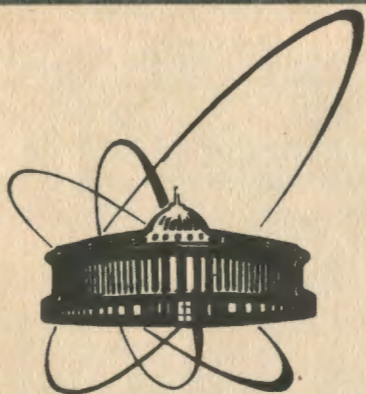


90-452



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

1009/91

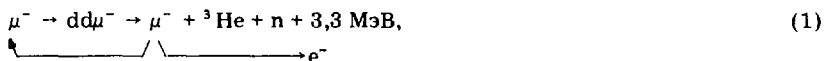
P13-90-452

А.И.Гилев, С.А.Ивановский, В.Г.Зинов,
А.И.Руденко, А.В.Селиков

ЭЛЕКТРОНИКА ОТБОРА СОБЫТИЙ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО МЮ-КАТАЛИЗУ

1990

В экспериментах по исследованию мюонного катализа ядерных реакций синтеза в чистом дейтерии¹¹ измеряются временные и энергетические спектры нейтронов, регистрируемых из циклов реакции синтеза:



Упрощенная схема детекторной части экспериментальной установки показана на рис.1.

Сцинтилляционные счетчики 1, 2, 3 и E выделяют остановку мюона пучка в газовом объеме дейтериевой мишени с рабочим давлением до 1,5 кбар¹². Цилиндрический счетчик E в течение интервала ворот (10 мкс) регистрирует электроны от распада мюонов. Детекторы полного поглощения N1 и N2 на основе жидкого сцинтиллятора NE-213¹³ обеспечивают измерение временных и энергетических параметров нейтронов.

На рис.2 показана блок-схема триггерной и спектрометрической электроники эксперимента.

В состав аппаратуры входят следующие узлы.

а) Спектрометрическая часть.

Основная задача спектрометрической части аппаратуры заключается в измерении времен вылета нейтронов и электронов, идентификации нейтронов и γ -квантов и измерении энергии протонов отдачи (энергии нейтронов).

В состав спектрометрической части входят:

— параллельные аналого-цифровые преобразователи ПАЦП 1,2¹⁴ и многостоповые времяцифровые преобразователи ВЦП 1,2¹⁵, составляющие основу многоимпульсной системы (п- γ) разделения.

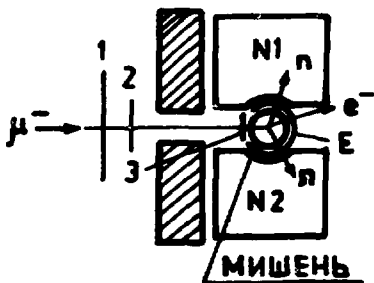


Рис.1. Детекторная часть экспериментальной установки.

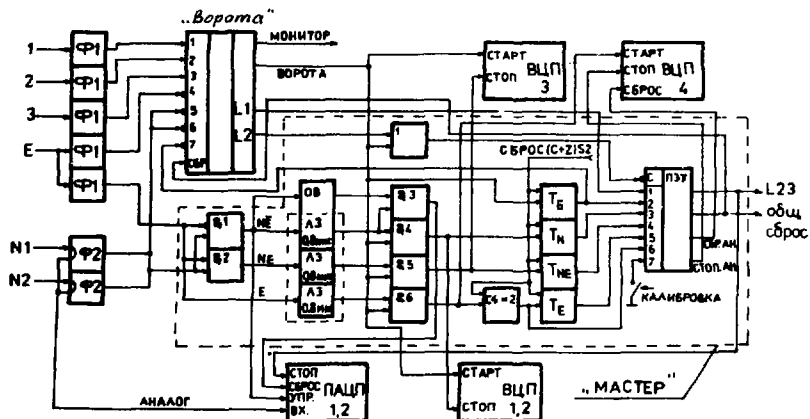


Рис. 2. Блок-схема триггерной и спектрометрической электроники.

— Времяцифровой преобразователь ВЦП 2^{16} , измеряющий время вылета электрона, образующегося от распада мюона.

— Времяцифровой преобразователь ВЦП 4^{16} , работающий в составе многоканального анализатора МАК-2¹⁷, накапливающего спектры электронов для нормировки результатов измерений.

б) Триггерная часть.

Задача электроники отбора событий заключается в следующем:

— выделение остановок отрицательных мюонов в мишени по сигналам со сцинтилляционных счетчиков 1, 2, 3 и E и формирование интервала регистрации продуктов реакции (интервал "Ворота");

— идентификация реакций синтеза по нейтронам с энергией 3.3 МэВ, регистрируемым нейтронными спектрометрами N1 и N2 в течение ворот.

Дополнительно к этому электроника отбора формирует сигналы управления спектрометрической аппаратурой.

В соответствии с этими выделенными задачами для обеспечения определенной гибкости базовая часть электроники отбора событий была выполнена в виде двух блоков:

— блок выделения остановок и выработки интервала регистрации "Ворота";

— блок выработки признака полезного события "Мастер" (на рис.2 выделен штриховой линией).

В состав триггерной части входят также:

— формирователи КЛ353 (Ф1) и линии задержки КЛ355¹⁸;

— двухпороговые формирователи (Ф2) с улучшенной временной привязкой, разработанные специально для работы с нейтронными детекторами N1 и N2.

Электроника отбора событий управляется от ЭВМ "Правец-16". Для накопления и обработки спектрометрической информации используется ЭВМ СМ1300. Для обеих ЭВМ были созданы программы, работающие в диалоговом режиме и позволяющие оперативно производить управление установкой и обрабатывать накапливаемую информацию.

Рассмотрим подробнее функционирование блоков "Ворота" и "Мастер".

Блок "Ворота"

В соответствии с требованиями эксперимента по мю-катализу блок "Ворота" формирует интервал регистрации по условию $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot (E + N1 + N2)$ и осуществляет блокировку наложений предыдущих и последующих частиц пучка в интервале за 5 мкс до момента остановки мюона (блокировка "До") и в течение 10 мкс после момента остановки мюона (блокировка "После", в течение ворот).

При разработке устройства учитывалось то, что сходные требования к логике выработки сигналов "Ворот" возникают во всех экспериментах с остановившимися мюонами (например, 9, 10).

Использование быстродействующих ППЗУ в составе устройства позволило разработать достаточно универсальный блок.

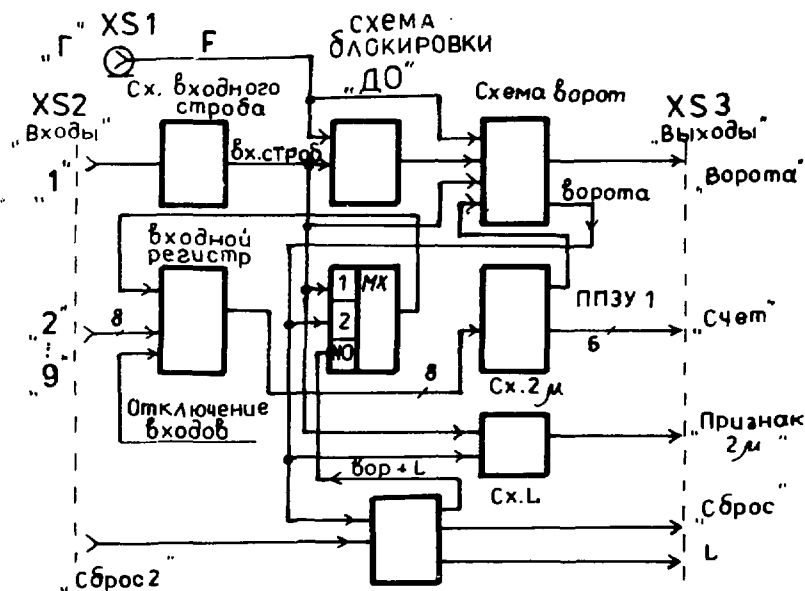


Рис.3. Структурная схема блока "Ворота".

Основные задачи, выполняемые блоком, и соответствующие функциональные узлы устройства (рис.3):

— анализ частоты поступления сигналов остановок по входу "1" (разъем XS2) и запрещение выработки сигнала "Ворота" при временном расстоянии между соседними событиями меньше заданного (схема блокировки "Д0");

— анализ комбинаций сигналов, поступающих по входам "2"... "9" (разъем XS2), выдача комбинационных функций от входных импульсов (выходы "Счет", разъем XS3), выработка решения на запуск сигнала "Ворота" (ППЗУ 1);

— генерация сигнала "Ворота", определяющего интервал анализа интересующего в эксперименте процесса (схема ворот);

— анализ поступления второго события в течение интервала "Ворота" (схема 2μ);

— выработка сигнала "L" при положительном решении или сигнала "Сброс" в противоположном случае (схема L).

Эти функции обеспечиваются следующим взаимодействием узлов устройства (рис.4).

По приходе входного импульса "1" (разъем XS2) запускается схема блокировки "Д0", запрещающая выработку сигнала "Ворота" при временном расстоянии между соседними сигналами "1" меньше заданного. Основу схемы блокировки "Д0" составляет цифровой одновибратор с продлением, выполненный на микросхемах К500ИЕ136. Величина интервала блокировки "Д0" определяется частотой внешней тактовой серии F и коэффициентом пересчета цифрового одновибратора схемы блокировки "Д0". Интервал блокировки "Д0" задается в соответствии с соотношением

$$T_{Д0} = K \cdot T \cdot (N + 1), \quad (2)$$

где $T_{Д0}$ — интервал блокировки "Д0"; K — коэффициент, предварительно задаваемый переключками на плате блока: $K = 4 \times M$ ($M = 1 \dots 8$); T — период внешнего тактового генератора (разъем XS1, "Г"); N — число, набранное переключками на задней панели, двоичный код, 9 разрядов (разъем XS4, "Т_{Д0}").

В качестве внешнего тактового генератора используется блок KB311 с максимальной частотой 200 МГц¹¹¹.

Предусмотрен запрет работы блока (разъем XS2, "AC").

В течение входного строба, сформированного по сигналу "1" в "Схеме входного строба", во "Входном регистре" регистрируются входные сигналы "2"... "9" (разъем XS2). При этом по входам "2"... "7" фиксация происходит по приходе фронтов импульсов, а по входам "8", "9" — ре-

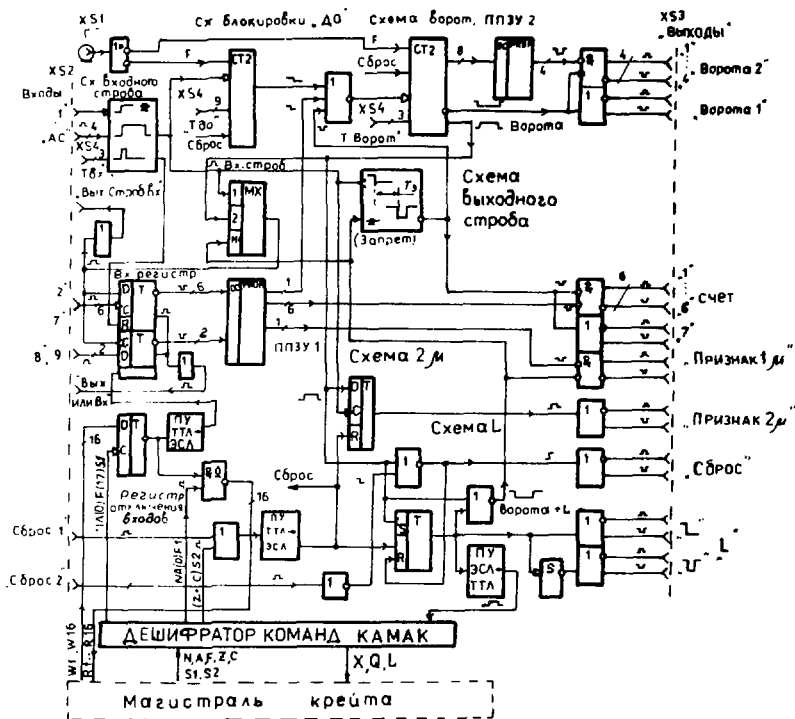


Рис. 4. Функциональная схема блока "Ворота".

гистрируется наличие потенциалов на входах во время заднего фронта входного строба. Минимальная длительность входных сигналов по входам "1"..."7" — 5 нс. Входной строб формируется одновибратором с кабельной времязадающей цепью. Длительность входного строба определяется времязадающим кабелем, длина которого задается переключками на задней панели (разъем XS4, "Т_{вх.}") и может регулироваться в диапазоне 5÷70 нс.

Предусмотрена возможность отключения с магистрали КАМАК любого из входов "2"..."9" с выставлением на отключенном входе либо логической "1", либо логического "0" (см. "Регистр отключения входов", рис.4). На переднюю панель блока выведен входной строб и сигнал, представляющий собой функцию "ИЛИ" от входных импульсов.

Зафиксированные входные сигналы по заднему фронту входного строба выставляются на адресных входах ППЗУ 1 (две микросхемы

типа K500PE149), в котором по зашитой таблице истинности происходит анализ входных комбинаций сигналов. После задержки T_z , сформированной на отрезке кабеля и равной времени выборки, стробируются выходы ППЗУ 1 (см. "Схема выходного stroba"). При этом на выходах "1"... "6" (разъем XS3, "Счет") появляются импульсы "Счет" (сигналы "Монитор" на рис.2), представляющие собой функции от совокупности входных сигналов "2"... "9". Микросхемы ППЗУ 1 установлены в панельках на плате блока и при изменении критериев анализа могут заменяться. Программирование микросхем ППЗУ для конкретного критерия отбора осуществляется предварительно с использованием программатора KP318^{12/1}.

При совокупности входных сигналов, удовлетворяющих "зашитому" в ППЗУ 1 критерию, и отсутствии блокировки "Д0" запускается "Схема ворот", представляющая собой управляемый цифровой одновибратор, выполненный на микросхемах K500IE136. Время задержки выработки сигнала "Ворота" относительно заднего фронта входного stroba — 50 нс.

Длительность сигнала "Ворота" определяется частотой внешней тактовой серии F и коэффициентом пересчета цифрового одновибратора схемы ворот. Длительность ворот задается в соответствии с соотношением

$$T_{\text{вор.}} = K \cdot T \cdot 2^N, \quad (3)$$

где $T_{\text{вор.}}$ — длительность интервала "Ворота"; K — коэффициент, предварительно задаваемый перемычками на плате блока: $K = 4 \times M$ ($M = 1 \dots 16$); T — период внешнего тактового генератора (разъем XS1, "Г"); N — число, набранное перемычками на задней панели, двоичный код, 3 разряда (разъем XS4, "T_{ворот}", рис.4).

На переднюю панель, наряду с полным интервалом ворот (разъем XS3, "Ворота 1"), выдаются фрагменты ворот ("Ворота 2"), задаваемые таблицей истинности, предварительно занесенной в ППЗУ 2 (одна микросхема типа K500PE149, легко заменяемая на плате блока).

В течение интервала ворот в ППЗУ 1 происходит анализ поступления сигналов по входам "2"... "9". Результат анализа выдается по выходу "Признак 1μ" (разъем XS3).

При поступлении в течение текущих ворот следующего сигнала "1", по окончании ворот выдается сигнал "Признак 2μ" (разъем XS3), который при его подаче на один из входов признаков сброса (разъем XS2, "Сброс 2") может быть использован для выработки выходного сигнала "Сброс" после окончания ворот.

При отсутствии признаков сброса, принимаемых по передней панели, по окончании ворот в "Схеме L" вырабатывается сигнал "L", выдаваем

мын на переднюю панель в импульсном и потенциальном виде (сигналы "L1" и "L2" на рис.2). В противном случае по окончании интервала ворот на переднюю панель выдается сигнал "Сброс".

По окончании цикла работы блок устанавливается в начальное состояние либо по передней панели (разъем XS2, "Сброс 1"), либо по команде КАМАК (Z + C):S2.

Входные и выходные сигналы по передней панели, кроме входа "Г" (разъем XS1), передаются в уровнях ЭСЛ в парафазном виде по скрученным парам проводов.

Устройство выполнено в виде блока КАМАК двойной ширины с использованием микросхем серий K500 и K155.

Блок "Мастер" (см.рис.2)

Блок предназначен для выделения полезного события по результатам регистрации продуктов реакции и для управления контроллером КК001 (сигналами "L23" и "Общий сброс", рис.2), стоящем в кресте спектрометрической электроники, а также для выработки сигналов управления блоками спектрометрической электроники.

На рис.2 функциональные узлы, относящиеся к блоку "Мастер", выделены пунктирной линией.

Каналы логики и спектрометрии для N1 и N2 идентичны и для простоты показаны общими. Схема &1 вырабатывает сигнал "NE", соответствующий регистрации N1 или N2 нейтральной частицы и управляющий многоимпульсной системой (n-γ) разделения ПАЦП 1,2 и ВЦП 1,2.

Схема &2 выделяет совпадения NE, управляющие ВЦП 3, измеряющим время вылета электрона распада. Сигнал "E" управляет ВЦП 4, работающим в составе многоканального анализатора МАК-2, накапливающего спектры электронов для нормировки результатов измерений.

Сигналы "NE", "NE" и "E", задержанные на 0,8 мкс для сдвига физического нуля временной шкалы с целью измерения фона до остановки мюона, пропускаются через схемы совпадения с сигналом ворот "&4,5,6" и поступают в регистр T_n , T_{ne} , СЧх2, T_e . Узел из счетчика СЧх2 и триггера T_e позволяет выделить случаи регистрации детектором E более одного события в течение ворот. Триггер блокировки T_b взводится сигналом ворот и служит для блокировки повторных запусков ворот при передаче информации в ЭВМ, а также для блокировки выходных сигналов модуля "Мастер" в отсутствие ворот. Полезное событие идентифицируется по окончании ворот по программе, записанной в быстродействующее ПЗУ, по наличию сигналов от T_b , T_n , T_{ne} , СЧх2, L1 (от блока "Ворота") и отсутствию сигнала от T_e .

Запись программы в ПЗУ (ППЗУ типа K500PE149) осуществляется предварительно с использованием и программатора КП318.

При соблюдении этих условий блок "Мастер" генерирует сигнал "L23", и контроллер КК001 начинает передачу информации в ЭВМ.

Если полезного события нет, то по концу ворот блок "Мастер" генерирует сигнал "Общий сброс", подаваемый в контроллер и сбрасывающий информацию в кодировщиках. Сигнал "Стоп. ан." для ВЦП 4 генерируется по наличию сигналов от T_6 , СЧх2, L1 и отсутствию сигнала от T_6 . При нарушении этого условия информация в ВЦП 4 сбрасывается (сигнал "Сбр. ан.") .

В блоке предусмотрен режим энергетической калибровки детекторов N1, N2. Тумблером "Калибровка" изменяется программа ПЗУ и включается одновибратор ОВ, имитирующий сигнал ворот. В этом режиме сигнал "L23" генерируется при появлении сигналов от любого из детекторов N1, N2.

Блоки ПАЦП 1,2 включены на самозапуск со сбросом через 0,8 мкс при отсутствии сигнала ворот. Это позволяет сохранить амплитудную информацию о сигналах до остановки мюона и не включать в аналоговый канал линию задержки 0,8 мкс, ухудшающую качество ($n-\gamma$) разделения.

Устройство выполнено в виде блока КАМАК двойной ширины с использованием микросхем серии К500.

Описанная система отбора событий показала надежную работу в длительных многосуточных сеансах на фазотроне ЛЯП ОИЯИ при проведении экспериментов по мю-катализу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bystritsky V.M. et al. — JINR Preprint E1-90-322, Dubna, 1990.
2. Быстрицкий В.М. и др. — ПТЭ, 1989, № 1, с.50.
3. Dzheleпов V.P. et al. — Nucl. Instr. and Meth., 1988, vol.A269, No.3, p.634.
4. Зинов В.Г., Лонцики Е., Руденко А.И. — Препринт ОИЯИ, 13-89-466, Дубна, 1989.
5. Зинов В.Г., Селиков А.В. — Препринт ОИЯИ, P10-88-505, Дубна, 1988; ПТЭ, 1989, № 5, с.136.
6. Гребенюк В.М., Зинов В.Г., Селиков А.В. — Сообщение ОИЯИ, 13-82-713, Дубна, 1982.
7. Антюхов В.А. и др. — Сообщение ОИЯИ, P10-87-688, Дубна, 1987.
8. Борейко В.Ф. и др. — Сообщение ОИЯИ, P10-85-661, Дубна, 1985.
9. Сабиров Б.М. и др. — Препринт ОИЯИ, P15-87-641, Дубна, 1987.
10. Гаганов И.А. и др. — В сб.: Мюоны и пионы в веществе. Труды Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом, Дубна, 30 июня — 4 июля 1987, ОИЯИ, Д14-87-799, Дубна, 1987, с.437-441.
11. Селиков А.В. — Сообщение ОИЯИ, 13-81-844, Дубна, 1981.
12. Борейко Б.Ф. и др. — Сообщение ОИЯИ, P10-87-827, Дубна, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел

1 ноября 1990 года.