

С 348 эк

В-125

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

26/11-72
10 - 6297



В.А.Вагов, В.Н.Замрий, В.И.Лушиков

ПРИМЕНЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЭВМ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ С УЛЬТРАХОЛОДНЫМИ
НЕЙТРОНАМИ

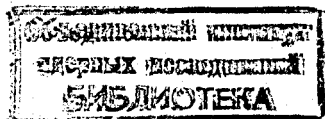
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1972

10 - 6297

В.А.Вагов, В.Н.Замрий, В.И.Лушиков

ПРИМЕНЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЭВМ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ С УЛЬТРАХОЛОДНЫМИ
НЕЙТРОНАМИ



Получение новой информации в ряде физических экспериментов связано с изучением редких процессов. Примером такого эксперимента является поиск и изучение свойств ультрахолодных нейтронов (УХН) — нейтронов со скоростями меньше 5 м/сек, особенностью которых является способность к полному внутреннему отражению от ряда материалов при любых углах падения^{1/}. Для импульсного реактора ИБР с потоком тепловых нейтронов 10^{11} нейтрон/см²сек скорость счёта УХН составляет ~ 1 нейтрон/сек. Выделение УХН из чрезвычайно большого фона тепловых нейтронов осуществляется применением изогнутого нейтронвода и метода времени пролета. Для измерения космического фона и фона запаздывающих нейтронов реактора детектор нейтронов периодически закрывают отражающим экраном — шторкой. В условиях крайне редкого счёта применение двух групп детекторов, закрываемых шторкой поочередно, позволяет одновременно проводить регистрацию фона и УХН в выделенных временных окнах или каналах, т.е. совместить во времени две группы измерений. Кроме того, регистрация тепловых нейтронов в специально выделенных для этого первых временных каналах позволяет во время измерений получать информацию о реальной стабильности (монитор) источника нейтронов. Задачей экспериментально-аппаратурного комплекса является накопление и обработка совокупности данных, характеризующей количество и распределение УХН по энергиям.

Невысокие скорости счёта УХН не требуют от регистрирующей аппаратуры большого быстродействия, большой емкости или большого числа каналов регистрации. Однако особенности эксперимента с УХН предъявляют весьма высокие требования долговременной надежности при непрерывной многосуточной регистрации, а также гибкости или приспособляемости аппаратуры к меняющимся условиям задачи. Из вышеуказанного вытекает ряд требований к аппаратурному комплексу: а) количество детекторных групп или входов - 2; б) число групп временных окон или временных каналов - 4; в) число временных окон или каналов - от 2 до 100; г) максимальная скорость счёта - 10^2 импульс/сек; д) ширина временных окон - переменная от 10 мсек до 10 сек; е) быстрая обработка данных отдельного цикла измерений и удобное предоставление информации как о конечных результатах, так и самом ходе эксперимента; ж) длительная автоматическая работа всего аппаратурного комплекса. Перечисленным требованиям наиболее полно удовлетворяет регистрирующая система с управляющей вычислительной машиной.

Регистрирующая система с программным управлением (рис. 1) выполнена на основе малой вычислительной машины типа ТРА 1001^{2/}, оборудованной достаточно развитыми каналами связи. Вызываемые нейтронами детекторные импульсы записываются в оперативную память машины с измерением времени поступления в реальном ("физическом") времени, начиная с некоторого начального времени, задаваемого стартовыми импульсами реактора ИБР. Продолжительность измерений, положение групп и ширина временных окон для регистрации тепловых нейтронов и фона, тепловых нейтронов и УХН, а также соответствующие каждой группе измерений положения шторки и другие условия измерений заданы управляющей программой. Отсчёт времени выделенных временных окон ведется также программным способом с целью упрощения аппаратуры и большей гибкости управления. Относительно несложные дополнительные устройства, далее называемые устройствами управления, были разработаны для управления и согласования детекторных и исполнительных блоков и каналов связи машины.

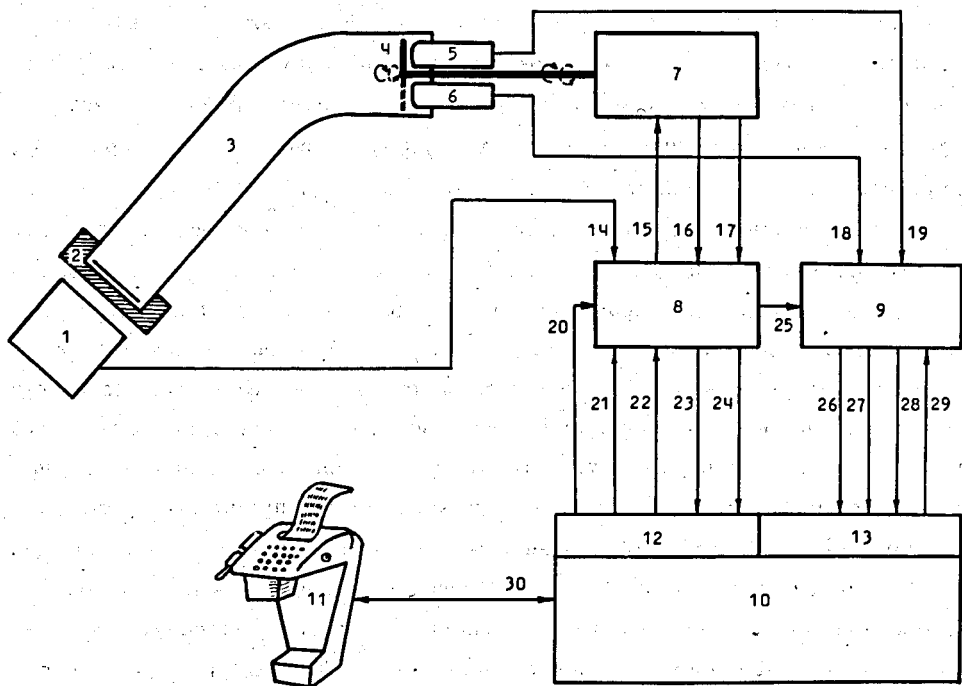


Рис. 1. Автоматизация эксперимента с УХН. 1 - импульсный реактор; 2 - замедлитель нейтронов; 3 - изогнутый нейтроновод; 4 - отражающая шторка; 5,6 - блоки нейтронных детекторов; 7 - исполнительный блок; 8,9 - устройства управления; 10 - вычислительная машина; 11 - телетайп; 12,13 - программно управляемый и автономный каналы связи; 14 - стартовые импульсы реактора; 15 - сигнал перемещения шторки; 16,17 - сигналы датчиков положения шторки; 18,19 - импульсы нейтронных детекторов; 20 - разряды управляющей команды; 21,22 - стробирующие импульсы; 23 - сигнал исполнения команды; 24 - вызов программируемой передачи; 25 - разрешение регистрации; 26 - запрос автономной передачи; 27 - признак номера детектора; 28 - сигналы управления передачей; 29 - ответный импульс приема; 30 - сигналы ввода-вывода данных.

Совмещение программного управления и регистрации детекторных сигналов в реальном времени не приводит, однако, к существенным потерям измерительной информации благодаря использованию двух различных каналов связи: канала программно управляемой передачи и канала автономной передачи данных. Первый канал и соответствующее устройство управления обеспечивают передачу в машину исходной управляющей информации (сигналы датчиков положения шторки, стартовые импульсы реактора), а из машины — управляющих команд. По внешнему сигналу вызова осуществляется прерывание выполняемой программы, затем выбирается устройство, пославшее вызов, и определяется выполняемая операция управления, вызывается соответствующая подпрограмма, по окончании которой может быть продолжено выполнение программы. Канал автономной передачи и соответствующее устройство управления обеспечивают быструю передачу детекторных импульсов, вместе с номером детектора, и регистрацию их в оперативной памяти машины без прерывания программы. При этом на время передачи по сигналу запроса приостанавливается выполнение программы (без изменения содержания сумматора, программного счётчика и командного регистра), анализируются внешние сигналы управления передачей и выполняется требуемый обмен (через буферный регистр памяти).

Основной цикл измерений (рис. 2), повторяемый многократно, состоит из последовательности отдельных этапов (операций управления): I — перемещение и проверка положения шторки, II — подготовка измерений, III — измерения, IV — окончание измерений, обработка и вывод данных. На первом этапе поступает команда "переместить шторку в положение 1" (1) и стробирующий импульс (3), вызывающие соответствующее движение шторки. Время перемещения шторки ≈ 6 сек. К этому времени поступает та же команда (1) и последовательность стробирующих импульсов (2). По сигналу датчика 1 положения шторки, поступающему в момент окончания движения, в ответ на очередной импульс (2) передается импульс (7), подтверждающий исполнение команды. На этапе подготовки поступает команда "начать счёт стартовых импульсов" и импульс (2), поэтому вырабатывается сигнал разрешения (4). Далее при поступ-

лении стартового импульса (5) передается сигнал вызова (6). В ответ поступает команда включения "начать измерения" и импульс (2). В результате этого вырабатывается сигнал разрешения регистрации (8), передается подтверждающий импульс (7) и снимается сигнал (6). С приходом импульса, например, первого детектора (9), передаются признак номера детектора (12) и запрос передачи (11). В соответствии с уровнем сигналов (12) выбирается адрес ячейки памяти. В соответствии с уровнем сигналов управления автономной передачей выполняется регистрация. При этом содержание выбранной ячейки памяти увеличивается на 1 и записывается по тому же адресу за время одного цикла памяти 10 мксек. Ответный импульс (13) снимает сигнал (11), разрешая тем самым регистрацию очередного детекторного импульса или продолжение работы программы. С приходом импульса второго детектора (10) аналогично увеличивается на 1 содержание другой выбранной ячейки. На этапе окончания измерений (после отсчёта заданного числа стартовых импульсов, например, 1500 стартовых импульсов при 5-минутных измерениях) поступает команда выключения "окончить измерения" и импульс (3). Поэтому выключаются сигналы разрешения (4) и (8). Очередной цикл измерения начинается с поступления команды "переместить шторку в положение 2", и последовательность операций управления повторяется.

Реализация устройств управления пояснена логической схемой (рис. 3). Логические элементы 1, 2, 7, 8, 13, 14 используются для управления регистрацией, остальные элементы - для управления циклом измерений. Разряды команды, поступающие на входы 25-30, подаются на дешифратор 4. Когда поступает команда "переместить шторку в положение 1", сигнал дешифратора открывает вход конъюнкторов И19, И20. Стробующий импульс (рис. 2, 3), поступающий на вход 34, проходит через И19 и включает (переключает в состояние "1") триггер Т18. Сигнал Т18, поступающий на выход 38, переключает реле "реверс двигателя" в исполнительном блоке и тем самым включает движение шторки. Движение шторки прекращается, когда срабатывает соответствующий концевой выключатель. Сигнал концевого выключателя, поступающий на вход 39, открывает второй вход И20. Стробующий импульс (рис. 2, 2), посту-

пающий на вход 33, проходит через И20, дизъюнктор ИЛИ 6 на выход 32 в качестве подтверждающего импульса (рис. 2.7). Если поступает команда "переместить шторку в положение 2", сигнал дешифратора открывает И11, И12. Импульс 34 проходит через И11, выключает (переключает в состояние "0") триггер Т18 и тем самым включает движение шторки в обратном направлении. Сигнал другого концевого выключателя, поступающий на вход 40, открывает вход И12, и импульс 33 проходит на выход 32. Если поступает команда подготовки, сигнал дешифратора открывает И15, и импульс 33 проходит через И15 и включает Т9. Сигнал Т9 открывает И17, поэтому стартовый импульс, поступающий на вход 37, включает Т10. Сигнал Т10 открывает один из входов И5 и поступает на выход 31 (рис. 2.6). Когда поступает команда включения, сигнал дешифратора открывает второй вход И5. Импульс 33 проходит через И5 и выключает Т10, но одновременно включает Т3, а через ИЛИ 6 поступает на выход 32 (рис. 2.7). Сигнал Т3 поступает на выход 24 (рис. 2.8), а также открывает вход И8 на время измерений. В исходном состоянии Т2 выключен, и сигнал инверсного выхода Т2 открывает И8, а также И13, И14. Импульс первого детектора (рис. 2.9), поступающий на вход 35, проходит через И13 и включает Т1, а через ИЛИ 7 включает Т2. Сигналы Т1 и Т2 поступают на выходы 21 (рис. 2.12) и 22 (рис. 2.11). Сигнал инверсного выхода Т2 закрывает И8, И13, И14 на время регистрации. Ответный импульс (рис. 2.13), поступающий на вход 23, выключает Т2, открывая И8, И13, И14. Импульс второго детектора (рис. 2.10) проходит через И14 и, в отличие от предыдущего, выключает Т1. Когда поступает команда выключения, сигнал дешифратора открывает И16. Импульс 34 проходит через И16 и выключает Т3, Т9. Схема управления, выполненная на ячейках вычислительной машины БЭСМ-4, содержит около 20 таких ячеек.

Рабочая программа измерений оформлена так, что может использовать подпрограммы, адреса которых содержатся на первой странице оперативной памяти. В соответствии с условиями измерений рабочая программа легко может быть составлена из последовательного набора команд перехода, содержащих адреса необходимых подпрограмм. Этот

набор команд может быть повторен в заданном цикле измерений. К основным подпрограммам относятся следующие: печать заголовка и подготовка ячеек памяти, счёт при 1 положении шторки, счёт при 2 положении шторки, обработка данных, печать результатов. В процессе работы основная подпрограмма обращается к нескольким вспомогательным подпрограммам, таким, как накопление данных, счёт времени накопления данных, перевод данных в форму с плавающей запятой, печать текста и др.

Рассмотрим работу подпрограммы "счёт при 1 положении шторки". После передачи команды управления "переместить шторку в положение 1" эта подпрограмма обращается к вспомогательной подпрограмме "накопление данных" и заносит необходимую информацию об условиях и длительности цикла измерений (число стартовых импульсов), затем ждет подтверждения исполнения команды управления. После поступления подтверждающего сигнала на телетайпе печатается признак начала работы, выполняется подготовка к возможному поступлению сигнала вызова, затем управление передается подпрограмме "накопление данных". Эта подпрограмма после подготовки своих рабочих ячеек подает команду подготовки, а после прихода первого стартового импульса - команду включения детекторных импульсов. При поступлении очередного стартового импульса прежде всего освобождаются фиксированные две (при двух детекторах) "детекторные" ячейки памяти, где могут находиться результаты регистрации в последнем временном канале предыдущего межстартового цикла. Содержание этих ячеек переносится в две буферные ячейки, и сразу же после очистки детекторных ячеек возможна регистрация в первом временном окне. В это время выполняется ряд арифметических операций. Содержание буферных ячеек переводится в форму с плавающей запятой, складывается с содержанием ячеек, хранящих результаты регистрации в последнем временном окне предшествующих межстартовых циклов, и заносится в последние ячейки. После окончания арифметических операций, занимающих ~ 1 мсек машинного времени, программно отсчитывается оставшееся время первого временного канала (отсчитывается время, кратное 10 мсек, до значения заданной ширины канала). В течение всего времени первого временного окна (например, 16 мсек) импульсы монитора

регистрируются в двух фиксированных ячейках. После окончания отсчёта ширины первого канала эти ячейки сразу же освобождаются для регистрации детекторных импульсов (УХН, фон) во втором временном канале, как описано выше. При этом результаты регистрации в первом временном канале текущего межстартового цикла складываются с такими же результатами предыдущих межстартовых циклов и заносятся в соответствующие две ячейки памяти. Затем заканчивается отсчёт времени второго канала (например, до 200 мсек) и т.д. Перед началом отсчёта времени последнего n канала, указанного в программе, изменяется на 1 содержание программного счётчика стартовых импульсов и проверяется условие окончания цикла измерений (по числу стартовых импульсов). Если это условие не выполняется, ведётся отсчёт времени последнего канала, окончание которого фиксируется с приходом очередного стартового импульса, затем начинается новый межстартовый цикл. Если же условие выполняется, тогда осуществляется переход к другой подпрограмме перемещения шторки и накоплению данных в новом цикле измерений или (через заданное число циклов измерений) – к обработке полученных данных. На телетайпе печатается (и при необходимости перфорируется) протокол хода измерений, а также содержание $2n$ ячеек временных каналов, т.е. данные монитора, УХН и фона.

Необходимо отметить, что применение программного отсчёта ширины временных каналов приводит к некоторой зависимости ширины канала от времени регистрации (так как на время регистрации приостанавливается работа программы). Однако в условиях эксперимента, при средней скорости регистрации за минимальное время канала 1 импульс/канал ошибка из-за неопределённости отсчёта ширины канала не превышает 0,1%.

Применение программного способа отсчёта времени и кодирования при измерениях по методу времени пролета позволило отказаться от использования традиционных кодирующих устройств (типа "время – код") и таких устройств как генераторы, счётчики импульсов и т.д., что чрезвычайно упростило собственно измерительное оборудование и положительно сказалось на общей надёжности регистрирующей системы. Из описания программной организации системы очевидны гибкость управления и возможность легко изменять условия, ход измерений и обработки накапливае-

мых данных. Экспериментатор, обращаясь к рабочей программе через пульт управления машины или телетайп, может изменить и основные параметры регистрирующей системы (число входов, число групп временных каналов в пределах каждой группы, положение и ширину временных каналов и т.д.). Описываемая регистрирующая система находится в эксплуатации более года. Опыт использования в условиях непрерывных многоточных измерений подтверждает эффективность применения автоматических регистрирующих установок с программным управлением.

Литература

1. В.И. Лушиков, Ю.Н. Локотилловский, А.В. Стрелков, Ф.Л. Шапиро. Наблюдение ультрахолодных нейтронов. Препринт ОИЯИ, РЗ-4127, Дубна, 1968; Письма ЖЭТФ, 9, 40 (1969).
2. TPA Small Scale General Purpose Digital Computer. KFKI, Budapest, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 февраля 1972 года.

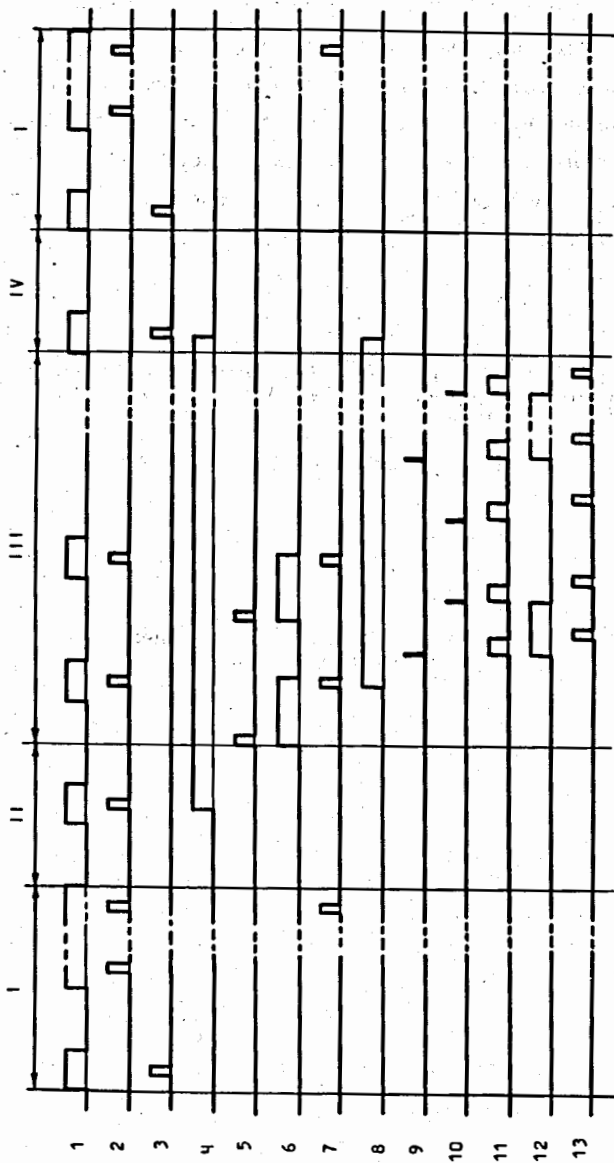


Рис. 2. Основной цикл измерений. 1 - сигналы управляющей команды (код *KMPR*); 2,3 - стробирующие импульсы (*KB1*, *KB2*); 4 - разрешенные стартовых импульсы; 5 - стартовые импульсы; 6 - вызов программируемой передачи (сигнал *PMK*); 7 - импульс, подтверждающий исполнение команды (*UAK*); 8 - разрешение регистрации, сигнал управления передачей (*AMK*); 9,10 - импульсы нейтральных детекторов; 11 - запрос автономной передачи (*AAK*); 12 - признак номера детектора, адреса ячейки памяти (*AAS*); 13 - ответный импульс приема (*CEI*).

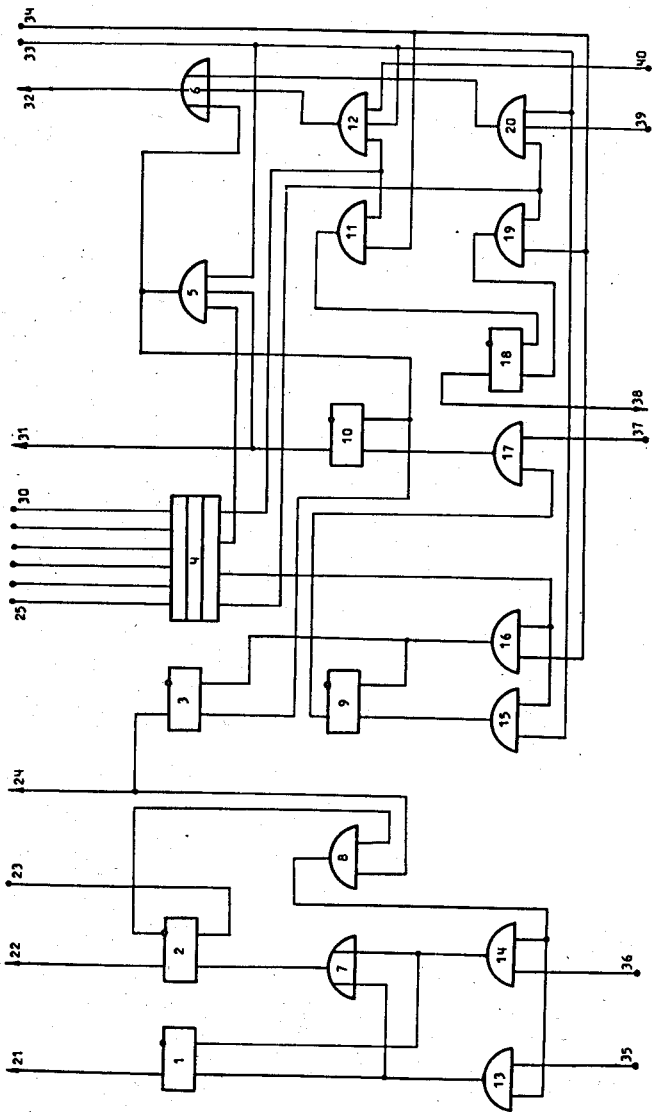


Рис. 3. Схема управления.