

2

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э 84-126
ОНФ

И.В.Котов, Ю.В.Михайлов, П.М.Шагин, А.В.Шукин

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА
ЛОГИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОТБОРА СОБЫТИЙ

Серпухов 1984

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э 84-126
ОНФ

И.В.Котов, Ю.В.Михайлов, П.М.Шагин, А.В.Шукин

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА
ЛОГИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОТБОРА СОБЫТИЙ

Направлено в ПТЭ

Серпухов 1984

Аннотация

Котов И.В., Михайлов Ю.В., Шагин П.М., Шушкин А.В. Универсальная система логической электроники предварительного отбора событий: Препринт ИФВЭ 84-126. - Серпухов, 1984. - 16 с., 4 рис., библиогр. 10 назв.

Обобщается опыт создания системы предварительного отбора событий для экспериментов на спектрометрах "Сигма" и ГАМС. Блочная структура системы позволяет эффективно использовать её в различных экспериментах. На конкретных примерах рассматривается работа основных узлов системы и приводятся некоторые наиболее типичные схемные решения.

Abstract

Kotov I.V., Mikhailov Yu.V. et al. Universal System of Logic Electronics for Preliminary Event Selection: IHEP Preprint 84-126.- Serpukhov, 1984.- p. 16, figs. 4, refs. 10.

Our experience in trigger electronics design for the experiments on Sigma and GAMS spectrometers has been generalized. A unit-structure of the system allows one to use it efficiently in different experiments. Some real examples are given to illustrate the operation of the main units. Some of the most typical circuit solutions are given.

ВВЕДЕНИЕ

Современные физические установки, оснащенные разнообразной и порой очень неоднородной аппаратурой, работают в пучках с интенсивностью $\sim 10^7$ частиц/с. Поток информации от детекторов к регистрирующей электронике составляет $\sim 10^{12}$ бит/с. Доля полезной информации, необходимой для исследования выбранного явления — как правило, составляет 10^{-6} — 10^{-9} от полного потока, т.е. $\sim 10^3$ — 10^6 бит/с. Поэтому предварительный отбор событий, фильтрация и сжатие полученной информации являются зачастую ключевыми вопросами постановки эксперимента.

Достаточно универсальная система предварительного отбора событий была предложена в работе^{/1/}. Однако реализация сложных решений с участием большого числа детекторов ($\gtrsim 100$) привела к развитию и обобщению идей и методов^{/1/}. В данной работе обобщается опыт создания систем предварительного отбора событий в экспериментах на спектрометрах "Сигма"^{/2/} и ГАМС^{/3/}, рассматриваются на конкретных примерах работа основных узлов системы и приводятся некоторые наиболее типичные схемные решения. Структура системы, одинаковая в обоих экспериментах, позволяет в короткий срок, с малыми капитальными затратами создавать гибкие, эффективные и надежные системы предварительного отбора событий для экспериментов на ускорителях.

Современное состояние проблемы фильтрации и сжатия информации в ИФВЭ изложено в работах^{/4/}.

1. ОБЩАЯ СХЕМА

Основной принцип, заложенный в систему, — синхронизация сигналов счётчиков со строб-импульсом, запоминание их состояния на триггерах и последующий анализ в целях принятия решения о регистрации данного события. Для устранения временной синхронизации в промежуточных точках система строится по импульсно-потенциальной схеме.

Естественно деление на три основных узла — блок выработки строб-импульсов (строб-блок), блоки регистрации сигналов детекторов (регистры) и блоки принятия решений. Такое деление позволяет использовать однажды изготовленные строб-блок и регистры в разных

экспериментах, что сокращает и сроки создания новой системы предварительного отбора событий и затраты на её создание. Разбиение узла регистрации на несколько функционально одинаковых блоков-регистров позволяет индивидуально синхронизовать различные группы счётчиков и обеспечивает системе необходимую гибкость.

Единственным блоком, изготавливаемым специально для данного конкретного эксперимента, является блок принятия решений. Однако это морально и экономически оправдано. Его стоимость, как правило, невелика – например, в эксперименте по изучению рождения J/Ψ - и Ψ' -частиц стоимость радиокомпонент этого блока равнялась стоимости нескольких ФЭУ-84. С другой стороны, малое время (~ 100 нс), затрачиваемое спецблоком на предварительный отбор событий, обеспечивает эффективную работу установки в интенсивном пучке частиц.

2. СТРОБ-БЛОК

Блок выработки строб-импульсов обеспечивает сигнал временной синхронизации и сигналы для мониторингования потока частиц на мишень установки. Причём уже на этом уровне осуществляется предварительный отбор событий, позволяющий уменьшить на несколько порядков (обычно в 10^2 - 10^3 раз) загрузку последующих узлов системы.

Требования к этому устройству довольно жёсткие и противоречивые. Строб-блок должен обрабатывать полный поток событий и обеспечивать эффективные антисовпадения и/или совпадения без искажения временной привязки выходного сигнала; обеспечивать простой контроль "случайных" выключений и/или совпадений как во время настройки аппаратуры, так и в процессе измерений; после каждого строб-импульса обеспечивать блокировку на время обработки этого события регистрирующими блоками и блоками принятия решений; и, наконец, время прохождения импульсов через строб-блок должно быть небольшим (≤ 30 нс). Чтобы удовлетворить этим требованиям, строб-блок выполнен в виде двух модулей. В первом модуле реализуются все основные функции строб-блока, но отсутствуют цепи блокировки, что обеспечивает простоту измерения уровня "случайных" выключений и/или совпадений и во время настройки аппаратуры и в рабочих условиях. Второй модуль обеспечивает блокировку и раздачу сформированных по длительности строб-импульсов на регистры и блоки принятия решений.

Центральной проблемой при создании строб-блока являлась проблема обеспечения эффективных антисовпадений при сохранении низкого уровня "случайных" выключений. Известные схемы при интенсивностях 10^7 частиц/с оказались неприемлемы в силу тех или иных недостатков. Удовлетворительное решение удалось найти, анализируя принципы построения существующих схем.

Одно из простых, но в то же время обеспечивающих хорошую эффективность решений описано в работе/1/. Его привлекательные стороны – вместо традиционного формирования импульсов во входных цепях используются простые диодные ограничители, не имеющие мёртвого времени, а антисовпадения осуществляются "перекрытием" импульса совпадений более широким импульсом антисовпадений. Сущест-

венный недостаток — “пролезание” импульса совпадений при недостаточном “перекрытии”, что может приводить не только к неэффективности схемы антисовпадений, но и к искажению временной привязки выходного импульса и, как следствие, к невозможности использования в канале антисовпадений коротких сигналов (например, от черенковских счётчиков). Отметим, что уровень “случайных” выключений в приведенном примере определяется только длительностью сигналов от счётчиков антисовпадений и интенсивностью.

Другим решением проблемы является запись сигналов от счётчиков антисовпадений в регистр по фронту стробирующего импульса и последующий анализ содержимого регистра. Однако на анализ содержимого регистра требуется недопустимо большое время.

Найденное решение проблемы (см. рис. 1) заключается в следующем: сигналы антисовпадений инвертируются и подаются на вход D (data) D-триггера. В отсутствие стробирующего сигнала выход триггера Q находится в состоянии логического “0” и не чувствителен к изменениям на входе, что обеспечивается высоким логическим уровнем на входе R (reset). Импульс совпадений устанавливает на входе R низкий логический уровень и через время τ , зависящее от типа используемой микросхемы ($\tau \approx 2,5$ нс для микросхем серии К500 и $\tau \approx 1$ нс для К1500), передний фронт импульса совпадений поступает на вход C (clock) и состояние на входе D запоминается. По заднему фронту импульса совпадений восстанавливается начальное состояние. Таким образом, при отсутствии сигнала антисовпадений на выходе триггера формируется строб-импульс с длительностью несколько меньшей (на 1–2 нс) длительности сигнала совпадений. Длительность сигнала антисовпадений, при которой обеспечивается эффективная работа схемы, определяется временным “jitter” импульсов совпадений и антисовпадений.

В строб-блоке имеется шесть входов для счётчиков совпадений и столько же — для счётчиков антисовпадений, любой из которых может быть отключен тумблером, расположенным на передней панели. Простым коммутированием выходов входного усилителя, построенного на компараторе 597CA1, любой из каналов антисовпадений может быть превращен в канал “контролируемых” совпадений, как легко видеть из логической формулы выходного сигнала строб-блока

$$\text{Strobe} = \prod_{i=1}^n S_i \cdot \left(\sum_{j=1}^m A_j \right) \cdot \phi = \prod_{i=1}^n S_i \cdot \prod_{j=1}^m \bar{A}_j \cdot \phi,$$

где n — число счётчиков включенных на совпадение, m — на антисовпадение, ϕ — внешняя функция.

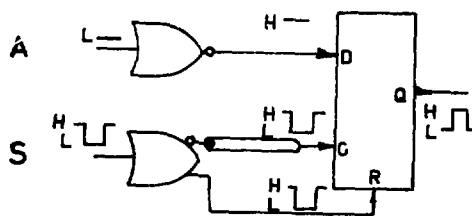


Рис. 1. Принципиальная схема узла эффективных антисовпадений.

Строб-блок также обеспечивает сигналы для мониторинга и контроля. Для этих целей из различных точек схемы выводятся на переднюю панель сигналы $S_{13} = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$, $SA_1 = S_\phi \cdot \bar{A}_1$ ($S_\phi = \prod_{i=1}^n S_i \cdot \phi$) и $SA = S_\phi \cdot \bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2$. Полностью принципиальная схема строб-блока и вид передней панели даны в приложении 1.

3. РЕГИСТРЫ

Первоначально в качестве блоков, регистрирующих и запоминающих сигналы со счётчиков, использовались регистры P-01 и P-03^{5/}, запоминающие состояние 16 входов по фронту стробирующего импульса на D-триггерах. Порог регистрации ~100 мВ, выходы триггеров и встроенной в регистр мажоритарной логики (> 0, > 1, ...) выведены на разъём быстрой связи. Существенными недостатками этих регистров является высокий порог регистрации и непарафазные выводы на разъём быстрой связи, противоречащие требованиям межблочных соединений схем эмиттерно связанной логики (ECL)^{6/}.

Для расширения возможностей системы и устранения приведенных недостатков разработано несколько новых типов регистров - 12-входные с дифференциальным или пороговым входом и запоминанием на D-триггерах, 16-входные на D- и RS-триггерах. Порог регистрации ~20 мВ обеспечивается использованием компаратора 597CA1 в качестве усилителя ограничителя. Рассмотрим подробно регистр с дифференциальным входом и регистр на RS-триггерах. Первая разработка ориентирована, в основном, на работу со счётчиками охранной системы, работающими в условиях больших нагрузок, вторая - на работу со счётчиками больших годоскопических систем.

Схема одного канала регистра с дифференциальным входом приведена на рис. 2а. Регистр содержит 12 идентичных каналов регистрации (что определяется структурой охранной системы ГАМС). На переднюю панель модуля (рис. 3а) кроме 12 входных разъёмов каналов регистрации выведены малогабаритные переключатели, позволяющие отключать любой из каналов от схемы ИЛИ, входной разъём строб-сигнала, выходные разъёмы схемы ИЛИ и схемы антисовпадений ($Strobe \cdot \prod_{i=1}^{12} \bar{Q}_i$). Встроенная схема антисовпадений удобна и при настройке охранной системы и для оперативного контроля во время измерений. Сигнал со схемы ИЛИ, осуществляющей логическое суммирование состояний триггеров, необходим для принятия решения о регистрации нейтральных конечных состояний. Улучшение временной привязки достигается с помощью дифференцирования входных сигналов на компараторах с постоянной времени 2 нс, задаваемой отрезком кабеля. Длительность выходного сигнала компаратора определяется только фронтом входного импульса. Отметим, что эта схема входного каскада привлекательна и в чисто утилитарных целях, так как обладает высокой помехоустойчивостью.

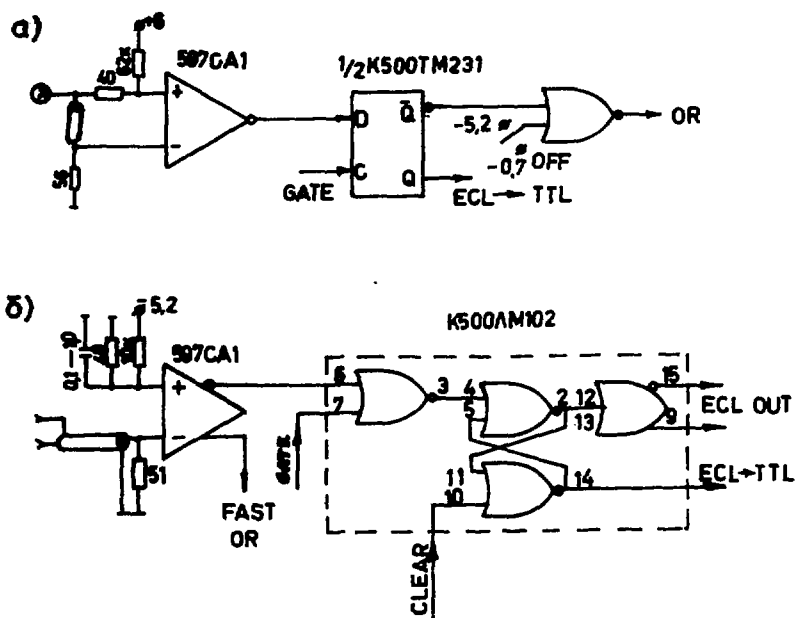


Рис. 2. Схема каналов регистрации: а) регистра с дифференциальным входом ; б) RS-регистра.

Регистр на RS-триггерах содержит 16 каналов регистрации. Запоминание сигналов осуществляется в интервале времени, задаваемом длительностью стробирующего импульса, как это следует из названия, на RS-триггерах, построенных на микросхемах K500LM102 (рис. 2б). С выходов триггеров на разъём быстрой связи подаются парафазные сигналы. Входные и выходные многоконтактные разъёмы типа ГРПМ-46 расположены на передней панели модуля (рис. 3б). На переднюю панель также выведены сигналы быстрого ИЛИ, удобные для настройки и контроля системы.

Регистр может работать и в режиме "пропускания", когда на разъём быстрой связи проходят не потенциалы, а усиленные и ограниченные входные сигналы. Этот режим необходим при настройке блоков принятия решений. Время распространения сигнала от входа до выхода на разъёме быстрой связи 20 нс.

Опыт разработки и эксплуатации регистров с высокой чувствительностью показал, что для больших систем более удобным решением канала регистрации является размещение усиливающего элемента, например, компаратора 597CA1, на панельке делителя ФЭУ. Это устраняет ряд проблем, связанных с реализацией низкого порога регистрации, и открывает возможность использования более дешёвых кабелей (скрученные пары вместо коаксиала) для передачи сигналов.

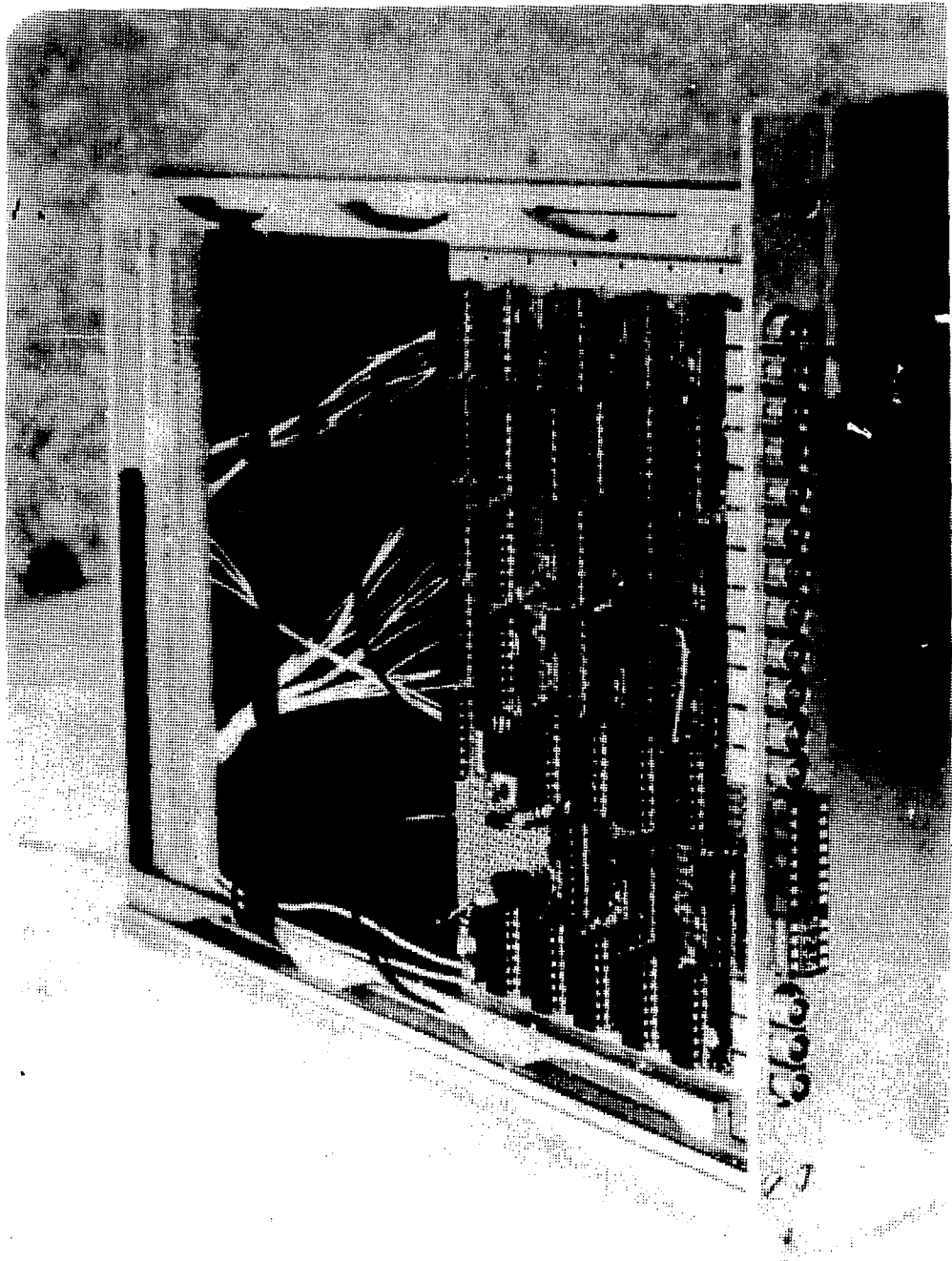


Рис. 3а. Передняя панель регистра с дифференциальным входом.

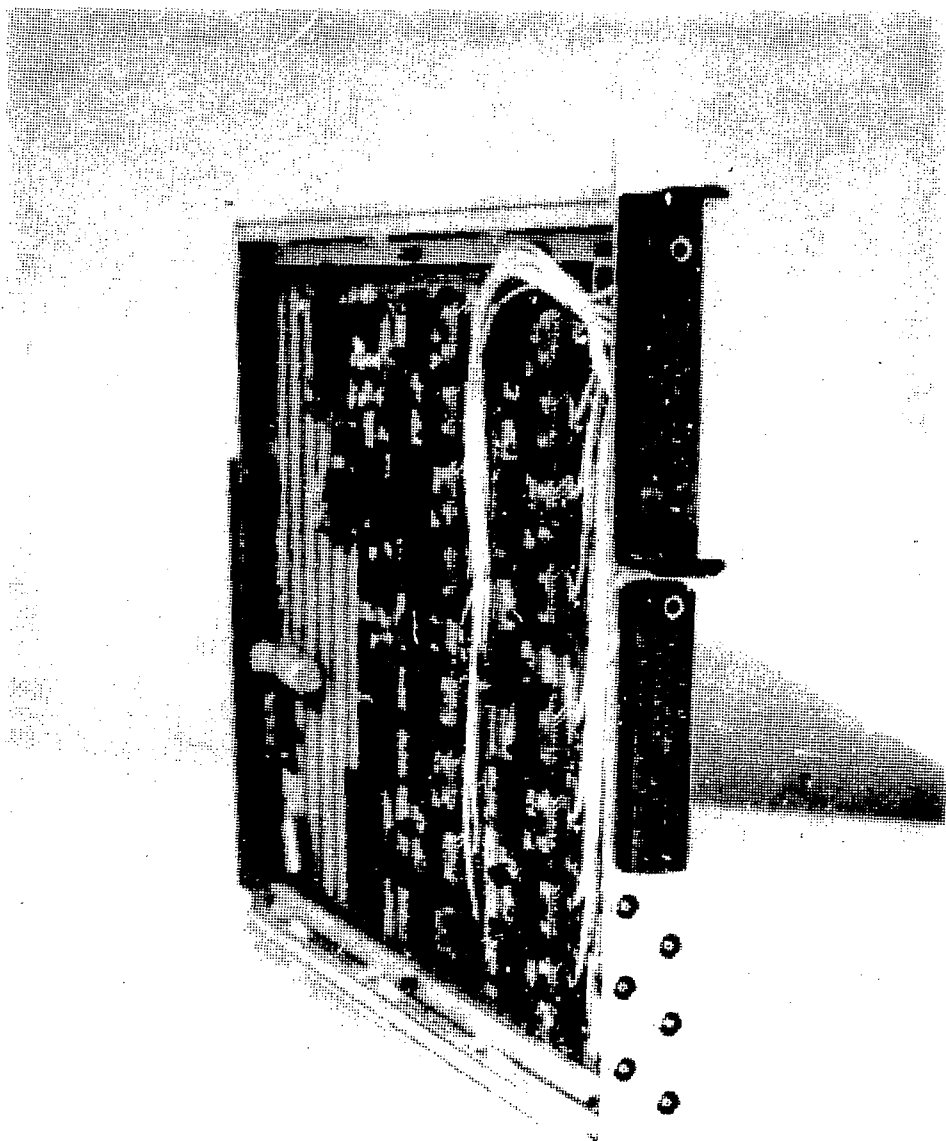


Рис. 36. Передняя панель RS-регистра.

4. БЛОК ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

Решение о регистрации данного события принимается, по существу, спецпроцессором с "запаянной" программой. Основной принцип построения таких устройств – максимальное упрощение алгоритма принятия решения. Продемонстрируем его применение на примерах схемы, созданной для изучения образования J/Ψ - и Ψ' -частиц и других нейтральных векторных мезонов ρ , ω , ϕ в адронных соударениях^{/1,7,8/}, "неидеальной" схемы отбора по множественности и схемы анализа нейтральных конечных состояний.

В эксперименте^{/1/} регистрировался распад векторных мезонов на $\mu^+\mu^-$ -пару. Мюоны идентифицировались с помощью сцинтилляционных годоскопов Н4, Н5 (рис. 4), расположенных до и после стального фильтра толщиной 3,5 м. Для измерения импульсов частиц использовался широкоапертурный магнит и искровые камеры. Задача предварительного отбора событий в этом эксперименте – отобрать для анализа события с двумя мюонами в конечном состоянии, рожденными в мишени установки.

Фокусировка мюонных пар от распада J/Ψ -частиц типа "точка на параллель" (рис. 4) означала, что после магнита траектории мюонов разных знаков лежат по разные стороны от оси Y -установки не только для мюонов от J/ψ - и Ψ' -частиц, но и для $\mu^+\mu^-$ -пар от распадов ρ^- , ω - и ϕ -мезонов. Уже это обстоятельство упрощает задачу – сводит её к нахождению по одному мюону в "левой" L и "правой" R частях установки и позволяет искать мюоны слева и справа параллельно. Учитывая, что в вертикальной плоскости частицы магнитом не отклоняются, очевидно дальнейшее упрощение алгоритма – надо искать все возможные прямые в плоскости YZ , выходящие из мишени и проходящие через сработавшие элементы годоскопов Н4 и Н5 (рис. 4б).

Небольшое число элементов в полуплоскостях годоскопов, по 16 в каждой, позволяет одновременно на 96 схемах совпадений осуществить перебор всех возможных для мюонного трека комбинаций срабатывания годоскопов Н4 и Н5. Если и справа и слева находилось хотя бы по одной такой комбинации, блок по задержанному на время принятия решения строб-импульсу генерировал сигналы регистрации этого события и блокировки установки на время его регистрации. Время, затрачиваемое на решение, составляло ~ 100 нс, из них ~ 20 нс тратилось регистрами на обработку сигналов с годоскопов. Для изготовления блока потребовалась всего 41 микросхема серии К138. Доля полезных событий, т.е. событий с идентифицированными при последующем анализе мюонными парами, составила 25% от полного числа зарегистрированных.

Для настройки аппаратуры и различных проверок предусмотрен такой режим работы блока, когда на каждый строб-импульс генерируется сигнал регистрации. Это позволяет, не нарушая соединений внутри системы, переходить с одного режима работы на другой.

Отметим два важных момента использования регистров в системе предварительного отбора событий. После принятия решения о регистрации события информация, находящаяся в регистрах, используется,

во-первых, для проверки работы блока принятия решения и, во-вторых, для последующего анализа события. Это позволяет непрерывно контролировать работоспособность блоков принятия решений и оперативно устранять возникающие неисправности.

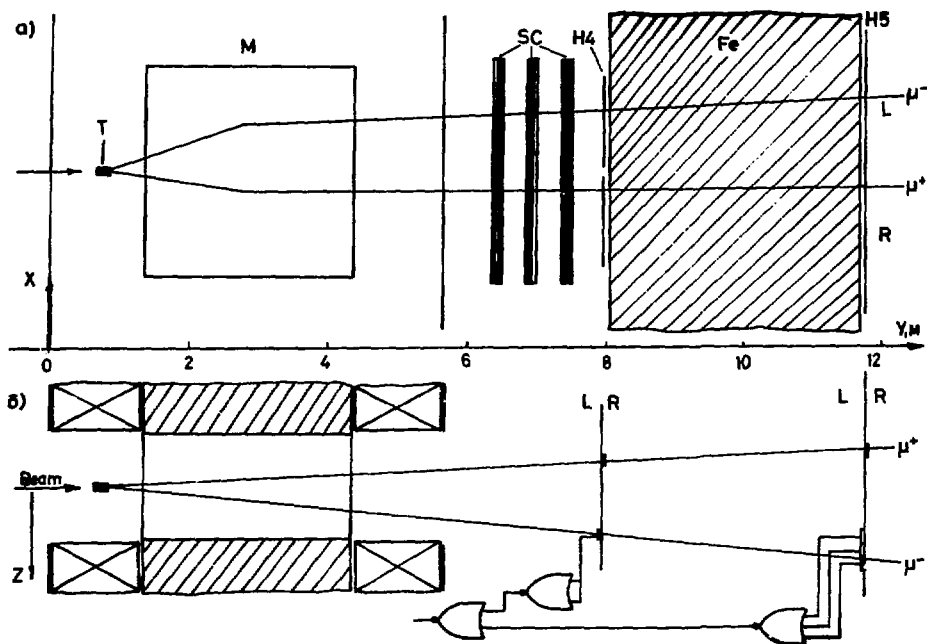


Рис. 4. Схема регистрации установкой "Сигма" $\mu^+\mu^-$ -пар в эксперименте по изучению образования J/Ψ - и Ψ' -частиц и логика анализа одной из разрешенных комбинаций срабатываний сцинтилляционных годоскопов H4, H5. С помощью 3-входового вентиля учитывается многократное рассеяние мюонов в стальном фильтре - Fe, конечные размеры пучка и мишени T и погрешности юстировки годоскопов. M - магнит, SC - магнитострикционные искровые камеры. а) - вид сверху; б) - вид сбоку, искровые камеры не показаны.

Ответственным этапом в создании таких нестандартных по самому замыслу устройств, как блоки принятия решений, является их проверка и настройка. Эти операции осуществляются с помощью выходного регистра OTR-устройства сопряжения^{9/} мини-ЭВМ, используемой в эксперименте, с системой СУММА. Выходы OTR коммутируются при настройке с входами регистров, используемых в дальнейшем для предварительного отбора событий. Сбор данных инициируется сигналом генератора, по которому в ЭВМ передается содержимое регистров и отклик блока принятия решений. ЭВМ анализирует полученную информацию, при ошибочном отклике выводит содержимое регистров на печать или экран дисплея, изменяет состояние OTR и процесс повторяется. За короткое время ~ 10 мин проверяется вся логика блока.

Но при работе с потенциалами на выходах OTR такую распространенную ошибку, как отсутствие нагрузочных сопротивлений на выходах схем ECL, обнаружить трудно. Для её обнаружения необходима проверка на импульсах наносекундной длительности. После всесторонней проверки и устранения ошибок блоки принятия решений надёжно работают в эксперименте.

Рассмотрим пример построения блока принятия решения, когда упрощение алгоритма было достигнуто ценой отказа от регистрации событий только одного выбранного класса. Этот блок был создан для изучения упругого рассеяния π^- - и K^- -мезонов на протонах. В этом эксперименте требовалось, чтобы в сцинтилляционном годоскопе была зарегистрирована только одна частица, т.е. сработал один или два соседних элемента годоскопа. Годоскоп выполнен с перекрытием и содержит 16 элементов.

Для решения такой задачи с четырьмя элементами удобны схемы K500ИД164, для восьми элементов удобны K500PE149, а для 16 элементов требуется более одной микросхемы. Принимая во внимание задержку на прохождение сигнала через схему (7,5 нс для K500ИД164 и 20 нс для K500PE149), было решено построить блок на схемах K500ИД164 (см. приложение 2). На первом этапе параллельно осуществлялся анализ "четвёрок", для анализа соседних элементов из разных "четвёрок" использовался дополнительный 3-входовый вентиль. Затем анализировались четыре сигнала с "четвёрок". Время, затрачиваемое на решение, составляет 30 нс.

При прохождении одной частицы через годоскоп схема выдаёт правильное решение, регистрация двух удалённых частиц запрещена, но при большой множественности существуют комбинации срабатываний, когда регистрация события разрешается. Однако событий с большой множественностью регистрируется мало — приблизительно 4% от полного числа зарегистрированных событий. Поэтому использование такого не идеального, но экономичного алгоритма вполне оправдано.

В экспериментах по изучению нейтральных конечных состояний ^{10/} алгоритм решения достаточно прост. Для принятия решения необходимо проверить отсутствие срабатываний в счётчиках А слоя, О счётчиках и апертурных счётчиках F, и это можно сделать, используя всего восемь сигналов ИЛИ с соответствующих регистров. Однако, уже с помощью строб-блока можно получить уровень отбора $3 \cdot 10^{-4}$, включая на антисовпадения счётчики F₁ и F₂. Анализ сигналов ИЛИ регистров охранных счётчиков блоком принятия решений ещё, примерно в два раза, улучшает уровень отбора.

Такая "жесткость" триггера не всегда является необходимой, например, при исследованиях на K-мезонах, которых в пучке содержится приблизительно в 50 раз меньше, чем пионов, желательнее регистрировать более широкий класс событий. Поэтому в специальном регистре черенковских счётчиков параллельно с анализом сигналов счётчиков охранной системы регистрами определяется сорт частицы, вызвавшей сигнал Strobe. Блок принятия решений в зависимости от целей эксперимента генерирует один из следующих сигналов регистрации:

$$\text{Trigger} = \begin{cases} \text{Strobe} = \prod_{i=1}^n S_i \cdot \bar{F}_1 \cdot \bar{F}_2 \cdot \phi \\ \text{Strobe} \cdot \pi \cdot (\bar{A} \cdot T_A) \cdot (\bar{O} \cdot T_O) \cdot (\bar{F} \cdot T_F) \\ \text{Strobe} \cdot \bar{\pi} \cdot (\bar{A} \cdot T_A) \cdot (\bar{O} \cdot T_O) \cdot (\bar{F} \cdot T_F) \end{cases}$$

где $\pi, \bar{\pi}$ - сигналы регистра черенковских счётчиков, соответствующие π -мезону или не π -мезону, $T_{A,O,F}$ - состояние тумблера, включающего в решение сигнал от соответствующего регистра. Тип триггера задаётся тремя тумблерами, работающими по схеме ИЛИ.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная выше система предварительного отбора событий эксплуатировалась с 1974 г. в ряде экспериментов на ускорителе ИФВЭ и показала себя удобной и надёжной в работе.

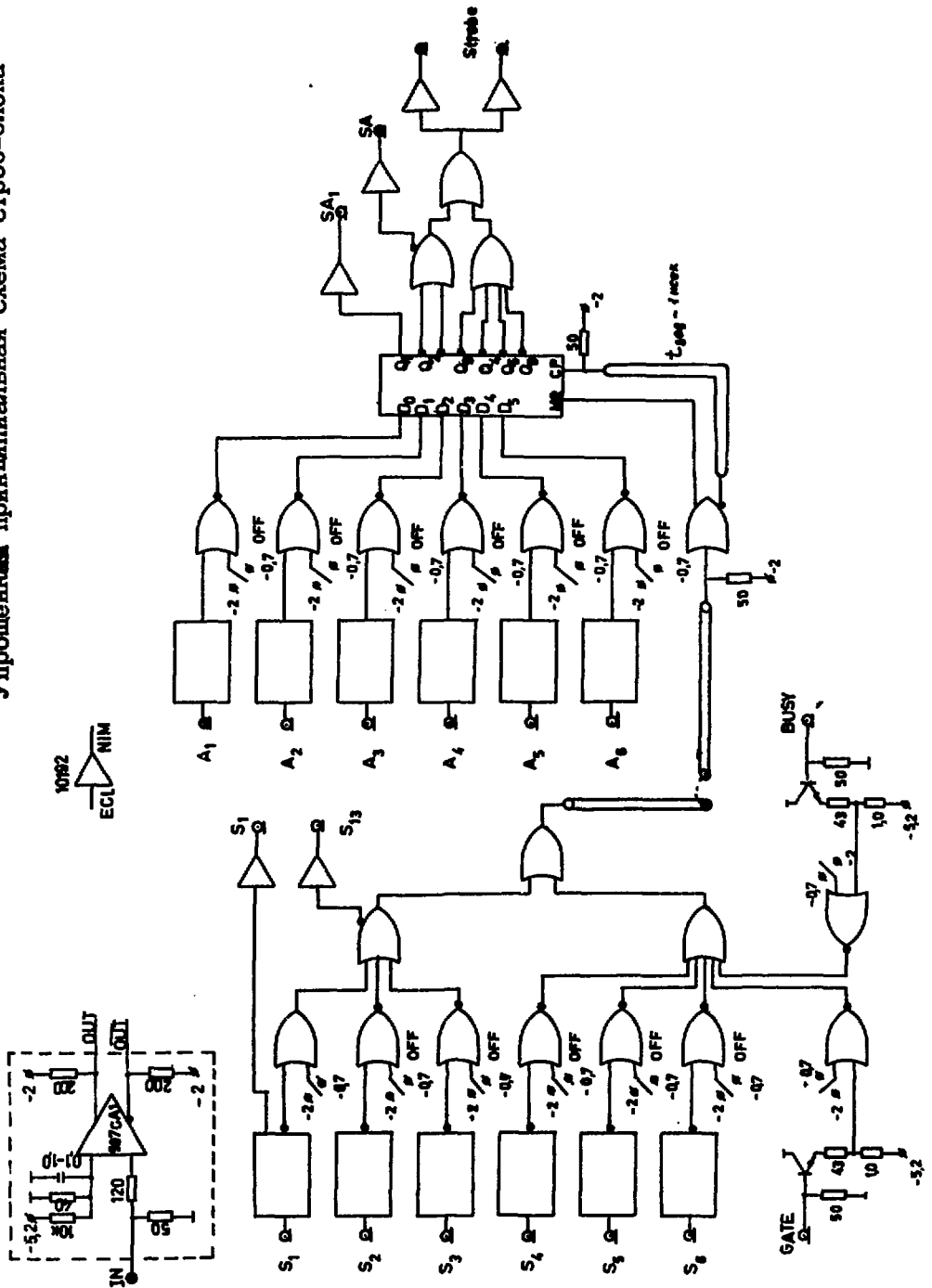
Авторы благодарны Ю.Д.Прокошкину и С.П.Денисову за внимание к нашей работе, Ю.М.Антипову, А.А.Лебедеву и А.А.Ледневу за помощь на отдельных этапах и многочисленные полезные советы и замечания.

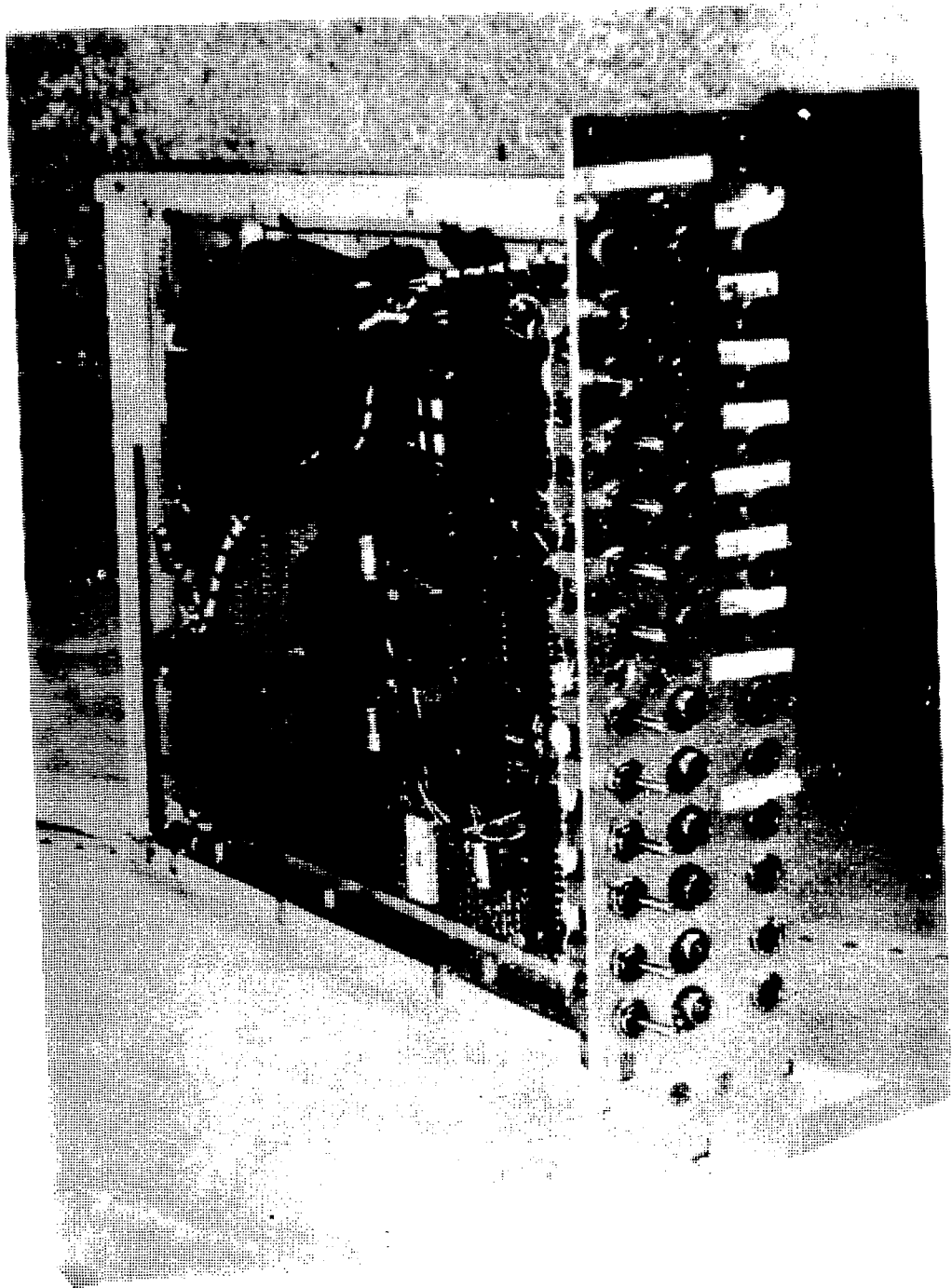
ЛИТЕРАТУРА

1. Бушнин Ю.Б., Краснокутский Р.Н., Михайлов Ю.В., Шувалов Р.С. - Препринт ИФВЭ 74-106, Серпухов, 1974.
2. Антипов Ю.М. и др. - Письма в ЖЭТФ, 1980, т. 32, с. 297; ЯФ, 1981, т. 33, с. 367.
3. Бинон Ф. и др. - ЯФ, 1982, т. 36, с. 670; ЯФ, 1983, т. 38, с. 934, с. 1130.
4. Балдин Б.Ю. и др. - Препринт ИФВЭ 82-100, Серпухов, 1982; Говорун В.Н. и др. - Препринт ИФВЭ 82-174, Серпухов, 1982; Лезненко Д.А. и др. - Препринт ИФВЭ 82-175, Серпухов, 1982; Бушнин Ю.Б. и др. - Препринт ИФВЭ 82-176, Серпухов, 1982.
5. Бушнин Ю.Б. и др. - ПТЭ, 1975, т. 4, с. 59.
6. Blood W.R. - MECL system design handbook, Motorola INC., 1972; ECL DATA BOOK. Fairchild Camera and Instrument Corporation, California, 1977.
7. Антипов Ю.М. и др. - ЯФ, 1983, т. 37, с. 113.
8. Антипов Ю.М. и др. - Письма в ЖЭТФ, 1983, т. 38, с. 356.
9. Клименко С.В., Лебедев А.А., Михайлов Ю.В. - Препринт ИФВЭ 77-43, Серпухов, 1977.
10. Binon F. et al. - IL Nuovo Cimento, 1983, v. 78A, p. 13.

Рукопись поступила 1 июня 1984 года.

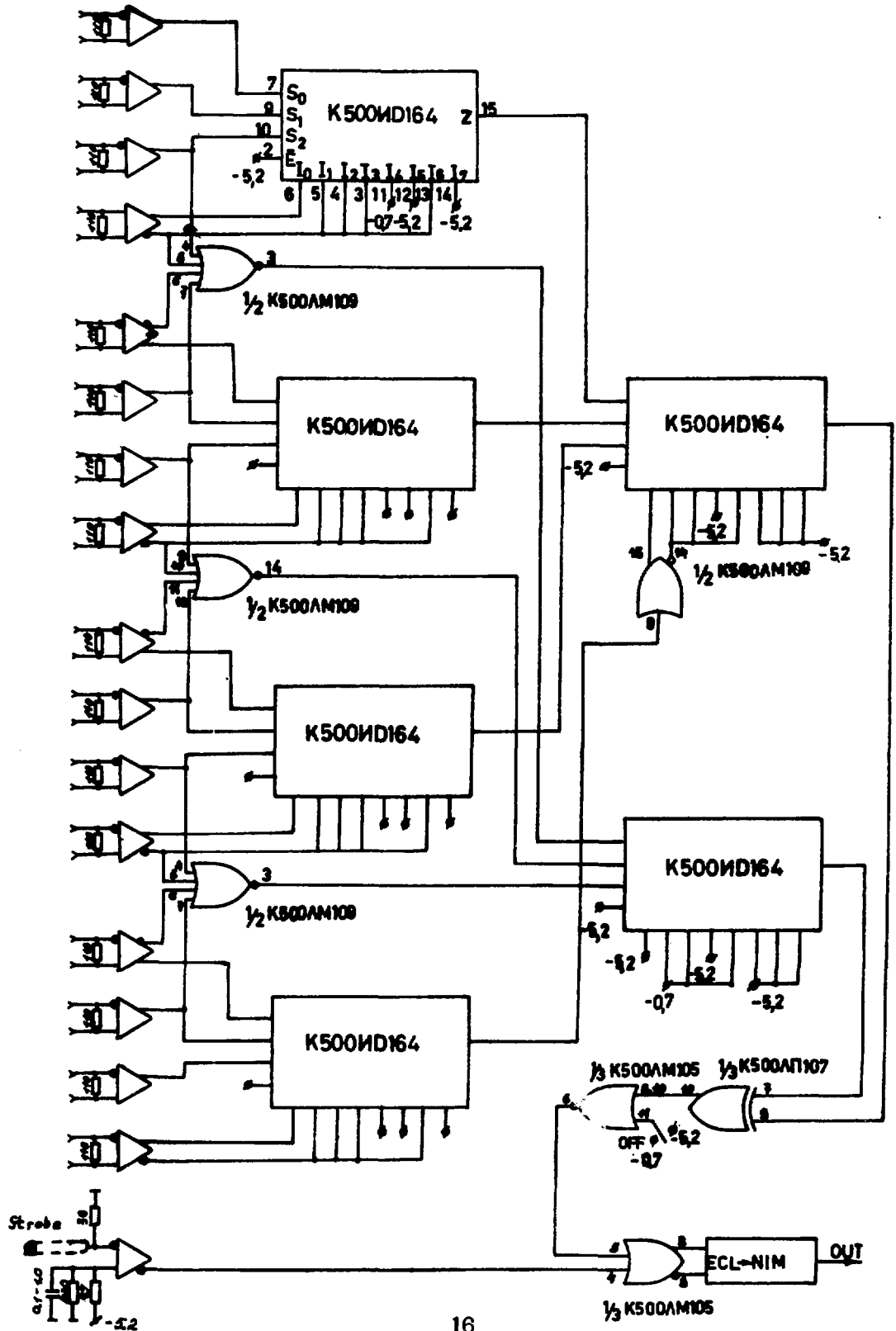
Упрощенная принципиальная схема строб-блока





Вид передней панели строб-блока

Схема "неидеального" блока анализа по множественности



И.В. Котов и др.

Универсальная система логической электроники предварительного отбора событий.

**Редактор Н.П. Ярба. Технический редактор Л.П.Тимкина.
Корректор М.И.Онегина.**

**Подписано к печати 15.06.1984 г. Т-13280. Формат 60х90/16.
Офсетная печать. Печ. л. 1,00. Уч.-изд.л. 1,19. Тираж 270.
Заказ 608. Индекс 3624. Цена 18 коп.**

Институт физики высоких энергий, 142284, Серпухов Московской обл.

Цена 18 коп.

Индекс 3624.

ПРЕПРИНТ 84-126, ИФВЭ, 1984.
