



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 99-60  
ОЭА

В.А. Медовиков, В.А. Сенько, Н.А. Шаланда

**ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА РЕГИСТРАЦИИ  
И ТРИГГИРОВАНИЯ НАНОСЕКУНДНОГО ДИАПАЗОНА**

Протвино 1999

**Аннотация**

**Медовиков В.А., Сенько В.А., Шаланда Н.А.** Электронная аппаратура регистрации и триггирования наносекундного диапазона: Препринт ИФВЭ 99-60 . – Протвино, 1999. – 12 с., 10 рис., библиогр.: 3.

Описана электронная аппаратура регистрации и триггирования в системе МИСС, включающая в свой состав 32-канальный стробируемый регистр с мажоритарной логикой, модуль выработки триггерных сигналов и модуль синхронизации. Данная аппаратура позволяет создавать системы триггирования по множественности с временем решения порядка 100 нс. Приведены примеры использования разработанной аппаратуры в физических установках.

**Abstract**

**Medovikov V.A., Senko V.A., Shalanda N.A.** Electronic Equipment for Detection and Triggering in Nanosecond Range: IHEP Preprint 99-60. – Protvino, 1999. – p. 12, figs. 10, ref.: 3.

The electronic apparatus for detection and triggering in the MISS-system which includes a 32-channel strobing register with a majority logic, modules for triggering decisions and synchronization is described. This apparatus permits one to create triggering systems on multiplicity with decision time of about 100 ns. The examples of applying of designed apparatus in physical setups are given.

## **Введение**

При проведении физических экспериментов на 70-ГэВ ускорителе ИФВЭ одной из самых сложных задач является выделение изучаемых физических взаимодействий на уровне большого фона. Для её решения используются многоуровневые триггерные системы с отбором полезных событий по определённым критериям, например по множественности продуктов взаимодействия.

В настоящей работе рассматривается такая система, состоящая из ряда электронных модулей и позволяющая осуществлять регистрацию и быстрый отбор взаимодействий по сравнительно сложным критериям за времена порядка сотни наносекунд. Аппаратура разработана в системе МИСС [1], что позволяет производить вывод полезной информации с регистрирующей части электроники со скоростью порядка 20 Мб/с.

Регистрация сигналов от детекторов осуществляется модулями 32-канальных стробируемых регистров с мажоритарной логикой ЛЭ-39, что позволяет вычислять количество сработавших каналов с учетом возможных "кластеров". Полученная информация обрабатывается триггерными модулями по записанным в ППЗУ алгоритмам. Система может включать несколько триггерных модулей. На любых этапах вычислений могут выводиться триггерные решения. Временная привязка работы модулей триггерной системы к пучковому триггеру установки осуществляется модулем синхронизации. Регистрация и вывод данных от регистров и триггерных модулей производятся под управлением автономных контроллеров или контроллера сектора магистрали МИСС.

### **1. 32-канальный стробируемый регистр с мажоритарной логикой ЛЭ-39**

Модуль предназначен для регистрации сигналов от сцинтилляционных детекторов и малых пропорциональных камер, передачи полученной информации в магистраль МИСС, а также для вычисления количества сработавших каналов (множественности). На рис. 1 приведена структурная схема модуля, которую можно разбить на три части: регистрирующая часть, схема суммирования, схема управления.

Регистрирующая часть модуля содержит 32 идентичных канала (рис. 2), состоящих из входных приемников парафазных сигналов в уровнях ЭСЛ и триггеров, запоминающих импульсные сигналы при стробировании. Строб-импульсы могут подаваться на разъем "Строб" на передней панели в уровнях NIM ( $T_{\min} = 10$  нс) или по шинам УР1 и УР2 магистрали сектора парафазным сигналом в уровнях ЭСЛ, но при этом минимальная длительность сигнала "Строб" составит 50 нс.

Парафазные сигналы с модулей усилителей-формирователей подаются на входы приемников К500ЛП115, и с их выходов — на С-входы D-триггеров К500ТМ131. Запоминание входного сигнала происходит по его положительному фронту при наличии на D-входе строб-импульса в виде низкого уровня ЭСЛ, т.е. если фронт приходит во время действия строб-импульса, в триггер записывается "0" (рис. 2а). При этом с выхода  $\bar{Q}$  на вход R поступает высокий уровень, который блокирует триггер в этом состоянии. Очевидно, что при таком способе записи время разрешения определяется только длительностью строб-импульса.

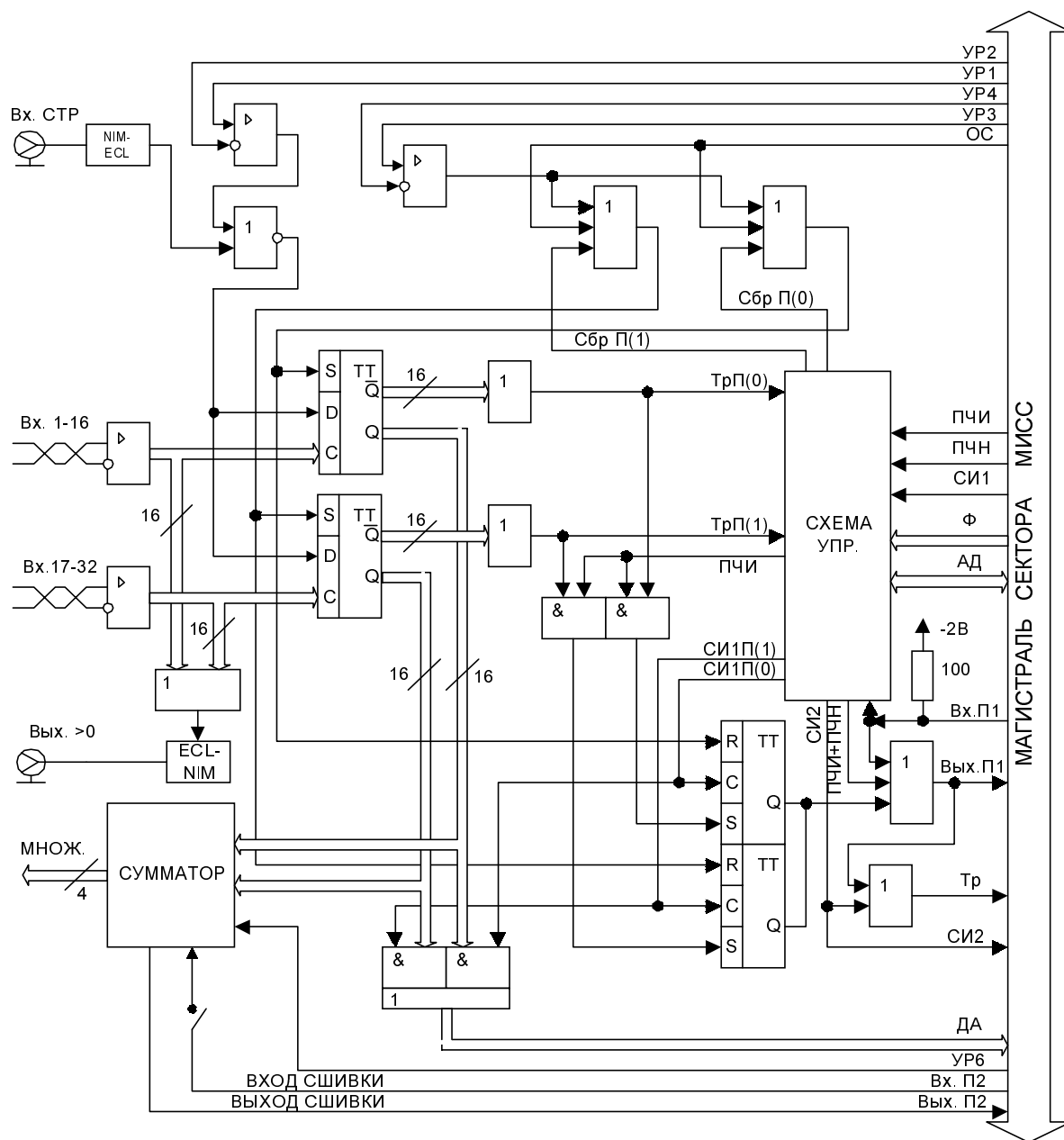


Рис. 1. Блок-схема модуля ЛЭ-39.

Импульсные сигналы с выходов приемников всех 32 каналов собираются по ИЛИ и выводятся на разъем ">0" (в уровнях NIM). Выходы Q триггеров объединяются по ИЛИ с 1-го по 16-й и с 17-го по 32-й и формируют внутренние сигналы требования на чтение ТрП(0) и ТрП(1) по двум подадресам, кроме того, они соединяются со схемой суммирования и через ворота чтения выводятся на шины данных сектора. На печатной плате модуля имеются контакты для подпайки плоского кабеля к выходам всех триггеров, что при необходимости дает возможность включить модуль в систему отбора событий по топологическим признакам.

Регистр приводится в исходное состояние сигналом сброса, действующим на S-входы триггеров. Сигнал сброса вырабатывается по окончании выполнения команды чтения данных со сбросом в соответствующем подадресе модуля, при выполнении команды "Общий сброс", а также при приеме по шинам УР3 и УР4 парафазного сигнала "Сброс регистров".

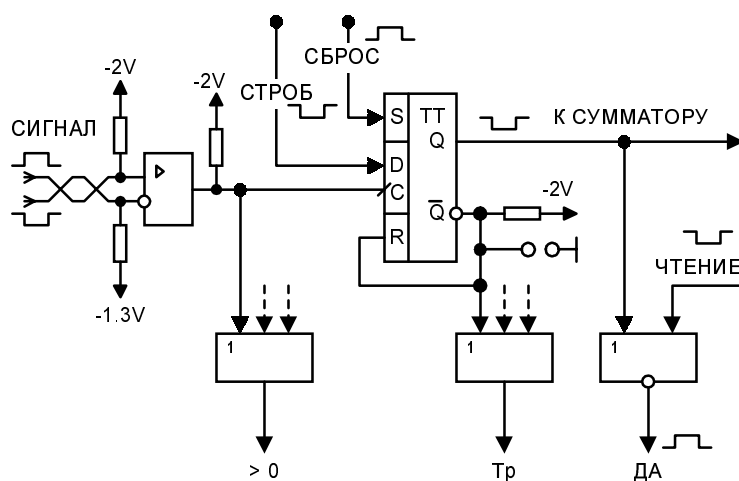


Рис. 2. Схема одного канала регистрирующей части модуля ЛЭ-39.

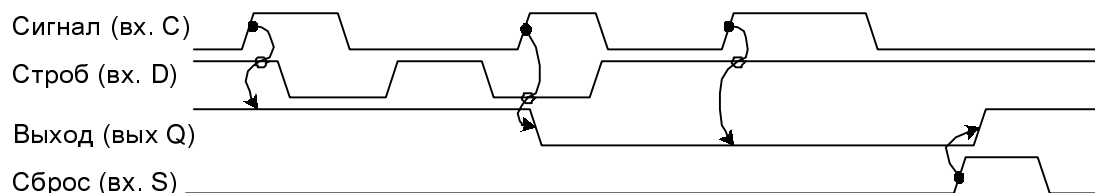


Рис. 2а. Временная диаграмма работы регистрирующей части модуля ЛЭ-39.

Сумматор числа сработавших каналов выполнен на микросхемах ППЗУ и АЛУ и работает по одной из двух записанных в ППЗУ программ, выбор которой осуществляется потенциалом на шине УР6:

- простое суммирование всех сработавших каналов;
- программа вычисления функции  $(n+1)/2$ , где  $n$  — количество сработавших каналов отдельно для каждого кластера, а затем суммирование полученных результатов.

Во втором случае становится необходимой сшивка информации в соседних каналах рядом стоящих модулей. Для сшивки информации в системах с числом каналов больше 32 модуль имеет вход и выход переноса для учета состояния последнего триггера в соседнем модуле справа. Вход переноса соединяется с контактом ВхП2, выход переноса подключен к контакту ВыхП2 магистрали сектора. Эти соединения можно отключать переключателями на плате. 4-разрядный код суммы (множественности) выведен на разъем "Множ" на передней панели. Сигналы несогласованные, однофазные в уровнях ЭСЛ.

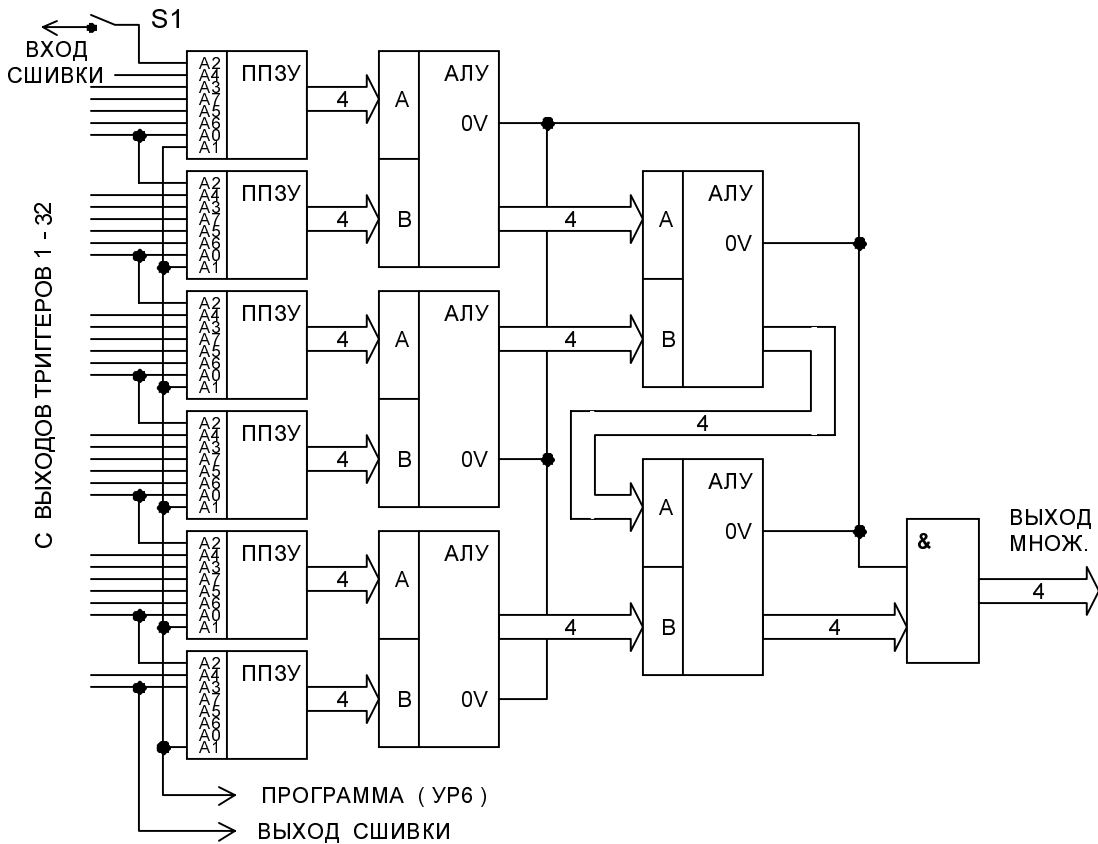


Рис. 3. Блок-схема сумматора модуля ЛЭ-39.

Схема суммирования имеет четыре ступени (рис. 3). Первая ступень — кодировщик, выполненный на 6 микросхемах ППЗУ типа К500РЕ149 или К500РТ416. Группы из шести выходов триггеров соединены с адресными входами соответствующей микросхемы ППЗУ. Адресный вход А2 используется для сшивки с соседней группой. В первой микросхеме ППЗУ этот вход используется для сшивки с последней группой соседнего справа модуля. Эта связь может быть разорвана переключателем S1. Адресный вход А1 используется для выбора одной из двух программ кодировки, записанных в ППЗУ. Полученные 4-разрядные коды суммируются на АЛУ К500ИП181. Таким образом, первая ступень преобразует 32-разрядный унитарный код в шесть 4-разрядных двоичных чисел по заданному в ППЗУ алгоритму. Последующие три ступени на АЛУ К500ИП181 суммируют эти числа.

Полученный код подается на 4-разрядную схему пропускания, вход разрешения которой соединяется с выходами переполнения всех микросхем АЛУ. Далее полученный

результат выводится на разъём "Множ" на передней панели. Двоичный код "1111" на выходном разъеме означает переполнение, т.е. сумма больше или равна "1111". Время установления кода суммы на выходном разъёме после окончания строб-импульса — 65 нс при использовании микросхем ППЗУ типа К500РЕ149 (для К500РТ416 — 50 нс).

Схема управления обеспечивает дешифрацию команд, возможность чтения данных регистра, номеров модуля и подадреса, генерирует внутренний сброс в режиме ПЧИ и адресного чтения со сбросом.

Модуль выполняет следующие команды по протоколу МИСС:

- чтение номера модуля ПЧН,
- чтение значащей информации ПЧИ,
- адресное чтение без сброса МПФ(0) и адресное чтение со сбросом МПФ(1).

Для чтения информации модуль разбит на два подадреса: данные 1-16 триггеров регистра расположены в П(0), а данные 17-32 триггеров — в П(1). В режиме ПЧИ читаются только подадреса с ненулевой информацией.

#### Формат чтения данных:

П(0)															
ДА16	ДА15	ДА14	ДА13	ДА12	ДА11	ДА10	ДА9	ДА8	ДА7	ДА6	ДА5	ДА4	ДА3	ДА2	ДА1
Q16	Q15	Q14	Q13	Q12	Q11	Q10	Q9	Q8	Q7	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1
П(1)															
ДА16	ДА15	ДА14	ДА13	ДА12	ДА11	ДА10	ДА9	ДА8	ДА7	ДА6	ДА5	ДА4	ДА3	ДА2	ДА1
Q32	Q31	Q30	Q29	Q28	Q27	Q26	Q25	Q24	Q23	Q22	Q21	Q20	Q19	Q18	Q17

Модуль регистра выполнен конструктивно в блоке МИСС единичной ширины. На передней панели расположены входные разъемы: "Строб" типа РЦ-00 и многоконтактный сигнальный разъем "Входы 1-32" типа СНП58-64 и выходные разъемы: ">0" типа РЦ-00 и "Множ" типа СНО53-8.

## 2. Модуль выработки триггерных сигналов ЛЭ-43

Модуль, блок-схема которого показана на рис. 4, предназначен для дальнейшей обработки информации, поступающей от регистров ЛЭ-39, и выработки триггерных сигналов. Он может обрабатывать коды множественности от восьми регистров ЛЭ-39 и вырабатывать одновременно до трех триггерных сигналов по различным критериям.

Модуль включает в свой состав триггерный процессор, схему вывода триггерного решения и схему сопряжения с магистралью МИСС.

Триггерный процессор собран на микросхемах ППЗУ К500РЕ149 или К500РТ416, использующихся как таблицы решений. Восемь адресных входов ППЗУ используются для ввода пары 4-разрядных чисел соответствующим образом, а 4-разрядный выход — для вывода промежуточного результата или триггерного решения. Шесть различных порогов, необходимых для выработки решения, могут устанавливаться кодовыми переключателями N1–N6. Топология схемы обеспечивает возможность того, что сформированные различные промежуточные триггерные результаты могут собираться по ИЛИ и в конечном итоге формировать до трёх различных триггерных сигналов.

В настоящее время реализованы программы для ППЗУ 4-разрядного сумматора и 4-разрядного компаратора, причем компаратор имеет выходы "<", ">", "=" и "приблизительно равно", т.е. равно с точностью до 1.

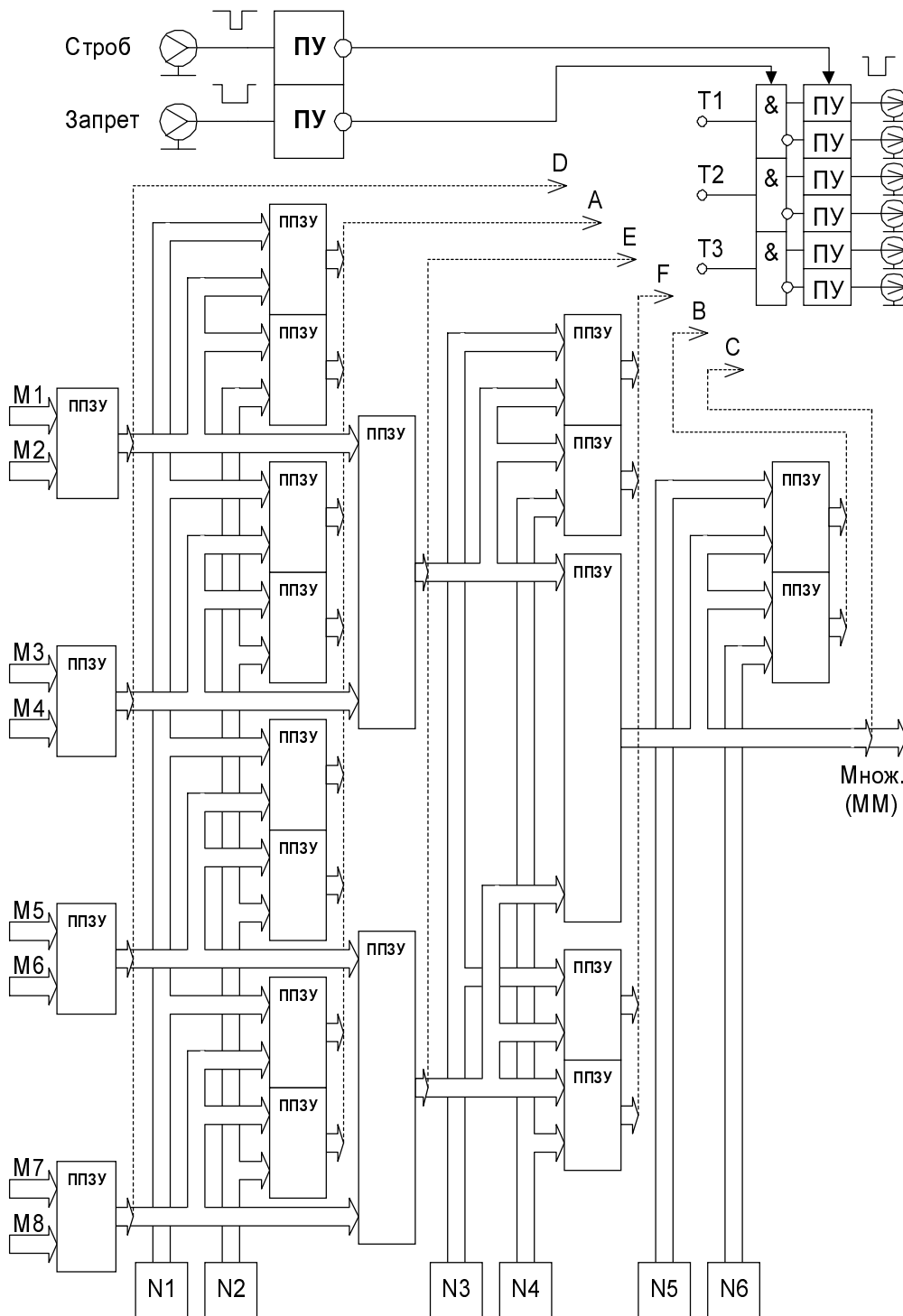


Рис. 4. Блок-схема модуля выработки триггерных сигналов ЛЭ-43.

Использование ППЗУ позволяет реализовать в модуле различные требуемые алгоритмы выработки триггера. Так, например, в данной структуре легко реализуется



трехступенчатый сумматор восьми 4-разрядных двоичных кодов множественности с возможностью сравнения результата после каждой ступени с фиксированными верхним и нижним порогами.

Схема вывода триггерного решения формирует сигналы  $T_i$  "Наличие  $i$ -триггера" или  $\bar{T}_i$  "Отсутствие  $i$ -триггера" для каждого  $i$  ( $i=1, 2, 3$ ) в зависимости от решения триггерного процессора. Соответствующие сигналы выводятся на переднюю панель по сигналу "Строб" и равны ему по длительности. При наличии сигнала "Запрет" на всех трех выходах  $\bar{T}_i$  формируется сигнал "Отсутствие  $i$ -триггера".

В случае необходимости обработки более восьми кодов множественности предусмотрено использование модуля как сумматора входных кодов множественности. Выходной 4-разрядный код множественности в виде однофазных ЭСЛ сигналов выводится на разъем "Множ". Время задержки кода суммы от входного до выходного разъемов зависит от используемых ППЗУ и составляет 110 нс для микросхем К500РЕ149 и 65 нс для К500РТ416.

Схема сопряжения с магистралью МИСС обеспечивает дешифрацию команд, чтение номера модуля в режиме ПЧН и чтение информации из модуля в режиме ПЧИ по четырем подадресам. Предусмотрена возможность чтения информации для настройки и тестирования как модуля, так и системы выработки триггерных сигналов в целом.

#### Формат данных при чтении в режиме ПЧИ:

	ДА16	ДА15	ДА14	ДА13	ДА12	ДА11	ДА10	ДА9	ДА8	ДА7	ДА6	ДА5	ДА4	ДА3	ДА2	ДА1
П(0)	M4				M3				M2				M1			
П(1)	M8				M7				M6				M5			
П(2)		T3	T2	T1	N6				N5				MM			
П(3)	N2				N1				N4				N3			

Выбор режима чтения информации в режиме ПЧИ осуществляется двумя переключателями на печатной плате модуля. Один из них может запрещать чтение модуля, а другой в случае разрешения чтения выбирает один из режимов установки сигнала требования на чтение модуля, а именно:

- ТР выставляется после каждого строб сигнала;
- ТР выставляется при наличии хотя бы одного триггерного сигнала Т во время действия строб-импульса.

Модуль выполнен конструктивно в блоке единичной ширины МИСС. На передней панели расположены входные разъемы "Строб", "Запрет" типа РЦ-00 и многоконтактный разъем "Вх.множ" типа СНП58-64 для соединения с выходами "Множ" модулей ЛЭ-39 (до 8 модулей), а также шесть выходных разъемов для вывода триггерных сигналов типа РЦ-00 и разъем "Множ" типа СНО53-8 — выход 4-разрядного кода множественности.

### 3. Модуль синхронизации ЛЭ-40

Модуль синхронизации ЛЭ-40 предназначен для формирования длительностей и задержек строб-импульсов для регистров и модулей выработки триггерных сигналов. Структурная схема модуля показана на рис. 5, а временные диаграммы работы — на рис.6.

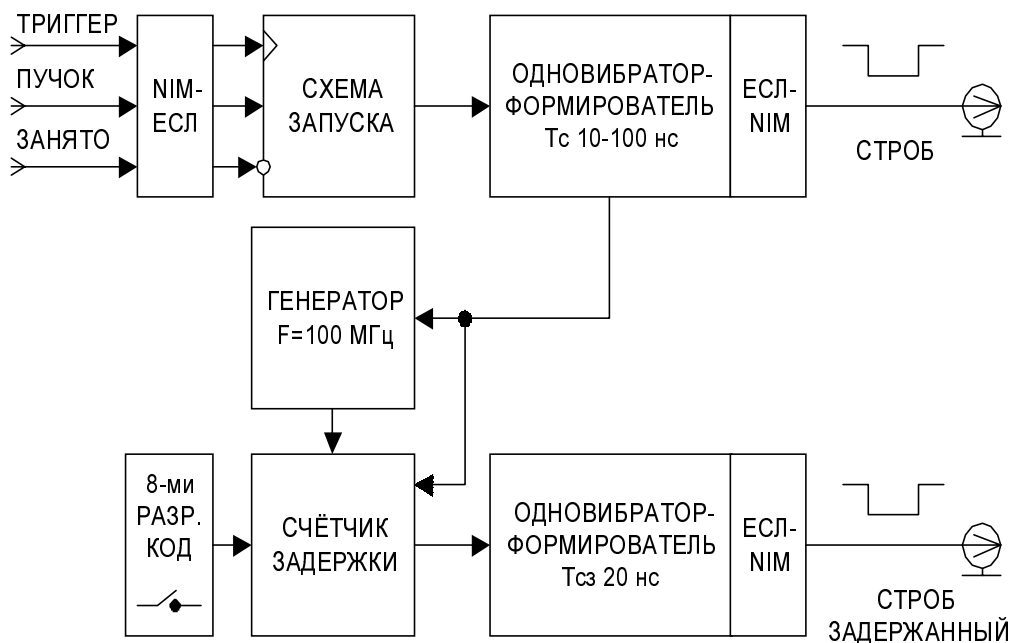


Рис. 5. Блок-схема модуля синхронизации ЛЭ-43.

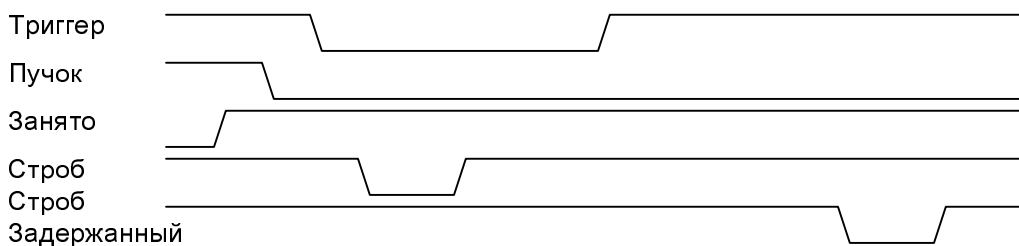


Рис. 6. Временные диаграммы работы модуля синхронизации ЛЭ-43.

С приходом сигнала "Триггер" при наличии сигнала "Пучок" и отсутствии сигнала "Занято" запускается одновибратор, формирующий строб-импульс  $T$ , длительность которого регулируется в диапазоне 10 — 300 нс переменным резистором на печатной плате.

Задним фронтом строб-импульса запускается ждущий генератор, и счетчик задержки сосчитывает  $N$  периодов генератора ( $T_z = 10 \text{ нс} * N$ ). Величина 8-разрядного кода задержки  $N$  задаётся кодовым переключателем на печатной плате.

По истечении времени задержки запускается формирователь задержанного строб-импульса Тсз, а триггеры модуля возвращаются в начальное состояние. Сигнал ОС (общий сброс) из магистрали МИСС также переводит триггеры в начальное состояние.

Модуль конструктивно выполнен в блоке МИСС единичной ширины. Входные и выходные разъемы типа РЦ-00 расположены на передней панели. Все входные и выходные сигналы в уровнях NIM.

#### 4. Системы триггирования на основе описанных модулей

Информация из модулей ЛЭ-39 и ЛЭ-43 может быть передана по магистрали МИСС с помощью автономных контроллеров ЛЭ-38 или ЛЭ-22 и интерфейсного модуля ЛЭ-35 в каркас СУММА, или интерфейсного модуля ЛЭ-20И в ЭВМ "Электроника-60" или IBM-PC.

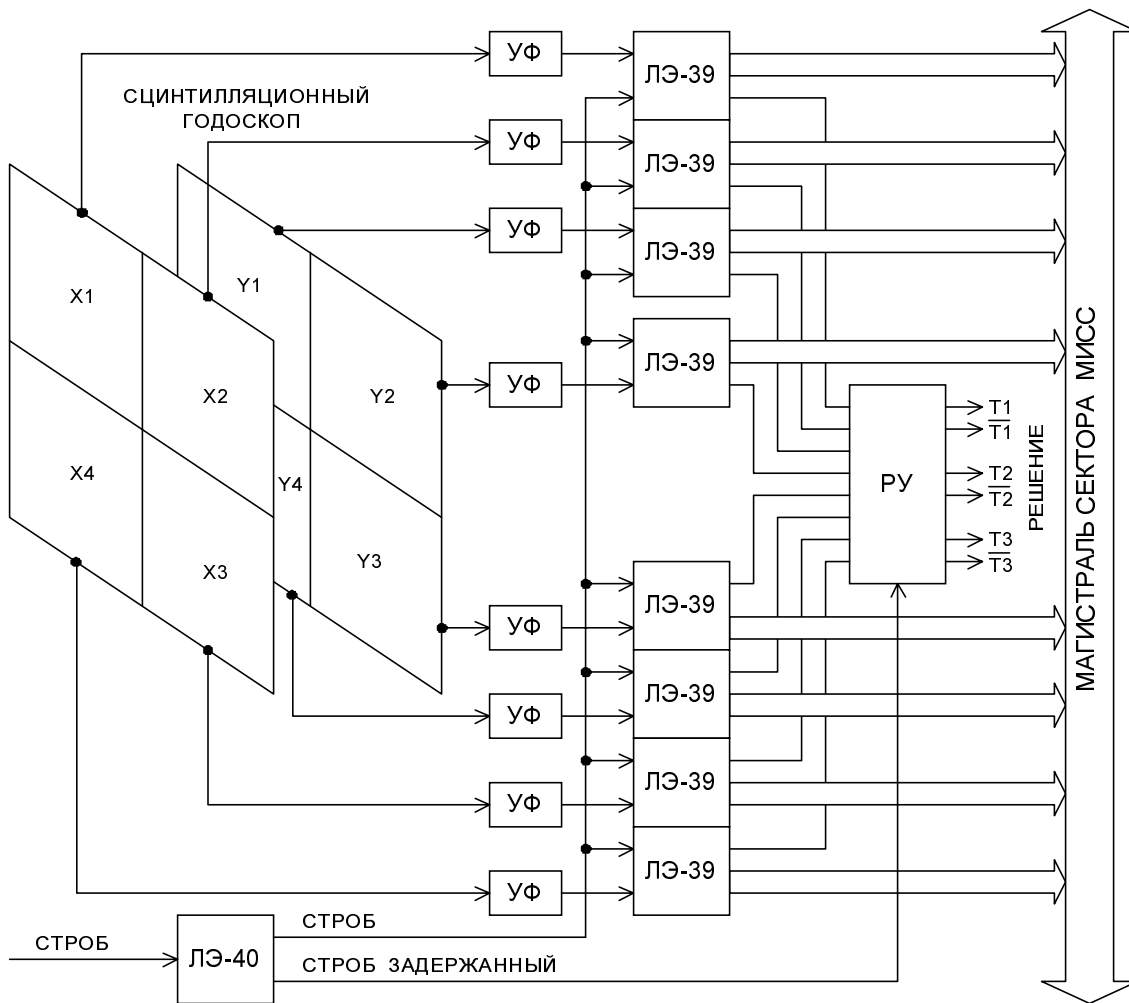


Рис. 7. Триггерная система сцинтилляционного годоскопа установки ВЕС.

Триггерные системы на основе описанных модулей были реализованы на установках ВЕС [2, 3], СФИНКС и МИС ИТЭФ. Рассмотрим для примера схему выработки триггера по множественности установки ВЕС. Триггерная система сцинтилляционного годоскопа (рис. 7) состоит из восьми регистров ЛЭ-39 и решающего устройства. В решающем устройстве (рис. 8) вырабатываются три триггерных сигнала по двум критериям. Первый — равенство множественностей во всех соответствующих квадрантах плоскостей X и Y годоскопа (с точностью до 1), т.е.  $|X_i - Y_i| < 2$ . Второй — попадание величины суммарной множественности в плоскости между заданными порогами, т.е.  $N_H < \sum X_i < N_B$  и  $N_H < \sum Y_i < N_B$ . Триггерные сигналы T1 и T2 вырабатываются по соответствующим критериям, а триггерный сигнал T3 есть логическое произведение первых двух.

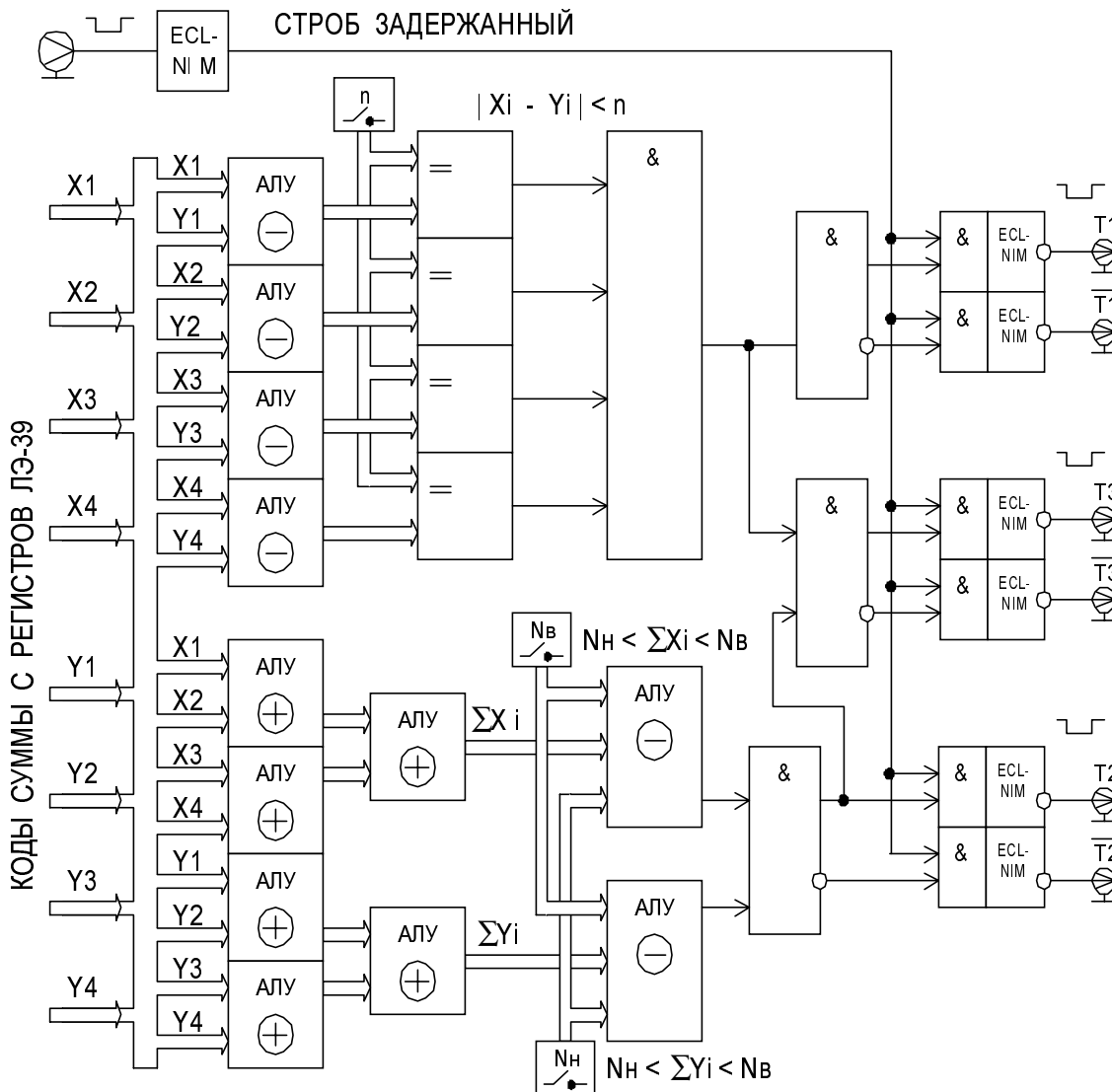


Рис. 8. Решающее устройство системы выработки триггера.

Более сложная система выработки триггера 2 уровня (рис. 9) включает в себя две плоскости пучковых гексагональных пропорциональных камер  $u$  и  $v$  по 32 канала и две плоскости головных пропорциональных камер  $Y_1$  и  $Y_2$  по 192 канала, данные с которых поступают на 14 регистров ЛЭ-39 и обрабатываются затем тремя модулями ЛЭ-43. Два модуля работают как сумматоры множественностей с 12 регистров головных пропорциональных камер. Третий вырабатывает триггерный сигнал с учётом всех входных множественностей. Информация из него может считываться в магистраль МИСС.

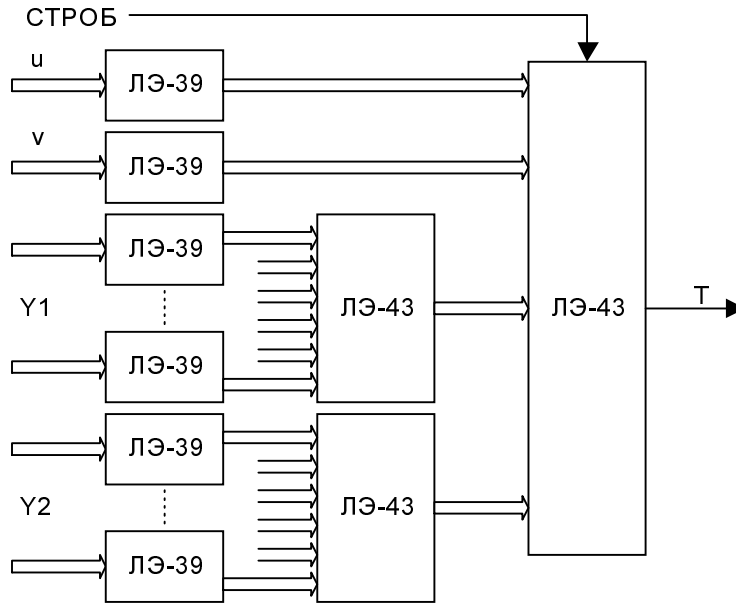


Рис. 9. Блок-схема выработки триггера 2-го уровня установки ВЕС.

Условия выработки триггера — приблизительное равенство множественностей в соответствующих плоскостях и нахождение их в заданных порогах:

$$\begin{aligned}
 n_H < \Sigma u < n_B \quad \& \quad n_H < \Sigma v < n_B \quad \& \quad |\Sigma u - \Sigma v| < 2 \\
 & \quad \& \\
 N_H < \Sigma Y_1 < N_B \quad \& \quad N_H < \Sigma Y_2 < N_B \quad \& \quad |\Sigma Y_1 - \Sigma Y_2| < 2 \\
 & \quad \text{OR} \\
 n_H < \Sigma u < n_B \quad \& \quad n_H < \Sigma v < n_B \quad \& \quad |\Sigma u - \Sigma v| < 2 \\
 & \quad \& \\
 N'_H < \Sigma Y_1 - \Sigma Y_2 < N'_B
 \end{aligned}$$

Триггерные системы СФИНКС ИФВЭ и МИС ИТЭФ подобны вышеописанной системе триггера сцинтилляционного годоскопа установки ВЕС.

Авторы выражают благодарность А.К. Коноплянникову и Р.И. Дзелядину за полезные обсуждения при разработке алгоритмов подсчёта кластеров, С.В. Копикову и С.В. Петренко за помощь в запуске систем на установках, В.Г. Хлопкову и В.В. Волкову за настройку модулей.

## Список литературы

1. Бушнин Ю.Б., Ваньёв В.С., Гончаров П.И. и др. Быстродействующая система регистрирующей и триггерной электроники для экспериментальных исследований в ИФВЭ. Препринт ИФВЭ 88-47. – Протвино, 1988.
2. Борисов Г.В., Вишневский Н.К., Власов Е.В. и др. Трековая система установки ВЕС. Препринт ИФВЭ 98-60. – Протвино, 1998.
3. Битюков С.И., Бушнин Ю.Б., Ваньёв В.С. и др. Система сбора данных установки вершинный спектрометр ИФВЭ (установка ВЕС). Препринт ИФВЭ 94-101. – Протвино, 1994.

*Рукопись поступила 21 декабря 1999 г.*

Медовиков В.А. и др.  
Электронная аппаратура регистрации и триггирования наносекундного  
диапазона.  
Редактор Н.В.Ежела.

---

Подписано к печати 23.12.99.      Формат 60 x 84/ 8.      Офсетная печать.  
Печ.л. 1,4.    уч.-изд.л. 1,1.    Заказ 8.    Индекс 4649.    ЛГ №020498 17.04.97.

---

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий  
142284, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

---

ПРЕПРИНТ 99-60 ИФВЭ 1999

