



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2001–8

ОЭФ

А.Н. Васильев, А.М. Давиденко, Ю.А. Матуленко, В.В. Мочалов,
П.А. Семенов, Л.Ф. Соловьев, В.Л. Соловьянов

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ЦИФРОВОГО ТРИГГЕРА НА БОЛЬШИЕ p_t**

Протвино 2001

Аннотация

Васильев А.Н. и др. Экспериментальное исследование цифрового триггера на большие p_t : Препринт ИФВЭ 2001–8. – Протвино, 2001. – 7 с., 3 рис., 2 табл., библиогр.: 3.

Представлены экспериментальные результаты изучения особенностей работы контроллера, позволяющего записывать в память компьютера только полезные события с порогом по поперечной энергии. Коэффициенты и величина порога заносятся компьютером. Использование этого контроллера позволяет сэкономить значительную память и, соответственно, увеличить объем принимаемой полезной информации. Потеря данных при этом не происходит. Контроллер выполняет роль триггера первого уровня.

Abstract

Vasiliev A.N. et al. Experimental Investigation of Digital Trigger for Large p_t Registration: IHEP Preprint 2001–8. – Protvino, 2001. – p. 7, figs. 3, tables 2, refs.: 3.

The experimental results of the controller block investigation which makes it possible to write down only useful events with a cut by transverse energy into the computer memory have been presented. The coefficients for each channel and cut value are written down to the controller block by a computer. The use of this controller increases the amount of the information detected. The controller block is used as a first level trigger.

Введение

Данная работа была выполнена для проведения поляризационных исследований на экспериментальной установке ПРОЗА-М.

Измерения асимметрии рождения нейтральных мезонов проводились, в основном, в центральной области. При этом изучалась зависимость односпиновой асимметрии инклюзивного образования π^0 -мезонов от поперечного импульса p_t . Первые результаты экспериментов с использованием пучка π^- -мезонов [1], выполненных на установке ПРОЗА-М, показали, что ненулевая асимметрия появилась при больших значениях p_t . Поэтому в дальнейших исследованиях наибольший интерес представляли данные при $p_t > 1,6$ ГэВ/с. Необходимо было подавить большое число событий с малыми поперечными импульсами. Для этого использовался аналоговый триггер на большие p_t [2].

Реально этот аналоговый электронный триггер нулевого уровня являлся триггером на большую поперечную энергию и был организован следующим образом. Для каждого столбца счетчиков электромагнитного калориметра вычислялось среднее значение синуса угла ($\sin\theta$) относительно оси пучка. Энергия, выделенная в данном столбце, как бы умножалась электронным образом на величину пропорциональную вычисленным значениям для каждого столбца и суммировалась по всему калориметру. Для выработки триггера, оцифровывания и записи данного события на носитель информации требовалось, чтобы суммарный сигнал превышал выбранный порог.

В то же время аналоговый триггер имел ряд недостатков, так как в его разрешение вносили вклад следующие основные факторы:

- при умножении энергетического выделения в столбце на один коэффициент получалась систематическая ошибка в определении поперечной энергии, при этом тем большая, чем ближе к пучку находится столбец;
- разброс в коэффициентах усиления фотоумножителей достигал 20%.

В результате передний фронт аналогового триггера получался размытым. Инвариантное сечение инклюзивного образования π^0 -мезонов в центральной области сильно зависит от поперечного импульса и ведет себя как \exp^{-4p_t} . Размывание переднего фронта может приводить к большой систематической ошибке в определении асимметрии, которая пропорциональна разности сечений при двух направлениях поляризации мишени. Чтобы избежать этой систематики, во время анализа данных приходилось применять консер-

вативный порог по p_t , заметно больший, чем порог аналогового триггера. В результате только 5-10% информации, записанной на носители, использовалось для получения физических результатов.

В то же время отметим, что при обработке “вне линии” порог выбирался на поперечный импульс пары гамма-квантов, а аналоговый триггер настраивался на энерговыделение всего детектора.

Цифровой триггер, являвшийся фактически аналогом порога по p_t для всего детектора, позволял в 1,5-2 раза увеличить процент записанной полезной информации.

Другой задачей такого контроллера являлось ужатие информации на установках, состоящих из нескольких детекторов, при этом записывалась на носители информация только с детектора, в котором энерговыделение превышало пороговое, а информация с других детекторов не записывалась. Это дало возможность существенно расширить объем принимаемой информации.

1. Краткое описание работы триггера и процедуры измерений

Установка ПРОЗА-М, для которой и был разработан контроллер, состояла из трех независимых электромагнитных калориметров. Два детектора использовались для регистрации π^0 -мезонов в центральной области, а один в задней полусфере (в области отрицательных x_F). Триггером на запуск установки являлся сигнал от пучковой аппаратуры и наличие хотя бы в одном из детекторов энергии больше определенной пороговой величины. Пороги детекторов выбирались таким образом, чтобы количество триггеров со всех детекторов было примерно одинаково. Подробно описание установки приведено в работе [2]. При принятии решения о выработке триггера информация считывалась со всех детекторов независимо от того, являлась ли информация с данного калориметра полезной.

Данные с каждого калориметра поступали в свой крейт с АЦП. В один из крейтов, а именно в тот, в который поступала информация с электромагнитного калориметра ЭМ2, вместо стандартного контроллера К-62 был установлен исследуемый контроллер.

Процедура подготовки к работе и измерениям была выполнена следующим образом:

- Перед началом измерений проводилась калибровка электромагнитных калориметров, вычислялись коэффициенты k_i перевода амплитуды сигнала в энергию для каждой ячейки калориметра (или каждого канала регистрирующей электроники).

- Для каждой ячейки (канала АЦП) вычислялись значения $c_i = \sin\theta$ относительно оси пучка.

- Произведение этих двух величин заносилось в память разработанного контроллера для каждого адреса (канала АЦП) крейта. Кроме этого, в память заносилась пороговая величина.

- При поступлении данных с детектора все величины оцифровывались и умножались на полученный коэффициент для каждой ячейки, а полученные величины складывались.

- Если полученная сумма превышала записанный в память также программным образом порог, то событие записывалось в память, в противном случае информация во всем крейте быстрым образом обнулялась.

- Были набраны данные для трех (небольших) значений порога — 15, 30 и 45 отсчетов АЦП. Данные были обработаны, и был выбран порог 360, который должен был бы соответствовать примерно 1,5 ГэВ. Анализ данных непосредственно во время сеанса

показал, что электронный аналоговый триггер (триггер нулевого уровня) имел величину порядка 1,6 ГэВ. После этого порог цифрового триггера был увеличен до 400 отсчетов АЦП и именно для этого порога производилось сравнение исследуемых данных при использовании контроллера и без него.

Подробно описание и электронные схемы контроллера изложены в работе [3].

Еще раз отметим, что если контроллер принимал отрицательное решение по принятию триггера, то данное событие не уничтожалось полностью (не сбрасывалось), а записывалось в память без обнуленных данных. Таким образом, данные с исследуемого крейта с АЦП обнулялись быстрым образом, а данные с других крейтов записывались в полном объеме. Данная процедура позволяла сэкономить время на оцифровывание и вычитывание данных, а также память буфера.

2. Анализ данных

Для исследования были выбраны данные, когда протоны с энергией 70 ГэВ взаимодействовали с углеродной мишенью и с одинаковым положением пучка на мишени для того, чтобы условия набора были одинаковыми.

Одним из важных моментов в работе контроллера являлась его проверка на отбрасывание ненужной информации. Под ненужной информацией понимались данные, когда энергия в электромагнитном калориметре была ниже пороговой величины. Запись таких событий без интересующей нас информации могла происходить в двух случаях:

1. В связи с неэффективностью аналогового триггера, а именно его плаванием или систематическими ошибками, отмеченными выше при описании необходимости цифрового триггера.

2. Если сигнал на запуск триггера происходил от другого запускающего блока и тогда в данном АЦП могла быть вообще ненужная информация, а именно срабатывание нескольких каналов АЦП вследствие плавания пьедесталов или информация о частицах с низкой энергией.

Рассмотрим сначала случай, когда запуск триггера происходил от ЭМ1 или ЭМ3, т.е. не от ЭМ калориметра с исследуемым контроллером. Количество полезных данных в таких событиях в ЭМ2, то есть тогда, когда можно было зарегистрировать π^0 в ЭМ2, было очень незначительно. Основная часть таких событий были, во-первых, одногаммовыми, а, во-вторых, даже если была обнаружена пара гамма-квантов в ЭМ2, то их поперечная энергия была в области низких поперечных энергий и импульсов.

На рис.1 можно увидеть среднюю множественность гамма-квантов, распределение по сравнению отдельных счетчиков в калориметре, а также массовый спектр (общий и для интервала по p_t от 1 до 1,5 ГэВ/с) и распределение поперечного импульса p_t пары γ -квантов, когда триггер приходил из других детекторов.

Видно, что количество полезной информации было очень мало по сравнению с общим количеством данных.

Среднее количество π^0 составляло примерно одну зарегистрированную частицу (точнее, пару гамма-квантов с массой между 110 и 155 МэВ/с² — фон не вычитался) на 1000 событий. При этом в общем спектре пар интересующая нас частица просто не была видна над фоном. Число мезонов с поперечным импульсом более 1,6 ГэВ на ленту практически не было записано — напомним, что мы рассматриваем только данные с триггером в другом блоке.

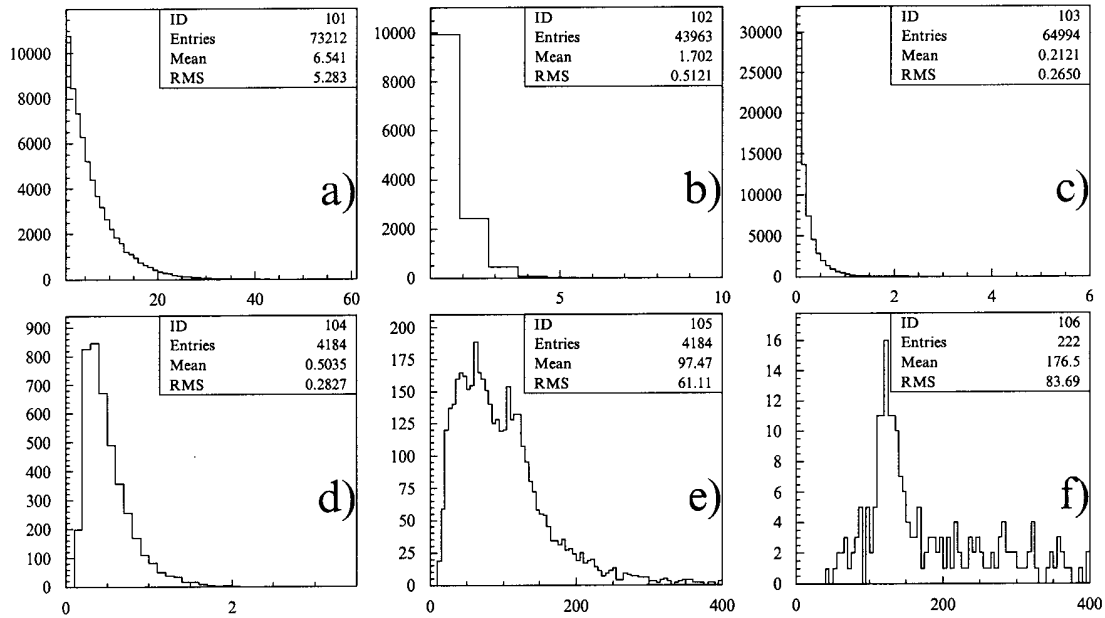


Рис. 1. Характеристики событий в ЭМ2, если триггер был в другом блоке: а) число сработавших в событии ячеек в исследуемом блоке; б) число гамма-квантов в событии; в) распределение по E_t блока; д) p_t -спектр пары гамма-квантов; е) весь массовый спектр; ф) массовый спектр $1/0 < p_t(\gamma\gamma) < 1.5$.

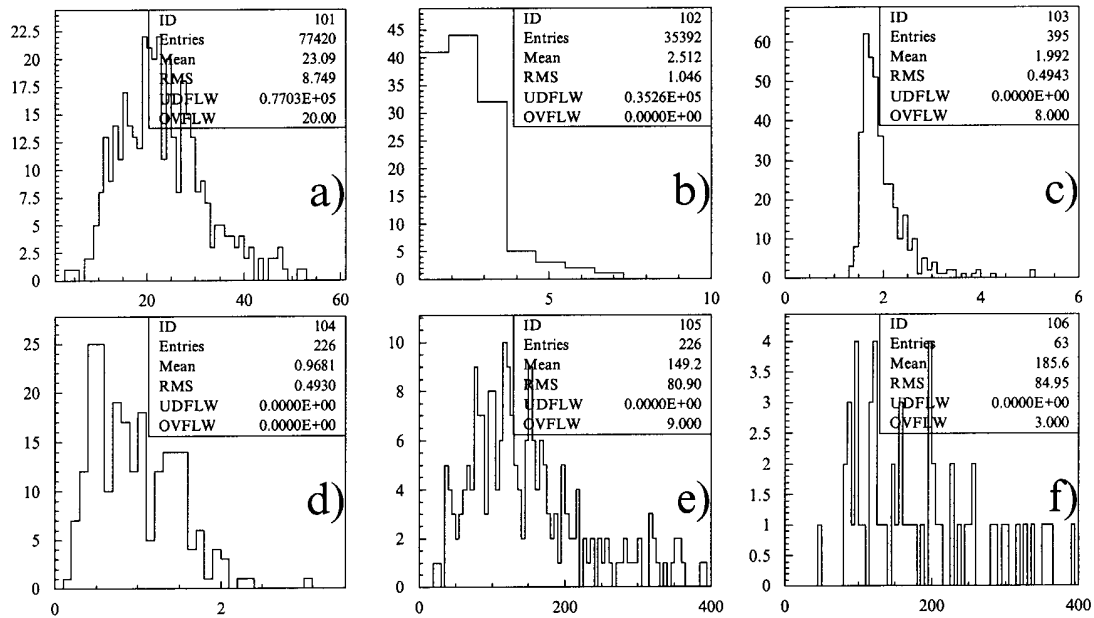


Рис. 2. То же, что на рис.1, но с использованием контроллера (триггер из другого блока): а) число сработавших в событии ячеек в исследуемом блоке; б) число гамма-квантов в событии; в) распределение по E_t блока; д) p_t -спектр пары гамма-квантов; е) весь массовый спектр; ф) массовый спектр при $1,5 < p_t(\gamma\gamma) < 2$.

На рис. 2 приведены те же характеристики для примерно того же количества принятых триггеров, что и на рис.1, но для событий с использованием контроллера. Видно, что практически вся ненужная информация не записана на ленту. При этом были выброшены из памяти данные с ЭМ2 из 99,3% ненужных событий и спасено около 11000 тыс. слов (98% от информации в ЭМ2). Это позволило бы записать дополнительно 55000 событий примерно к 75000 записанных.

Таким образом, использование только одного контроллера на ЭМ2 позволяло увеличить объем полезной принимаемой информации почти в 1,8 раза. Если бы использовался контроллер во всех блоках, то тогда количество принимаемой информации за счет экономии памяти возросло бы более чем в 2,5 раза. Заметим, что увеличение экономии памяти происходило не пропорционально, так как ЭМ2 находился ближе всего к пучку и именно в нем было наибольшее число фоновых событий с выделением малой энергии. При этом потери полезных событий не происходило. Сравнительные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительные данные при запуске триггера из другого блока

Число триггеров	73212	77420
Число триггеров, в которых есть сработавшие ячейки	64994	395
Среднее число сработавших ячеек (ненулевых)	6,54	23,1
Среднее число сработавших ячеек (на все события)	5,8	0,12
Занятая память в ЭМ2 на 100000 событий	1133 тыс. слов	23,3 тыс. слов
Число пар	4100	226
Число пар с нужной массой и p_t от 1 до 1,5	100	20
Число пар с нужной массой и p_t от 1,5	10 (меньше .01%)	10

При этом мы использовали контроллер только для одного калориметра.

Теперь рассмотрим данные, когда триггер был во втором электромагнитном калориметре. Тогда контроллер отбрасывал только незначительную часть данных, в соответствии с выбранным порогом. Сравнительные характеристики приведены на рис. 3 и в табл. 2.

Таблица 2. Сравнительные данные при запуске триггера от ЭМ2

Общее число триггеров	20704	16159
Число используемых триггеров	20701	11953
% выброшенных триггеров		26
Число триггеров с p_t пары > 1,6	1460	1101
% триггеров с p_t пары > 1,6	7,0	6,8
% триггеров от "полезных" событий	7,0	9,2

Видно, что количество отбракованных событий составляет примерно 26%. При этом нормированное число событий с $p_t > 1,6$ не изменилось.

В то же время из рисунков видно, что большинство отброшенных событий были событиями с одним гамма-квантом или с малыми значениями поперечного импульса пары частиц. Отношение числа двухгаммовых событий к одногаммовым выросло с 0,5 до 0,6. Потеря пар с $p_t > 1,6$ не произошло, тогда как количество пар гамма-квантов с меньшими поперечными импульсами уменьшилось примерно в 2 раза (см. рис. 3b).

Общее количество пар γ -квантов с массой от 100 до 160 МэВ уменьшилось почти в два раза. Отношение сигнал/фон при этом не изменилось, так что количество записанных π^0 -мезонов также уменьшилось в два раза.

Количество нормированных пар (и π^0 -мезонов) с поперечным импульсом $p_t > 1,6$ не изменилось (см. рис. 3d).

Отношение “полезных” пар гамма-квантов (с $p_t > 1,6$) ко всем зарегистрированным парам возросло с 0,1 до 0,17.

Количество пар гамма-квантов с массой в области массы π^0 -мезона и с поперечным импульсом более 1,6 изменилось с одной пары на 14 событий до одной пары на 10 записанных полезных событий, т.е. увеличилось на 31%.

Количество спасенной памяти составило в данном случае около 20% (уменьшение происходило в связи с тем, что события, отвергнутые триггером, в данном исполнении контроллера все равно записывались в память, но уже с обнуленными данными по АЦП — при этом длина данных событий становилась меньше).

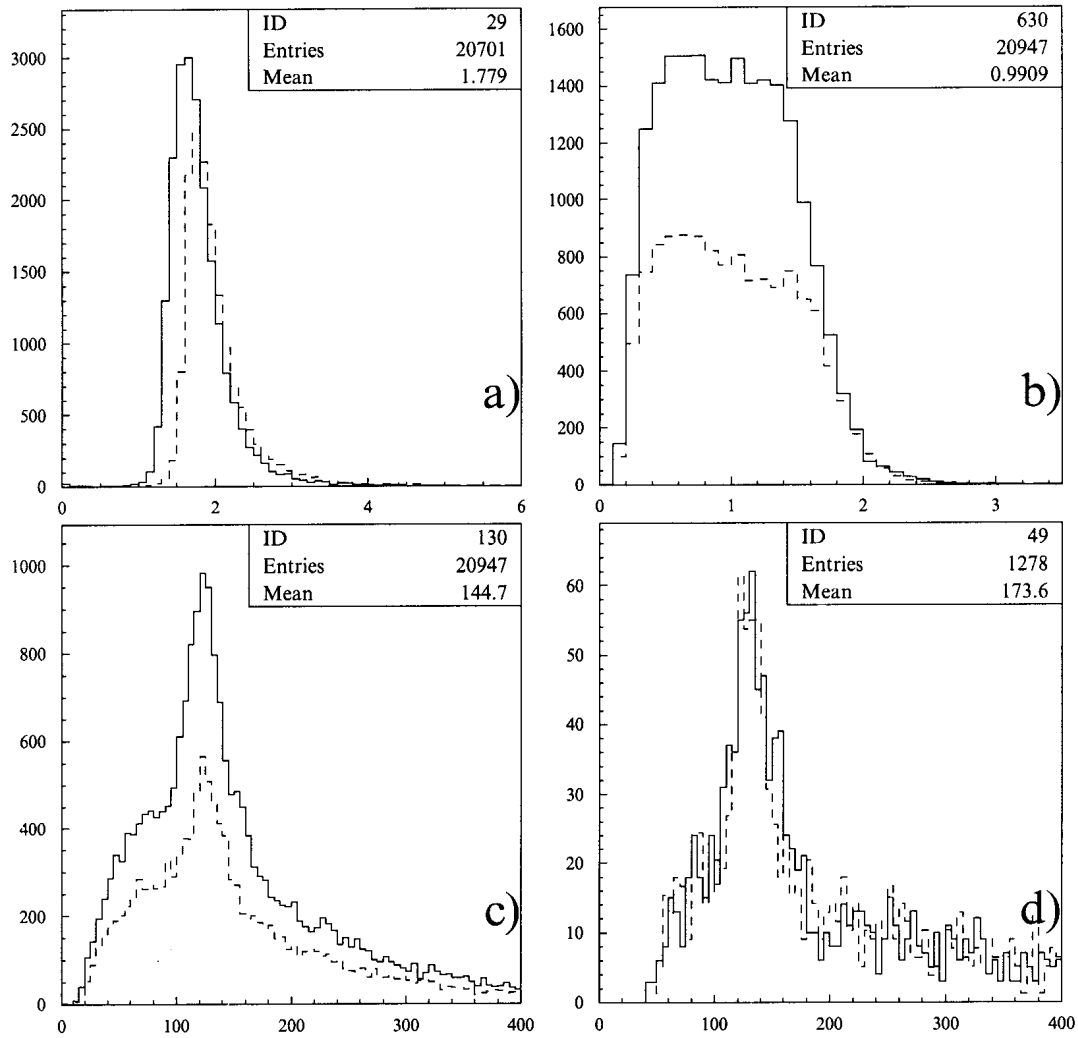


Рис. 3. Нормированные на одинаковое число триггеров данные, когда триггер происходил в исследуемом блоке (сплошная линия — без использования контроллера, пунктирная — с использованием контроллера): а) распределение по E_t ; б) p_t -спектр пары гамма-квантов; в) весь массовый спектр; д) массовый спектр при $p_t(\gamma\gamma) > 1,6$.

Заключение

Применение данного контроллера позволяет увеличить количество принимаемых данных, если ограничение информации связано с размерами буферной памяти. Использование контроллера позволяет уменьшить средний размер принимаемого события за счет отбрасывания ненужной информации.

Использование контроллера с одним детектором на установке ПРОЗА-М увеличило объем полезных данных в 1,8 раза.

При использовании контроллера с тремя детекторами принимаемая информация могла бы быть увеличена в 2,5 раза.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 97-02-16010).

Список литературы

- [1] Arokin V.D., Arestov Yu.I., Astafiev O.V. et al.//Phys.Lett., B243 (1990), p.461.
- [2] Апокин В.Д., Беликов Н.И., Васильев А.Н. и др.//ПТЭ, 4 (1998), с.23.
- [3] Васильев А.Н., Давиденко А.М., Семенов П.А. — Препринт ИФВЭ 99-8, Протвино, 1999.

Рукопись поступила 14 февраля 2001 г.

А.Н. Васильев и др.

Экспериментальное исследование цифрового триггера на большие p_t .

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы L^AT_EX.

Редактор Л.Ф.Васильева.

Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 21.02.2001. Формат 60 × 84/8. Офсетная печать.

Печ.л. 1,37. Уч.-изд.л. 0,7. Тираж 130. Заказ 41. Индекс 3649.

ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий

142284, Протвино Московской обл.

