ввода/вывода представлено в таблице 1. (Подробное описание регистров контроллера дается в приложении).

Таблица 1. Назначение портов ввода/вывода

№	Адрес порта в/в	Тип операции (R/W)	Назначение
1	228h	W	Установка N крейта и N станции
2	22Ch	W	Установка субадреса A
3	22Dh	W	Установка функции F
4	22Eh	W	Программируемый LAM-регистр
5	22Fh	W	Регистр моды контроллера
6	22Ah	W	16-разрядный регистр записи данных
7	22Bh	W	8-разрядный регистр записи данных (старший байт для 24-битных слов)
8	222h	R	16-разрядный регистр чтения данных
9	223h	R	8-разрядный регистр чтения данных (старший байт для 24-битных слов)
10	225h	R	Регистр состояний LAM
11	226h	R	Статусный регистр контроллера
12	227h	R	Статусный регистр крейта

Инкрементная память НМ2К-24 представляет собой блок (1М) и используется для накопления экспериментальных данных. Память осуществляет увеличение на "1" содержимого

ячейки по адресу, определяемому входным словом (данные с ВЦП), имеет емкость 2К 24-разрядных слов и время инкрементации ~ 1 мкс, что позволяет проводить набор данных при загрузке до 1 МГц. После накопления полученные экспериментальные данные считываются в ПК в режиме блочной передачи, при котором NAF задается только один раз и начальный адрес записывается в адресный регистр памяти. С каждым последующим циклом считывания адрес ячейки памяти увеличивается на "1" автоматически. Скорость передачи 24-разрядных данных составляет ~ 3 мкс/слово. Функции инкрементной памяти представлены в таблице 2.

Таблица 2. Функции памяти НМ2К-24

п/п	Функция	Значение								
1	F(0)A(0)	Чтение 24-битного слова данных из памяти в ПК								
2	F(2)A(0)	Аналог команды F(0)A(0)								
3	F(16)A(0)	Запись 24-битного слова данных в НМ2К-24								
4	F(17)A(0)	Запись 16-битного начального адреса в адресный регистр Памяти НМ2К-24								
5	F(1)A(0)	Чтение статусного регистра памяти: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>LAM</td><td>OV-A</td><td>OV-D</td><td>INCR</td> </tr> </table> LAM = 1 (LAM установлен); = 0 (LAM не установлен). OV-A = 1 (переполнение адресного регистра) 0 (отсутствие переполнения) OV-D = 1 (переполнение данных); = 0 (отсутствие переполнения) INCR = 1 (выбран инкрементный режим) 0 (инкрементный режим не установлен)	X	X	X	X	LAM	OV-A	OV-D	INCR
X	X	X	X	LAM	OV-A	OV-D	INCR			
6	F(26)A(0)	Установка инкрементного режима.								
7	F(24)A(0)	Сброс инкрементного режима.								

ДРАЙВЕР КОНТРОЛЛЕРА КРЕЙТА КАМАК КАТ

Особенность построения программного обеспечения таких установок состоит в том, что оно делится, как правило, на две части – аппаратно-зависимую (драйвер), учитывающую

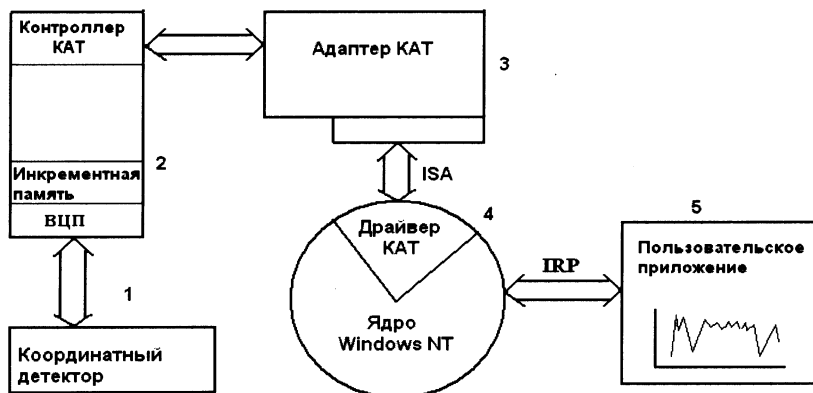


Рис. 1. Схема процесса обмена данными между крейтом КАМАК и пользователем:
 1 – рентгеновский детектор, 2 – контроллер КАТ, 3 – адаптер, 4 – драйвер контроллера КАТ, 5 – пользовательское приложение.

тип сопряжения ПК с аппаратурой и аппаратно-независимую, представленную в виде пользовательского интерфейса и предназначенную для визуализации и обработки экспериментальных данных. Поэтому для того чтобы в меньшей степени зависеть от стандарта измерительной аппаратуры, все свойства устройства сопряжения (контроллера КАТ) были инкапсулированы в соответствующем драйвере. Схема процесса обмена данными между крейтом КАМАК и ПК показана на рис.1. Пользовательское приложение 5 посылает драйверу 4 запрос на обработку данных (Interrupt Request Packet или IRP). Далее драйвер, являясь частью ядра операционной системы, обращается непосредственно к адаптеру контроллера и выполняет соответствующую операцию крейта КАМАК 2 по взаимодействию с рентгеновским детектором 1, возвращая данные пользовательской программе.

Драйвер контроллера крейта КАМАК КАТ реализован с помощью пакета DDK (Driver Device Kit) и загружается в память вместе с системными драйверами других устройств на этапе загрузки операционной системы.

При загрузке драйвер осуществляет необходимую регистрацию на уровне операционной системы, чтение необходимых параметров из реестра и проверку на конфликты всех портов ввода/вывода, прерываний и каналов DMA с другими устройствами. После этого создается символическая связь между системным именем драйвера и именем в глобальном пространстве имен Win32 в разделе \DosDevices, чтобы драйвер был доступен для других приложений.

Драйвер контроллера крейта выполняет все стандартные функции КАМАК: инициализацию (сброс) контроллера, запись/чтение данных, проверку сигнала LAM и т.д. Все аппаратно-зависимые настройки драйвера выполняются в панели “Конфигурация контроллера КАТ”, вид которой представлен на рис. 2. (Все числовые значения в панели конфигурации представляются в десятичном виде)

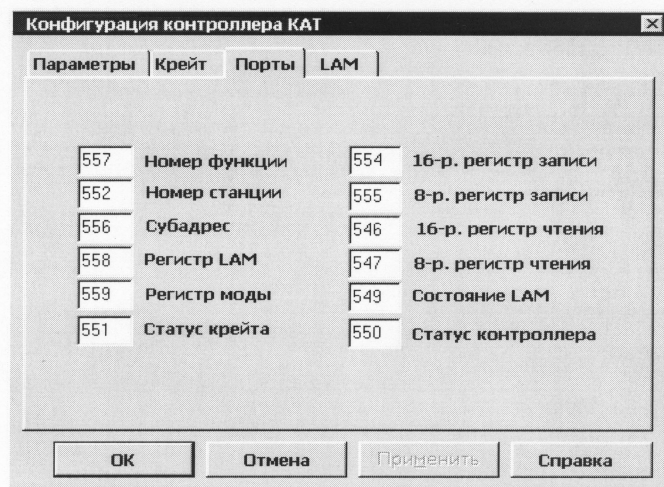


Рис. 2. Конфигурация регистров контроллера КАТ

ФУНКЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Пользовательское приложение включает в себя область представления спектра и статистической информации, командное меню с кнопками управления в верхней панели и окно для вывода вспомогательной информации на нижней (рис.3).

В качестве вспомогательной информации на экран выводятся номер представляемого спектра, заданное количество спектров, дата и время проведения измерения, а также индикатор готовности крейта КАМАК.

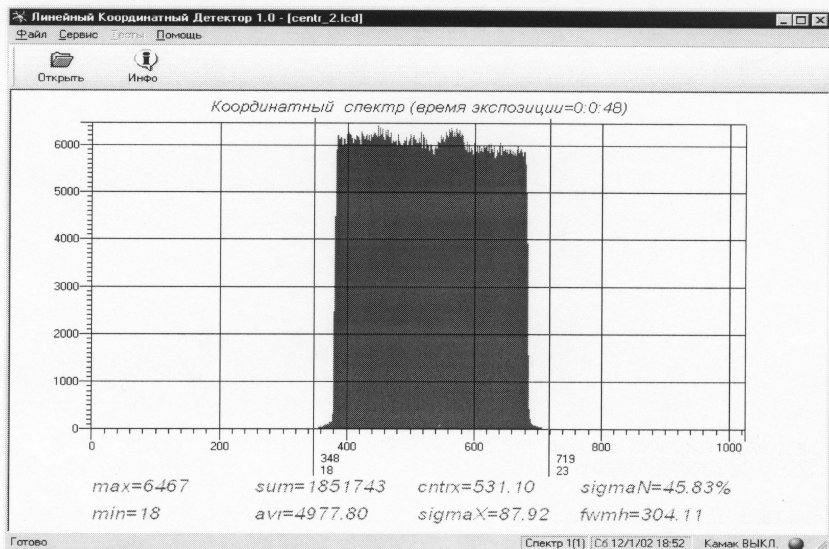


Рис. 3. Общий вид пользовательского интерфейса

Пользовательское приложение выполняет следующие функции:

- накопление и графическое представление одного или серии спектров;
- статистическую обработку спектров;
- масштабирование и просмотр накопленных спектров;
- вывод на принтер одного или серии спектров;
- запись данных на диск в текстовом виде;
- экспорт данных в другие приложения;
- получение изображения спектра в виде BMP-файлов;
- тестирование аппаратуры КАМАК.

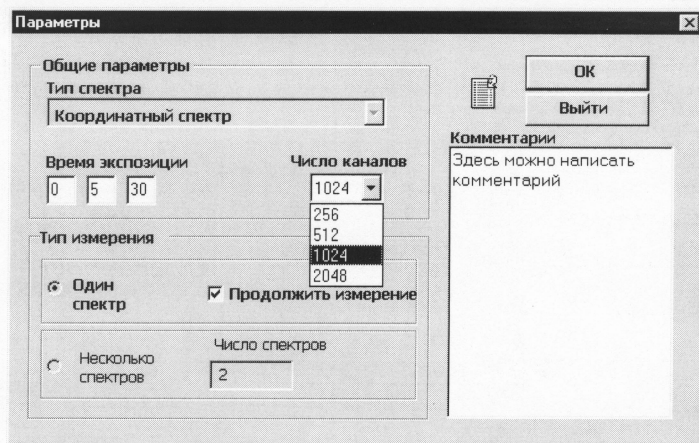


Рис. 4. Панель "Параметры"

Перед началом измерения в панели «Параметры» задаются параметры измерения: время экспозиции, число каналов спектра, тип измерения и комментарии (рис.4). Процесс измерения можно прерывать и продолжать. При этом пользователю предоставляется возможность докапливать данные. В этом случае реально отработанное время накопления спектра пересчитывается. Все параметры измерения и результаты записываются на диск в виде файла.

В области представления спектра всегда имеются маркеры, перемещая которые можно выбирать зоны интереса, для которых вычисляются статистические параметры: максимальная, минимальная и средняя интенсивность, сумма событий, центр тяжести, дисперсия интенсивности, дисперсия по координате и разрешение.

Панель «Отображение» предоставляет возможность изменения цветовых настроек для оптимального отображения текстовой и графической информации (рис.5). Также предусмотрен режим отображения только выбранного диапазона каналов.

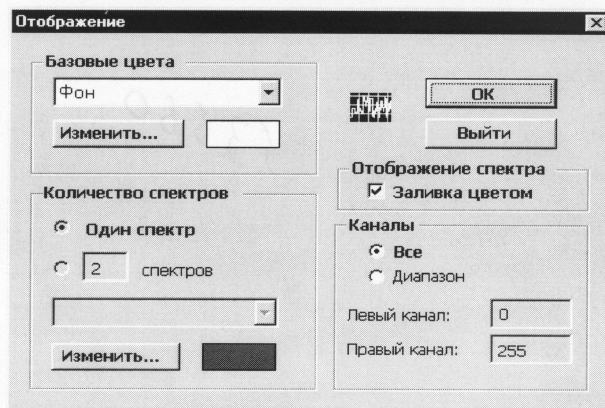


Рис. 5. Панель “Отображение”

ПРИМЕНЕНИЕ

Описанный программно-аппаратный комплекс в настоящее время применяется в Институте кристаллографии РАН для рентгеновского дифрактометра с подвижной системой “излучатель-детектор”, предназначенного для исследования и контроля качества изделий мембранной технологии, а также жидких и твердых образцов в оптической промышленности, лазерной технике и микроэлектронике.

Авторы выражают особую признательность А.Б.Иванову за разработку контроллера, а также благодарность проф. Ю.В.Заневскому, С.П.Черненко, Л.П.Смыкову и Д.М.Устинину за помощь в работе.

Приложение. Описание регистров контроллера КАТ

1. Установка номера крейта NCR и станции N

Порт: 228h (WRITE)

Формат:

7	6	5	4	3	2	1	0
NCR4	NCR2	NCR1	N16	N8	N4	N2	N1

Биты:

NCR1-NCR4 – номер крейта

N1-N16 – номер станции

KAT – в рабочем состоянии, если тумблер на передней панели находится в верхнем положении.
Слово формата XXX00000 является общей командой сброса всех внутренних регистров KAT.

2. Установка субадреса A

Порт: 22Ch (WRITE)

Формат:

7	6	5	4	3	2	1	0
X	X	X	X	A8	A4	A2	A1

Биты:

A1-A8 – субадрес

3. Установка функции F

Порт: 22Dh (WRITE)

Формат:

7	6	5	4	3	2	1	0
X	X	B	F16	F8	F4	F2	F1

Биты:

F1-F16 – функция

B – бит блочной передачи данных

(0 – блочная передача запрещена, 1 – разрешена)

4. Установка номера LAM

Порт: 22Eh (WRITE)

Формат:

7	6	5	4	3	2	1	0
X	X	MIRQ	ML	NL8	NL4	NL2	NL1

Биты:

MIRQ – бит маскирования сигнала IRQ. Если этот бит = 0, прерывание разрешено; если = 1, прерывание запрещено.

ML – бит маскирования сигнала LAM. Если ML=0, то разрешена работа с выбранным NL1-NL8 источником сигнала LAM. Если ML=1, то KAT игнорирует состояние сигнала LAM.

NL1-NL8 – адрес селектора LAM

Таблица соответствия между кодом NL1-NL8 и номером станции N

NL1-NL8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ станции	Внешний LAM	9	10	11	12	13	14	15	23	22	21	20	19	18	17	16

5. Регистр моды контроллера

Порт: 22Fh (WRITE)

Формат:

7	6	5	4	3	2	1	0
E	I	Z	C	B2	B1	M2	M1

Биты:

M2M1 – Мода контроллера:

00 – R/W операции в программном режиме (передача одного слова данных), 01 – (блочная) передача массива данных из ПК в крейт (W-операция).

10 – (блочная) передача массива данных из крейта в ПК (R-операция).

B2B1 – Разрядность передаваемых данных:

01 – передача одного 16-разрядного слова,

10 – передача одного 24-разрядного слова, 00 и 11 – не используются.

Команды общего управления:

C =1 – сброс (CLEAR).

Z =1 – общий сброс (Z).

I =1 – запрет для длоков КАМАК (INHIBIT).

0 – разрешение работы контроллера.

E =1 – разрешен запуск цикла КАМАК,

0 – цикл запрещен.

6. Регистры данных для W-операций

Адрес: 22Ah – 16-разрядный регистр данных W1–W16.

22Bh – 8-разрядный регистр данных W17–W24.

7. Регистры данных для R –операций

Адрес: 222h – 16-разрядный регистр данных R1–R16.

223h – 8-разрядный регистр данных R17–R24.

8. Регистр состояний LAM

Адрес: 225h (READ)

Показывает текущее состояние 8-ми сигналов LAM. Состояние “1” соответствующего бита этого регистра означает, что данный LAM активен. Если бит MIRQ регистра установки номера LAM имеет состояние “1”, то переход хотя бы одного из 8 сигналов LAM в активное состояние вызовет прерывание IRQ9 или IRQ10 (перемычкой установлен IRQ10).

Соответствие между битами регистра и номером станции

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
1	2	3	4	8	7	6	5

9. Статусный регистр контроллера

Адрес: 226h (READ)

Формат:

7	6	5	4	3	2	1	0
B2	B1	M2	M1	EN	NCR4	NCR2	NCR1

NCR1-NCR4 – номер крейта,

EN – бит разрешения цикла КАМАК,

M2M1 – мода КАТ,

B2B1 – разрядность.

10. Статусный регистр крейта

Адрес: 227h (READ)

Формат:

7	6	5	4	3	2	1	0
LW	ML	MIRQ	C+Z	I	BG	X	Q

LW – состояние выбранного по NL1-NL8 сигнала LAM,

ML – состояние бита маскирования LAM,

MIRQ – состояние бита маскирования запроса прерываний,

C+Z – состояние сигнала C или Z,

I – состояние сигнала запрета I,

BG – состояние бита готовности генератора цикла КАМАК,

X – состояние X-шины магистрали КАМАК,

Q – состояние Q-шины магистрали КАМАК.

Литература

1. Заневский Ю.В. и др. Автоматизированные позиционно-чувствительные детекторы для структурных и радиоизотопных исследований: Д13-88-602, ОИЯИ, Дубна, 1988.
2. Cheremukhina G.A. et al. Recent progress in developments and applications of imaging detectors at LHE, JINR // *Isotopenpraxis* 26 (1990) 11, p.547-549.
3. Мержанов Л.Г. и др. Динамическая рентгенография фазообразования в процессе СВС // Доклады Академии наук, 1993, т.328, №1, с. 72-74.
4. Васильев С.Е. и др. Автоматизированный однокоординатный детектор рентгеновского излучения // ПТЭ, 1995, № 2, с.172-177.
5. Chernenko S.P. et al. Parallax-free 2-D X-ray detectors for synchrotron radiation sources developed at LHE, JINR // European Workshop on X-Ray Detectors for Synchrotron Radiation Sources, (Aussois, France, September 30 - October 4, 1991).

Получено 31 октября 2002 г.

Черемухина Г. А., Черемухин Е. А., Донец Д. Е.
Программно-аппаратный комплекс измерения спектров
с однокоординатного детектора рентгеновского излучения

P13-2002-247

Описан программно-аппаратный комплекс, предназначенный для прикладных исследований в области кристаллографии. Приводится функциональное описание контроллера крейта КАМАК КАТ, инкрементной памяти НМ2К-24 и программного обеспечения для измерения спектров с однокоординатного позиционно-чувствительного детектора рентгеновского излучения. Разработанный комплекс работает под управлением современных операционных систем, таких как Microsoft Windows NT/2000, и позволяет выполнять накопление, обработку и визуализацию спектров.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2002

Перевод авторов

Cheremukhina G. A., Cheremukhin E. A., Donets D. E.
Hardware-Software Complex for Measurement of Spectra
from the One-Coordinate X-Ray Detector

P13-2002-247

The hardware-software complex for applied researches in area of crystallography is described. The functional description of the CAMAC controller KAT, incremental memory HM2K-24 and the software for measurement of spectra from the one-coordinate X-ray detector is presented. The developed complex works under Microsoft Windows NT/2000 and allows one to perform an accumulation, processing and visualization of spectra.

The investigation has been performed at the Veksler-Baldin Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2002

Редактор *М. И. Зарубина*
Макет *Н. А. Киселевой*

Подписано в печать 15.12.2002.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,5. Уч.-изд. л. 0,97. Тираж 305 экз. Заказ № 53660.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@pds.jinr.ru

www.jinr.ru/publish/