

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

А 34

13-88-437

**Л.С.Ажгирей, И.К.Взоров, В.М.Гребенюк,
Ю.А.Кожевников, П.А.Кулинич, Г.Д.Столетов**

**ОРГАНИЗАЦИЯ
И АППАРАТУРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТРИГГЕРА
ПО ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА
С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ**

Направлено в Оргкомитет XIII Международного
симпозиума по ядерной электронике /Варна,
НРБ, сентябрь 1988 г./

1988

I. ВВЕДЕНИЕ

Двухплечевой магнитный спектрометр МАСПИК /1/ предназначен для измерения импульсных спектров продуктов ядерных реакций, протекающих при релятивистских энергиях. При этом импульсные интервалы регистрируемых вторичных частиц (в основном протонов, дейтронов и легких ядер) составляют $4,5 \div 8,5$ ГэВ/с для основного плеча спектрометра и $0,4 \div 2$ ГэВ/с - для сопряженного. Для идентификации частиц в состав установки МАСПИК входит аппаратура измерения времени пролета /2/.

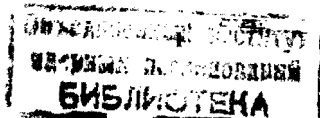
Особый интерес (прежде всего в корреляционных экспериментах) представляет возможность выделения определенных реакций на нижнем уровне триггера. Поскольку продуктами таких реакций являются, как правило, частицы с определенными кинематическими параметрами, при отборе нужных событий целесообразно использовать информацию о скоростях (временах пролета) вторичных частиц, обеспечив достаточно высокое временное разрешение аппаратуры. В частности, разница во времени пролета между протонами и дейтронами с импульсами 8 ГэВ/с в основном плече спектрометра (база ~ 22 м) составляет $\sim 1,5$ нс.

2. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРИГГЕРА

Триггер по времени пролета предполагает отбор частиц со скоростями, лежащими в интервале $V \pm \Delta V$, где ΔV определяется разрешающим временем совпадений. Средняя скорость задается подбором задержек сигналов для каждого канала, анализируемого на совпадения, относительно стартового (нулевого):

$$t_{3i} = l_i/V + t_{ci}, \quad (I)$$

где l_i - расстояние от стартового счетчика до i -го, t_{ci} - постоянная добавка к задержке, вносимая счетчиком. Переход от одной средней скорости (V_1) к другой (V_2) производится изменением задержек t_{3i} :



$$\Delta t_{3i} = t_{3i2} - t_{3i1} = l_i \frac{(V_1 - V_2)}{V_1 \cdot V_2} \quad (2)$$

Соответственно по времени пролета t на базе l_m (расстояние между стартовым и стоповым счетчиками) схемы совпадений отбирают события в интервале $t \pm \Delta t$, где $2\Delta t$ - разрешающее время. Задержки каналов составляют

$$t_{3i} = t \cdot l_i / l_m + t_{ci}, \quad (3)$$

а изменение задержек при переходе от t_1 к t_2

$$\Delta t_{3i} = t_{3i2} - t_{3i1} = (t_2 - t_1) \cdot l_i / l_m \quad (4)$$

Один из путей решения задачи заключается в получении временных отметок, наиболее точно соответствующих моментам пересечения счетчиков регистрируемыми частицами, и анализ этих сигналов на совпадения в заданных временных интервалах. Для этого нужна аппаратура, позволяющая управлять установкой задержек и разрешающего времени совпадений, контролировать работу на уровне физических результатов.

3. АППАРАТУРА ТРИГГЕРА

Спектрометр МАСПИК содержит расположенные вдоль пучка вторичных частиц 5 сцинтилляционных счетчиков в основном плече и 3 - в сопряженном ^{1/1}, по сигналам с которых вырабатывается триггер. Эти сигналы поступают от устройств временной привязки (УВП) ^{3/3}, размещенных непосредственно на сцинтилляционных счетчиках. УВП вырабатывают сигналы, соответствующие моментам попадания заряженных частиц в счетчики. Точность временной отметки (для сцинтилляторов до 0,6 м длиной) составляет ~220 пс. Сигналы с УВП по коаксиальным кабелям длиной до 30 м подаются на расположенную в экспериментальном домике аппаратуру триггера, которая представляет собой систему из блоков КАМАК, размещенных в одном крайте и управляемых ПЭВМ "Правец-16" ^{4/4}.

Блок-схема аппаратуры, реализующей запуск по времени пролета в основном плече спектрометра, представлена на рис. 1. Специально для этой системы разработаны блоки КАМАК КЛ356 и СМТ. КЛ356 содержит 8 идентичных формирователей с фиксированным порогом и управляемыми задержками, изменяющимися от 0 до 15 нс с шагом в 1 нс. Имеется возможность отключать каналы от внешних сигналов и генерировать (во всех

каналах одновременно) тестовый импульс. Выходные сигналы в уровнях ЭСЛ: 8 - незадержанных и 2 по 8 - пропущенных через внутренние задержки. Коммутатор быстрых логических сигналов СМТ позволяет на любой из 8-ми выходов подавать либо любой из 16-ти входных сигналов (прямых или инверсных), либо постоянный логический уровень ("0" или "1"). Входные и выходные сигналы коммутатора - также в уровнях ЭСЛ.

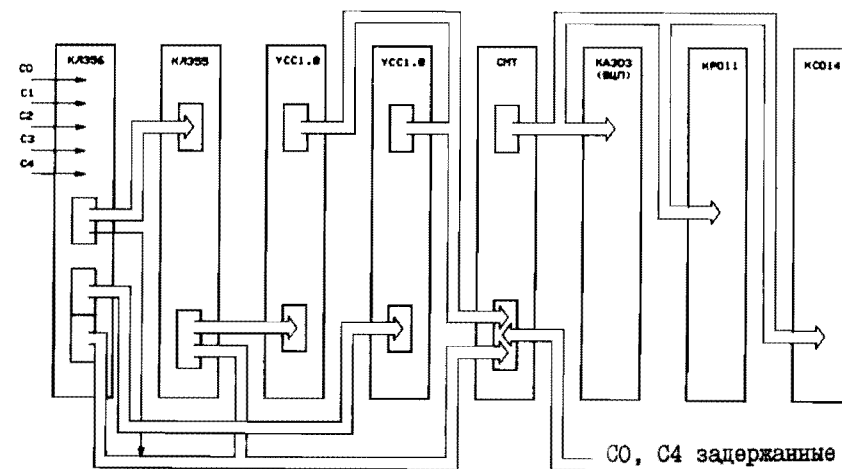


Рис. 1. Структурная схема аппаратуры триггера. С0 ÷ С4 - сигналы с УВП сцинтилляционных счетчиков. С0, С4 задержанные - стартовый и стоповый сигналы для измерения времени пролета.

Сигналы с УВП от счетчиков 0 ÷ 4 разветвляются в КЛ356 и через две независимые задержки (в КЛ356 и КЛ355 ^{5/5}) поступают на две управляемые схемы совпадений УСС1.8 с разрешающим временем, изменяющимся от 1 до 15 нс с шагом ~65 пс ^{6/6}. Таким образом задаются два интервала скоростей отбираемых частиц. Кроме того, в состав аппаратуры триггера включены преобразователь время-код (ВШП) КАЗ03, годоскопический регистр КРО11 и счетчик КСО14 ^{7/7, 8/8}, что позволяет производить автономную настройку системы триггера и контроль ее работы в процессе набора экспериментальной информации.

4. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Процесс подготовки системы к работе (отбору частиц с заданными временами пролета) состоит из нескольких этапов. Сначала производится калибровка (измерение) задержек во всех каналах и разрешающего времени УСС. Эти измерения осуществляются с помощью тестовых сигналов КЛ356 путем поочередной коммутации блоком СМТ соответствующих каналов на ВЦП. По результатам измерений в памяти ПЭВМ составляется таблица, используемая в дальнейшем.

На втором этапе производится снятие кривых задержанных совпадений и установка задержек для обеих УСС, причем разрешающее время 1-й УСС задается достаточно большим, способным вместить времяпролетный спектр всех частиц, соответствующих заданному импульсному акцептансу спектрометра. Разрешающее время 2-й УСС определяется шириной временного спектра частиц, предполагаемых к отбору. Значения задержек в каналах на этом этапе определяются по максимальному счету задержанных совпадений и для второй УСС являются предварительными. Процесс снятия кривых задержанных совпадений и установка задержек производится в диалоговом режиме.

Третий этап включает набор двух времяпролетных спектров. Общий запуск осуществляется по выходному сигналу 1-й УСС, и данные с ВЦП заносятся в гистограмму 1-го времяпролетного спектра. Срабатывание 2-й УСС "метится" в КРОИ и является условием для занесения данных с ВЦП в гистограмму 2-го времяпролетного спектра с меньшим временным интервалом. Обе гистограммы высвечиваются на экране ПЭВМ.

Последний этап заключается в установке и коррекции задержек, позволяющих отбирать частицы с заданными скоростями. Начальная установка производится посредством изменения задержек согласно соотношениям (2) и (4). Последующая коррекция производится по условию достижения максимальной эффективности в заданных границах времен пролета. Все эти работы также идут в диалоговом режиме. По окончании коррекции система подготовлена для перехода к запуску по сигналам от 2-й УСС.

5. ИСПЫТАНИЯ АППАРАТУРЫ

Предварительные испытания основной части аппаратуры триггера, включающей блоки КЛ356 и УСС1.8, были проведены на установке МАСПИК в сеансе на синхрофазотроне ДВЭ. Сигналы от 5-ти сцинтилляционных счетчиков основного плеча спектрометра, пропущенные через согласующие задержки КЛ356, подавались на две УСС1.8. Разрешающие времена, уста-

новленные на УСС, составляли 3 нс и 5 нс. Сигналы с УСС использовались в качестве меток для построения двух дополнительных времяпролетных спектров из общего, набираемого в широком (~ 20 нс) временном интервале ^{12/}. На рис. 2 представлены гистограммы распределений эффективностей обеих УСС по времени пролета. Эффективность определялась отношением числа событий, "помеченных" УСС, к общему их числу в данном канале.

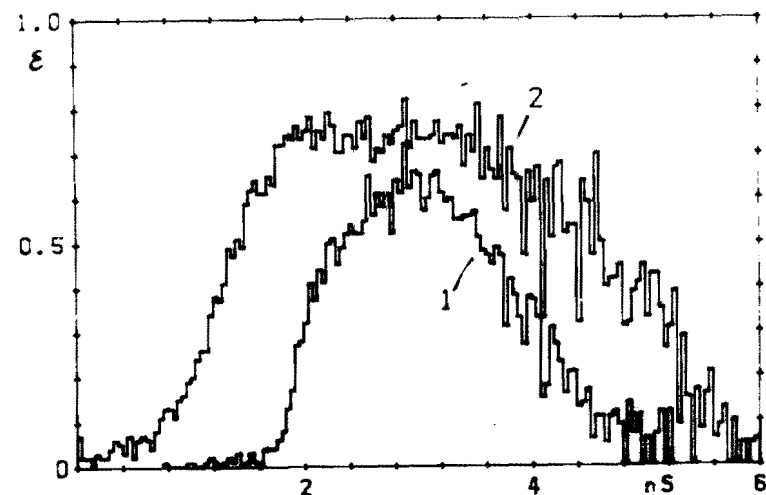


Рис. 2. Распределения эффективностей отбора частиц по времени пролета. Кривая 1 - для разрешающего времени 3 нс, кривая 2 - для 5 нс.

Полученные в результате эффективности УСС составили $\sim 65\%$ и 75% для разрешающих времен 3 и 5 нс соответственно. Недостаточно высокая эффективность объясняется неточностью установки задержек: шаг изменения задержек составлял 2 нс, что сравнимо с разрешающими временами совпадений. Форма левых склонов гистограмм позволяет оценить временное разрешение системы в 0,5 нс (полная ширина на полувысоте). Оценка временного разрешения по правому склону затруднительна, т.к. число отсчетов здесь мало, - события, отобранные обеими УСС, попали на правую границу общего временного спектра частиц, определяемого импульсным акцептансом спектрометра. Практически полное подавление счета от частиц, времена пролета которых лежат вне интервалов, отбираемых УСС, подтверждает эффективность предложенного метода.

В заключение авторы выражают благодарность А. В. Афанасьеву, Б. В. Дятлову и всему коллективу ООЭП ЛВТА за оперативное изготовление основных электронных блоков системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.С.Ажгирей и др. В кн.: Труды Совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. ОИЯИ, Д2-82-568, Дубна, 1982, с.83.
2. Л.С.Ажгирей и др. Препринт ОИЯИ Р1-85-479, Дубна, 1985.
3. В.Ф.Борейко и др. Препринт ОИЯИ I3-86-362, Дубна, 1986.
4. П.А.Кулинич и др. Сообщение ОИЯИ Р10-87-876, Дубна, 1987.
5. В.Ф.Борейко и др. Сообщение ОИЯИ Р10-85-661, Дубна, 1985.
6. В.М.Гребенюк и др. Сообщение ОИЯИ I3-87-846, Дубна, 1987.
7. В.А.Антихов и др. Сообщение ОИЯИ I0-80-650, Дубна, 1980.
8. Н.И.Журавлев и др. Сообщение ОИЯИ I0-8754, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 июня 1988 года.

Ажгирей Л.С. и др. 13-88-437
Организация и аппаратная реализация триггера по времени пролета с высоким разрешением

Описывается система триггера для двухплечового магнитного спектрометра МАСПИК, реализующая отбор событий по времени пролета. Исходной информацией для отбора служат сигналы со сцинтилляционных счетчиков, соответствующие моментам прохождения через них заряженных частиц. Принцип действия аппаратуры основан на использовании метода совпадений с программным управлением разрешающим временем совпадений, задержками и включением каналов. Управление системой производится ПЭВМ "Правец-16". Время пролета частицы определяется /аппаратурно/ с точностью до 300 пс. Разрешающее время схем совпадений может быть установлено в интервале от 1 до 15 нс с шагом 65 пс. Установка задержек входных сигналов производится с такой же точностью. Система позволяет надежно разделять частицы, разница времен пролета которых больше 1 нс. Время выработки решения не превышает 50 нс.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Azhgirey L.S. et al. 13-88-437
Concept and Equipment of High Resolution Time-of-Flight Trigger

The time-of-flight trigger system for MASPIC two-arm magnet spectrometer is described. The scintillation counter signals that are timing to charged particle hitting into counter are used for selection as input signals. The concept is based on the use of the coincidence method with programmable coincidence resolving time, delays and turning of channels. The PC "PRAVETS-16" controls the system. The particle time-of-flight is fixed by timing set-up with a 300 ps accuracy. The coincidence circuit resolving time range can be fixed from 1 to 15 ns with pitch ~ 65 ps. The delays are installed with the same accuracy. The system provides the effective separation of particles that time-of-flight difference exceed 1 ns. The work time is less than 50 ns.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988