



Сибирское отделение Российской Академии наук  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им.Г.И. Будкера

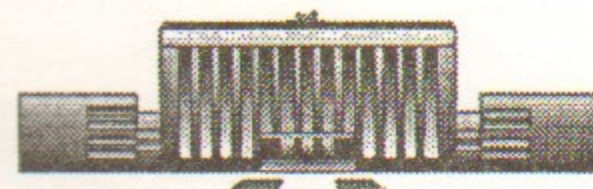
Б.90  
1998

Д.А. Букин, Ю.С. Великжанин, Т.В. Димов,  
В.П. Дружинин, С.В. Кошуба, Ю.В. Усов

ЛОГИКА ТРЕКОВ  
(трековый процессор)  
ДЛЯ СНД

ИЯФ 98-15

БИБЛИОТЕКА  
Института ядерной  
Физики СО АН СССР  
ИНВ. № 1007



НОВОСИБИРСК  
1998

## Логика Треков (трековый процессор) для СНД

Д.А.Букин, Ю.С. Великжанин, Т.В.Димова,

В.П.Дружинин, С.В. Кошуба, Ю.В.Усов

Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН,  
630090, Новосибирск

В данной работе описан трековый процессор системы первичного триггера сферического нейтрального детектора (СНД), работающего на накопителе ВЭПП-2М ИЯФ СО РАН. Данный прибор работает с 1991 года. В 1997 году введена в строй модернизированная Логика Треков на основе ПЛИС ALTERA, которая позволяет строить более гибкий триггер для отбора событий. Логика Треков работает с частотой накопителя 16МГц без создания «мёртвого времени». Качество устройства позволило исключить вторичный триггер из системы отбора событий.

## Track Logic (track finder) for SND

D.A.Bukin, Y.S.Velikzhanin, T.V.Dimova,

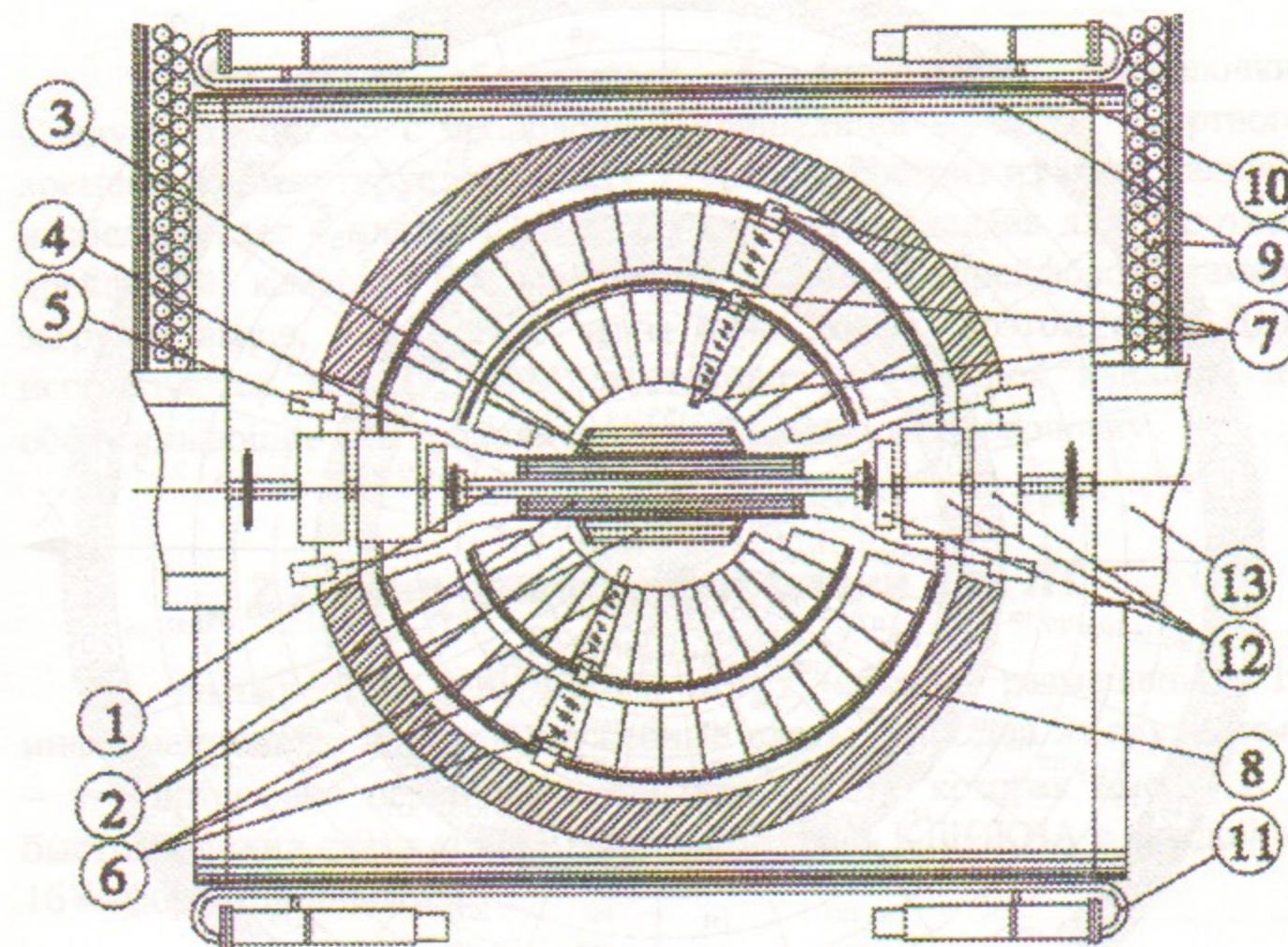
V.P.Druzhinin, S.V.Koshuba, Y.V.Usov

Budker Institute for Nuclear Physics,  
630090 Novosibirsk, Russia

The following paper represents a track finder of the first-level trigger for Spherical Neutral detector (SND), operating on the VEPP-2M collider at BINP, Novosibirsk, Russia. This device operates since 1991. An improved version of Track Logic, based on ALTERA devices, started operation in 1997. The last one allows to construct more flexible trigger for the events selection in comparison with the old version. Track Logic operates with the frequency of collider 16MHz. The quality of this device allowed to exclude a second-level trigger from DAQ.

## 1. Координатная система

Главная часть СНД [1] – трехслойный сферический калориметр на основе кристаллов NaI (рис.1). В одном слое находится 560 кристаллов. Полный телесный угол калориметра составляет  $0.9 \cdot 4\pi$ . В азимутальном направлении калориметр разбит на 40 секторов. Физически кристаллы организованы в 160 «башен» размером  $2 \times 2 \times 3$  кристаллов и Первичный Триггер (ПТ) работает с «башнями» [2]. Для использования в Логике Треков «башни» объединены в 20 секторов.



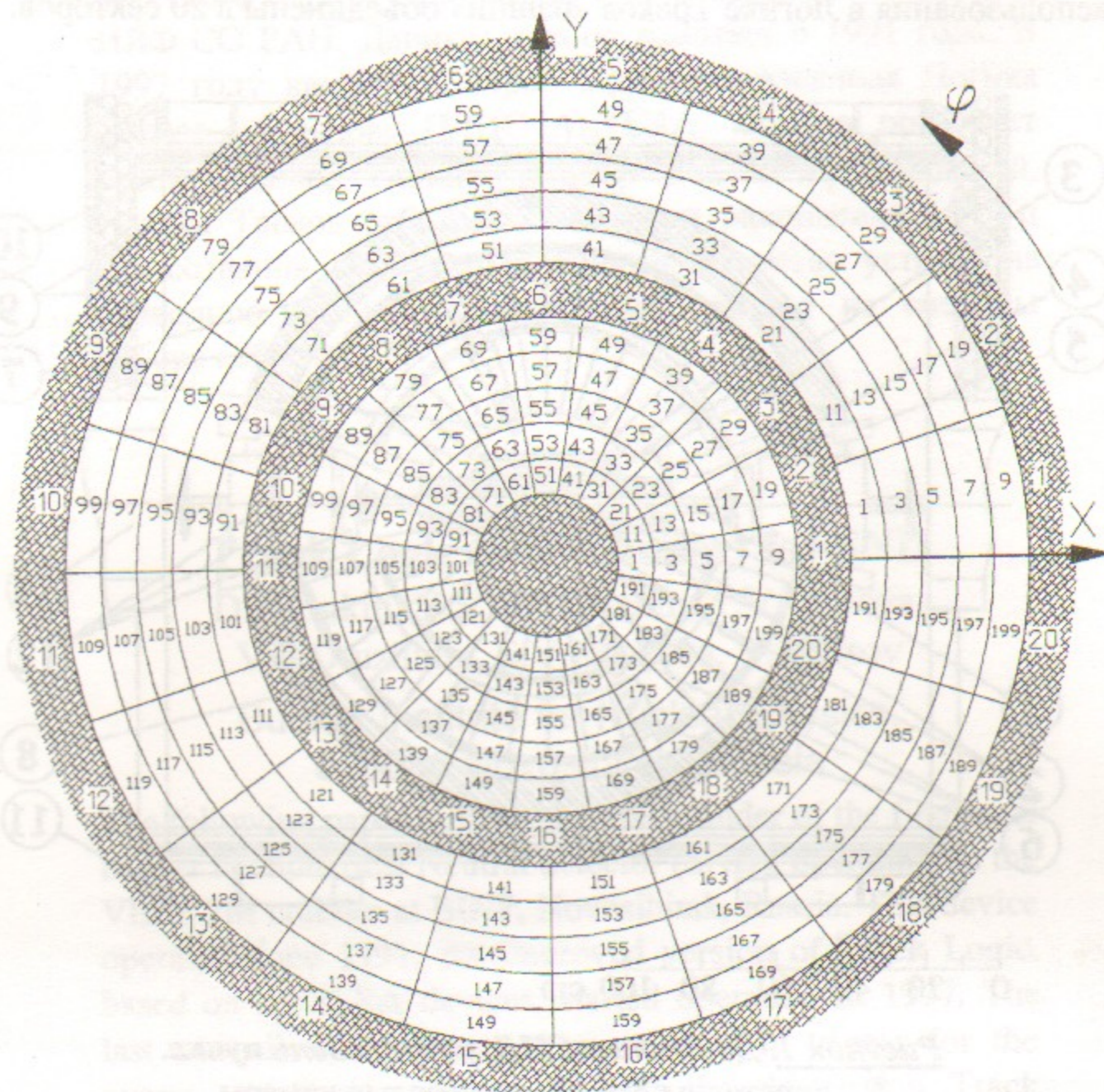
0 20 40 60 80 100 cm

Рисунок 1. Детектор СНД, разрез вдоль пучка.

① - кристаллы NaI, ② - дрейфовые камеры.

Для регистрации треков заряженных частиц в центре детектора расположена система из двух дрейфовых камер (рис.2).

Ближайшая к пучку длинная дрейфовая камера (ДДК) имеет внутренний диаметр 40мм., наружный 120мм. и длину 400 мм. Внешняя короткая дрейфовая камера (КДК) длиной 250мм., диаметрами 140 и 240 мм., служит главным образом для улучшения распознавания сложных событий. Обе камеры разбиты на 20 секторов по 5 чувствительных проволочек в секторе. В поперечном направлении координата измеряется по времени дрейфа, продольная координата измеряется методом деления заряда. Сектора КДК сдвинуты на полсектора ( $9^\circ$ ) относительно секторов ДДК.



**Рисунок 2.** Поперечный разрез системы дрейфовых камер детектора СВД с нумерацией предусилителей и секторов.

## 2. Электроника дрейфовых камер

### 2.1 Снятие информации с анодных проволочек

Регистрирующая электроника дрейфовых камер расположена в спецкрейте КЛЮКВА [3]. Сигналы с проволочек поступают на предусилители, расположенные на детекторе. От предусилителей витой парой сигналы подаются в платы Т2А или Т2АМ [4], расположенные в спецкрейтах КЛЮКВА. Каждая из этих плат состоит из четырех каналов с «мертвым временем» 1мксек.

Плата Т2А обслуживает 4 сигнальных проволочки. Следующий сигнал с проволочки (пришедший во время «мертвого времени») коммутируется в плату Т, которая состоит из 16-ти каналов и обслуживает 4 платы Т2А. Такая структура сделана для короткой дрейфовой камеры. Во внутренней длинной дрейфовой камере загрузка выше, чем в КДК из-за фона пучка, поэтому для ДДК используются платы Т2АМ, состоящие из четырех каналов, но обслуживающие две проволочки – по 2 канала на проволочку.

### 2.2 Получение информации для ЛТ

В спецкрейте КЛЮКВА могут быть размещены 16 информационных плат и 4 служебные платы [3]. Одна из служебных – это интерфейс первичного триггера (ИПТ), которая имеет по 4 быстрых линии связи «FOR» через магистраль КЛЮКВА с каждой из 16 информационных плат.

Платы Т2А и Т2АМ формируют на линиях FOR логические сигналы о срабатывании проволочек, ИПТ аккумулируют их и выдают информацию для Логики Треков (ЛТ). Таким образом, все сигналы для ЛТ поступают параллельно, что позволяет работать с информацией без создания «мертвого времени» при помощи организации конвейера с частотой работы накопителя 16МГц (60нсек.).

ИПТ ДК	1-ый слой ДК										ИВ	РСС	
ИПТ ДК	2-ой слой ДК										ИВ	РСС	
ИПТ ДК	3-ий слой ДК										ИВ	РСС	
ИПТ ДК	4-ый слой ДК										ИВ	РСС	
ИПТ ДК	5-ый слой ДК										ИВ	РСС	
ИПТ КК	1 слой КК		Т	2 слой КК		Т	1 КК	2 КК	3 КК	4 КК	Т	ИВ	РСС

**Рисунок 3. Расположение плат координатной системы в стойке спецкрейтов КЛЮКВА.**

Логика Треков использует:

- информацию о срабатывании 100 проволочек внутренней дрейфовой камеры, которая собирается ИПТ ДК (ИПТ длинной дрейфовой камеры) — 100 сигналов;

- информацию о срабатывании двух внутренних слоёв наружной дрейфовой камеры, которая аккумулируется ИПТ КК (ИПТ короткой дрейфовой камеры) — 20 сигналов;

- информацию о срабатывании секторов калориметра, которая формируется в ИПТ калориметра и в блоках «ИЛИ» калориметра [2] — 20 сигналов.

Электроника дрейфовых камер расположена в стойке из шести крейтов КЛЮКВА, которая изображена на рис.3.

### 2.3 ИПТ длинной дрейфовой камеры

Согласно рис.3, имеется пять плат ИПТ ДК в соответствии с количеством слоев ДДК. В крейте с ИПТ ДК расположены:

- 10 плат Т2АМ, обрабатывающие информацию от 20 проволочек одного слоя ДДК;
- 4 платы Т2А, обрабатывающие сигналы 16 проволочек одного слоя КДК;
- плата Т, обслуживающая эти 4 платы Т2А.

Таблица 1 показывает соответствие позиций плат в спецкрейте КЛЮКВА, содержащем ИПТ ДК, секторам камеры согласно нумерации на рис.2.

**Таблица 1 Расположение плат в крейте ДДК.**

Позиция платы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
название платы	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т2АМ	Т
№ сектора	1,2	3,4	5,6	7,8	9,10	11,12	13,14	15,16	17,18	19,20	1,2,3,4	5,6,7,8	9,10,11,12	13,14,15,16	
название камеры	ДДК	ДДК	ДДК	ДДК	ДДК	ДДК	ДДК	ДДК	ДДК	ДДК	КДК	ДК	КДК	КДК	

ИПТ ДК (рис.4) формирует два вида сигналов: для Логики Треков и для Логики Слоев. Основные части блока:

- динамический формирователь постоянной длительности (ДФПД) на входе по положительному фронту сигнала FOR формирует импульс длительностью  $\approx 50$ нсек. Нужен для выравнивания длительности входных сигналов, которая зависит от амплитуды сигнала с проволоочки (а эта амплитуда - от длины трека в ячейке).
- логика «ИЛИ» формирует сигналы «ИЛИ слоя» для использования в Логике Слоёв.
- формирователи с продлеванием времени (ФПВ) формируют необходимую длительность сигналов для согласования времён дрейфа в дрейфовых камерах. Длительность формирования зависит от разброса времени дрейфа в ячейке, то есть от её размера или от номера слоя.

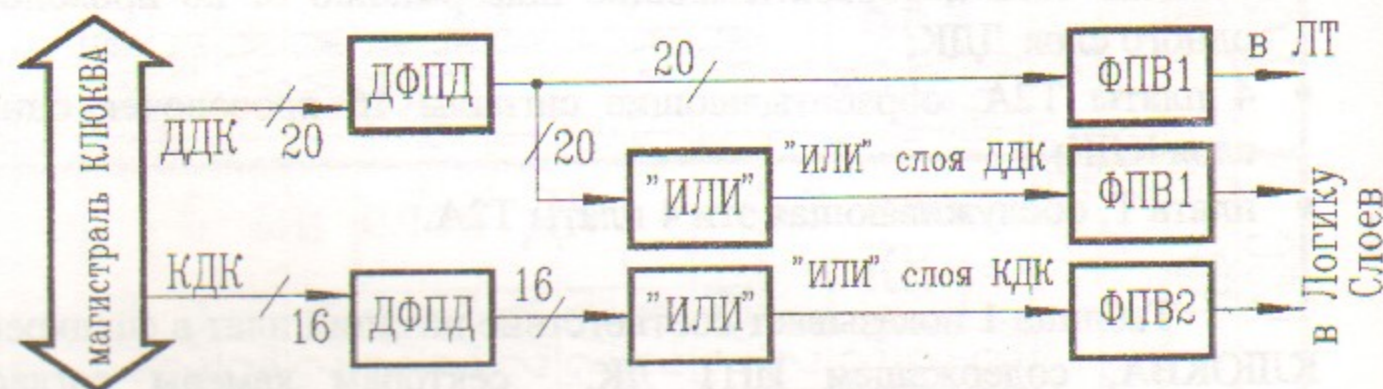


Рисунок 4. Структурная схема ИПТ ДК.

## 2.4 ИПТ короткой дрейфовой камеры

ИПТ КК расположен в самом нижнем крейте в стойке спецкрейтов дрейфовых камер (рис.3). В этом крейте расположены:

- 12 плат Т2А, обрабатывающие сигналы от 48 проволоочек четырёх слоёв КДК;
- 3 платы Т, обслуживающие эти 12 плат Т2А.

Таблица 2 показывает соответствие позиций плат в спецкрейте, содержащем ИПТ КК, ячейкам КДК согласно нумерации на рис.2.

Таблица 2 Расположение плат в крейте КДК.

Позиция платы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
название платы	T2	T2	T2	T2	T	T2	T2	T2	T2	T	T2	T2	T2	T2	T
№ сектора	1, 2, 3, 4	5, 6, 7, 8	9, 10, 11, 12	13, 14, 15, 16		1, 2, 3, 4	5, 6, 7, 8	9, 10, 11, 12	13, 14, 15, 16		17, 18, 19, 20	17, 18, 19, 20	17, 18, 19, 20	17, 18, 19, 20	
№ слоя КДК	1	1	1	1		2	2	2	2		1	2	3	4	

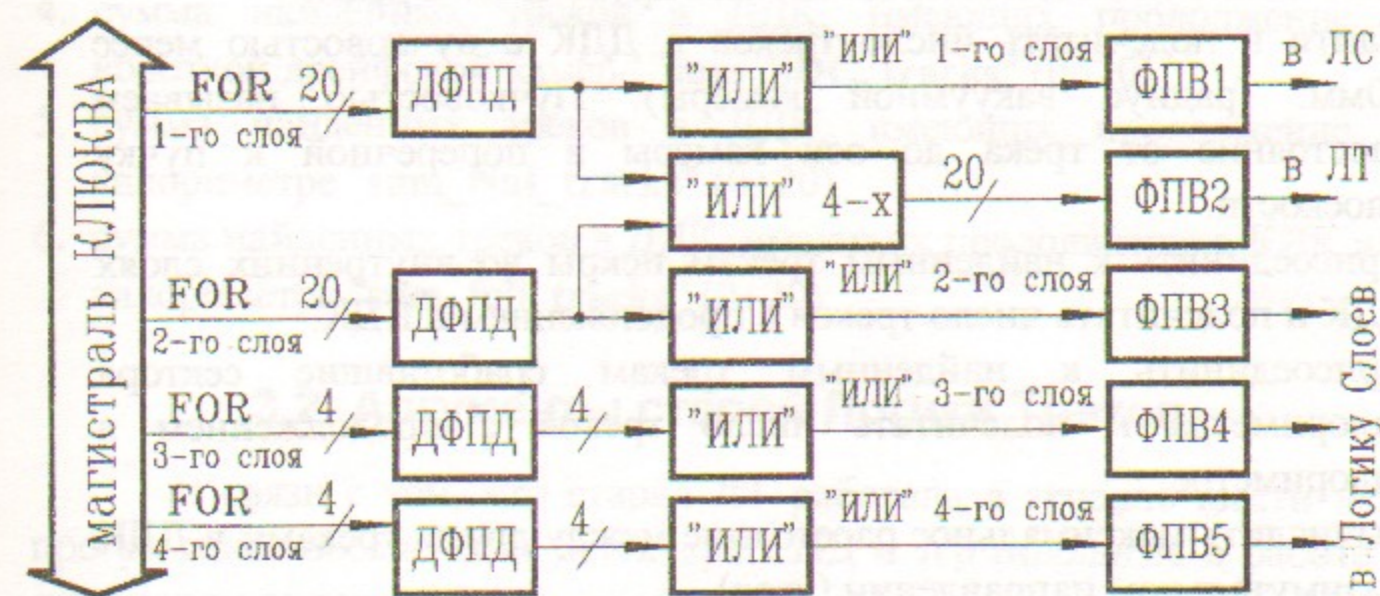


Рисунок 5. Структурная схема ИПТ КК.

Также как и ИПТ ДК, ИПТ КК (рис.5) формирует два вида сигналов: для Логики Треков и для Логики Слоев. Основные части блока:

- динамический формирователь постоянной длительности (ДФПД) на входе по положительному фронту сигнала FOR формирует импульс длительностью  $\approx 50$ нсек.
- логика «ИЛИ» формирует сигналы «ИЛИ слоя» для использования в Логике Слоёв.
- логика «ИЛИ 4-х» формирует сигналы «ИЛИ 4-х проволоочек» из сигналов от соседних ячеек двух внутренних (1 и 2) слоёв КДК для использования в Логике Треков.

- формирователи с продлеванием времени (ФПВ) формируют необходимую длительность сигналов для согласования времён дрейфа в дрейфовых камерах.

### 3. Выходная информация от ЛТ

#### 3.1 Задачи, решаемые Логикой Треков

На ЛТ возложены следующие задачи:

1. Подсчитать количество сработавших проволочек в ДДК.
2. Найти и подсчитать число треков в ДДК с пучковостью менее 20мм. (радиус вакуумной камеры). Пучковостью называем расстояние от трека до оси камеры в поперечной к пучку плоскости.
3. Присоединить к найденным трекам искры во внутренних слоях КДК и подсчитать число треков с продолжением в КДК.
4. Присоединить к найденным трекам сработавшие сектора калориметра и подсчитать число треков с продолжением в калориметре.
5. Вычислить максимальное расстояние между двумя треками в ДДК в азимутальном направлении (угол).

Кроме того, ЛТ должна удовлетворять следующим условиям:

1. Малое «мертвое время». Для этого ЛТ устроена по конвейерному типу, т.е. разбита на логически независимые модули, время работы каждого из которых не превышает 60нсек. (время между столкновениями пучков), по истечении которого модуль передаёт информацию следующему и готов обрабатывать новое событие.
2. Слабая чувствительность к неэффективности камер. Для этого треки в ДДК ищутся по четырём слоям из пяти, а для присоединения КДК используются два внутренних слоя, включённые по «ИЛИ».
3. Гибкость в отборе треков – пучковость должна легко меняться программным образом, без переделки аппаратной части. Это

требуется потому, что при определённых энергиях полезные треки имеют практически нулевую пучковость ~150мкм.

Соответственно, ЛТ вычисляет шесть следующих параметров события:

1. сумма сработавших проволочек в длинной дрейфовой камере "sum\_LDC\_hits" (0÷100).
2. максимальное расстояние между двумя треками в ДДК "Track\_Distance" (0÷9).
3. сумма найденных треков в длинной дрейфовой камере "sum\_LDC\_tracks" (0÷20).
4. сумма найденных треков в ДДК, имеющих продолжение в короткой дрейфовой камере "sum\_SDC\_tracks" (0÷20).
5. сумма найденных треков в ДДК, имеющих продолжение в калориметре "sum\_NaI\_tracks" (0÷20).
6. сумма найденных треков в ДДК, имеющих продолжение в КДК и в калориметре "sum\_full\_tracks" (0÷20).

#### 3.2 Аргументы старой Логики Треков

В связи с тем, что старая ЛТ работала в течение шести лет, программное обеспечение детектора СНД и терминология в работе с детектором ориентированы на названия аргументов старой ЛТ. Ниже приводится список всех 16 аргументов старой ЛТ с соответствующими названиями:

TR1 – один и более треков в ДДК;

TR2 – два и более треков в ДДК;

TR3 – три и более треков в ДДК;

TRS1÷TRS3 – тоже для треков с продолжением в КДК;

CP1÷CP3 – тоже для треков с продолжением в калориметре;

CPS1÷CPS3 – тоже для треков с продолжением в КДК и калориметре;

TRC1, TRC2 – коллинеарные треки в ДДК;

TRD – несоседние треки в ДДК;

nTR1 – «НЕ» TR1 – используется для определения событий без заряженных частиц (например, фотонов).

### 3.3 Аргументы новой Логики Треков

Количество аргументов в новой ЛТ осталось прежним (шестнадцать), но они стали гибче, что позволяет эффективнее строить триггер:

- Вместо практически неиспользуемых аргументов CP3 и CPS3 введены два новых аргумента, определяемых суммой сработавших проволочек в длинной дрейфовой камере "sum\_LDC\_hits" (0÷100):

$$\text{arg1 (CP3)} = a[7..1] \leq \text{sum\_LDC\_hits} \leq b[7..1]$$

$$\text{arg2 (CPS3)} = c[7..1] \leq \text{sum\_LDC\_hits} \leq d[7..1],$$

где a, b, c, d - программируемые 7-разрядные числа.

- Изменены аргументы коллинеарности (TRC1 и TRC2) и несоседних треков (TRD). Вычисляется максимальное расстояние между двумя треками в ДДК "Track\_Distance" (0÷9). Аргументы, получаемые из этого параметра следующие:

$$\text{arg3 (TRC1)} = e5 \$ \{ \text{Track\_Distance} \geq e[4..1] \}$$

$$\text{arg4 (TRC2)} = f5 \$ \{ \text{Track\_Distance} \geq f[4..1] \}$$

$$\text{arg5 (TRD)} = g5 \$ \{ \text{Track\_Distance} \geq g[4..1] \}$$

где e, f, g - программируемые числа, пятый разряд которых определяет полярность (0 - положительный сигнал; 1 - отрицательный), знак «\$» - логическое «исключающее ИЛИ».

#### Примеры:

$$\text{TRC1} = 0 \$ \{ \text{Track\_Distance} \geq 9 \}$$

$$\text{TRC2} = 0 \$ \{ \text{Track\_Distance} \geq 8 \}$$

$$\text{TRD} = 0 \$ \{ \text{Track\_Distance} \geq 1 \}$$

- Вместо сигнала nTR1 строится более гибкий аргумент, определяемый суммой найденных треков в длинной дрейфовой камере "sum\_LDC\_tracks" (0÷20):

$$\text{arg6 (nTR1)} = h5 \$ \{ \text{sum\_LDC\_tracks} \geq h[4..1] \}$$

где h - программируемое число, пятый разряд которого меняет полярность (0 - положительный сигнал, 1 - отрицательный).

#### Пример:

$$\text{nTR1} = 1 \$ \{ \text{sum\_LDC\_tracks} \geq 1 \}$$

- Вместо сигналов TR1÷TR3, TRS1÷TRS3, CP1÷CP2 и CPS1÷CPS2 строятся следующие аргументы, определяемые суммами найденных треков (0÷20) в ДДК "sum\_LDC\_tracks", с продолжением в КДК "sum\_SDC\_tracks", с продолжением в калориметре "sum\_NaI\_tracks", с продолжением в КДК и калориметре "sum\_full\_tracks":

$$\text{arg7 (TR1)} = \{ i[4..1] \leq \text{sum\_LDC\_tracks} \leq i[9..5] \}$$

$$\text{arg8 (TR2)} = \{ j[4..1] \leq \text{sum\_LDC\_tracks} \leq j[9..5] \}$$

$$\text{arg9 (TR3)} = \{ k[4..1] \leq \text{sum\_LDC\_tracks} \leq k[9..5] \}$$

$$\text{arg10 (CP1)} = \{ l[4..1] \leq \text{sum\_NaI\_tracks} \leq l[9..5] \}$$

$$\text{arg11 (CP2)} = \{ m[4..1] \leq \text{sum\_NaI\_tracks} \leq m[9..5] \}$$

$$\text{arg12 (TRS1)} = \{ n[4..1] \leq \text{sum\_SDC\_tracks} \leq n[9..5] \}$$

$$\text{arg13 (TRS2)} = \{ p[4..1] \leq \text{sum\_SDC\_tracks} \leq p[9..5] \}$$

$$\text{arg14 (TRS3)} = \{ q[4..1] \leq \text{sum\_SDC\_tracks} \leq q[9..5] \}$$

$$\text{arg15 (CPS1)} = \{ s[4..1] \leq \text{sum\_full\_tracks} \leq s[9..5] \}$$

$$\text{arg16 (CPS2)} = \{ t[4..1] \leq \text{sum\_full\_tracks} \leq t[9..5] \},$$

где i, j, k, l, m, n, p, q, s, t - программируемые 9-разрядные числа, четыре младших разряда которых определяют нижнее ограничение на сумму, а пять старших - верхнее.

#### Примеры:

$$\text{nTR1} = 0 \leq \text{sum\_LDC\_tracks} \leq 0$$

$$\text{TRS3} = 3 \leq \text{sum\_SDC\_tracks} \leq 20$$

$$\text{CP2} = 2 \leq \text{sum\_NaI\_tracks} \leq 25$$

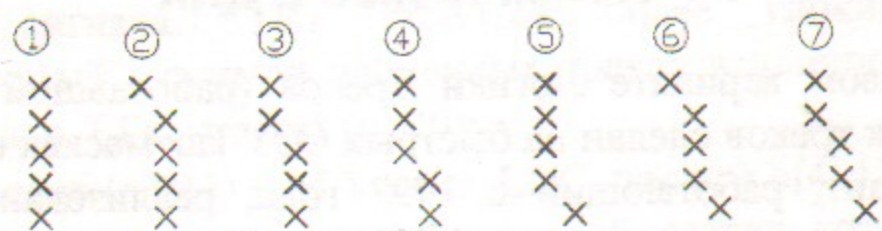
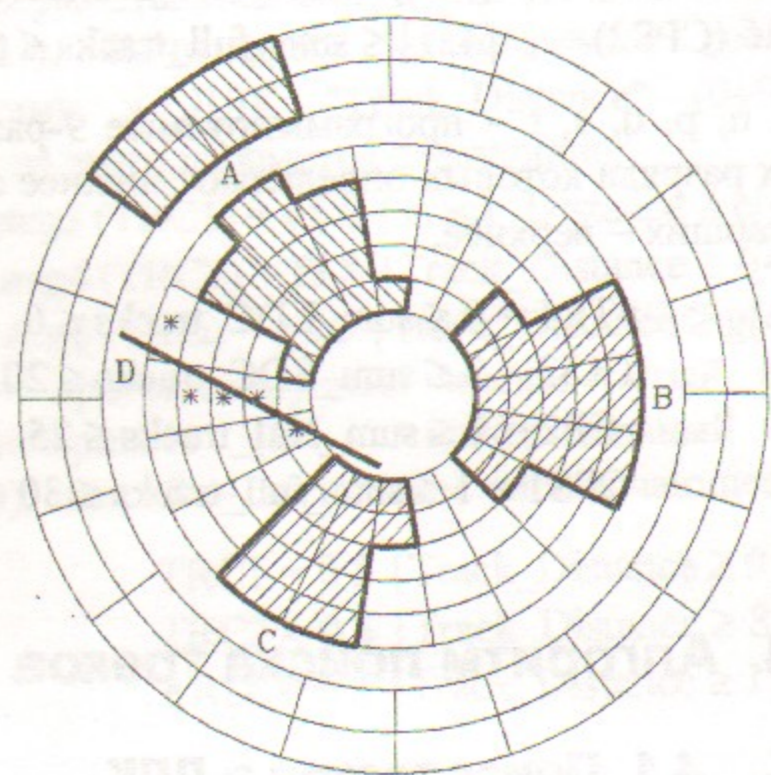
$$\text{CPS1} = 1 \leq \text{sum\_full\_tracks} \leq 30$$

## 4. Алгоритм поиска треков

### 4.1 Поиск треков в ДДК

В первом варианте Логики Треков (работавшем с 1991 по 1997гг.) поиск треков сделан на быстрых ОЗУ как масках совпадений. Второй вариант, работающий с 1997 года, реализован на ПЛИС (программируемых логических схемах) фирмы ALTERA, но логически остался прежним.

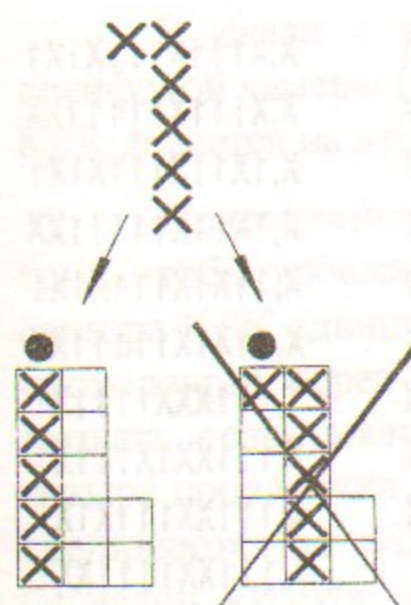
В связи с тем, что требуется присоединение к найденным в ДДК трекам их продолжения в КДК и калориметре, они ищутся относительно внешнего, пятого слоя ДДК. На рис.6(A) изображена область, включающая в себя проволочки, которые могут сработать при прохождении трека с пучковостью от 0 до 20мм. через определённую ячейку пятого слоя. Возможные комбинации сработавших проволочек изображены на этом же рисунке внизу. Для любого трека с пучковостью  $\leq 20$ мм. среди сработавших проволочек будет обязательно присутствовать одна из этих семи комбинаций. Для понимания, откуда взялись эти комбинации, на рис.6(D) изображена комбинация ⑥. Эти семь комбинаций получаются как при простом рассмотрении «на глаз», так и при моделировании. Но этих пятнадцати проволочек на рис.6(A) оказалось недостаточно. Нужно добавить ещё 4 для обеспечения дополнительного перекрытия областей от соседних ячеек пятого слоя (рис.6(B)).



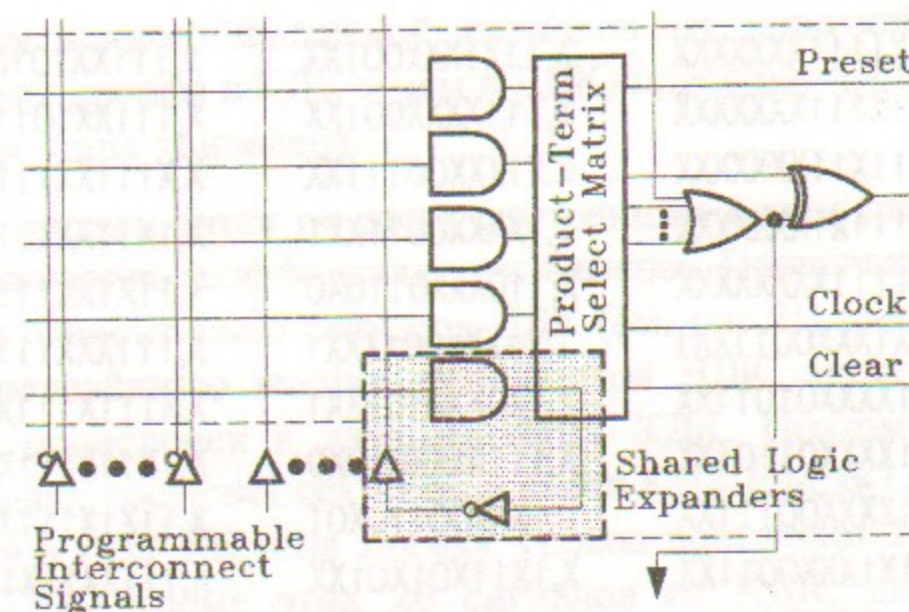
**Рисунок 6.** Возможные комбинации искр для треков с пучковостью  $\leq 20$ мм.

Далее взяли 12-разрядное ОЗУ 1500РУ470 (4096×1) и разбили область «В» на рис.6 на две 12-разрядные области, ищущие левый и правый треки. Эта область изображена на рис.6(C). То есть для каждой ячейки пятого слоя поставили по два ОЗУ, всего  $20 \times 2 = 40$  корпусов.

Отбор комбинаций для записи в ОЗУ производился следующим образом: из семи комбинаций на рис.6 вычёркиванием одной из проволочек получается 28 «базовых» комбинаций. Затем выписываются все комбинации, полученные из «базовых» присоединением дополнительных проволочек; из них вычёркиваются те, которые приводят к раздвоению треков – нахождению одного и того же трека в двух соседних областях (пример такого раздвоения показан на рис.7). В итоге иногда получается, что трек в ДДК сдвинут относительно своего истинного положения на один сектор (как на рис.7).



**Рис.7** Раздвоение треков.



**Рис.8** Логическая часть макроячейки ПЛИС ALTERA серии 7000.

Алгоритм поиска треков в ДДК с помощью 12-адресных ОЗУ (4096 комбинаций) прошел проверку в ходе экспериментов в течение шести лет (1991-1997гг.), а использование 19-адресной логики (524288 комбинаций) области «В» на рис.6 требовало создания нового алгоритма, проверки его и т.п., т.е. длительного времени. Поэтому во



втором варианте ЛТ идеология поиска треков осталась прежней (два 12-адресных ОЗУ на сектор), только реализуется это с помощью логики ПЛИС ALTERA серии 7000.

На рис.8 изображена логика одной макроячейки ПЛИС. Видно, что данная структура позволяет с малыми затратами реализовать логику «ИЛИ нескольких комбинаций И». В новой ЛТ вместо ОЗУ используется логика <<"ИЛИ" 66-ти комбинаций "И">>, которая занимает 13 ячеек ПЛИС вместо одного ОЗУ. Имеется возможность программно менять режим (бит "moda"): или искать треки как в старом варианте (moda=1), или только центральные (moda=0). При "moda=1" таблица истинности данной логики совпадает с таблицей, пишущейся в ОЗУ старой Логике Треков. При "moda=0" некоторые комбинации вычеркиваются. Ниже приводятся эти 66 комбинаций. Бит до запятой – moda, после – 12-разрядный адрес ОЗУ a[12..1] (см. рис.9); X – бит не участвует в комбинации, 1 – он равен логической единице, 0 – логическому нулю:

X,X1111XXXXXX	X,11X1XXX001XX	1,111XX101XX11	X,X111X111X1X1
X,1X111XXXXXX	X,111XXXX001XX	X,111XX101101X	X,X111X11111XX
X,11X11XXXXXX	X,X1XXX00111XX	X,X111XX1111X1	X,1X11X111X1X1
X,111X1XXXXXX	1,1XXXX0011XX1	X,1X11XX1111X1	X,1X11X11111XX
X,1111XXXXXX	X,110XXX0110X0	X,11X1XX1111X1	X,11X1X111X1X1
1,X1XXX0011XX1	1,11XXX001XXX1	X,111XXX111X11	X,11X1X11111XX
X,1XXXX01011XX	1,1X0XX0101XX1	X,X111X111X11X	X,111XXX1111X1
X,1XXXX01101XX	X,111XXXX010X0	X,1X11X111X11X	X,111XX1X111X1
X,1XXXX00111XX	1,1XXX00110X01	X,11X1X111X11X	X,111XX111X1X1
X,1X1XXX0011XX	X,1X11X01X01XX	X,111XX11X11X1	X,111XX1111XX1
X,11XXXX0101XX	1,11XXX1010X01	X,111XX111X11X	X,111XX11111XX
X,X11X0X0111XX	X,X110010011XX	X,X111X1X111X1	X,1X1X10111011
X,11XXXX0011XX	1,1XX010110X01	X,X111X11X11X1	X,X11XX1111111
X,1XXXX01110X0	X,111XXX011000	X,1X11X1X111X1	X,X11X1111111X
X,X111X0XX01XX	1,1X1X10101XX1	X,1X11X11X11X1	X,X1X111111111
X,1X11XX0X01XX	1,1X11X0101XX1	X,11X1X1X111X1	1,11XXX0X01XX1
X,111XX1001XX1	X,11X1X11X11X1		

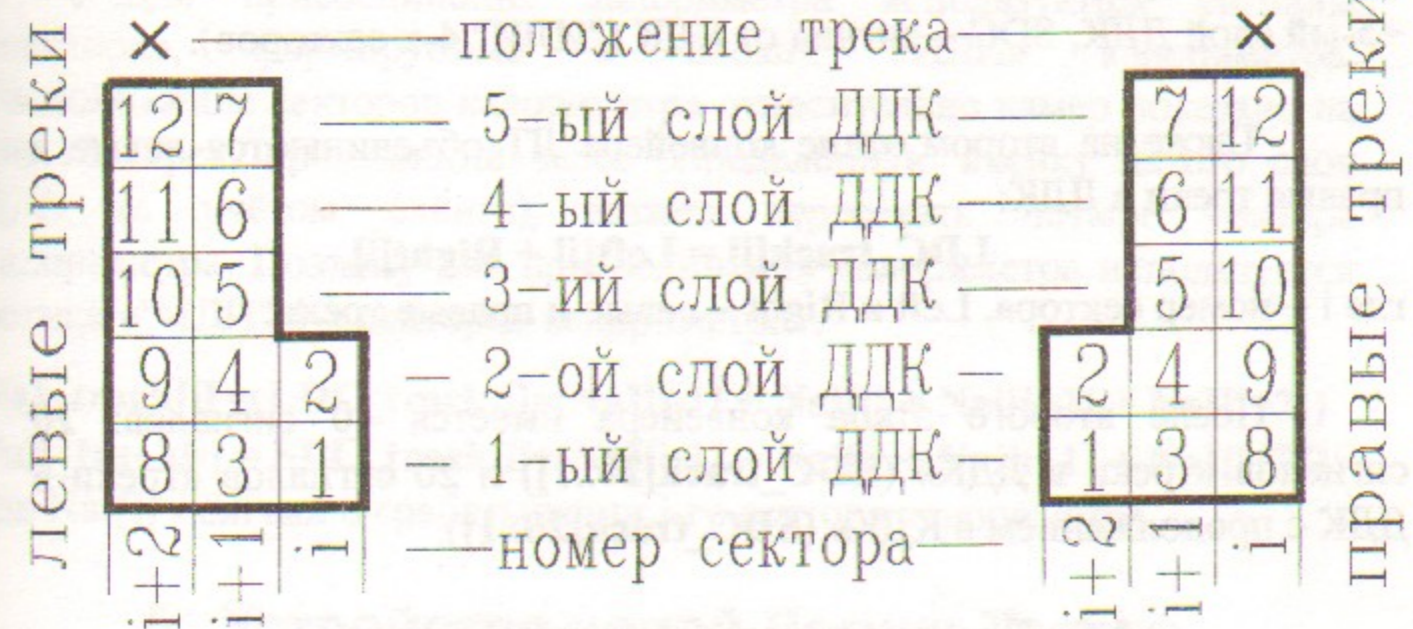


Рисунок 9. Нумерация адреса ОЗУ поиска треков.

## 4.2 Присоединение КДК

В связи с естественной задержкой сигналов от короткой дрейфовой камеры (время дрейфа в КДК > чем в ДДК) присоединение КДК делается на втором этапе конвейера.

Присоединение производится по двум внутренним слоям для того, чтобы избежать влияния неэффективности камеры. Поскольку сектора КДК сдвинуты относительно секторов ДДК (см. рис.2), трек, проходящий через определённую ячейку пятого слоя ДДК, может вызвать срабатывание проволочек в двух секторах КДК. Поэтому четыре проволочки из двух соседних секторов и слоев КДК (рис.6(1)) соединяются по «ИЛИ» в ИПТ КК и на Логике Треков поступают 20 сигналов «ИЛИ» от КДК. Кроме этих 20 сигналов от КДК, для присоединения используются 20 сигналов левых и 20 сигналов правых треков, полученные на первом этапе, и 20 сигналов с проволочек пятого слоя ДДК. Использование 5-го слоя необходимо для корректного присоединения КДК в случае, когда трек в ДДК сдвинут относительно своего истинного положения. Формула присоединения короткой дрейфовой камеры следующая:

$$SDC\_track[i] = (Left[i] + Right[i])*SDC[i] + Left[i]*(5\_layer[i+1] + !5\_layer[i])*SDC[i+1] + Right[i]*(5\_layer[i-1] + !5\_layer[i])*SDC[i-1],$$

где  $i$  – номер сектора, Left и Right – левые и правые треки, 5\_layer – 5-ый слой ДДК, SDC – сигнал от КДК ("ИЛИ" 4-х секторов).

Также на втором этапе конвейера ЛТ объединяются левые и правые треки в ДДК:

$$LDC\_track[i] = Left[i] + Right[i],$$

где  $i$  – номер сектора, Left и Right – левые и правые треки.

После второго этапа конвейера имеется 40 сигналов: 20 сигналов «треки в ДДК» ( $LDC\_track[20..1]$ ) и 20 сигналов «треки в ДДК с продолжением в КДК» ( $SDC\_track[20..1]$ ).

### 4.3 Присоединение калориметра

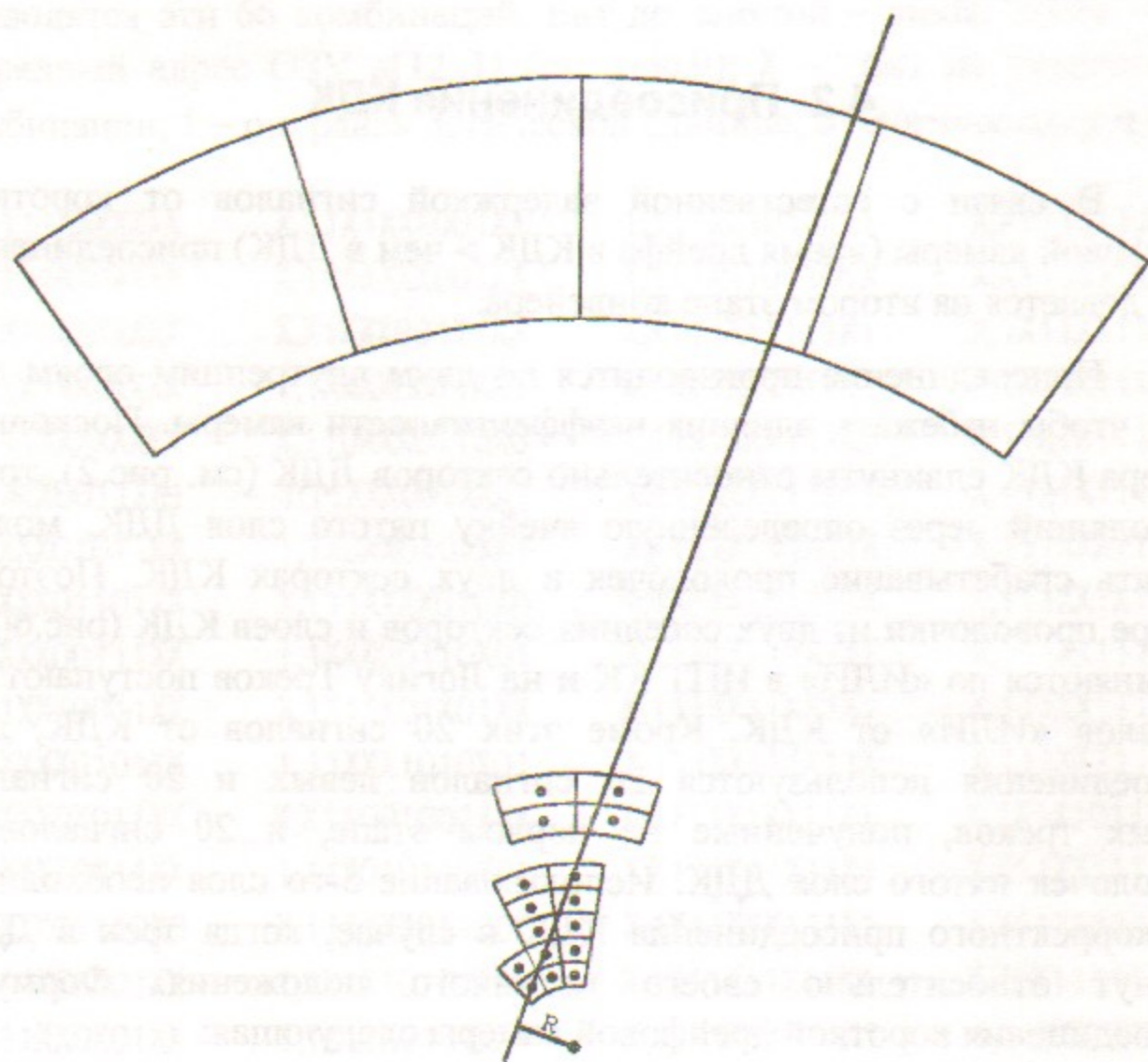


Рисунок 10. Расположение секторов калориметра.

Для присоединения калориметра используются сигналы «сектора», формируемые в блоках «ИЛИ» калориметра. Расположение секторов калориметра относительно камер показано на рис.10. Трек, проходящий через определённую ячейку пятого слоя ДДК (с учётом сдвига), может пересекать четыре сектора калориметра. Поэтому для присоединения калориметра используется логика «"ИЛИ" 4-х секторов калориметра»:

$$NaI\_track[i] = LDC\_track[i]*(NaI[i-1] + Nai[i] + Nai[i+1] + NaI[i+2])$$

$$Full\_track[i] = SDC\_track[i]*(NaI[i-1] + Nai[i] + Nai[i+1] + NaI[i+2]),$$

где  $NaI[i]$  – сигнал о срабатывании  $i$ -го сектора калориметра.

## 5. Устройство новой Логики Треков

### 5.1 Составные части устройства

На рис.11 показана структурная схема новой Логики Треков. Она состоит из 14 микросхем ПЛИС "EPM7128LC84-15" шести видов: TR\_FIND0, TR\_FIND1, TR\_FIND2, TR\_FIND3, TR\_FIND4, TR\_FIND5. Входными сигналами являются 100 сигналов от длинной дрейфовой камеры, 20 сигналов "ИЛИ четырех проволочек" от двух внутренних слоев короткой дрейфовой камеры и 20 сигналов от секторов калориметра. Выходные – 16 аргументов для масок Первичного Триггера (ПТ), DA-НЕТ плат и пересчёток.

В первых восьми (четыре TR\_FIND0 и четыре TR\_FIND1) ищутся треки в ДДК ( $LDC\_tracks$ ), их продолжения в КДК ( $SDC\_tracks$ ) и суммы сработавших проволочек в длинной дрейфовой камере ( $sum\_LDC\_hits$ ).

Далее в двух микросхемах типа TR\_FIND2 ищутся продолжения треков в калориметре и подсчитываются суммы найденных треков ( $sum\_LDC\_tracks$ ,  $sum\_SDC\_tracks$ ,  $sum\_NaI\_tracks$ ,  $sum\_full\_tracks$ ).

В микросхеме TR\_FIND3 вычисляется полная сумма  $sum\_LDC\_hits$  и строятся аргументы  $arg1$  и  $arg2$ . Также в TR\_FIND3

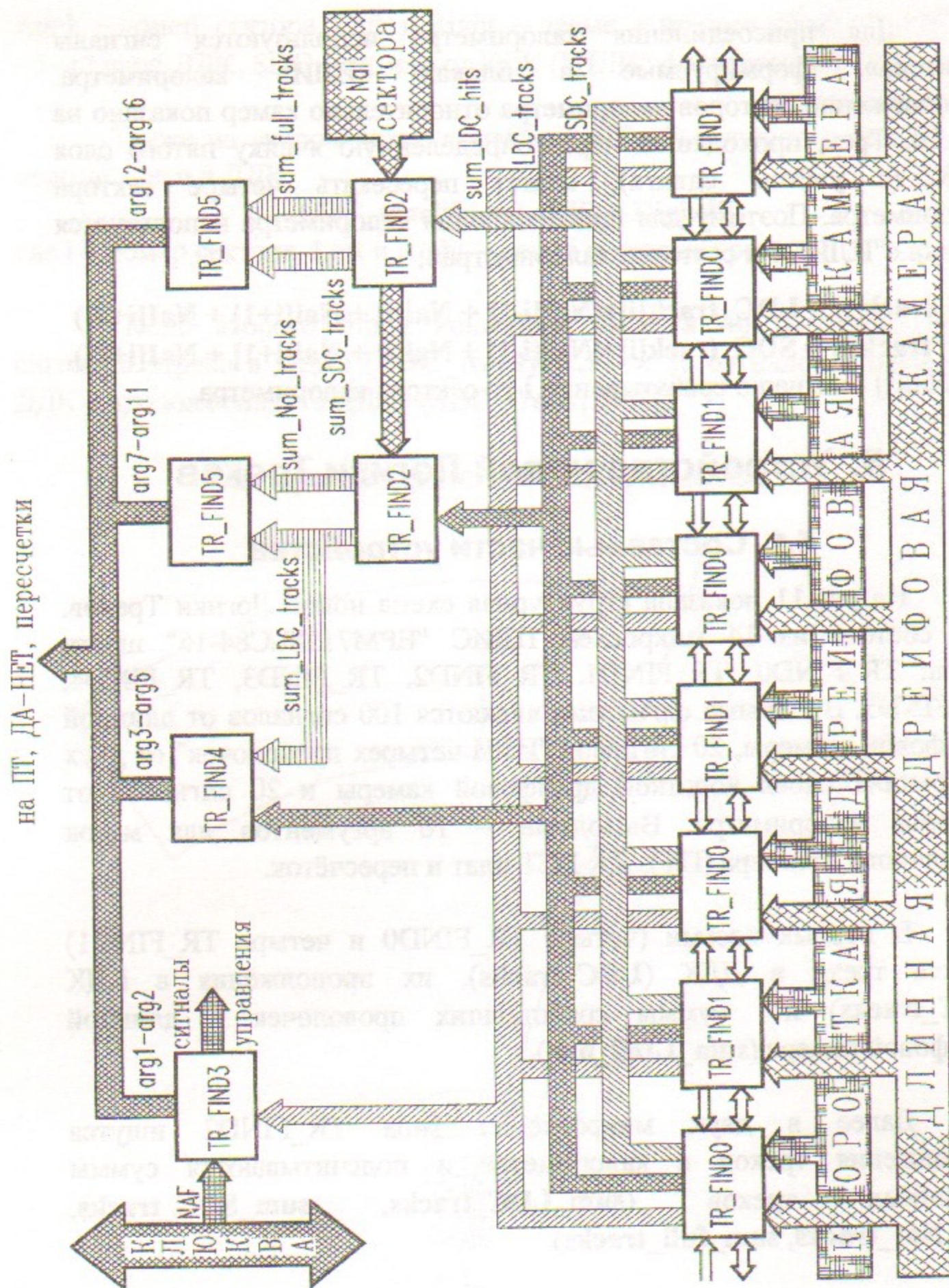


Рисунок 11. Структурная схема новой Логике Треков.

сделан декодер NAFов и управление работой всем устройством (управляющие сигналы для симуляции и переключение режима поиска треков – бита "moda").

В матрице TR\_FIND4 вычисляется максимальное расстояние между двумя треками в длинной дрейфовой камере – **Track\_Distance** и строятся аргументы **arg3÷arg5**. Здесь же из суммы **sum\_LDC\_tracks** строится **arg6**.

И в последних двух микросхемах типа TR\_FIND5 из найденных сумм треков четырех видов формируются остальные десять аргументов (**arg7÷arg16**) в соответствии с обозначением в п.3.3.

В новой Логике Треков кроме введения программируемых границ для аргументов ЛТ и добавления нового параметра – суммы сработавших треков в ДДК, введена полная проверка корректности работы устройства в режиме "ON-LINE" (при работающем детекторе). Симулируемые входные сигналы (все 140!) запоминаются в регистрах и по команде симуляции заменяют во всем конвейере обработки информации реальные данные с детектора на один 60-наносекундный такт. На выходе все 16 аргументов запоминаются в регистре и могут быть считаны через КАМАК. "ON-LINE" режим достигается невлиянием симуляции на аргументы Логике Треков. Они не меняются при такте симуляции и не вызовут ложное срабатывание Первичного Триггера. Оконечный каскад всех аргументов выглядит так:

```
(R_OUT, TR[3..1]).clk = (16MHz, !16MHz, 16MHz, 16MHz);
(R_OUT, TR[3..1]).d = (TR1, TR[2..1], логика аргумента);
(R_OUT, TR[3..1]).ena = (sim, 1, !sim, 1);
ARG = (TR1 & !sim) + TR2 + TR3;
```

где **sim** – такт симуляции, **\*.clk** – строб триггера «\*», **\*.d** – его вход, **\*.ena** – разрешение (0 – запрет), **R\_OUT** – регистр данных симуляции, **ARG** – аргумент для ПТ с продлением на 2.5 такта (150 нсек).

## 5.2 Входные сигналы

В регистрах TR\_FIND0 фиксируются 15 сигналов от трех секторов ДДК и один сигнал от КДК типа «ИЛИ 4-х проволочек» (которые могут быть симулированы для проверки). В регистрах TR\_FIND1 – 10 сигналов от двух секторов ДДК и 4 сигнала от КДК. И в регистрах TR\_FIND2 – 20 сигналов от секторов калориметра (параллельно в оба TR\_FIND2). Взаимное расположение показано на рис.12 (соответствует рис.2). Пять внутренних колец – пять слоев длинной дрейфовой камеры, шестое кольцо соответствует входным сигналам от КДК, наружное – сектора калориметра.

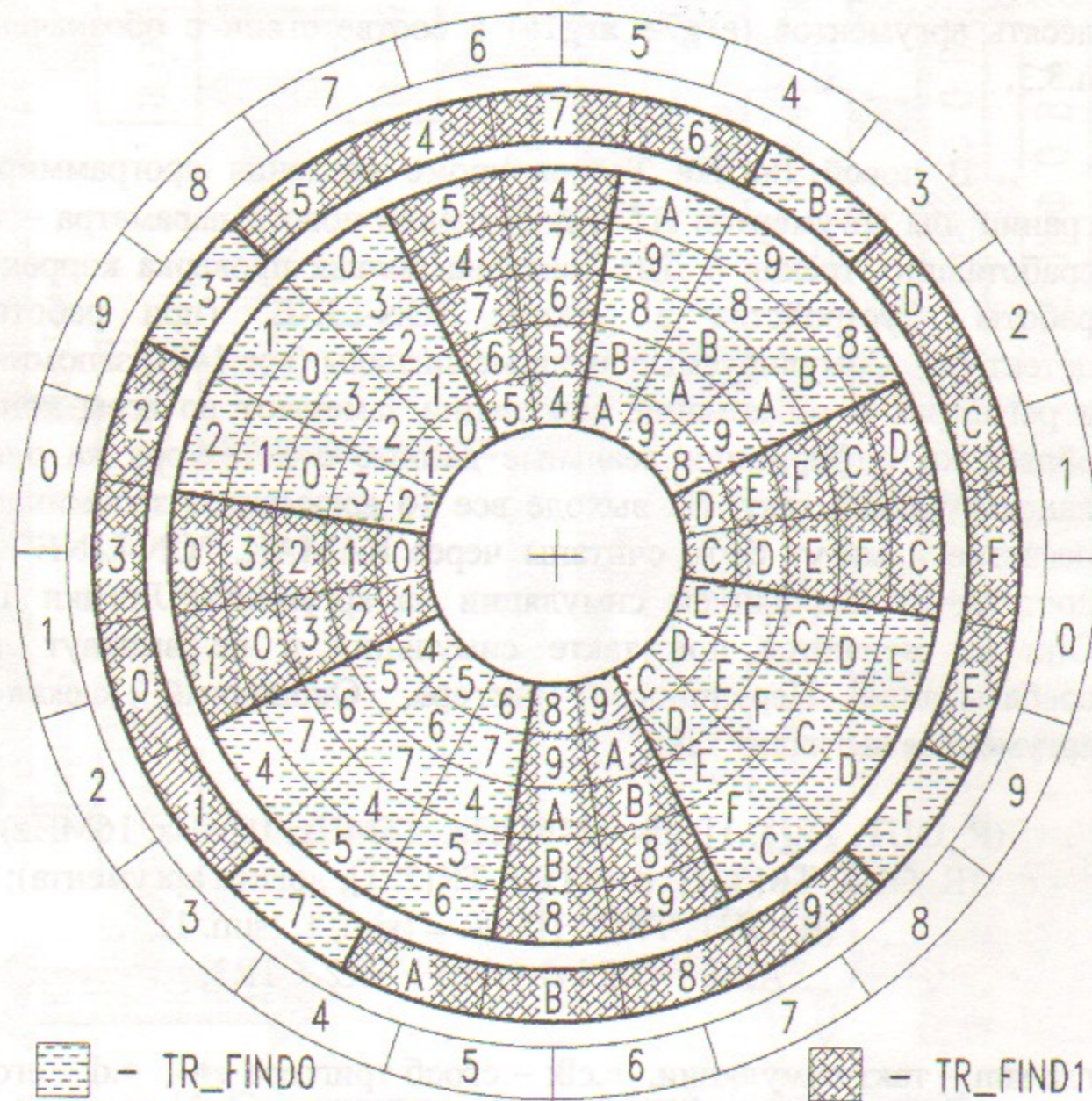


Рисунок 12. Входные регистры симуляции новой ЛТ.

Так как в магистрали спецкрейта Первичного Триггера имеется только 8 субадресов, запись в регистры симуляции сделана на сдвиговых регистрах. Одновременно данные пишутся или в четыре TR\_FIND0 по 4 разряда в каждую микросхему, или в четыре TR\_FIND1 тоже по 4 разряда, или параллельно в оба TR\_FIND2 по 10 разрядов. На рис.12 показано соответствие физических сигналов шестнадцати разрядам шины данных (0 ÷ F). Данные для регистров симуляции TR\_FIND2 пишутся в порядке:

$$R[9..0] \rightarrow DATA[9..1,20] \rightarrow DATA[19..10],$$

где R[ ] – шина данных, DATA[i] – регистр i-го сектора калориметра.

На рис.13 приводится полная конфигурация входных регистров ПЛИС типа TR\_FIND0 и TR\_FIND1:

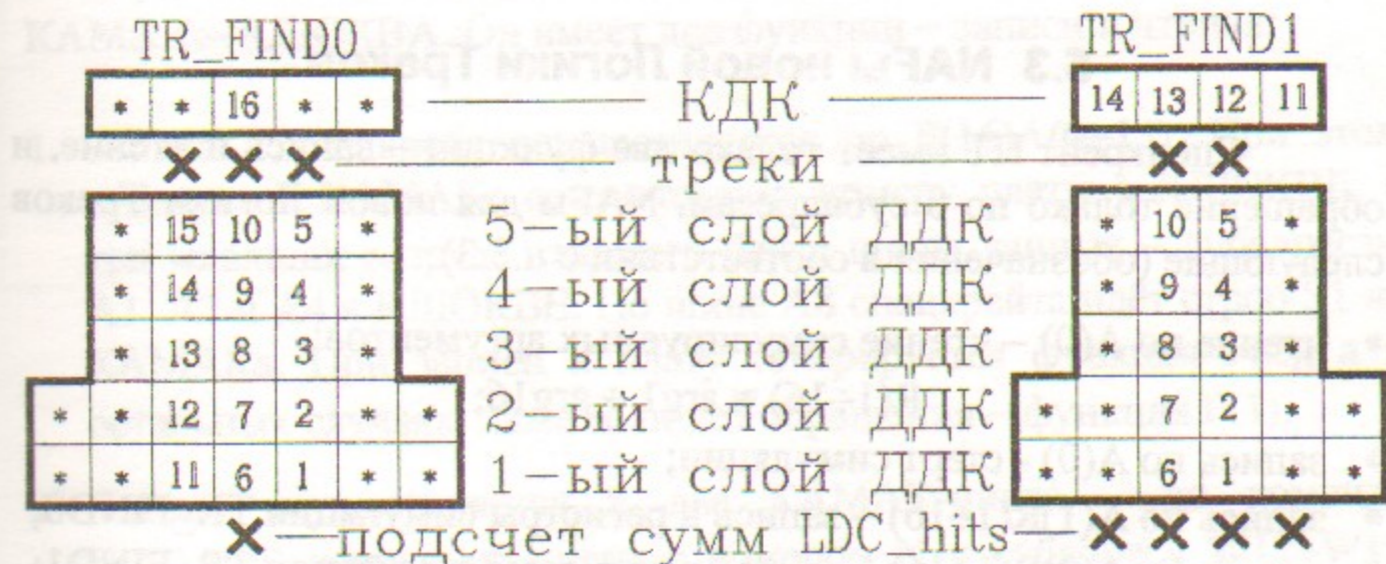


Рисунок 13. Распределение функций между TR\_FIND0 и TR\_FIND1

где цифры – разряд регистра, \* – данные берутся из соседней микросхемы (регистр находится там).

TR\_FIND0 ищет треки в трёх секторах ДДК и их продолжение в тех же секторах КДК плюс подсчитывает сумму пяти проволочек в одном секторе ДДК. TR\_FIND1 ищет треки в двух секторах ДДК и их продолжение в тех же секторах КДК плюс подсчитывает сумму 20-ти проволочек в четырёх секторах ДДК.

Запись в регистры симуляции TR\_FIND0:

data[16..13].d = data[12..9]  
data[12..9].d = data[8..5]  
data[8..5].d = data[4..1]  
data[4..1].d = R[4..1]

Запись в регистры симуляции TR\_FIND1:

data[14..13].d = data[10..9]  
data[12..9].d = data[8..5]  
data[8..5].d = data[4..1]  
data[4..1].d = R[3..0]

где data[..] – регистр, R[3..0] – шина данных КЛЮКВЫ. Полное соответствие разрядам шины данных (0÷F) регистров для симуляции показано на рис.12.

### 5.3 НАФы новой Логики Треков

Спецкрейт ПТ имеет только две функции – запись и чтение, и обращение только по 8 субадресам. НАФы для новой Логики Треков следующие (обозначения в соответствии с п.3.3):

- чтение по A(0) – чтение симулируемых аргументов:

$R(1\div 16) = \text{arg}1 \div \text{arg}16;$

- запись по A(0) – старт симуляции;
- запись по A(1)R(1÷16) – запись в регистры симуляции TR\_FIND0;
- запись по A(2)R(1÷16) – запись в регистры симуляции TR\_FIND1;
- запись по A(3)R(1÷10) – запись в регистры симуляции TR\_FIND2;
- запись по A(4)R(1÷7) – запись в регистры TR\_FIND3:

$R[7..1] \rightarrow a[7..1] \rightarrow b[7..1] \rightarrow c[7..1] \rightarrow d[7..1]; \quad d1 \rightarrow M;$

(запись параметров сделана на сдвиговом регистре – сперва записываются данные в регистр управления M (бит "moda"), затем – верхняя граница для arg2 (d[7..1]), потом – нижняя граница для arg2 (c[7..1]) и в конце тоже самое для arg1);

- запись по A(5)R(1÷10) – запись в регистры TR\_FIND4:

$R[10..1] \rightarrow (e[5..1], h[5..1]) \rightarrow (g[5..1], f[5..1])$

(сперва пишутся числа для arg5 (R[10..6]) и arg4 (R[5..1]), затем – для arg3 (R[10..6]) и arg6 (R[5..1]));

- запись по A(6)R(1÷9) – запись в регистры первого TR\_FIND5:  
 $R[9..1] \rightarrow i[9..1] \rightarrow j[9..1] \rightarrow k[9..1] \rightarrow l[9..1] \rightarrow m[9..1]$   
(сперва пишется число для arg11, затем – для arg10, затем – для arg9, для arg8 и в последнюю очередь – для agr7)
- запись по A(7)R(1÷9) – запись в регистры второго TR\_FIND5:  
 $R[9..1] \rightarrow n[9..1] \rightarrow p[9..1] \rightarrow q[9..1] \rightarrow s[9..1] \rightarrow t[9..1]$   
(сперва пишется число для arg16, затем – для arg15, затем – для arg14, для arg13 и в последнюю очередь – для agr12).

### 5.4 Интерфейс обмена с КАМАКом

В связи с тем, что стандартный Процессор Вывода спецкрейта КЛЮКВА [2] не имеет возможности осуществлять запись в платы спецкрейта, а предназначен только для вывода информации, для спецкрейта Первичного Триггера был сделан интерфейс КАМАК↔КЛЮКВА. Он имеет две функции – записи и чтения:

1. Запись в спецкрейт осуществляется по F(16)A(0÷15). При этом субадрес в КАМАКе соответствует номеру платы в КЛЮКВЕ, а три младших разряда старшего байта шины данных – субадресам A1, A2 и A4 в КЛЮКВЕ. По шине A8 спецкрейта идёт строб S1 из КАМАКа. При записи в плату генерируется функция F(2), а в остальных случаях, даже если нет обращения – функция F(1).
2. Чтение осуществляется в два КАМАК-цикла – по команде F(17)A(N) данные из платы с номером N и субадресу W17÷W19 записываются в регистр интерфейса, а затем по F(0)A(0) читаются в машину. Из регистра интерфейса данные читаются в обратном коде для удобства построения схем на базе ЕСЛ-логики (ключках «ИЛИ-НЕ»).

#### Примеры:

1. Запись в плату номер N по субадресу AA:  $F(16)A(N)DHR(AA)$
2. Чтение из плата номер N по субадресу AA:  
 $F(17)A(N)DHR(AA) + F(0)A(0)$

## 6. Сравнительные характеристики двух ЛТ

	старая Логика Треков (на базе ЕСЛ)	новая Логика Треков (на базе ALTERA)
количество плат	3	1
число микросхем	450 шт. (из них 40 ОЗУ и 40 ПЗУ)	70 шт. (из них 14 шт. EPM7128LC84)
токопотребление	30 А по -5В 15 А по -2В	3А по +5В 3А по -5В
число параметров	5	6
логика аргументов	$\text{arg} = \text{параметр} \geq \text{limit}$ , где limit – фиксировано	$\text{arg} = \text{limit1} \leq$ параметр $\leq \text{limit2}$ , где limit1 и limit2 – программируемые
проверка работы	чтение содержимого ОЗУ в «OFF-LINE» режиме	полная симуляция всех 140 входных сигналов в режиме «ON-LINE»

## Литература

1. СНД – сферический нейтральный детектор для ВЭПП-2М / В.М. Аульченко, В.А.Аксёнов, П.М.Бесчастнов //1987 – Препринт ИЯФ № 87-36.
2. The SND calorimeter first level trigger / D.A.Bukin, T.V.Dimova, V.P.Druzhinin, e.a. // NIM. – 1996. – Vol. A379, p.79÷82.
3. Электроника новых детекторов ИЯФ/ В.М.Аульченко, С.Е.Бару, Г.А.Савинов // 1988 – Препринт ИЯФ № 88-29.
4. Информационные платы ТП, ΔТ и Т2А системы сбора данных КЛЮКВА / В.М.Аульченко, Б.О.Байбусинов, В.М.Титов // 1988 – Препринт ИЯФ № 88-22.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Координатная система</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Электроника дрейфовых камер</b> .....	<b>5</b>
2.1 Снятие информации анодных проволочек ...	5
2.2 Получение информации для ЛТ .....	5
2.3 ИПТ длинной дрейфовой камеры .....	7
2.4 Т короткой дрейфовой камеры .....	8
<b>3. Выходная информация от ЛТ</b> .....	<b>10</b>
3.1 Задачи, решаемые Логикой Треков .....	10
3.2 Аргументы старой Логики Треков .....	11
3.3 Аргументы новой Логики Треков .....	12
<b>4. Алгоритм поиска треков</b> .....	<b>13</b>
4.1 Поиск треков в ДДК .....	13
4.2 Присоединение КДК .....	17
4.3 Присоединение калориметра .....	18
<b>5. Устройство новой Логики Треков</b> .....	<b>19</b>
5.1 Составные части устройства .....	19
5.2 Входные сигналы .....	22
5.3 NAFы новой Логики Треков .....	24
5.4 Интерфейс обмена с КАМАКом .....	25
<b>6. Сравнительные характеристики двух ЛТ</b> .....	<b>26</b>
<b>Литература</b> .....	<b>26</b>

**Д.А. Букин, Ю.С. Великжанин, Т.В. Димов,  
В.П. Дружинин, С.В. Кошуба, Ю.В. Усов**

**Логика Треков  
(трековый процессор) для СНД**

**ИЯФ 98-15**

**Ответственный за выпуск А.М. Кудрявцев  
Работа поступила 23.03.1998 г.**

---

Сдано в набор 27.03.1998 г.

Подписано в печать 27.03.1998 г.

Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 1.7 печ.л., 1.4 уч.-изд.л.

Тираж 90 экз. Бесплатно. Заказ N 15.

---

Обработано на IBM PC и отпечатано на  
ротапринтере ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН,  
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.