

24

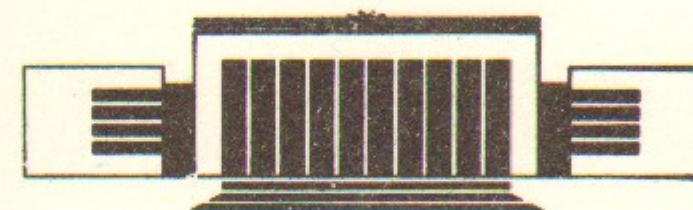


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

В.М. Аульченко, Г.С. Пискунов, Е.П. Солодов,  
В.М. Титов

ТРЕКОВЫЙ ПРОЦЕССОР ДЛЯ КМД-2

ПРЕПРИНТ 88-43



НОВОСИБИРСК

## Трековый процессор для КМД-2

В.М. Аульченко, Г.С. Пискунов, Е.П. Солодов,  
В.М. Титов

Институт ядерной физики  
630090, Новосибирск 90, СССР

### АННОТАЦИЯ

Описан трековый процессор, используемый в системе  
первичного триггера, строящегося в ИЯФ СО АН  
СССР магнитного детектора КМД-2.



КООРДИНАТНАЯ СИСТЕМА

Координатная система детектора КМД-2 состоит из дрейфовой и  $Z$ -камер [1]. Дрейфовая камера выполнена в виде цилиндра длиной 44 см и диаметром 60 см (рис. 1, 2). Структура камеры секторная; измерения координат проводятся в 19 точках по длине трека, координата вдоль проволочек измеряется методом деления заряда.

#### Параметры камеры:

число сигнальных проволочек, шт	512;
число полевых проволочек, шт	2224;
радиус внутреннего слоя сигнальных проволочек, см	3;
радиус наружного слоя сигнальных проволочек, см	29;
число регистрирующих слоев	19;
разрешение по дрейфу, мкм	около 100;
разрешение по $Z$ , мм	3;
максимальное время дрейфа, нс	400.

$Z$ -камера представляет собой два слоя пропорциональных камер, помещаемых за дрейфовой камерой. Проволочки в каждой камере объединяются в 32 сектора по углу  $\Phi$  со сдвигом на полшага (рис. 3). Включенные по ИЛИ ближайшие сектора двух камер должны обеспечить высокую эффективность регистрации заряженных частиц с разрешающим временем 30 нс. Такое разрешение необходимо для определения оборота, на котором произошло взаимодействие (время оборота составляет 60 нс). Кроме того, катоды  $Z$ -камер разбиваются на кольцевые полосы шириной около 1 см (всего 128 полосок), что позволяет измерять  $Z$ -координату.

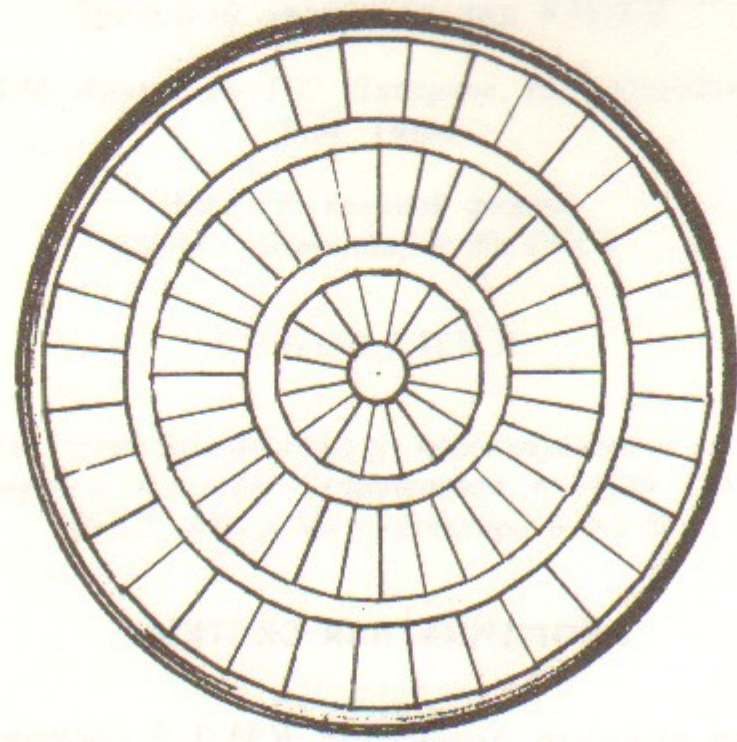


Рис. 1.

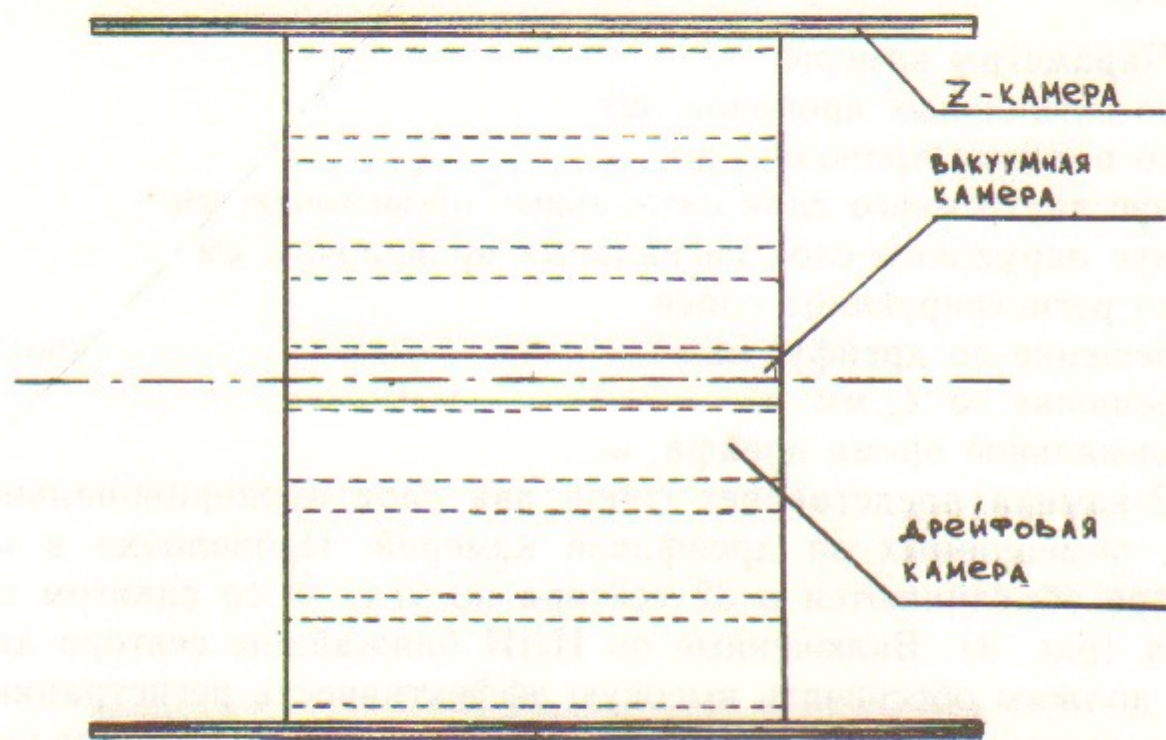


Рис. 2.

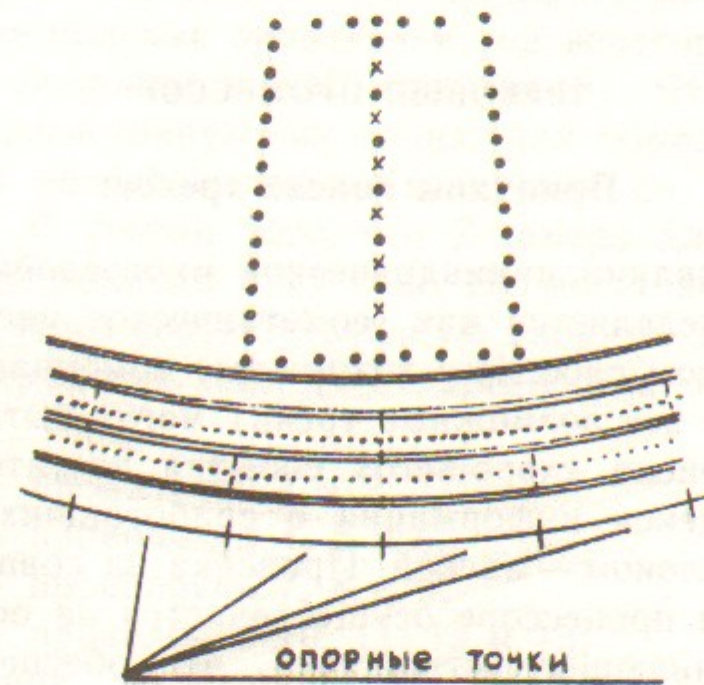
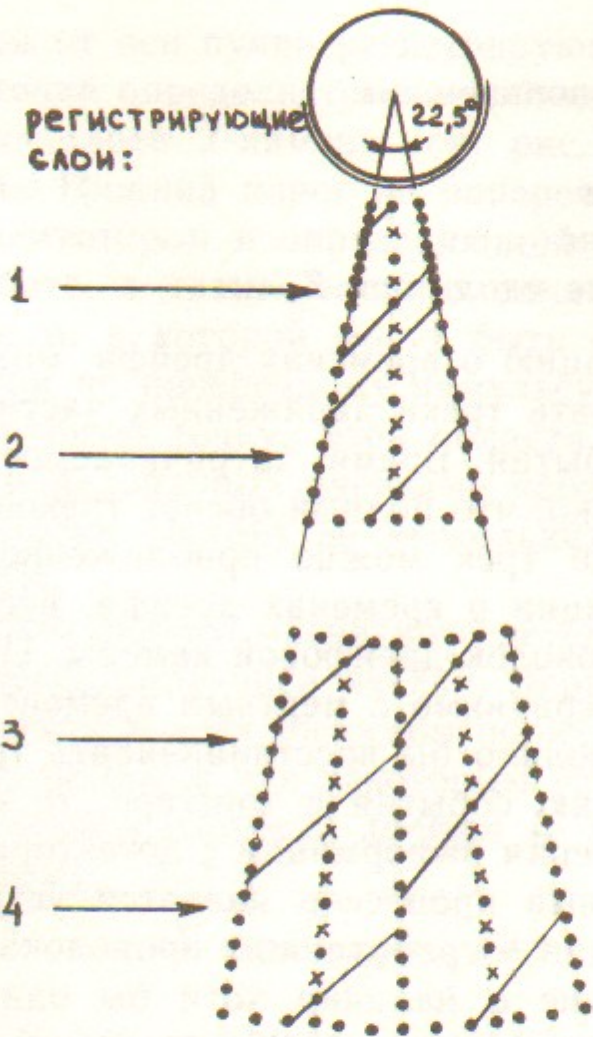


Рис. 3.

Параметры Z-камер:	
шаг чувствительных проволочек, мм	3;
зазор анод-катод, мм	4;
полное число проволочек	$640 \times 2 = 1280$ ;
временное разрешение, нс	40;
координатное разрешение вдоль оси Z, мм	0.3—0.5.

Анализируя информацию о временах дрейфа, можно с высокой точностью восстанавливать треки заряженных частиц, а, следовательно, и топологию события. Время, затрачиваемое на такую обработку, настолько велико, что полный обсчет треков обычно делается OFF-LINE. Однако трек можно приближенно восстанавливать без учета информации о временах дрейфа, используя только номера сработавших проволок дрейфовой камеры. При этом время обработки может быть сравнимо с мертвым временем самой дрейфовой камеры, что позволило бы восстанавливать треки ON-LINE и использовать топологию события в триггере, то есть в системе запуска оцифровки и чтения информации с детектора.

Описываемый трековый процессор является устройством, позволяющим по информации о сработавших проволоках дрейфовой и Z-камер принять решение о наличии хотя бы одного физически правильного трека, т. е. выходящего из места встречи пучков и описывающего движение заряженной частицы в магнитном поле.

## ТРЕКОВЫЙ ПРОЦЕССОР

### Принципы поиска треков:

При использовании цилиндрической многослойной проволочной камеры трек определяется как геометрическое место сработавших проволок в каждом слое. Все возможные комбинации проволок (а следовательно, и все возможные треки) могут быть вычислены заранее, и для поиска «хорошего» события достаточно обеспечить проверку имеющейся информации о сработавших проволоках на совпадение с эталоном — маской. Проверка на совпадение в описываемом трековом процессоре осуществляется на основе ОЗУ (оперативное запоминающее устройство), что обеспечивает высокую гибкость системы при удовлетворительном быстродействии (зависит от технологии используемой памяти, [2]).

Поиск трека начинается с опорной точки, выбираемой на са-

мом удаленном от оси пучка регистрирующем слое, т. е. в Z-камере. Опорная точка определяется как объединение по И ближайших ячеек соседних слоев Z-камеры, см. рис. 3. Всего получается 64 опорные точки. Нижний порог по поперечному импульсу, задаваемый экспериментатором и определяющий условия подготовки процессора к работе, а также опорная точка, определяют область в R—Ф плоскости, в которой могут быть обнаружены треки с заданным порогом по поперечному импульсу и проходящие через определенную опорную точку. Этой области ставится в соответствие набор масок, образованных ячейками проволочной камеры, причем одна ячейка маски состоит из нескольких ячеек камеры, объединенных по ИЛИ.

Особенностью любого магнитного детектора является искривление реально регистрирующей ячейки. Заряженная частица в скрещенных магнитном и электрическом полях дрейфует не по направлению силовых линий, а под некоторым углом  $\alpha$  к ним, зависящим от величины полей и скорости дрейфа (а значит и от газового наполнения камеры):

$$\operatorname{tg} \alpha = v_{\text{дрейфа}} \cdot E / B.$$

Для КМД-2 эта величина может достигать  $45^\circ$ . Таким образом, регистрирующая ячейка является частью сектора, заключенной между двумя параллельными прямыми, проходящими через соответствующие полевые проволочки под некоторым углом  $\alpha$  (для определенности положим  $\alpha = 45^\circ$ , см. рис. 3). Чтобы не образовалось «окон» в регистрирующих слоях, для образования регистрирующей ячейки потребовалось объединение по ИЛИ проволочек соседних слоев. С учетом того, что Z-камера длиннее дрейфовой, т. е. проволочки, начиная с 14 и по 19, могут не сработать, хотя трек и пройдет через соответствующую опорную точку, образовано четыре регистрирующих слоя (счет проволочек от центра камеры, см. рис. 3):

- 1 — проволочки 1 и 2;
- 2 — проволочки 4, 5 и 6;
- 3 — проволочки 7, 8 и 9;
- 4 — проволочки 10, 11, 12 и 13;

После задания регистрирующих слоев определяем область, покрываемую всеми физически правильными треками, проходящими через заданную опорную точку. Для обеспечения максимальной универсальности рассматривались треки, начинающиеся из любой

точки вакуумной камеры с импульсами вплоть до минимально возможного, то есть при котором частицы достигают внешней Z-камеры. В результате получилось, что одна область включает до 39 информационных ячеек. Это означает, что при решении задачи «в лоб» для учета всех возможных комбинаций требуется 39-разрядная память. Очевидно, что выполнить такое условие практически невозможно, тем более, что это и не требуется, так как достаточно разбить область на луночки (рис. 4), внутри которых число ин-

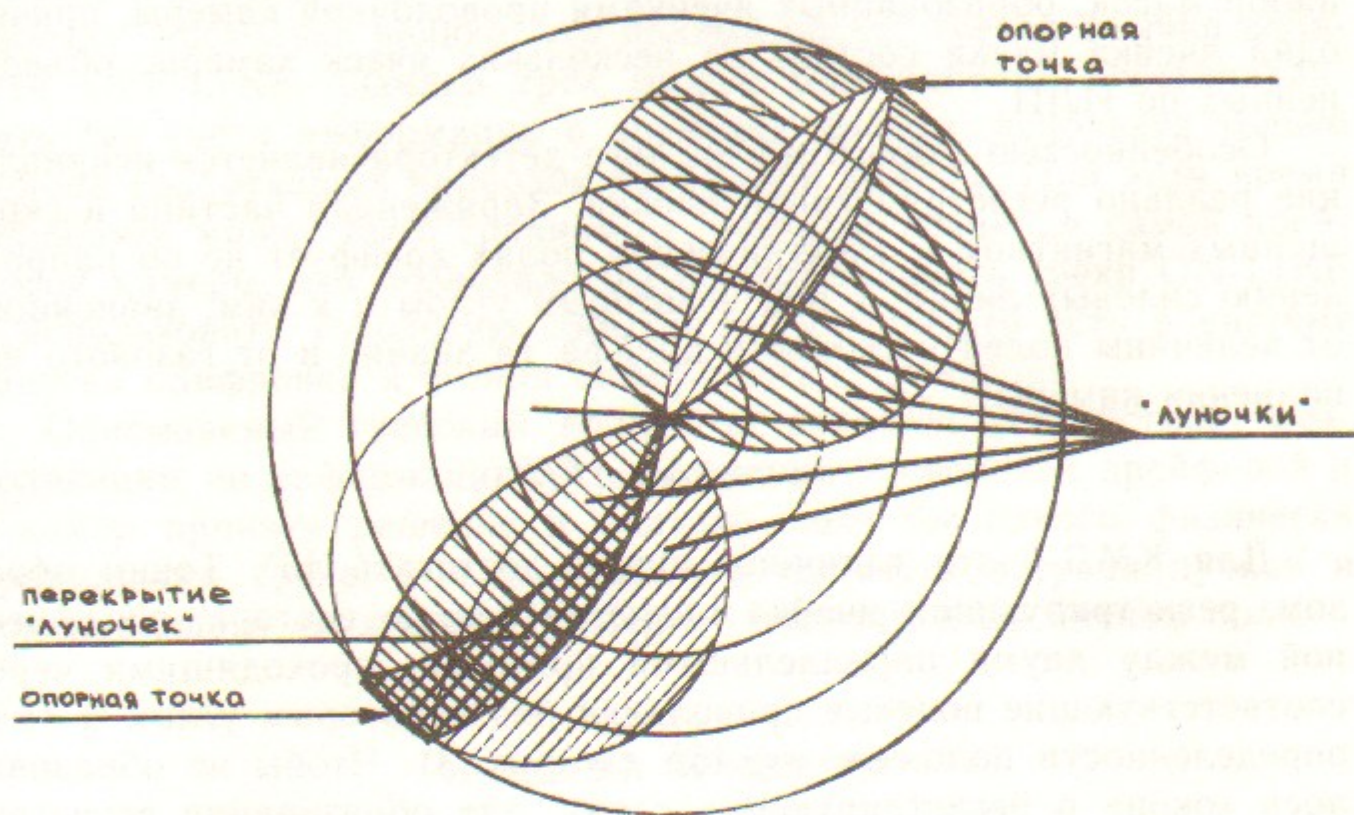


Рис. 4

формационных ячеек равно разрядности используемой памяти. По границам луночек определяются границы импульсов частиц, треки которых лежат внутри данной луночки. И последнее: в силу конечности размера опорной точки луночки перекрываются и тем сильнее, чем больше размер опорной точки (рис. 4). Это означает, что из  $N$  ячеек одной луночки часть участвует в формировании масок другой луночки, что в конечном счете ведет к росту объема памяти. Поэтому размер опорной точки был уменьшен путем объединения по И соседних ячеек Z-камеры (вместо используемого в системе предтриггера объединения по ИЛИ).

В результате имеем, что для идентификации трека по пяти точкам (4 информационных слоя и опорная точка) на одну область

требуется 5 корпусов 12-разрядной памяти ( $4K \times 1$ ), наиболее распространенной организации для статических ОЗУ. Поскольку опорных точек 64, то в случае полностью параллельного поиска треков потребовалось бы 320 корпусов памяти с временем выборки до 400 нс. Время выборки определяется из условия: время дрейфа (максимум 400 нс) плюс время выборки памяти должно быть меньше одной микросекунды — на это время выставляются сигналы сработавших проволок, которые после отработки трекового процессора будут (или не будут, в зависимости от его решения) фиксироваться с целью последующей обработки. Для сокращения числа корпусов как памяти, так и сопутствующих устройств за основу взят параллельно-последовательный способ поиска треков. При этом способе имеется массив масок на четыре области и кольцевые сдвиговые регистры длины 16 (см. ниже), в которые помещается образ дрейфовой камеры в виде сработавших информационных ячеек. Далее за 16 тактов (сдвиг — сравнение) осуществляется последовательное сравнение всех областей с массивом масок. Понятно, что при этом меняется требование на время выборки памяти.

Использовать сдвиговые регистры длины 16 битов при условии одновременного поиска в четырех областях позволяет аксиальная симметрия дрейфовой камеры КМД-2 по углу  $\Phi$  ( $2\pi/16$ ). Если же осуществлять поиск одновременно в восьми областях (дважды по четыре опорных точки, диаметрально противоположных), то при использовании статического ОЗУ К500РУ470 (К1500РУ470) с временем выборки до 35 нс можно уложиться в те же 400 нс (8 тактов по 50 нс). При этом требуется 40 корпусов ОЗУ (РУ470) и 20 корпусов сдвиговых регистров 1500ИР141 (или 40 корпусов 500ИР141), что существенно меньше, чем в параллельном варианте.

#### Структурная схема трекового процессора:

Структурная схема трекового процессора представлена на рис. 5. Трековый процессор размещен в КАМАК-модуле 8М на трех платах. На двух размещены сдвиговые регистры, КАМАК-регистры адреса, ОЗУ1 и ОЗУ2, на третьей — дешифратор КАМАК-функций, схемы управления и принятия решения и разветвители выходов ОЗУ.

Сдвиговые регистры: 10 кольцевых сдвиговых регистров длины 16 ( $20 \times 1500ИР141$ ). Имеется три режима работы:

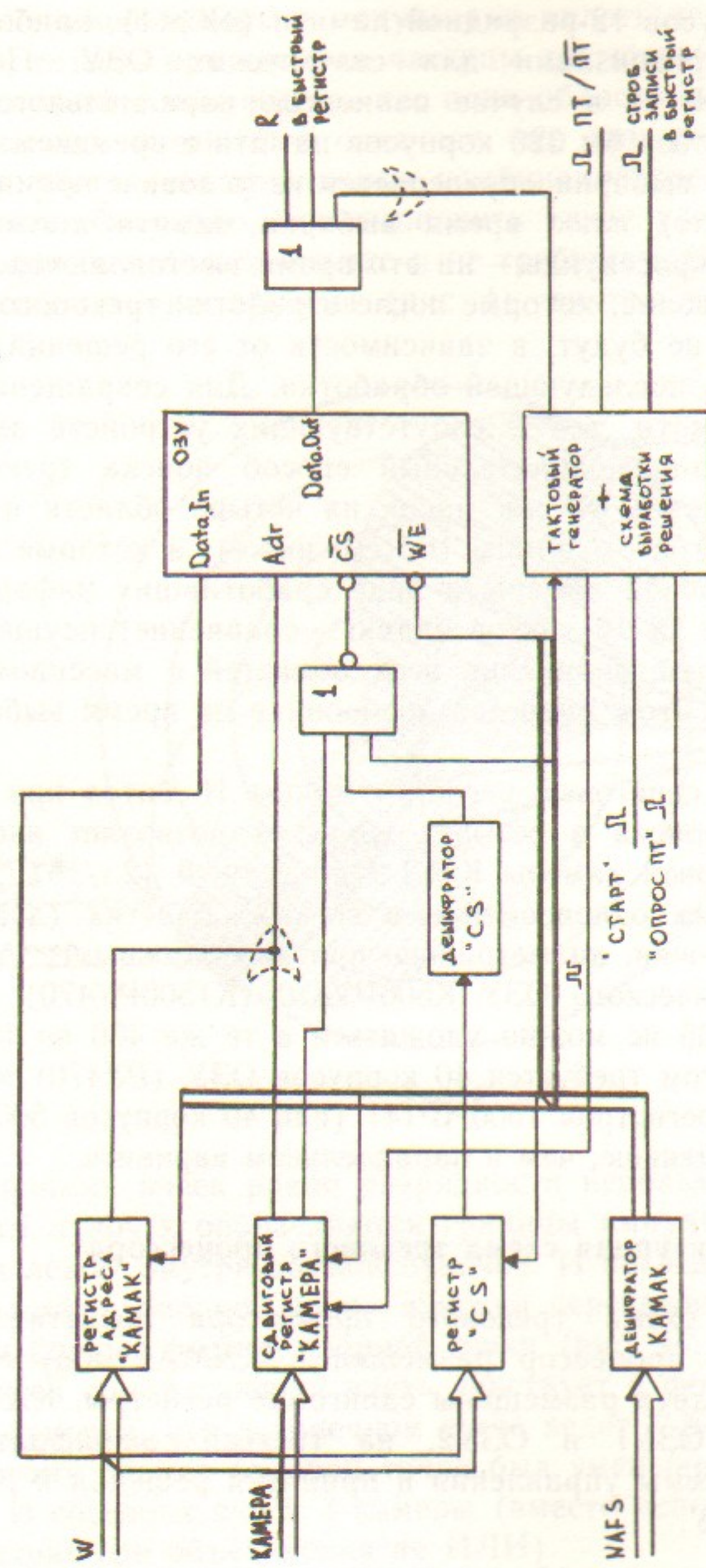


Рис. 5.

- 1) загрузка из камеры;
- 2) циклические сдвиги влево;
- 3) сдвиги вправо (обнуление регистров при работе с КАМАК).

На счетный вход подается частота 20 МГц, а в режиме сдвига вправо — 16 импульсов с дешифратора КАМАК-функций. Загружаются регистры по принципу: наличие срабатывания в ячейках или в опорной точке соответствует 1 (ЭСЛ).

44-разрядный КАМАК-регистр адреса ( $8 \times 555\text{IP}23 + 4 \times 555\text{TM}9$ ) загружается за три КАМАК-цикла с шин  $W(1 \div 16)$  магистрали. Адрес ОЗУ1 и ОЗУ2 может браться с КАМАК-регистра (через 500ПУ124) или со сдвигового регистра, соответствующие выходы объединены проводным ИЛИ.

Поскольку КАМАК-адрес на плате не инвертируется, надо делать инверсию адреса на программном уровне при загрузке, т. е. сработавшей ячейке маски соответствует 0 (ЭСЛ).

ОЗУ выполнено на 40 корпусах 1500РУ470:

- статическая память, организация  $4\text{K} \times 1$ ;
- время выборки адреса 25 (максимум 35) нс;
- время выборки разрешения 10 (максимум 15) нс.

Выборка (CS) ОЗУ осуществляется в трех режимах:

- 1) управление CS опорной точкой;
- 2) индивидуальный CS — при работе с КАМАК при загрузке;
- 3) общий CS (отдельно для ОЗУ1 и ОЗУ2) для КАМАК-чтения ОЗУ1 или ОЗУ2.

В режиме КАМЕРА ОЗУ используется только для чтения. Адрес и CS выставляются так, что через 39 нс после сдвига можно гарантированно читать информацию на выходе ОЗУ.

В режиме КАМАК запись по любому адресу в ОЗУ выполняется в несколько приемов:

- 1) запись 44-разрядного адреса в КАМАК-регистр адреса (из них только 12 разрядов значащих) — 3 КАМАК-цикла;
- 2) запись в регистр CS — один КАМАК-цикл и делается существенно реже;
- 3) собственно запись: бит данных с шины  $W1$  через 500ПУ124 подается на Data.In, а импульс записи WE подается по стробу S1 (длительность около 200 нс).

При чтении ОЗУ все 20 CS ОЗУ1 (или ОЗУ2) выбираются одновременно и на шину R подается 20-разрядное слово, каждому биту которого соответствует свой корпус ОЗУ.

Каждый выход ОЗУ Data.Out размножается при помощи элементов ЗИЛИ-3 ( $20 \times 500\text{ЛП}210$ ).

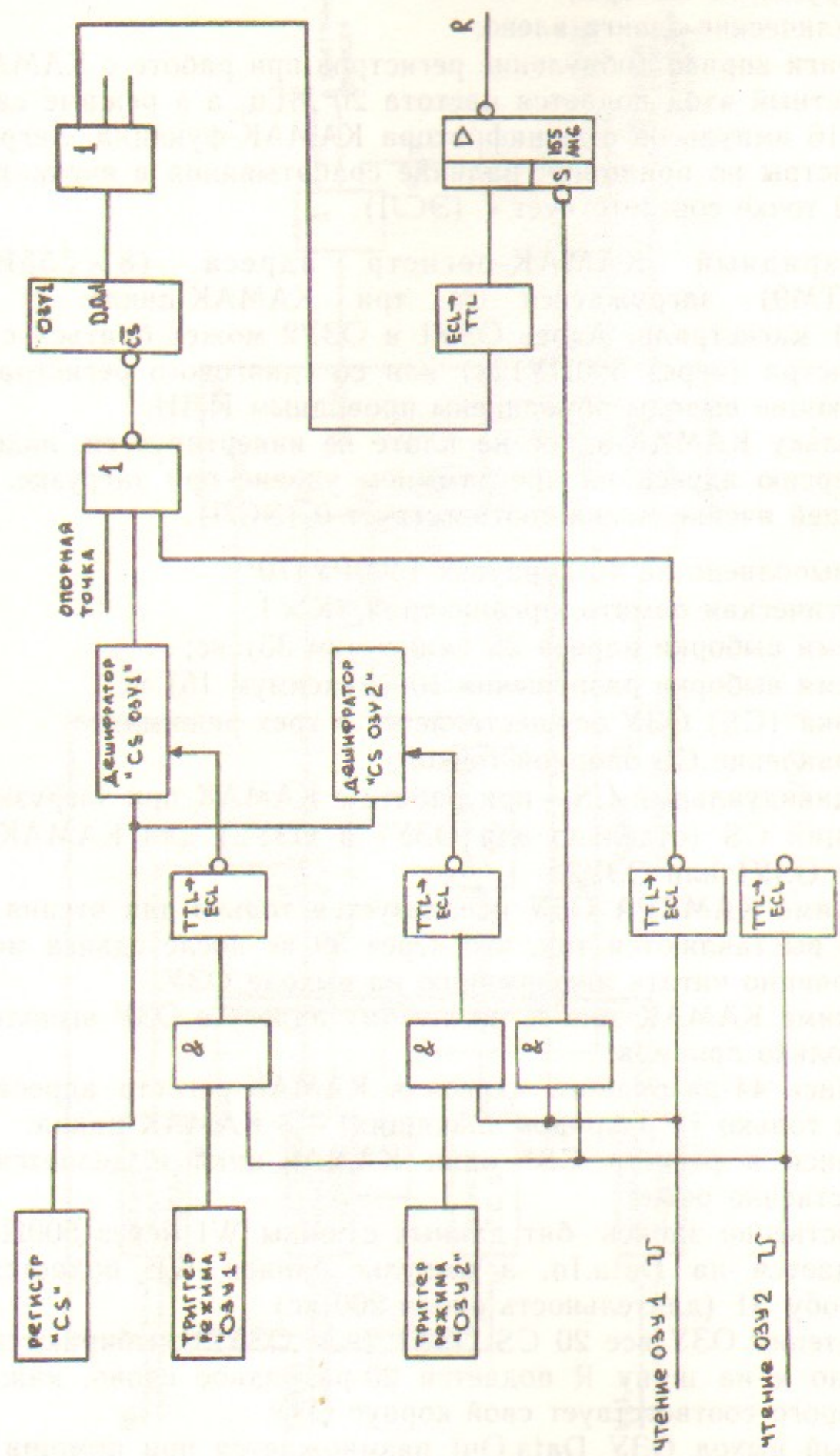


Рис. 6.

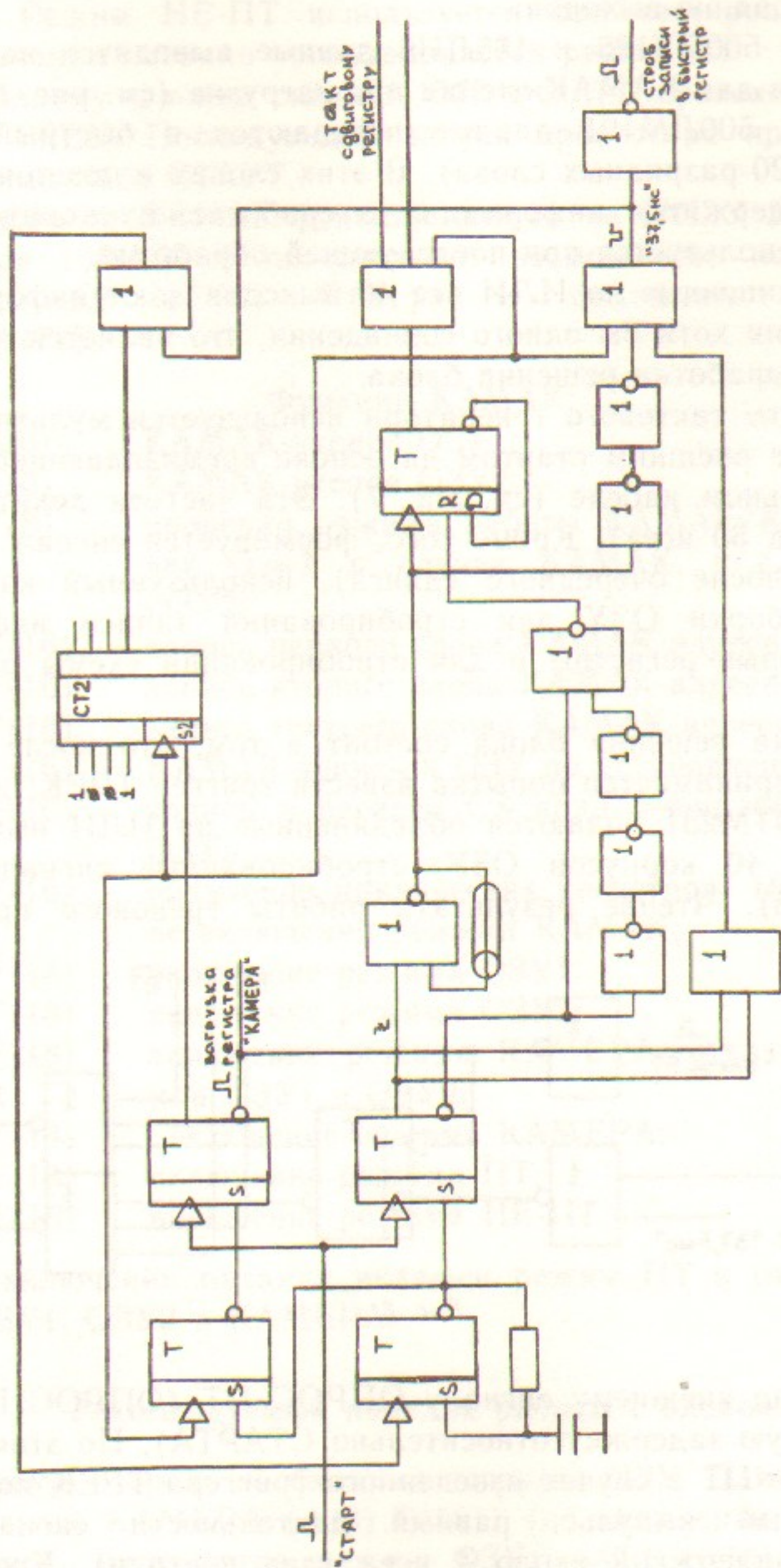


Рис. 7.

Использование выходов:

- 1) Через 500ПУ125 и 155ЛН6 данные выводятся на шину R крейта для КАМАК-чтения при загрузке (см. рис. 6).
- 2) Через 500ЛМ101 данные передаются в быстрый регистр (два 20-разрядных слова). В этих словах в позиционном коде содержится информация о сработавших корпусах ОЗУ, что используется при последующей обработке.
- 3) Объединенные по ИЛИ все 40 выходов дают информацию о наличии хотя бы одного совпадения, что является критерием для выработки решения блока.

В качестве тактового генератора используется мультивибратор на 40 МГц с внешним стартом на основе времязадающей цепочки на коаксиальном кабеле (см. рис. 7). Эта частота делится в два раза (период 50 нсек). Кроме того, формируется сигнал «37.5 нс» (37.5 нсек после очередного сдвига), используемый как эталон времени выборки ОЗУ для стробирования записи информации ОЗУ в быстрые регистры и для стробирования схемы выработки решения.

Выработка решения блока состоит в том, что после каждого сдвига предпринимается попытка взвести триггер ТРЕК: на вход S триггера 500ТМ231 подаются объединенные по ИЛИ выходы Data.Out всех 40 корпусов ОЗУ, стробированные сигналом «37.5 нсек» (рис.8). Чтение результата работы трекового процессора

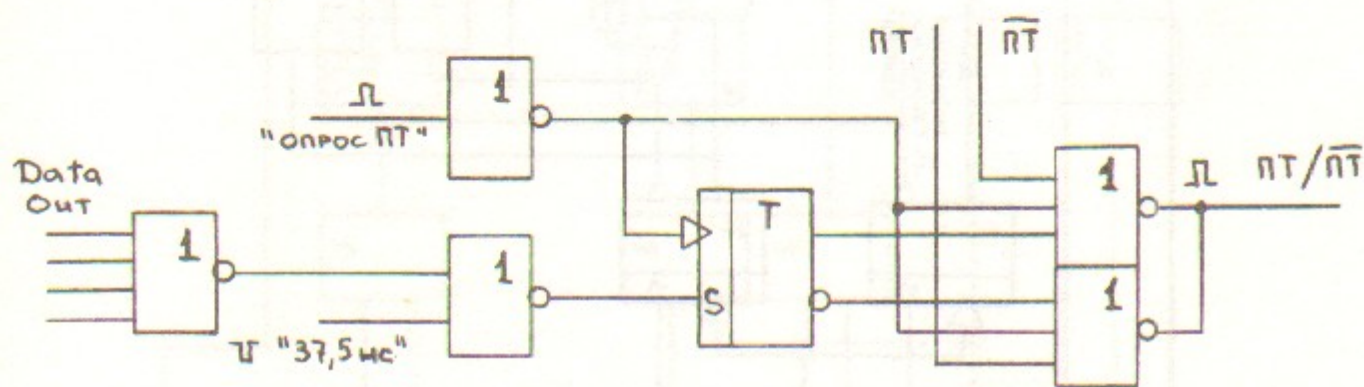


Рис. 8

происходит по внешнему сигналу ОПРОС ПТ (ОПРОС ПТ имеет калиброванную задержку относительно СТАРТА). По этому сигналу на выходе ПТ в случае взведенного триггера ТРЕК появляется положительный импульс, равный длительности сигнала ОПРОС ПТ с задержкой около 4 нсек (два вентиля). Кроме того, возможен режим работы, когда импульс на выходе ПТ появляется в случае невзведенного триггера ТРЕК (так называемый режим

НЕ-ПТ). Режим НЕ-ПТ используется при тестировании блока. При включении питания устанавливается режим ПТ.

По заднему фронту сигнала ОПРОС ПТ происходит очистка триггера ТРЕК. Последующий запуск процессора происходит по приходу импульса СТАРТ.

Дешифратор КАМАК-функций собран на ППЗУ 565РТ5 и дешифраторе 155ИД3 и обеспечивает возможность использования всех команд ( $F(0) - F(31)$ ) и половины субадресов ( $A(0) - A(7)$ ).

#### Функции КАМАК:

N.A(0).F(0)	КАМАК-чтение ОЗУ1;
N.A(1).F(0)	КАМАК-чтение ОЗУ2;
N.A(0).F(8)	проверка режима работы КАМАК/КАМЕРА: ответ $Q=1$ в случае КАМАК, т. е. ОЗУ1 или ОЗУ2;
N.A(0).F(16)	запись первого слова КАМАК-адреса ОЗУ;
N.A(1).F(16)	запись второго слова КАМАК-адреса ОЗУ;
N.A(2).F(16)	запись третьего слова КАМАК-адреса ОЗУ;
N.A(3).F(16)	КАМАК-запись в ОЗУ по установленному адресу;
N.A(4).F(16)	запись в регистр CS кода выбираемого корпуса ОЗУ;
N.A(5).F(16)	обнуление циклических регистров: 16 тактов после включения режима КАМАК;
N.A(0).F(18)	включение режима ОЗУ1;
N.A(1).F(18)	включение режима ОЗУ2;
N.A(2).F(18)	включение режима КАМЕРА, отключение режимов ОЗУ1 и ОЗУ2;
N.A(3).F(18)	отключение режима КАМЕРА;
N.A(4).F(18)	включение режима ПТ;
N.A(5).F(18)	включение режима НЕ-ПТ;

При включении питания включен режим ПТ и отключены режимы ОЗУ1, ОЗУ2 и КАМЕРА.

#### Рекомендуемый порядок работы с блоком:

В первую очередь необходима загрузка ОЗУ. Для этого отключается режим КАМЕРА ( $A(3).F(18)$ ) (по включении питания обязательно), включается режим ОЗУ1 ( $A(0).F(18)$ ) или ОЗУ2 ( $A(1).F(18)$ ) или ОЗУ1 и ОЗУ2, в зависимости от того, предстоит загружать ОЗУ1 или ОЗУ2 или то и другое одновременно. За-



тем обнуляются сдвиговые регистры (регистр КАМЕРА ) путем исполнения 16 раз команды A(5).F(16).

Далее для каждого корпуса ОЗУ1 (ОЗУ2) выполняются следующие действия: в регистр CS пишется код выбираемого корпуса ОЗУ (A(4).F(16), 5 бит), после чего 4096 раз производятся операции установления КАМАК-адреса ОЗУ в регистре КАМАК (три команды: A(0-2).F(16), 16 бит) и записи бита информации в ОЗУ (A(3).F(16), 1 бит) с последующей его проверкой (A(0).F(0) для ОЗУ1 и A(1).F(0) для ОЗУ2, N-й разряд читаемого 20-разрядного слова, где N соответствует записанному в регистр CS коду).

После загрузки ОЗУ1 и ОЗУ2 включается режим ответов ПТ (A(4).F(18)) (по включении питания необязательно). Наконец, включается режим КАМЕРА (A(2).F(18)) (после этого на A(0).F(8) отдается  $Q=0$ , что означает работу с камерой).

Питание (ориентировочно):

-5 В	15 (максимум 18 А)
+5 В	2 (максимум 2.2 А)
-2 В	~7.5 А

Примечание:

-5 В и -2 В берутся от внешнего источника (не из крейта КАМАК).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов Г.А. и др. Проект детектора КМД-2 для ВЭПП-2М. Препринт ИЯФ СО АН СССР 85-118. Новосибирск, 1985.
2. Баранов В.В. и др. Полупроводниковые БИС запоминающих устройств. — М.: Радио и связь, 1987.

В.М. Аульченко, Г.С. Пискунов, Е.П. Солодов,  
В.М. Титов

#### Трековый процессор для КМД-2

Ответственный за выпуск С.Г.Попов

---

Работа поступила 11 марта 1988 г.  
Подписано в печать 17 марта 1988 г. МН 08199  
Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 1,5 печ.л., 1,2 уч.-изд.л.  
Тираж 200 экз. Бесплатно. Заказ № 43

---

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