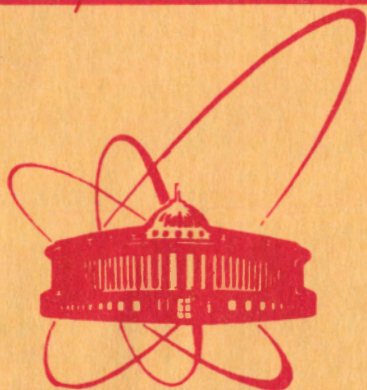


1512/82

29/III-82



4
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

10-81-815

Ю.С.Анисимов, А.Б.Иванов, С.П.Черненко,
М.Е.Андреянова

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНКРЕМЕНТНОГО КАНАЛА
В ДВУХПРОЦЕССОРНОЙ ЭВМ СМ-2
ДЛЯ НАКОПЛЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ
РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКЦИОННОЙ КАРТИНЫ

Направлено в ПТЭ

1981

ВВЕДЕНИЕ

Применение двухкоординатной пропорциональной камеры /ПК/ для регистрации рентгеновской дифракционной картины /1-5/ позволяет ускорить съемку монокристаллов белков на один-два порядка. Это обусловлено возможностью ПК параллельно регистрировать координаты большого числа одновременно возникающих /за время поворота кристалла на угол $\Delta\omega$ / дифракционных отражений. Выигрыш в быстродействии может быть реализован при наличии запоминающего устройства /ЗУ/ емкостью до 10^5 ячеек памяти, способного накапливать в "режиме анализатора" двумерную матрицу чисел /отражающую распределение интенсивностей дифракционной картины/ со скоростью $\sim 10^6$ событий в секунду. Емкость элемента памяти желательно иметь $\sim 10^4 \div 10^5$ бит, что позволит максимально использовать широкий динамический диапазон ПК как электронного счетчика. В качестве ЗУ с быстродействием в несколько микросекунд и емкостью $16 \div 128K$ 16-разрядных двоичных слов в подобных задачах используются либо автономные /4/, либо оперативные запоминающие устройства управляющих мини-ЭВМ /1,2,5/.

В автоматическом рентгеновском детекторе /АРД-1/ /3/, осуществляющем регистрацию рентгеновской дифракционной картины с помощью ПК и работающем на линии с вычислительным комплексом /ВК/ СМ-2 /6/, проблема накопления данных решена путем создания инкрементного канала в одном из двух, входящих в ВК, независимых процессоров. Дифракционная картина набирается в буфере ОЗУ, обрабатывается, и результаты записываются на диск.

1. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ИНКРЕМЕНТНОГО КАНАЛА ВК СМ-2

В состав ВК СМ-2 входят два независимых процессора типа А131-11 /6/, имеющих доступ к общему полю памяти емкостью до $128K$ 16-разрядных слов. В одном из процессоров /процессор 2 на рис. 1/ в резервной части постоянного запоминающего устройства /ПЗУ/ зашита микропрограмма, реализующая увеличение на единицу содержимого ячейки памяти по принятому с внешнего устройства адресу. Адресное слово X-Y поступает из разработанного нами блока синхронизации БС-218, выполненного в стандарте

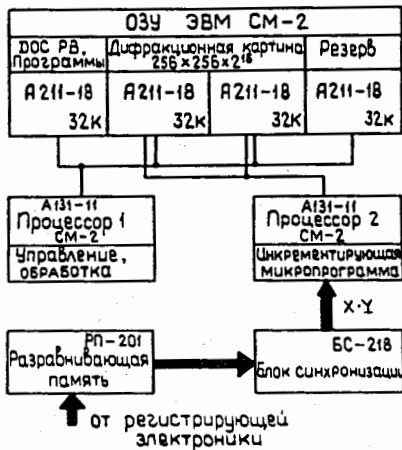


Рис.1. Общая структура двухпроцессорного вычислительного комплекса СМ-2, осуществляющего накопление двумерной дифракционной картины с автоматического рентгеновского детектора АРД-1.

КАМАК, который осуществляет синхронизацию приема данных от регистрирующего электронного устройства с выполнением микрокоманд инкрементирующей микропрограммы. Передача информации производится асинхронно. Функции процессоров 1 и 2 разделены: процессор 1 осу-

ществляет управление установкой АРД-1/3/ и производит предварительную обработку данных, процессор 2 выполняет только накопление информации по инкрементному каналу, состоящему из микропрограммы в ПЗУ и схемы синхронизации блока БС-218.

Такое разделение функций процессоров позволило реализовать микропрограмму инкрементации небольшим числом микрокоманд, а значит, с малым временем выполнения $T_{ик}$. Адресная информация поступает в инкрементный канал через устройство разравнивания, что позволяет устранить потери информации из-за конечного времени $T_{ик}$ для загрузок $p_0 < T_{ик}^{-1}$.

Микропрограмма инкрементации производит набор дифракционной картины в виде двумерной X.Y матрицы чисел в поле ОЗУ ЭВМ емкостью $2^8 \times 2^8 = 64K$ 16-разрядных слов. После окончания цикла инкрементации микропрограмма выходит в точку ожидания следующего адресного слова. Вход в микропрограмму осуществляется один раз - перед началом работы. В дальнейшем /синхронно с поступающей информацией/ повторяется только циклическая часть микропрограммы. После окончания записи адресного слова X.Y в адресный регистр РТА/регистр текущего адреса/ процессора 2, блок БС-218, не дожидаясь окончания цикла инкрементации, запрашивает на свой вход очередную информацию.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЖИМА ИНКРЕМЕНТАЦИИ

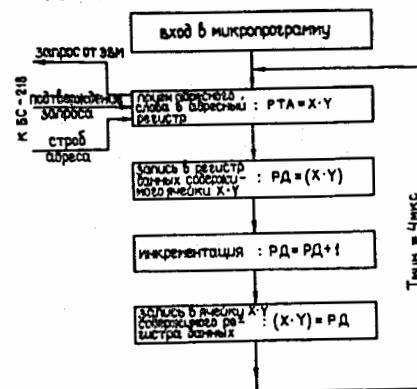
Разработанный нами инкрементный канал не входит в состав ВК СМ-2 как отдельное устройство, а представляет собой микропрограмму, зашитую в резервную часть ПЗУ процессора типа А-131-11. Циклическая часть микропрограммы, определяющая быстрое действие инкрементного канала, состоит из 11 микрокоманд. В схеме процессора никаких изменений не производится.

Устройства, обслуживаемые инкрементным каналом, должны подключаться непосредственно к восьмиканальному коммутатору вместо одного из согласователей ввода/вывода /СВВ/ через стандартный блок связи. Таким образом, регистрирующая аппаратура КАМАК /подключаемая с помощью блока БС-218/ рассматривается процессором как одно из внешних стандартных устройств, обмен информацией с которыми ведется асинхронно. В составе данного внешнего устройства для правильного обмена должна быть выполнена соответствующая схема синхронизации. Обмен синхронизирующими сигналами /которые будут рассмотрены далее/ производится до момента перезаписи адресного слова X.Y из выходного регистра блока БС-218 в регистр адреса РТА процессора. После этого блок БС-218 запрашивает на свой вход очередное адресное слово, а микропрограмма осуществляет инкрементацию ячейки памяти в соответствии с принятым адресом и также выходит в точку ожидания /запроса информации на вход/. Поскольку адресное слово поступает непосредственно в регистр процессора /РТА/, для него необходимо выдерживать соответствующий формат, т.е. каждый из двух байтов адресного слова должен сопровождаться разрядом четности. Формирование формата слова производится в блоке БС-218 перед записью в выходной регистр.

3. МИКРОПРОГРАММА ИНКРЕМЕНТАЦИИ

В микропрограмме, моделирующей инкрементный канал, можно выделить следующие пять частей /рис.2/.

1. Вход в программу; формирование адреса СВВ /по этому адресу подключена регистрирующая аппаратура - блок БС-218/.
2. Чтение текущего адреса из блока БС-218 в регистр адреса процессора РТА /на этом этапе производится обмен синхронизирующими сигналами/.



3. Чтение содержимого ячейки памяти по принятому адресу в регистр данных /РД/.
4. Увеличение содержимого РД на единицу.
5. Запись полученного результата в указанную ячейку и возврат его в часть 2 программы.

Рис.2. Организация микропрограммы инкрементации.

Циклическая часть микропрограммы содержит 11 микрокоманд, что соответствует времени инкрементации 3,3 мкс /длительность одного машинного такта равна 300 нс/. С учетом задержек, возникающих при обмене синхронизирующими сигналами, итоговое время инкрементации не превышает 4 мкс. Отметим, что время выполнения части 2 /прием адресного слова в регистр РТА/ занимает время <1 мкс, после чего блок БС-218 запрашивает новые данные на свой вход.

В табл.1 приводятся 32-разрядные коды микрокоманд инкрементирующей микропрограммы, зашитой в ПЗУ.

Таблица 1

№	Код микрокоманды	Выполняемая функция
1.	I3700I35000I0 ₈	
2.	0000022300430 ₈	вход в программу
3.	I20003350I3I0 ₈	
4.	0I6004000I220 ₈	
5.	I020050000000 ₈	
6.	I560060000000 ₈	прием адреса
7.	I240070000000 ₈	
8.	0I60I03500320 ₈	
9.	0000I10000004 ₈	чтение ячейки
10.	I560I20000000 ₈	
11.	0000I32400320 ₈	РД + I
12.	0000I40000002 ₈	
13.	I560I50000000 ₈	запись в ячейку
14.	I240030000000 ₈	

Микрокоманды 4÷14 составляют циклическую часть микропрограммы.

4. СИНХРОНИЗИРУЮЩИЕ СИГНАЛЫ

Временная диаграмма, поясняющая ввод данных по инкрементному каналу, приведена на рис.3. Для передачи адресного слова

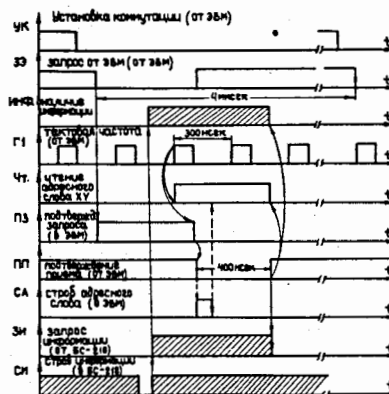


Рис.3. Временная диаграмма приема данных по инкрементному каналу.

в регистр РТА используется 6 следующих сигналов /4 из них вырабатываются в ЭВМ, 2 - в блоке БС-218/:

1. УК - установка коммутатора на связь /начало цикла обмена/.

2. ЗЭ - запрос от ЭВМ; сигнал готовности инкрементного канала к приему данных.

3. Г1 - основная тактовая серия ЭВМ; момент приема данных синхронизируется с периодом этой серии.

4. ПЗ - подтверждение запроса; задний фронт этого сигнала вырабатывается синхронно с частотой Г1 в блоке БС-218 при наличии в нем готовой к передаче информации.

5. ПП - подтверждение приема; сигнал вырабатывается в ЭВМ в ответ на получение заднего фронта сигнала ПЗ.

6. СА - сигнал стробирования адресного слова в ЭВМ.

5. БЛОК СИНХРОНИЗАЦИИ ТИПА БС-218

Блок синхронизации выполнен в стандарте КАМАК и занимает 2 станции в крейте. Блок-схема его приведена на рис.4. Основное назначение блока - осуществлять синхронизацию между поступлением координатной информации /адресные слова/ с регистрирующей электроникой и выполнением микрокоманд инкрементирующей микропрограммы ЭВМ СМ-2. В блоке выполняется схема синхронизации, а также производится формирование формата адресного слова /каждый из двух байтов дополняется разрядом четности/. Адресная информация из регистрирующей электроники поступает в ответ на сигнал ЗИ /запрос информации/, вырабатываемый блоком БС-218, и сопровождается сигналом стробирования СИ /строб информации/. По сигналу СИ данные записываются в выходной регистр 1, после чего в схеме блока устанавливается сигнал готовности - ИНФ к передаче данных в ЭВМ. Одновременное наличие данного сигнала и сигнала готовности ЭВМ к приему информации ЗЭ /запрос от ЭВМ/ приводит к выполнению цикла передачи адресного слова из выходного регистра блока БС-218 в регистр текущего адреса /РТА/ процессора 2. Момент начала цикла передачи данных по инкрементному каналу синхронизируется основной тактовой серией Г1 про-

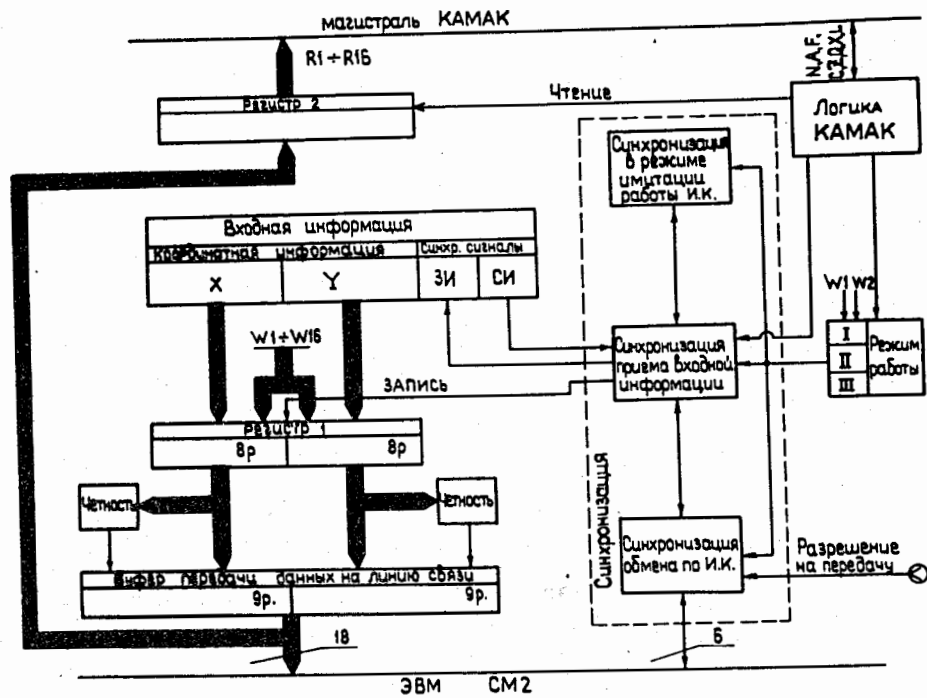


Рис. 4. Блок-схема блока синхронизации типа БС-218.

цессора 2. Адресное слово удерживается на выходе регистра 1 в течение < 1 мкс с момента начала цикла передачи и до окончания сигнала ПП /подтверждение приема адресного слова в регистр РТА/. Передаваемое адресное слово стробируется сигналом СА /строб адреса/. По окончании сигнала ПП адресная информация снимается с выхода регистра 1, и блок БС-218 запрашивает на вход новые данные. Таким образом есть возможность еще до окончания цикла инкрементации производить подготовку к передаче следующих данных. Цикл инкрементации заканчивается за время $T_{ик} \sim 4$ мкс. После этого вновь генерируются сигналы УК и ЗЭ, указывающие на выход микропрограммы в точку ожидания данных.

Схемой блока предусмотрена также возможность чтения поступающей информации по шинам КАМАК. В этом случае адресное слово считывается по шинам $R1 \div R16$ по адресу $A0$, а сформированные разряды четности - по $A1$. Такой режим работы можно использовать для проверки работы блока БС-218.

В данном блоке предусмотрены также два тестовых режима, предназначенных для проверки работоспособности отдельных час-

тей инкрементного канала. Вид режима задается установкой статусного регистра по шинам КАМАК $W1, W2$.

5.1. Режим имитации инкрементирующей микропрограммы

В этом режиме передача информации в ОЗУ ЭВМ не производится, а спустя 4 мкс после получения сигнала СИ, в блоке генерируется импульс имитации момента окончания цикла инкрементации. Указанный режим используется для проверки функционирования регистрирующей электроники при максимальной скорости передачи данных без участия инкрементного канала. Оценка правильности работы ведется по сигналам и световой индикации на передних панелях блоков регистрирующей электроники и блока БС-218.

5.2. Режим имитации регистрирующей электроники

В этом режиме по шинам КАМАК W в выходной регистр 1 блока БС-218 заносится заданный адрес, после чего производится непрерывная передача адресного слова из выходного регистра 1 по инкрементному каналу с максимальной скоростью /250 000 операций в секунду/. Скорость передачи данных на время обмена можно регулировать подачей сигнала "Разрешение на передачу" /рис. 4/. В этом режиме прием данных из регистрирующей электроники не производится, а в блоке постоянно генерируется /после записи адресного слова/ сигнал наличия информации /ИНФ/ /рис. 3/. Режим служит для проверки правильности работы инкрементирующей программы.

В табл. 2 приводятся параметры инкрементного канала, выполненного в одном из двух процессоров ВК СМ-2.

Таблица 2

Параметр	Значение
1. Быстродействие	250000 операций в секунду
2. Доступное поле ОЗУ	64К 16-разрядных слов
3. Число циклически выполняемых команд	11
4. Тип синхронизации передачи данных	асинхронный
5. Время удержания адресного слова на входе БСВ	< 1 мкс
6. Уровни адресного слова и синхронизирующих сигналов	стандарт ТТЛ
7. Число разрядов в адресном слове	/8 + 1 бит четности/ + /8 + 1 бит четности/

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Набор данных в ОЗУ 2-процессорной ЭВМ СМ-2 по инкрементному каналу, созданному в одном из двух процессоров, позволил универсально и относительно просто решить проблему накопления двумерной рентгеновской дифракционной картины с автоматического рентгеновского детектора АРД-1. Максимальное быстродействие канала - 250 000 операций в секунду /ограничиваемое быстродействием ОЗУ ЭВМ СМ-2/ удовлетворяет предельным нагрузкам, имеющим место при накоплении дифракционной картины от монокристаллов белков с использованием отпаянных рентгеновских трубок. Объем инкрементирующего буфера /64К слов/ и емкость ячейки /16 двоичных разрядов/ позволяют реализовать такие преимущества установки АРД-1, как большое число элементов пространственного разрешения и большой динамический диапазон.

В заключение авторы выражают благодарность Ю.В.Заневскому и Д.М.Хейкеру за поддержку и постоянный интерес к работе, Л.Ф.Малаховой, А.Е.Московскому, А.Н.Попову и Ю.А.Стрижаку за помощь в разработке и вводе инкрементного канала в эксплуатацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xuong Ng.H. et al. Acta Cryst., 1978, A34, part 2, p.289-296.
2. Бару С.Е. и др. Кристаллография, 1980, 25, с.371-379.
3. Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, 18-80-569, Дубна, 1980.
4. Kahn R. et al. Nucl.Instr.and Meth., 1980, 172, p.337-344.
5. Phizackerley R.P. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1980, 172, p.393-395.
6. Резанов В.В., Костелянский В.М. Приборы и системы управления, 1977, №10, с.6; Гомон Л.В. и др. Приборы и системы управления, 1979, №12, с.7.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 декабря 1981 года.