

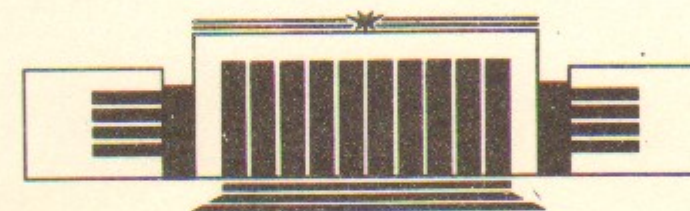
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР



В.М. Аульченко, С.Е. Бару, Г.А. Савинов

ЭЛЕКТРОНИКА НОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ ИЯФ

ПРЕПРИНТ 88-29



НОВОСИБИРСК

Электроника новых детекторов ИЯФ

В.М. Аульченко, С.Е. Бару, Г.А. Савинов

Институт ядерной физики
630090, Новосибирск 90, СССР

АННОТАЦИЯ

Этим препринтом мы начинаем серию публикаций об электронике, разрабатываемой для детекторов нового поколения. Разработан внутренний стандарт (конструктив + протокол обмена), названный нами КЛЮКВА в отличие от более ранних, известных как ВИШНЯ, ЧЕРЕШНЯ и т. п.

© Институт ядерной физики СО АН СССР

1. ВВЕДЕНИЕ

Электронная аппаратура систем регистрации может быть разделена на камерную, регистрирующую и обрабатывающую.

Камерная электроника располагается непосредственно на детекторах или на минимально возможном расстоянии от них и служит для усиления первичных сигналов и (или) их формирования. Камерная электроника, как правило, представляет собой различные типы усилителей и усилителей-формирователей. Она в наибольшей степени зависит от типа используемых в системе детекторов, режимов их работы и должна быть максимально оптимизирована.

Регистрирующая аппаратура принимает сигналы от камерной электроники, преобразует их в цифровой вид, отбирает полезную информацию и запоминает ее в цифровом виде. Регистрирующая аппаратура гораздо сложнее камерной и в силу этого более «консервативна». Она должна проектироваться с достаточным запасом как по функциональным, так и метрологическим возможностям, быть пригодной для систем регистрации, ориентированных на решение различных физических задач. Для этого она должна, с одной стороны, легко адаптироваться к камерной электронике, а с другой, слабо зависеть (только на уровне контроллеров связи) от типа используемых ЭВМ.

В обрабатывающей аппаратуре (универсальные ЭВМ или спец-процессоры) происходит полная или частичная обработка поступающей из регистрирующей электроники информации и ее

накопление на долговременных носителях.

Здесь будет описана только регистрирующая аппаратура, разрабатываемая для будущих детекторов ИЯФ: КДМ-2, детектор для ВЭПП-4, НД-2 и др. В описание включены сведения, необходимые для общего ознакомления с системой на уровне пользователя, и детальные описания отдельных узлов.

2. ЦЕЛИ И СРЕДСТВА

Регистрирующая аппаратура должна обеспечивать:

- надежный, помехозащищенный прием информации от камерной электроники;
- простую синхронизацию процесса измерения с сигналами запуска;
- быстрое и стабильное преобразование аналог—цифра внутри одного конструктивного элемента (платы) без дополнительных разъёмных соединений;
- эффективный, программируемый отбор полезных событий;
- быстрое считывание, формирование и разравнивание информации перед вводом в ЭВМ;
- управление от ЭВМ режимами работы и тестирование.

2.1. Общий старт или общий стоп?

По отношению к сигналу запуска (сигнал первичного триггера) аппаратуру регистрации можно разделить на работающую с общим стартом, с общим стопом и комбинированную. В первых сигнал ПТ является стартовым для всех каналов измерений, во вторых — стоповым. В комбинированных системах одна часть каналов заканчивает измерения по сигналу ПТ, а другая начинает измерения.

Работа с общим стартом требует задержки сигналов со всех датчиков на время выработки первичного триггера. Измерительные каналы запускаются с низкой частотой, определяемой коэффициентом отбора ПТ, но задержка сигналов в системе с многими тысячами каналов представляет значительную проблему, так как требуемая задержка довольно велика (~1 мкс). Задержка логических сигналов, например, с временных формирователей дрейфовых камер, на такое время с точностью и стабильностью 1—2 нс мо-

жет осуществляться либо на кабелях, что практически неприемлемо из-за громоздкости (~200 метров кабеля на 1 канал), либо на специальных электронных схемах, в которых используются управляемые генераторы стабильной частоты. В этом случае элемент задержки будет иметь мертвое время, равное времени задержки.

Аналоговые сигналы могут задерживаться только на аналоговых элементах — кабелях или линиях задержки с сосредоточенными параметрами.

Работа с общим стопом не требует задержки сигналов, но каждый канал должен иметь элемент, срабатывание которого инициирует измерение, и схему самосброса, так как срабатывание ПТ происходит гораздо реже срабатывания отдельных каналов. Для временных каналов эти условия легко выполнить, и, если мертвое время измерителей равно измеряемому интервалу, что справедливо для измерителей на основе быстрых счетчиков, режим с общим стопом является более предпочтительным.

Но для амплитудных каналов режим с общим стопом реализовать практически невозможно, так как это требует установки в каждом канале порогового элемента с очень низким, порядка разрешения, порогом для запуска измерения. Поэтому для детекторов, содержащих как временные (дрейфовые камеры), так и амплитудные (калориметры) каналы, оптимальной будет комбинированная система, в которой есть каналы (временные каналы ДК), заканчивающие работу по сигналу ПТ, и есть каналы (амплитудные каналы калориметров), начинающие работу по сигналу ПТ.

2.2. Требуемые точности

Типичная скорость дрейфа в дрейфовых камерах обычной конструкции, являющихся сейчас основным инструментом для измерения координат, составляет 5 см/мкс, а точность измерения координаты 0,1 мм. Таким образом, точность измерения времени должна составлять 2 нс. Если принять цену канала в измерителях времени равной 2 нс, что соответствует $\sigma_t = \frac{2 \text{ нс}}{\sqrt{12}} = 0,6 \text{ нс}$, то координатная

точность $\sigma_k = 30 \mu$.

Современная элементная база позволяет измерять временные интервалы с дискретом 2 нс методом прямого счета. Эквивалентная тактовая частота составляет 500 МГц. В описываемой системе применены счетчики, работающие на частоте 250 МГц. Для полу-

чения цены канала 2 нс счетчики построены по схеме, позволяющей считать полупериоды тактовой частоты.

В системе используется один генератор тактовой частоты. Временная диаграмма работы генератора и положение некоторых сигналов показаны на рис. 1. Каналы с общим стопом стартуют по индивидуальным сигналам, и ошибка в один отсчет возникает в начале измерения, так как генератор не синхронизован с запусками отдельных каналов. Для того, чтобы такая же ошибка не возникала в конце измерения, используется схема синхронизации, позволяющая останавливать генератор в определенной фазе и измерять интервал Δt между сигналом первичного триггера («запуск»), жестко связанным с событием, и последним импульсом генератора. Эта поправка (Δt) общая для всех каналов и легко может быть учтена при обработке.

Во время паузы генератора вырабатывается сигнал «блокировки», блокирующий каналы с общим стопом и разрешающий работу сигналов с общим стартом. В конце паузы, жестко связанной с импульсом «запуск» и имеющей определенную длительность, вновь включается генератор и начинается счет в каналах с общим стартом. Окончание счета в каждом канале происходит по индивидуальным сигналам с точностью до полупериода (один отсчет).

Существует также необходимость измерять длительность импульсов, возникающих в момент события и имеющих широкий диапазон длительностей, в том числе и больше ΔT_1 . Такими импульсами являются, например, сигналы с экспандеров μ -системы и системы времени пролета. Измерение таких сигналов вписывается в общую структуру, если их длительность не меньше ΔT_{\min} , что легко выполнимо.

2.3. Как быстро?

В современных системах регистрации обработке событий в ЭВМ и записи на долговременные носители информации предшествует, как правило, двойной отбор с помощью систем первичного и вторичного триггеров (ПТ и ВТ).

Эффективность отбора событий в значительной мере определяется временем, отводимым на решение. Первичный триггер работает с импульсными сигналами фактически в реальном масштабе времени и в силу этого не может обеспечить нужную эффективность отбора полезных событий.

Работа ВТ начинается сразу после срабатывания ПТ со считы-

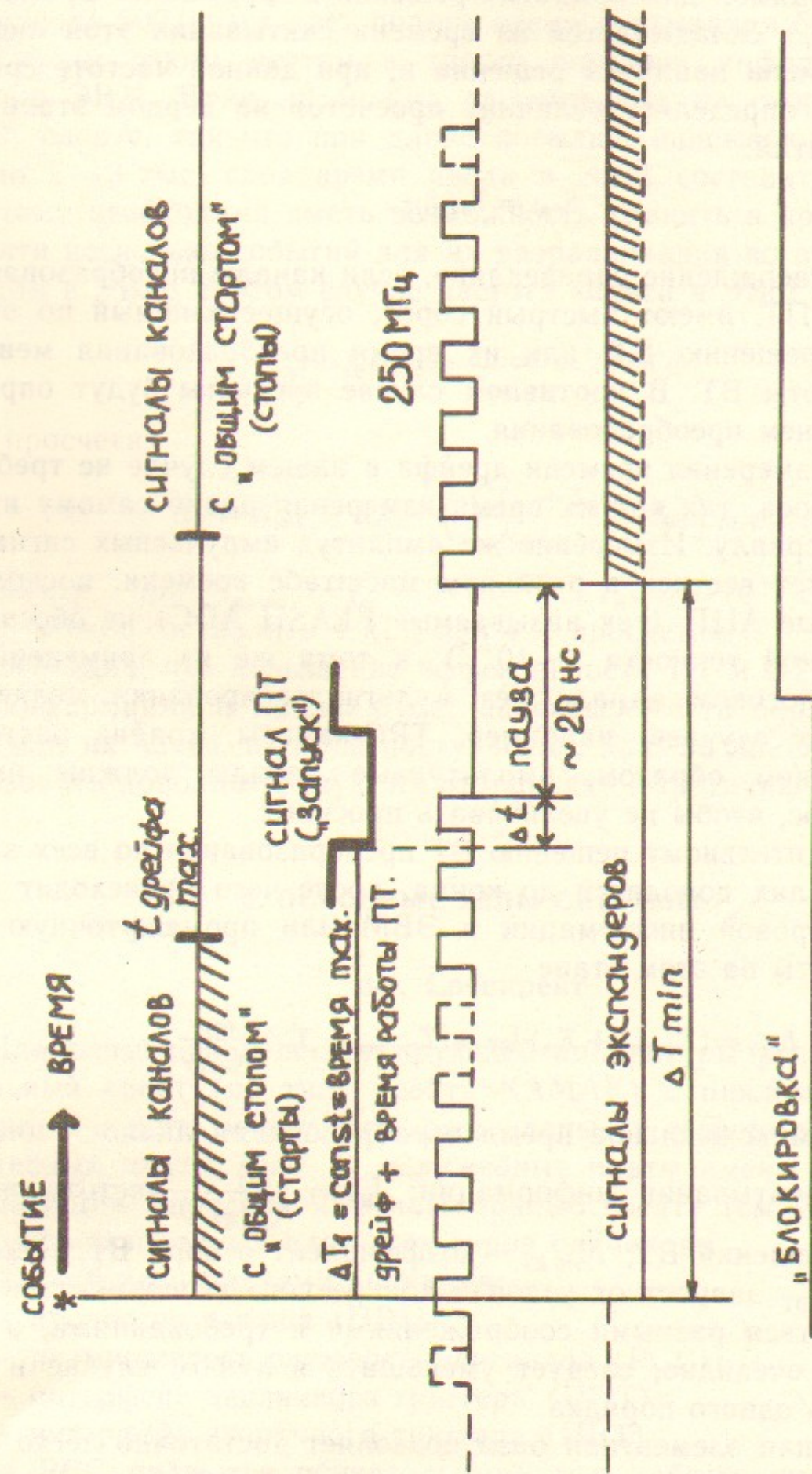


Рис. 1. Хронограмма основных сигналов.

вания необходимой для принятия решения информации. Время работы ВТ ($T_{ВТ}$) складывается из времени считывания этой информации и времени принятия решения и, при данной частоте срабатывания ПТ, определяет величину просчетов на первом этапе обработки событий:

$$K_{пр1} = T_{ВТ} \dot{f}_{ПТ}.$$

Последнее утверждение справедливо, если каналы преобразования, запущенные ПТ, имеют быстрый сброс, осуществляемый по отрицательному решению ВТ, или их время преобразования меньше времени работы ВТ. В противном случае просчеты будут определяться временем преобразования.

Каналы измерения времени дрейфа в нашем случае не требуют быстрого сброса, так как их время измерения равно самому измеряемому интервалу. Измерение же амплитуд импульсных сигналов вряд ли может вестись в реальном масштабе времени, поскольку самые быстрые АЦП (так называемые FLASH ADC) не обеспечивают требуемой точности ($\sim 10^{-3}$), к тому же их применение в каждом аналоговом канале без мультиплексирования является, кроме особых случаев, например, ТРС-камеры, крайне расточительным. Таким образом, амплитудные каналы должны иметь быстрый сброс, чтобы не увеличивать просчеты.

По положительному решению ВТ преобразования во всех запущенных каналах доводятся до конца, после чего происходит считывание цифровой информации в ЭВМ или промежуточную память. Просчеты на этом этапе

$$K_{пр2} = (T_{пр\max} + T_{сч}) \dot{f}_{ВТ} = (T_{пр\max} + T_{сч}) \frac{\dot{f}_{ПТ}}{K_{отб\ ВТ}},$$

где $T_{пр\max}$ — максимальное время преобразования аналог — цифра; $T_{сч}$ — время считывания информации; $\dot{f}_{ВТ} = \frac{\dot{f}_{ПТ}}{K_{отб\ ВТ}}$ — частота положительных решений ВТ; $K_{отб\ ВТ}$ — коэффициент отбора ВТ. Величины $\dot{f}_{ПТ}$ и $K_{отб\ ВТ}$ зависят от условий конкретного эксперимента и могут определяться разными соображениями и требованиями, а вот $T_{пр\max}$ и $T_{сч}$, очевидно, следует уменьшать в любом случае и они должны быть одного порядка.

Современная элементная база позволяет достаточно легко реализовать 100-наносекундный цикл считывания информации в промежуточную (перед ЭВМ) память, что при разумной плотности

размещения измерительных каналов в одном спецкрейте (см. ниже) около 500/крейт дает полное время считывания 50 мкс.

Самым узким местом в тракте передачи информации будет ввод в ЭВМ. Вряд ли можно рассчитывать на скорость больше $5 \cdot 10^5$ слов/с, так что при длине посылки, описывающей событие, около 2—3 тыс. слов время ввода в ЭВМ составит около 5 мс. Поэтому необходимо иметь возможность хранить в промежуточной памяти несколько событий для их разравнивания во времени перед вводом в ЭВМ. В этом случае частота записи в ЭВМ

$$\dot{f}_{зап} = \dot{f}_{ВТ\max} = \frac{\dot{f}_{ПТ\max}}{K_{отб\ ВТ}} = 200 \text{ Гц}$$

при просчетах

$$K_{пр} = K_{пр1} + K_{пр2} = \left(\frac{T_{пр\max} + T_{сч}}{K_{отб\ ВТ}} + T_{ВТ} \right) \dot{f}_{ПТ}.$$

Например, при $T_{пр\max} = T_{сч} = 5 \cdot 10^{-5}$ с, $T_{ВТ} = 5 \cdot 10^{-6}$ с, $K_{отб\ ВТ} = 20$ $\dot{f}_{ПТ\max}$ может составлять 4 кГц при 4% просчетах.

Очевидно, что повышение эффективности ПТ и ВТ снижает поток информации и можно будет надеяться вести обработку событий, или их части, в темпе поступления, или, по крайней мере, организовать дополнительную их отбраковку — третичный триггер.

3. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ СИСТЕМЫ

3.1. Спецкрейт

Для размещения регистрирующей аппаратуры разработан специальный крейт (по типу крейта КАМАК) с циклом магистрали 100 нс. В крейте могут быть размещены 16 информационных и 4 служебных платы (рис. 2). Служебные платы имеют фиксированные позиции, определяемые магистралью крейта (см. 3.7); позиции для информационных плат всех типов одинаковы.

Служебными платами являются:

- процессор вывода (ПВ);
- размножитель служебных сигналов (РСС);
- интерфейс первичного триггера (ИПТ);
- интерфейс вторичного триггера (ИВТ).

ПВ и РСС являются обязательными для работы крейта, ИПТ и ИВТ не являются обязательными.

Информационные платы служат для преобразования поступающей информации в цифровой код. Они также поставляют информацию для первичного и вторичного триггеров, которая концентрируется в ИПТ и ИВТ.

Процессор вывода осуществляет многопрограммное считывание и отбор данных из информационных плат и формирование массивов. Для этого в нем имеются два ОЗУ данных, что вместе с регистрами в информационных платах обеспечивает внутри спецкрейта память на 3 события, осуществляя тем самым разравнивание информации перед передачей в ЭВМ.

3.2. Процессор вывода

Процессор вывода (ПВ) осуществляет чтение, обработку и запоминание информации, зафиксированной в информационных платах. Для хранения считанной информации в ПВ имеется два ОЗУ данных (ОЗУ1, ОЗУ2) емкостью по 1К 14-разрядных слов для статистического разравнивания информации перед ЭВМ.

ПВ устроен по принципу контроллера с памятью на НАФы. Команды записываются и хранятся в ОЗУ3 емкостью 1К 14-разрядных слов. Структурная схема ПВ представлена на рис. 3. Структура командного слова приведена в табл. 1.

Таблица 1

| Разряд фиксации адреса | Адрес читаемой ИП | | | | Субадрес в ИП | | | | Функция | | Команда | | | |
|------------------------|-------------------|-----|-----|-----|---------------|----|----|----|---------|----|---------|----|----|----|
| | 14р | 13р | 12р | 11р | 10р | 9р | 8р | 7р | 6р | 5р | 4р | 3р | 2р | 1р |
| X | N8 | N4 | N2 | N1 | A8 | A4 | A2 | A1 | F2 | F1 | K8 | K4 | K2 | K1 |

Примечание. О назначении 15-го разряда см. подробное описание ПВ.

Цикл работы ПВ начинается с получения по магистрали от центральной системы управления (ЦСУ) сигнала «пуск чтения 1». По этому сигналу происходит чтение информации для вторичного триггера из информационных плат. Сигнал «пуск чтения 1» инициируется сигналом первичного триггера.

Во время операции «чтение 1» сканируются адреса (N) и субадреса A (0 ÷ 3); каждый цикл чтения сопровождается функцией

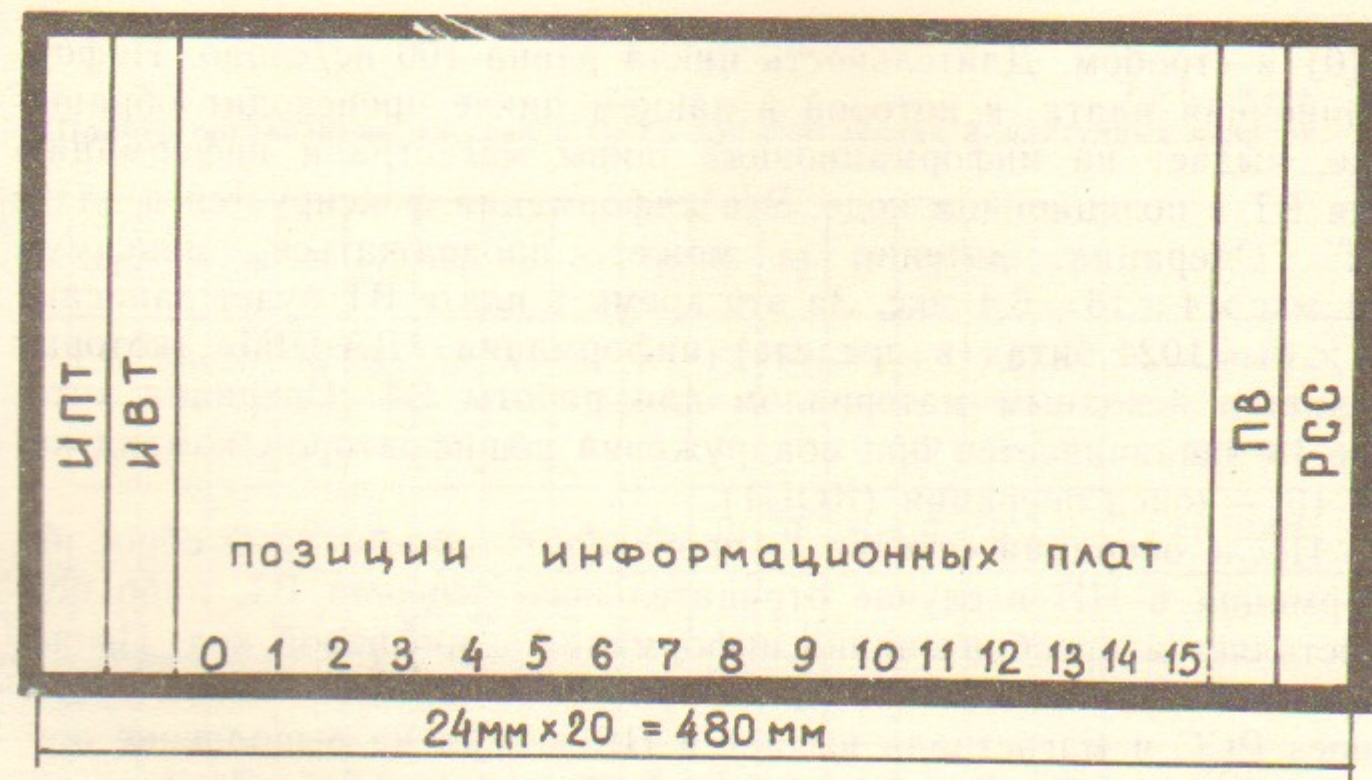


Рис. 2. Спецкрейт.

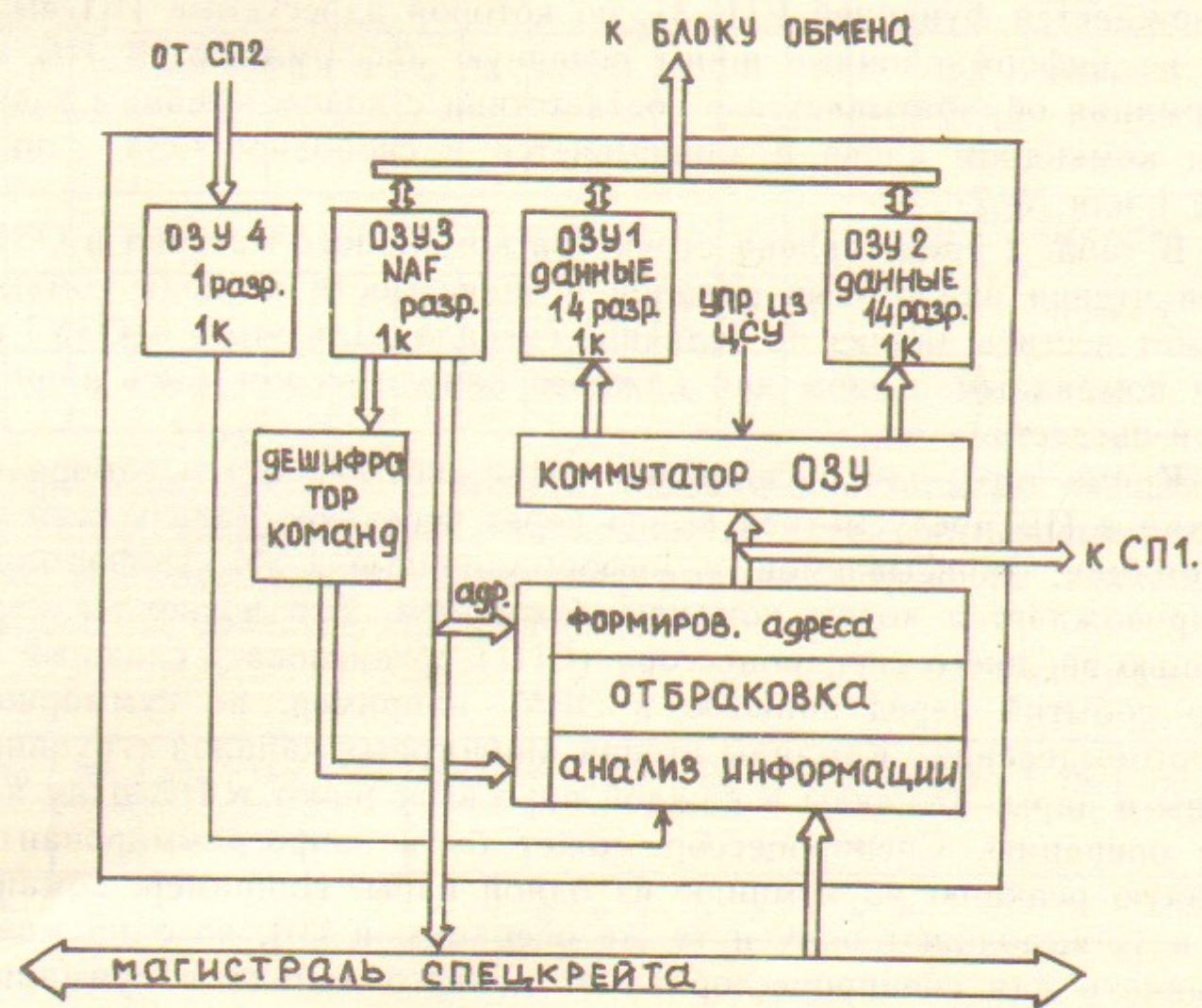


Рис. 3. Структурная схема ПВ.

F(0) и стробом. Длительность цикла равна 100 нс/слово. Информационная плата, к которой в данном цикле происходит обращение, выдает на информационные шины магистрали информацию для ВТ в позиционном коде. Эта информация фиксируется в плате ВТ. Операция «чтение 1» может продолжаться максимум $0,1 \text{ мкс} \times 4 \times 16 = 6,4 \text{ мкс}$. За это время в плате ВТ будет записано $64 \times 16 = 1024$ бита (в пределе) информации «ДА-НЕТ», которая является исходным материалом для работы ВТ. Операция «чтение 1» заканчивается при обнаружении дешифратором команд кода 15_8 — конец операции (КОП1).

После операции «чтение 1» происходит либо быстрый сброс информации в ИП в случае отрицательного решения ВТ, либо осуществляется преобразование информации в цифровой код. По завершении преобразования (для аналоговых каналов 80 мкс) ЦСУ через РСС и магистраль выдает в ПВ сигнал на выполнение операции «чтение 2». Операция «чтение 2» ведется по командам, записанным в ОЗУ3 вслед за командами «чтение 1». «Чтение 2» сопровождается функцией F(1, 3), по которой адресуемые ИП выдают на информационные шины основную информацию. В ПВ информация обрабатывается в соответствии с кодом команды в данном командном слове и записывается в свободное ОЗУ данных (№ 1 или № 2).

В табл. 2 представлена структура командного массива в ОЗУ3. При чтении аналоговых каналов в зависимости от кода команды может вестись анализ по величине сигнала. Для этого в ОЗУ3 перед командным словом для каждого канала может быть записан свой пьедестал.

Кроме того, для расширения возможностей систем отбора событий в ПВ предусмотрен вывод через переднюю панель всей информации, записываемой в информационные ОЗУ. Информация сопровождается кодом команды и стробом. Это позволяет с помощью внешнего спецпроцессора (СП1) организовать сложный отбор событий перед записью в ЭВМ, например, по суммарному энерговыделению. Команды чтения аналоговых каналов сгруппированы в пары. Команды в каждой паре выполняют в ПВ одну и ту же операцию. Спецпроцессор может быть запрограммирован на разную реакцию на команды из одной пары. Например, команды 0_8 и 1_8 выполняют одну и ту же операцию в ПВ, но одна может означать для спецпроцессора учет данного канала в суммарном энерговыделении, а другая — то, что этот канал учитывать не следует.

Таблица 2

Пример организации массива в ОЗУ3 для считывания амплитудных каналов

| | 15p | 14p | 13p | 12p | 11p | 10p | 9p | 8p | 7p | 6p | 5p | 4p | 3p | 2p | 1p | |
|----|-------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|-----------|
| | X | N8 | N4 | N2 | N1 | A8 | A4 | A2 | A1 | F2 | F1 | K8 | K4 | K2 | K1 | операция |
| 1 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | A | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | чтение 1 |
| 2 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | A | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | чтение 1 |
| 16 | X | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | A | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | чтение 1 |
| 17 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 1 | 1 | 0 | 1 | КОП1 |
| 18 | 0 | п ь е д е с т а л | | | | | | | | | | 1 | 1 | 0 | 0 | пьедестал |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | чтение 2 |
| 0 | п ь е д е с т а л | | | | | | | | | | 1 | 1 | 0 | 0 | пьедестал | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | чтение 2 |
| X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 1 | 1 | 1 | 0 | КОП 2 |

При выполнении всех команд, связанных с записью информации в ОЗУ данных, сначала записывается адрес считываемого канала, а в следующем слове — информация. Структура записи в ОЗУ данных представлена в табл. 3.

Таблица 3

| 14p | 13p | 12p | 11p | 10p | 9p | 8p | 7p | 6p | 5p | 4p | 3p | 2p | 1p |
|-----|-----|---------------------|-----|-----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | X X X | | | А д р е с | | | | | | | | |
| 1 | 0 | И н ф о р м а ц и я | | | | | | | | | | | |

Дополнительный отбор аналоговой информации

При считывании информации, соответствующей амплитудам сигналов с элементов калориметра, могут возникнуть проблемы с отбором сработавших каналов. Отбор по пьедесталу может привести либо к записи большого количества несработавших каналов, если величины пьедесталов, записанных в ОЗУЗ, равны или близки к реальным пьедесталам каналов, либо произойдет потеря части сработавших каналов, если пьедесталы в ОЗУЗ значительно больше реальных пьедесталов. Для решения этой задачи в ПВ предусмотрены следующие аппаратные средства.

В информационных платах амплитудные каналы (если требуется) снабжаются дискриминаторами, имеющими достаточно высокий порог. При операции «чтение 1» в плату ИВТ заносится информация о сработавших дискриминаторах. Из плат ИВТ информация поступает в спецпроцессор (СП2), где вычисляются адреса каналов в окрестности того канала, в котором сработал дискриминатор (большая амплитуда).

В ПВ имеется ОЗУ4 (1К 1-разрядных слов). Доступ к этой памяти осуществляется через разъем на передней панели ПВ. Спецпроцессор заполняет эту память согласно вычислениям, и ее содержимое при выполнении операции «чтение 2» используется при анализе амплитудных каналов.

3.3. Блок обмена

Блок обмена (БО) является КАМАК-интерфейсом процессора вывода и выполнен в КАМАК-модуле шириной 1М. К одному БО могут быть подключены 2 ПВ.

Работа с системой начинается с занесения командой F(16)A(0) в служебный регистр БО информации о номерах обслуживаемых спецкрейтов:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|----|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| W16 | W15 | W14 | W13 | W12 | W11 | W10 | W9 | W8 | W7 | W6 | W5 | W4 | W3 | W2 | W1 |
| 16p | 15p | 14p | 13p | 12p | 11p | 10p | 9p | 8p | 7p | 6p | 5p | 4p | 3p | 2p | 1p |
| X | X | Номер спецкрейта-2 | | | | X | X | Номер спецкрейта-1 | | | | | | | |

Занесенная информация проверяется по функции F(0)A(0). Номера спецкрейтов будут добавляться к адресу при считывании ОЗУ данных ПВ.

В БО командой крейт-контроллера может быть установлен один из следующих режимов:

| | | | | |
|------------|---------------------|------|------------|---|
| F(25)A(1) | подготовка к чтению | ОЗУ1 | спецкрейта | 1 |
| F(25)A(2) | | ОЗУ2 | | 1 |
| F(25)A(3) | | ОЗУ3 | | 1 |
| F(25)A(5) | | ОЗУ1 | | 2 |
| F(25)A(6) | | ОЗУ2 | | 2 |
| F(25)A(7) | | ОЗУ3 | | 2 |
| F(25)A(9) | подготовка к записи | ОЗУ1 | спецкрейта | 1 |
| F(25)A(10) | | ОЗУ2 | | 1 |
| F(25)A(11) | | ОЗУ3 | | 1 |
| F(25)A(13) | | ОЗУ1 | | 2 |
| F(25)A(14) | | ОЗУ2 | | 2 |
| F(25)A(15) | | ОЗУ3 | | 2 |

Реализация режима чтения осуществляется циклическим повторением функции F(0)A(1) с анализом Q. Циклы продолжаются до появления Q=0, что означает конец массива в читаемом ОЗУ данных. Чтение ОЗУ данных можно остановить и программно, например, при тестировании. Чтение ОЗУЗ, а также запись во все ОЗУ прекращается только программно.

Реализация режима записи осуществляется циклами F(16)A(1).

Ниже приведена структура слова адреса и данных, формируемых БО при чтении:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------|-----|-----|-------------|-----|-----|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R16 | R15 | R14 | R13 | R12 | R11 | R10 | R9 | R8 | R7 | R6 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
| 16p | 15p | 14p | 13p | 12p | 11p | 10p | 9p | 8p | 7p | 6p | 5p | 4p | 3p | 2p | 1p |
| 1 | Номер крейта | | | | | | Номер канала в крейте | | | | | | | | |
| 0 | X | X | X | Д А Н Н Ы Е | | | | | | | | | | | |

Примечание. Связь БО с ЭВМ может осуществляться через любой контроллер, но для получения максимальной скорости обмена следует использовать контроллер с памятью на NAF, работающий через канал прямого доступа в память.

3.4. Центральная система управления

ЦСУ осуществляет взаимодействие между всеми узлами аппаратуры регистрации, определяя последовательность операций. При поступлении из блока принятия решений (БПР) ПТ сигнала «запуск» ЦСУ генерирует и раздает на РСС всех спецкрейтов сигналы «запуск», «блокировка» и осуществляет привязку частоты 250 МГц к сигналу «запуск». Одновременно в логическом блоке принятия решений (ЛБПР) ВТ запускается цикл ВТ (~5 мкс). За это время в спецкрейтах проходит цикл «чтение 1» и в ИВТ занесется информация, на основании которой ВТ примет решение. При отрицательном решении из ЛБПР ВТ на ЦСУ поступит сигнал «быстрый сброс», который через РСС сбрасывает во всех спецкрейтах информацию в ИП и ИВТ. После задержки (~1 мкс), необходимой для выполнения операции «быстрый сброс», происходит разблокировка ПТ—система готова к приему очередного события.

При положительном решении ВТ блок ЛБПР ВТ выдает в ЦСУ сигнал «пуск от ВТ». ЦСУ через время, необходимое для завершения преобразования «аналог—цифра», определяет (по состоянию сборок ИЛИ1 и ИЛИ2), в какую группу ОЗУ (ОЗУ1 или ОЗУ2) спецкрейтов считывать информацию о событии. Если ИЛИ1=1 и ИЛИ2=1, ЦСУ ждет, когда будет передана в ЭВМ информация из какой-либо группы ОЗУ, при этом один из сигналов ИЛИ станет равным нулю и ЦСУ сгенерирует и раздаст на РСС спецкрейтов сигнал «пуск чтения 2», сопровождая его информацией, в какое ОЗУ надо считывать событие.

По мере завершения операции «чтение 2» ПВ спецкрейтов через РСС выдают в ЦСУ сигналы готовности L1 или L2. Эти сигналы собираются на схемах совпадений ИЛ1 (или ИЛ2). Когда последний ПВ закончит «чтение 2», сработает одна из схем совпадений и ЦСУ выставит КАМАК-запрос L1 или L2 и одновременно разблокирует ПТ, разрешая прием нового события.

Конструктивно ЦСУ выполнена в виде двух блоков—собственно ЦСУ и РСК (размножитель сигналов КАМАК) (рис. 4).

КАМАК-функции ЦСУ:

F(8)A(0) проверка запроса; X=1, Q=L.
 F(0)A(0) чтение ЛАМ-регистра; X=1, Q=1; R1=1: запрос от ОЗУ1; R2=1: запрос от ОЗУ2.

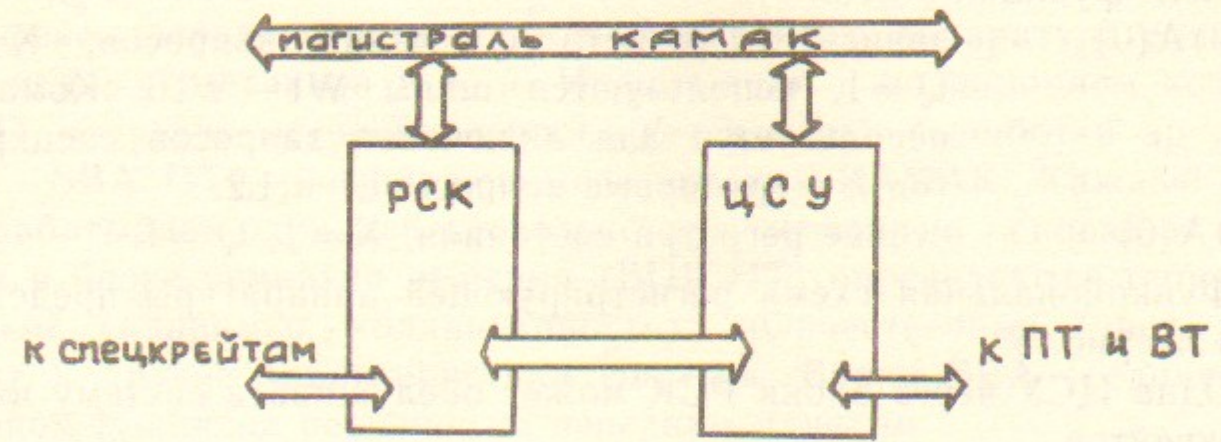


Рис. 4.

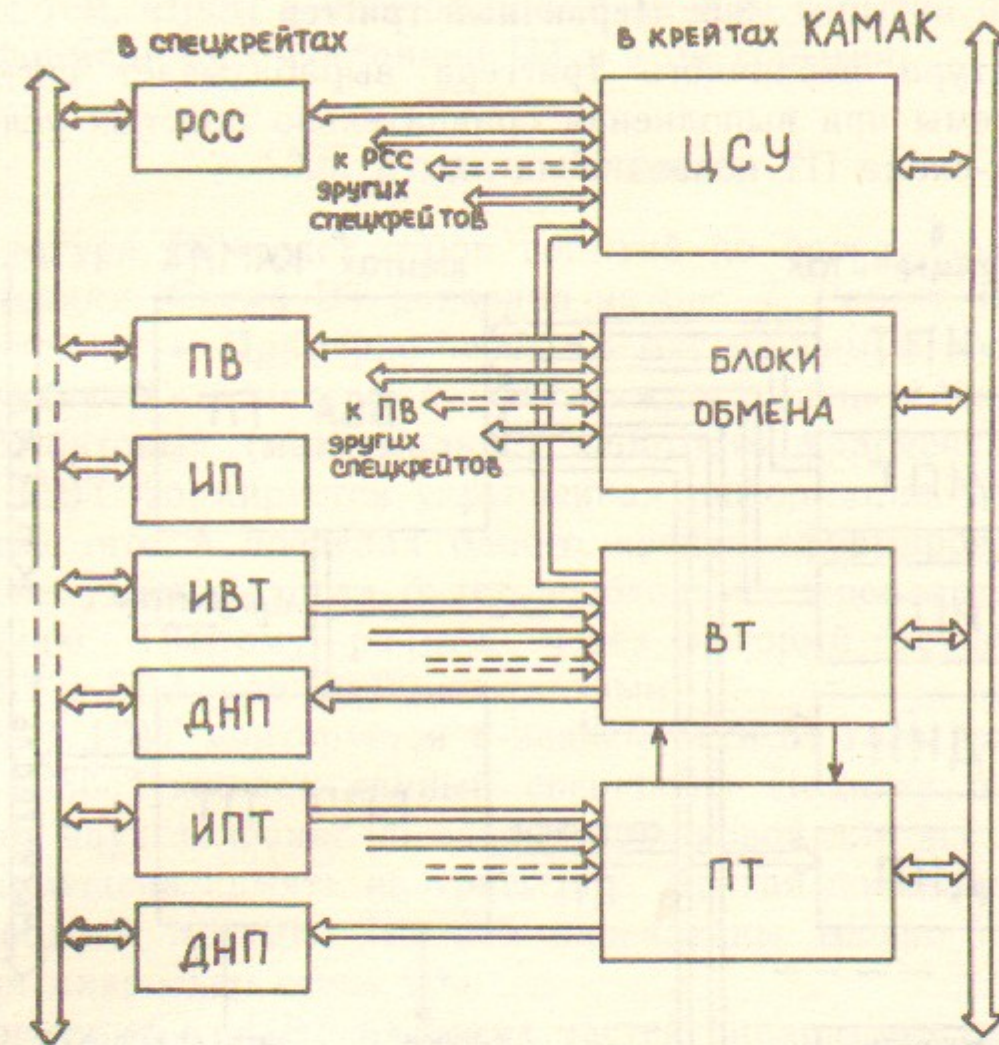


Рис. 5. Функциональная схема регистрирующей аппаратуры.

КАМАК-функции РСК:

F(16)A(0) запись в регистр состояний запросов; $X=1$, $Q=1$, используются шины W1—W16. Команда используется для включения запросов спецкрейтов l_i в групповые запросы L1 и L2.

F(0)A(0) чтение регистра состояния; $X=1$, $Q=1$.

Функциональная схема регистрирующей аппаратуры представлена на рис. 5.

Одна ЦСУ через блоки РСК может обслуживать систему из 60 спецкрейтов.

Для наращивания системы или при необходимости иметь разное время запуска (например, для камер с разным временем дрейфа) имеются активные и пассивные расширители ЦСУ, позволяющие наращивать систему до 360 спецкрейтов.

3.5. Первичный триггер

Аппаратура первичного триггера вырабатывает сигнал «запуск» системы при выполнении сравнительно простых условий отбора. Блок-схема ПТ показана на рис. 6.

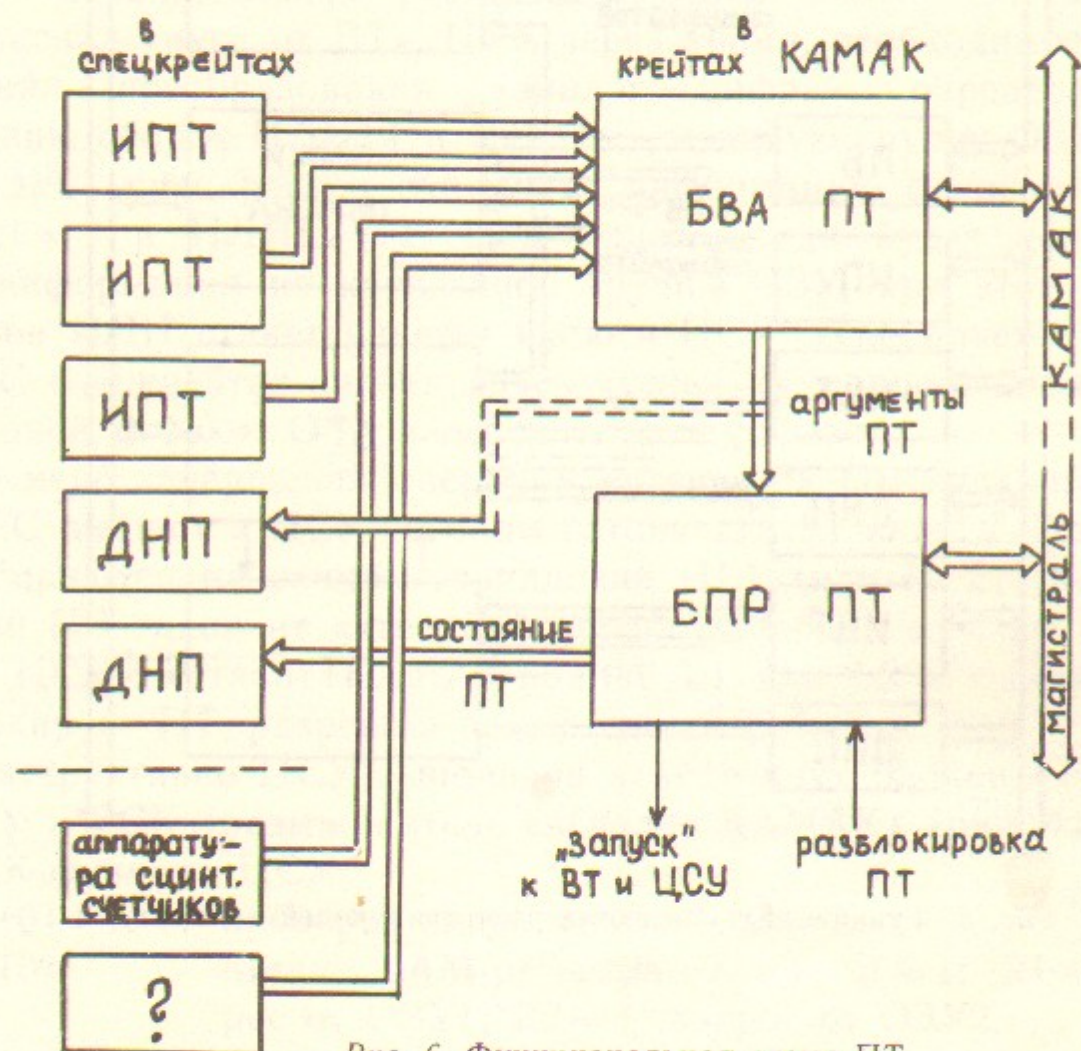


Рис. 6. Функциональная схема ПТ.

Информацию для ПТ поставляют (или могут поставлять) интерфейсы первичного триггера в спецкрейтах, аппаратура сцинтилляционных счетчиков и т. п. Информация в позиционном коде из ИПТ и других источников поступает в блоки выработки аргументов (БВА ПТ), расположенные в крейтах КАМАК. Каждый БВА вырабатывает один или несколько аргументов, на основании которых в блоке принятия решения (БПР ПТ) определяются геометрические (например, коллинеарность), количественные (число частиц) и другие характеристики события. Блоки БВА соединены с блоком принятия решения по передним панелям.

Изменение режима работы ПТ осуществляется по командам ЭВМ, поступающим по магистрали КАМАК на БВА и БПР. Сигнал «запуск» из ПТ поступает во вторичный триггер и на центральную систему управления. Одновременно информация о состоянии ПТ записывается в потенциальные платы ДА-НЕТ (ДНП) с тем, чтобы в информации о данном событии присутствовала информация и о состоянии ПТ в этом событии.

3.6. Вторичный триггер

Аппаратура ВТ ведет отбор событий по более сложным, чем ПТ, критериям. Схема ВТ показана на рис. 7. Работа ВТ начинается с «чтения 1». Примерно через 6,4 мкс максимум после начала цикла «чтение 1» в интерфейсе ВТ каждого спецкрейта формируется 1024-битовый (максимально) «портрет» фрагмента события. Далее в ИВТ формируется укрупненная информация. Может случиться так, что в пределах одного крейта сформировать что-то крупное не удастся, тогда будет необходимо передавать дробную информацию. Поэтому разъем, через который осуществляется связь ИВТ с БВА, сделан 90-контактным.

Каждый ИВТ монтируется в зависимости от того, какую часть детектора обслуживает данный спецкрейт. Поэтому плата ИВТ состоит из двух половин: на одной, одинаковой для всех ИВТ, половине помещена память на триггерах. Другая половина отведена под проводной монтаж. На ней напечатаны только посадочные места для микросхем серии 500.

Информация из ИВТ и других частей аппаратуры регистрации поступает на блоки выработки аргументов (БВА ВТ), БВА по передним панелям соединены с блоками масок. Если позиционный код аргументов совпадает с маской, то она выдает рекомендацию на «пуск от ВТ»

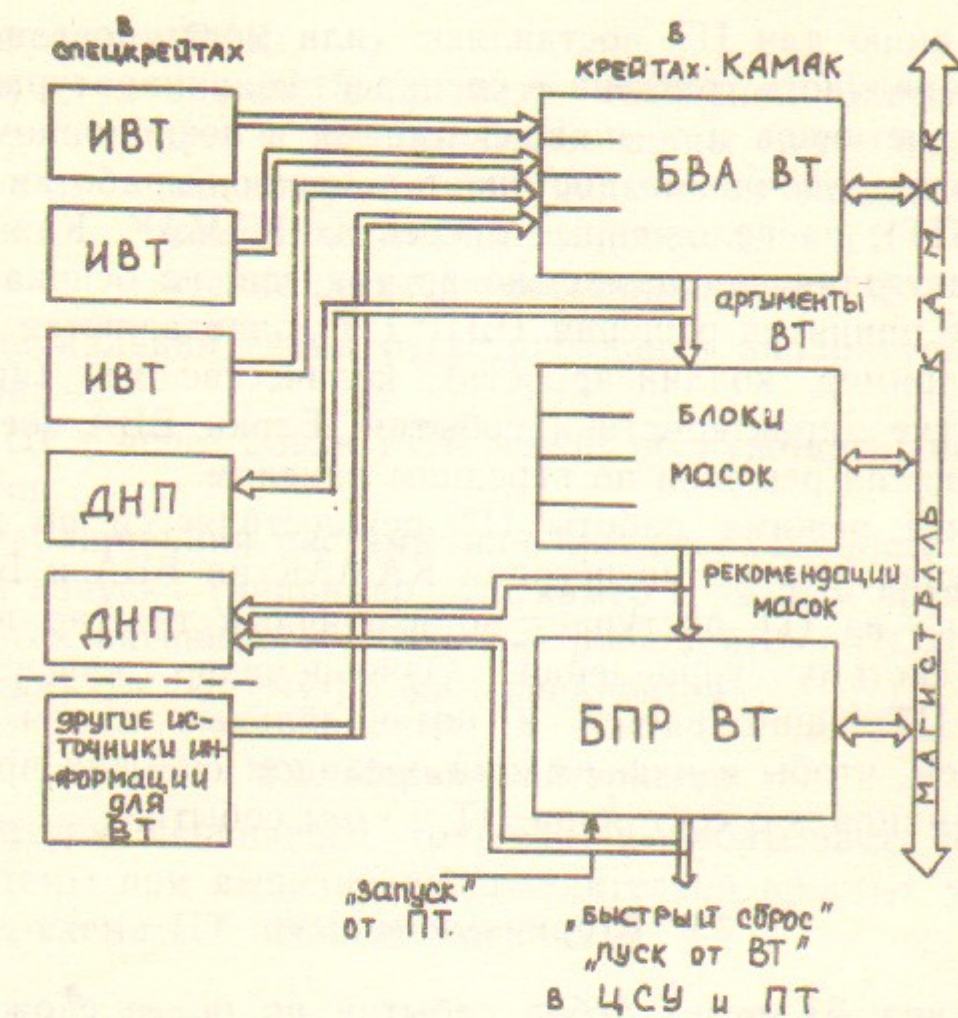


Рис. 7. Функциональная схема ВТ.

Рекомендации масок поступают на блок логики (ЛБПР ВТ), который, примерно, через 5 мкс (время работы) после начала цикла «чтение 1» производит опрос этих рекомендаций. Результатом является генерация либо сигнала «быстрый сброс» (отрицательное решение), либо «пуск от ВТ» (положительное решение), которые подаются в ЦСУ.

Информация о работе ВТ — выработанные аргументы, рекомендации масок, решение ВТ — может быть добавлена к основной информации о событии через платы ДНП. Эта информация может быть использована при последующей обработке события, а также для контроля работы ВТ. С этой целью в ЛБПР ВТ введен режим, в котором событие записывается в ЭВМ независимо от решения ВТ. Таким образом могут быть проверены соответствие аргументов событию, рекомендаций масок набору аргументов, правильность общего решения ВТ.

Изменение режима работы ВТ осуществляется по командам ЭВМ, поступающим по магистрали КАМАК на БВА, блоки масок и ЛБПР.

3.7. Магистраль

Магистраль позволяет работать с циклом 100 нс с уровнями сигналов ЭСЛ стандарта. Состав магистрали:

- 16 информационных шин чтения, проходящие по позициям всех ИП, ПВ и ИВТ;
- индивидуальные адресные шины (N), соединяющие ПВ с каждой ИП;
- четыре адресные шины, соединяющие ПВ с ИВТ;
- четыре субадресные шины (A), проходящие по ПВ и всем ИП;
- две шины функций (F), проходящие по ПВ и всем ИП;
- шина «старт», соединяющая РСС, ПВ и все ИП;
- 16 витых пар для передачи тактовой частоты (250 МГц) от РСС по всем ИП;
- шина «блокировка», соединяющая РСС, ПВ и все ИП;
- две шины L1 и L2, соединяющие ПВ и РСС;
- шина номера ОЗУ, соединяющая РСС и ПВ;
- шина «пуск чтения 2», соединяющая РСС и ПВ;
- шина «строб S1», соединяющая ПВ и ИВТ;
- 64 витых пары, соединяющие все ИП с ИПТ (по 4 пары от каждой ИП);
- шины питания;

К позициям с (3 по 18) информационных плат подходят шины (разъем ГРПМ-1-45):

| | | | | |
|----------------------------------|----|----------------|----------------|---|
| адрес (N) | 1 | индивидуальная | несимметричная | П |
| субадрес (A _i) | 4 | сквозные | несимметричные | П |
| функция (F _i) | 2 | сквозные | несимметричные | П |
| информационные (R _i) | 16 | сквозные | несимметричные | П |
| сброс (СБ) | 1 | сквозная | несимметричная | П |
| старт | 1 | сквозная | несимметричная | П |
| блокировка | 1 | сквозная | несимметричная | П |
| тактовая частота | 2 | индивидуальные | симметричные | П |
| быстрое ИЛИ (FOR _i) | 4 | индивидуальные | несимметричные | И |
| управление порогом | 1 | сквозная | несимметричная | П |
| | | | аналоговая | |
| питание: | | | | |
| +24 В, +12 В, -12 В, | | | | |
| +5 В, -5 В, -2 В, -24 В | 9 | сквозные | несимметричные | П |
| | | | аналоговые | |
| общ. | 4 | | | |
| (П — приемник, И — источник). | | | | |

Магистральные шины A_i , F_i , R_i , сброс, старт и блокировка имеют нагрузку 100 Ом на шину -2 В.

К позиции ПВ подходят шины (разъем ГРПМ-1-90):

| | | |
|-------------------------------|----|-------|
| субадрес (A_i) | 4 | И |
| функция (F_i) | 2 | И |
| информационные (R_i) | 16 | П |
| сброс (СБ) | 1 | П |
| старт | 1 | П |
| блокировка | 1 | П |
| адрес (N) | 16 | И |
| адрес (N двоичное) | 4 | И |
| питание: +5 В, -5 В, -2 В | 7 | П |
| общ. | 5 | |
| L1, L2, сброс BT^+ (чтение) | 4 | к РСС |

К позиции РСС подходят шины (разъем ГРПМ-1-90):

| | | |
|-------------------------------|----|-----------------------|
| L1, L2, сброс BT^+ (чтение) | 4 | |
| старт | 1 | |
| блокировка | 1 | |
| тактовая частота | 32 | 16 симметричных линий |
| питание: -5 В, -2 В, | 3 | П |
| общ. | 3 | |

К позиции ИПТ (разъем ГРПМ-1-45) подходят шины:

| | | |
|---------------------------|----|---|
| быстрое ИЛИ (FOR_i) | 64 | П |
| питание: +5 В, -5 В, -2 В | 7 | П |
| общ. | 17 | |

К позиции ИВТ (разъем РРПМ-1-31) подходят шины:

| | | |
|--------------------------|----|---|
| информационные (R_i) | 16 | П |
| субадрес (A_i) | 2 | П |
| управление порогом | 1 | И |
| адрес | 4 | П |
| строб S1 | 1 | П |
| питание: -5 В | 3 | П |
| общ. | 3 | |

Для передачи/приема внешних сигналов на платах имеются вторые разъемы:

| | |
|------------------------------------|-----------|
| на информационных платах | ГРПМ-1-45 |
| на процессоре вывода | ГРПМ-1-31 |
| на размножителе служебных сигналов | ГРПМ-1-45 |
| на интерфейсе ПТ | ГРПМ-1-31 |
| на интерфейсе ВТ | ГРПМ-1-90 |

В.М. Аульченко, С.Е. Бару, Г.А. Савинов

Электроника новых детекторов ИЯФ

Ответственный за выпуск С.Г.Попов

Работа поступила 13 января 1988 г.
 Подписано в печать 19.02 1988 г. МН 08111
 Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 2,0 печ.л., 1,6 уч.-изд.л.
 Тираж 250 экз. Бесплатно. Заказ № 29

Набрано в автоматизированной системе на базе фото-наборного автомата ФА1000 и ЭВМ «Электроника» и отпечатано на ротапринтере Института ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.