

22

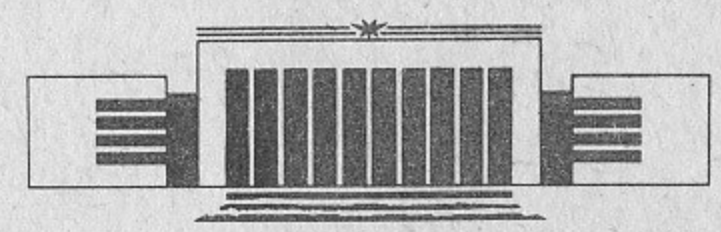


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
им. Г.И. Будкера СО РАН

В.М. Аульченко, Б.О. Байбусинов, А.Е. Бондарь,
А.С. Кузьмин, Л.А. Леонтьев, В.М. Титов,
Т.А. Пурлац, Б.А. Шварц

ЭЛЕКТРОНИКА КАЛОРИМЕТРА
КМД-2

ИЯФ 92-28



НОВОСИБИРСК

Электроника калориметра КМД-2

*В.М. Аульченко, Б.О. Байбусинов, А.Е. Бондарь,
А.С. Кузьмин, Л.А. Леонтьев, В.М. Титов,
Т.А. Пурлац, Б.А. Шварц*

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера
630090, Новосибирск 90, Россия

АННОТАЦИЯ

Описывается электроника цилиндрического калориметра детектора КМД-2, создаваемого в ИЯФ СО РАН на накопителе ВЭПП-2М. Электроника позволяет измерить величину энерговыделения в каждом кристалле и определить момент прохождения частиц через калориметр.

© Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера

1. КАЛОРИМЕТР КМД-2

Калориметр КМД-2 состоит из двух частей—цилиндрического и торцевого. Цилиндрический калориметр (далее везде просто калориметр, так как описывается электроника только для этой части калориметра) состоит из 8 октантов. Каждый октант содержит 112 кристаллов CsI (всего 896), 80 из которых имеют форму прямоугольных, а 32 усеченных параллелепипедов. Кристаллы на октанте расположены в виде 7 линеек по 16 кристаллов. В качестве фотоприемников используются фотоумножители (ФЭУ). Измеряется амплитуда сигнала с анода каждого ФЭУ. Временная отметка вырабатывается по суммарному сигналу с одной линейки кристаллов. Всего в системе калориметра 896 амплитудных и 56 временных каналов измерения.

2. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

Задачей электроники является измерение амплитуды сигналов с ФЭУ и определения моментов появления сигналов с линеек. Требуемая точность измерения амплитуды — 1%, времени — 200 пс.

Электронику калориметра можно разделить на несколько частей: камерную, оцифровывающую и триггер. Камерная и оцифровывающая части выполнены в виде плат стандарта КЛЮКВА. Триггер выполнен в виде нескольких плат того же стандарта и размещается в отдельном спецкрейте.

Канал измерения амплитуды сигнала состоит из каналов плат Ф32 и А32, а измерения времени—из каналов плат Э16 и ТП (рис. 1). Платы Ф32 и Э16 относятся к камерной электронике, а платы А32 и ТП к оцифровывающей.

3. КАМЕРНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Камерная электроника размещена в двух спецкрейтах стандарта КЛЮКВА, расположенных возле детектора. В каждом спецкрейте находятся 14 плат Ф32, 2 платы Э16 и плата ИПТ. Электроника одного спецкрейта позволяет обработать сигналы с 4 октантов (рис. 2). Сигналы с октантов подаются по экранированной витой паре к плате Ф32 (рис. 3). От платы Ф32 усиленные сигналы передаются к оцифровывающей плате А32. Плата Ф32 имеет 32 усилителя с коэффициентом усиления по напряжению ~ 10 . Возможна внутренняя регулировка усиления в диапазоне ± 6 Дб. Такая регулировка необходима для выравнивания коэффициента усиления тракта ФЭУ + Ф32, так как существует разброс коэффициентов усиления ФЭУ. В плате Ф32 производится формирование сигнала с постоянной времени 1 мкс. Этот сигнал подается на плату А32.

Усилители платы Ф32 разбиты на две группы (по 16). Сигналы с одной линейки кристаллов поступают на соответствующую группу усилителей. В каждой такой группе вырабатывается суммарный сигнал, который пропорционален величине энерговыделения в линейке кристаллов. Так как в каждом канале производится выравнивание коэффициентов усиления по выходному сигналу с Ф32, то суммарный сигнал с линейки будет связан с **выходным** напряжением как (рис. 3):

$$U_c = K(U_{\text{вых1}} + U_{\text{вых2}} + \dots + U_{\text{вых16}}), \quad \text{где}$$

$$K = \frac{R_{11} R_{He}}{K_0 R_1 R_{17}} \quad K_0 = 1 + \frac{R_3}{R_4} \\ e = 2.71$$

По этому суммарному сигналу с каждой группы дискриминатор вырабатывает сигнал временной отметки. Порог дискриминации для всех плат одного спецкрейта регулируется изменением напряжения на шине ПОРОГ магистрали спецкрейта. Разброс установки величин порогов на дискриминаторы одного спецкрейта не превышает ± 2 мВ.

Временные сигналы, по витой паре, с плат Ф32 поступают на платы Э16. В каждом спецкрейте вырабатывается по 28 временных отметок. Амплитудный сигнал с платы Ф32 к плате А32 передается по экранированной витой паре. Параметры тракта измерения амплитуды определяются параметрами плат Ф32 и А32.

Характеристики амплитудного канала:

Диапазон входных сигналов	100 МВ (± 6 Дб)
Число каналов	4096
Время оцифровки	100 мкс
Дифференциальная нелинейность	< 40%
Интегральная нелинейность	± 3 кан.

На плате Э16 размещены 14 СТАРТ-СТОПНЫХ преобразователей времени (экспандеров). Экспандеры преобразуют время между сигналами, поступающими от плат Ф32 (сигналы СТАРТ) и общим сигналом ФАЗА (сигнал СТОП) в длительности выходных импульсов. Коэффициент преобразования экспандера равен 20, что при дискрете оцифровки в 2 нс дает точность измерения времени 100. Экспандирование основано на заряде емкости большим током и последующим разрядом малым током. Сигналы с плат Э16 по витой паре поступают на оцифровывающую плату ТП.

Характеристики измерителя времени:

Диапазон преобразования	4096
Цена канала	100 пс
Пьедестал	200 кан
Интегральная нелинейность	± 2 кан
Дифференциальная нелинейность	< 50%

Платы ИПТ (интерфейс первичного триггера) расположены в каждом спецкрейте камерной электроники и поставляют информацию в первичный триггер калориметра. Всего информационных сигналов в системе калориметра 112, из них 56 амплитудных и 56 временных. Сигналы в ИПТ поступают по шинам FOR магистрали спецкрейта от плат Ф32. С каждой платы поступают 4 сигнала:

- 2 временных сигнала (FOR2, FOR4), по времени соответствующие моменту срабатывания дискриминаторов;
- 2 амплитудных сигнала (FOR1, FOR3), значение которых равно сумме сигналов с каждой линейки кристаллов.

ИПТ вырабатывает дополнительно 5 сигналов: $G, L1, L2, L3, L4$. Сигнал S логическая сумма по ИЛИ всех временных FOR сигналов. Сигналы $L1, L2, L3, L4$ есть логические суммы по ИЛИ временных сигналов каждого из 4-октантов калориметра. Сигналы $L1, L2, L3, L4$ протробируются сигналом ФАЗА и являются сигналами СТОП для экспандеров плат Э16. На плате Э16 экспандеры разбиты на 2 группы по 7 каналов. Для каждой такой группы сигналом СТОП является один из сигналов $L1, L2, L3, L4$.

4. ОЦИФРОВЫВАЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Для аналого-цифрового преобразования используются два типа плат стандарта КЛЮКВА: А32 и ТП (1, 2). Плата А32 состоит из 32 спектральных каналов, позволяющих измерять амплитуду входных сигналов с точностью 0.5 мВ, в диапазоне от 0 до 2 В. Всего в системе 28 плат А32. Плата ТП состоит из 16 измерителей длительности входного сигнала с дискретом 2 нс. В системе используется 4 платы ТП.

5. ВЫСОКОВОЛЬТНОЕ И НИЗКОВОЛЬТНОЕ ПИТАНИЕ

Схема делителя ФЭУ показана на рис. 4. Такая схема позволяет существенно уменьшить потребляемый ток одним делителем. Напряжения $U2, U3, U4$ являются слаботочными из-за низких нагрузок на ФЭУ. Эти напряжения являются общими для всех ФЭУ одного октанта. Максимальный ток от источника напряжения $U1$ не превышает 50 мкА, поэтому на одном октанте 28 ФЭУ запитываются от одного источника (4 источника на октант). Всего 112 ФЭУ октанта запитывается от 7 источников. Все 896 ФЭУ запитываются от 56 высоковольтных источников (ВВИ), которые размещены в стойке питания (14 блоков в конструктиве ВИШНЯ). В этой же стойке находятся источники питания камерной электроники.

Имеется возможность контроля напряжений ВВИ и источников питания камерной электроники.

6. СИСТЕМА КАЛИБРОВКИ КАЛОРИМЕТРА

В каждом кристалле калориметра вклеен светодиод. Импульс от светодиода имитирует реальный сигнал в кристалле. Светодиоды каждой линейки объединяются параллельно по 16 штук. На каждую линейку светодиодов через повторители и коммутатор подаются сигналы амплитудой от 0 до 15 В. Система калибровок состоит из генератора калибровочного импульса (ГЕКИ-2), аттенюатора и разветвителя (Р16).

По запускающему NIM сигналу ГЕКИ-2 выдает импульс амплитудой 20 В, который через аттенюатор поступает в блок Р16. 4 сигнала из этого блока подаются на еще 4 блока Р16. Так как блок Р16 представляет собой аналоговый разветвитель один в шестнадцать, то такая конфигурация обеспечивает калибровку всего калориметра. Кроме этого блок Р16 позволяет включить/выключить любой из 16 выходных сигналов, что в свою очередь дает возможность имитировать различные события в калориметре.

7. ТРИГГЕР КАЛОРИМЕТРА КМД-2.

7.1. Задачи триггера

Задачей первичного триггера является определение по входной информации наличия в калориметре полезного события. Основной анализируемой информацией для триггера является энерговыделение в каждой линейке кристаллов. Дополнительной — срабатывание Z -камеры и данные от трекового процессора дрейфовой камеры (5). По этой информации определяются аргументы характеризующие событие. Положительное решение триггера есть совпадение различных комбинаций аргументов, выбранных предварительно перед работой.

7.2. Информация для триггера калориметра

Информацией для триггера являются следующие сигналы:

1). Сигналы от ИПТ.

От ИПТ в триггер поступает 112 сигналов (56 амплитудных и 56 временных). Амплитудный сигнал от ИПТ — это суммарный сигнал с каждой линейки из 16 кристаллов. Временной сигнал соответствует моменту срабатывания дискриминатора на плате Ф32. Помимо этого каждый ИПТ формирует сигнал логической суммы 28 временных сигналов.

В целях уменьшения количества входной информации, в триггере производится объединение сигналов с линеек имеющих усеченные кристаллы с сигналами соседних им линеек того же октанта, то есть число бит входной информации уменьшается до 40 (8 октантов по 5 бит).

2). Сигнал от Z -камеры — логическая сумма (по ИЛИ) сигналов с 64 секторов камеры.

3). Сигналы от трекфайндера. Сигналы от трекфайндера представляют собой последовательность из 8 тактов по 2 бита информации. Получаемые 16 бит указывают на наличие треков, пересекающих Z -камеру соответственно в 16 секторах. Логическая единица — наличие трека.

Данные сопровождаются стробом от трекфайндера.

7.3. Условия нейтрального и смешанного запусков

Стартом для нейтрального триггера является сигнал суммы по ИЛИ временных сигналов с платы Ф32.

Триггер проверяет наличие в калориметре кластера (кластер это непрерывная последовательность сработавших модулей (линеек)) (рис. 5), определяет величину максимальной дырки (дырка — это непрерывная последовательность несработавших модулей, расположенных либо между концом и началом кластера (для однокластерных событий), либо между концом одного и началом другого кластеров (для многокластерных событий)), анализирует величину суммарного энерговыделения во всех 56 линейках калориметра и информацию от координатных систем (Z -камеры и дрейфовой камеры).

Основными параметрами события в калориметре являются количество кластеров, энерговыделение в калориметре, величина максимальной дырки. В табл. 1 приведены условия нейтрального запуска.

Таблица 1

Число кластеров	Энергия	Размер дырки (угол)
1	порог 1	размер кластера не больше некоторого, или, что то же самое, дырка достаточно велика: $D_{\max} > LIM1 > 180^\circ$
2	порог 2	кластеры должны лежать достаточно далеко друг от друга, или в терминах дырок: $D_{\max} < LIM2 < 300^\circ$
3	порог 3	как и в случае 2 кластеров: $D_{\max} < LIM3 < 300^\circ$
более 3	порог 4	$D_{\max} < LIM3 < 300^\circ$

Для смешанного запуска, в зависимости от наличия сработавшей опорной точки Z -камеры ($Z = 1$ означает, что сработала Z -камера) и от того, найден или нет трек трекфайндером ($T = 1$ означает, что трек есть), выделяем три ситуации:

$$\begin{aligned} Z0 - Z = 0, \quad T - \text{значение игнорируется} \\ Z1 - Z = 1, \quad T = 1 \\ Z2 - Z = 1, \quad T = 0 \end{aligned}$$

Условия смешанного запуска (подразумевается, что условия нейтрального запуска на углы выполнены):

1 кластер	$Z0$ — запуск; $Z1$ — запуск при условии, что заряженный трек, обнаруженный трекфайндером, не попадает в некоторую зону вблизи кластера; $Z2$ — нет запуска;
2 кластера	$Z0$ и $Z2$ — как и в случае с 1 кластером; $Z1$ — запуск при условии превышения независимого управляемого порога по полному энерговыделению $E5 : E > E5$;
3 кластера и более	— запуск независимо от Z -камеры.

7.4. Блоки триггера калориметра КМД-2

Триггер калориметра выполнен в виде нескольких плат стандарта КЛЮКВА. Каждая плата выполняет операции по определению аргументов запуска в течении 900 нс с момента появления сигнала СТАРТ для триггера. При наличии конкретного набора аргументов триггер выдает сигнал ПТ+, который является сигналом ЗАПУСК для системы сбора данных детектора КМД-2.

Разделение триггера на несколько блоков упрощает аппаратно триггер и ускоряет процесс настройки, а также позволяет вносить изменения в триггер.

Блоки триггера размещаются в стандартном спецрейте (рис. 6):

- плата амплитудных дискриминаторов (АД);
- плата выбора сигнала (ВС);
- плата формирования кластеров (ФК);
- плата формирования аргументов трека (ФАТ);
- плата формирования аргументов кластера (ФАК);
- плата схемы совпадения (СС);
- генератор временной диаграммы (ГВД).

Так как стандарт КЛЮКВА не предусматривает записи данных в информационные платы (1), то для записи данных в блоки триггера изготовлены 2 блока, позволяющие производить эту процедуру в спецрейте через КАМАК крейт. Один блок выполнен в стандарте КЛЮКВА, другой в стандарте КАМАК. Считывание данных из блоков осуществляется через ПВ, что позволяет "подшивать" эту информацию к текущему событию в системе сбора данных и использовать ее в дальнейшем при обработке.

В табл. 4 приведены токопотребления блоков триггера и камерной электроники.

7.4.1. Плата амплитудных дискриминаторов

В блоке АД размещен 61 амплитудный дискриминатор (рис. 7). Амплитудные сигналы от ИПТ подаются в плату АД через переднюю панель. Каждый сигнал через усилитель подается на один из 56 дискриминаторов. Величина порога этих дискриминаторов устанавливается одним для всех напряжением.

В плате также суммируются все 56 входных сигналов. Этот суммарный сигнал пропорционален суммарному энерговыделению в калориметре. Он подается на вход пяти дискриминаторов, каждый из которых имеет свой порог. Выходные логические сигналы с этих 5 дискриминаторов являются аргументами для схемы совпадений. Для удобства работы в момент установки порогов этих дискриминаторов на переднюю панель блока выведен сигнал суммарного выделения в калориметре.

Управление порогами осуществляется аналоговым способом — 6 напряжений подаются через разъем РС19 в плату АД из КАМАК модуля.

7.4.2. Плата выбора сигнала

Плата ВС выполняет следующие функции (рис. 8):

- выбор сигналов, которые будут данными для платы ФК либо 56 временных сигналов от ИПТ, либо 56 сигналов из платы АД;
- стробирование состояния 56 временных сигналов в момент появления сигнала СТАРТ;
- преобразование 56 бит входной информации в 40 бит выходной.

7.4.3. Плата формирования кластеров

Плата ФК предназначена для восстановления формы кластеров (рис. 9) и формирования данных для плат ФАК и ФАТ. Входные 40 бит информации являются адресом для 40 разрядного ОЗУ, в котором записан алгоритм восстановления формы кластера. При восстановлении каждого бита анализируется состояние соседних бит слова (три слева, три справа). ФК формирует 3 страницы информации, каждая по 40 бит:

- страница с началами кластеров;
- страница с концами кластеров;
- страница с кластерами.

ФК передает 2 страницы по 40 бит в плату ФАК и 3 страницы по 16 бит в плату ФАТ. В плате ФК 40-разрядное слово преобразуется в 16-разрядное путем объединения 2—3 бит по ИЛИ. Такое объединение необходимо для "сшивки" геометрии калориметра и дрейфовой камеры.

На передачу каждой страницы из блока в блок отводится по 50 нс.

7.4.4. Плата формирования аргументов трека

Плата ФАТ (рис. 6) предназначена для:

- прием информации от трекфайндера (8 тактов по 2 бита);
- прием информации от платы ФК (3 такта по 16 бит);
- суммирование 16 бит входной информации от трекфайндера по ИЛИ в 1 бит (аргумент Т — наличие трека в дрейфовой камере);
- проверка отсутствия заряженного трека вблизи кластера.

В плате заложен жесткий метод проверки отсутствия трека вблизи кластера:

- 1) проверяется отсутствие треков внутри кластера (антисовпадение 16 геометрических секторов);
- 2) проверяется отсутствие треков вблизи кластера (в пределах 18 — 27° влево от начала и 18 — 27° вправо от конца кластера).

Проверка отсутствия заряженного трека вблизи кластера осуществляется лишь для однокластерных событий. В остальных случаях эта информация должна игнорироваться в плате СС.

7.4.5. Плата формирования аргументов кластеров (ФАК)

Плата ФАК по данным из платы ФК определяет следующее (рис. 10):

- количество кластеров;
- величину максимальной дырки;
- вырабатывает аргументы проверки условий на длину максимальной дырки.

Плата работает следующим образом: две страницы по 40 бит информации загружаются из платы ФК в два 40-разрядных кольцевых сдвиговых регистра (в один — страницу с началами кластеров, в другой — с концами).

В плате имеется схема выбора точки отсчета, которая позволяет полностью исключить холостые такты в работе платы ФАК. При этом погрешность определения длины максимальной дырки составляет не более одного отсчета.

Схема построена так, что отсчет начинается с группы из 2—3 бит, внутри которой находится конец кластера.

После определения точки отсчета запускается тактовый генератор (частота 80 МГц), который за 40 тактов "прокручивает" сдвиговые регистры. В течение этого времени определяется количество кластеров и размер максимальной дырки D_{\max} . Далее проверяются условия на величину D_{\max} путем сравнения с LIM1 — LIM3 (диапазон LIM1 — LIM3 6 двоичных разрядов) и в виде ДА-НЕТ информации отдается в схему совпадений вместе с числом кластеров.

7.4.6. Плата схемы совпадений

Плата СС принимает решение о полезности события (сигнал ПТ+ и ПТ-) по комбинации аргументов, получаемых от блоков триггера. Максимальное число аргументов 16. Схема состоит из 16 идентичных фрагментов, каждый из которых позволяет выделить любую комбинацию входных аргументов вплоть до игнорирования аргумента. Аргументы запоминаются в регистре платы СС и в случае необходимости могут быть прочитаны процессором вывода (табл. 2).

При положительном решении сигнал ПТ+ передается в схему совпадения триггеров систем детектора КМД-2, на которую поступают аналогичные сигналы от дрейфовой камеры, мюонной системы, торцевого калориметра. В случае появления сигнала от калориметра вырабатывается сигнал ЗАПУСК для всей системы сбора данных.

Таблица 2

Аргумент	Пояснение	От платы	
1.	Z	срабатывание в Z-камере	ФАТ
2.	T	найден трек трекфайндером	ФАТ
3.	OT	отсутствие заряженного трека вблизи кластера	ФАТ
4.	K1	число кластеров 0—3 двоичное число более 3 кластеров	ФАК
5.	K2		ФАК
6.	K3		ФАК
7.	A1	выполнение условия $D_{\max} > LIM1$	ФАК
8.	A2	выполнение условия $D_{\max} > LIM2$	ФАК
9.	A3	выполнение условия $D_{\max} > LIM3$	ФАК
10.	E1	состояние 5 компараторов суммарного энерговыделения	АД
11.	E2		АД
12.	E3		АД
13.	E4		АД
14.	E5		АД
15.	B3	Резервные	
16.	B4		

8. СИГНАЛЫ УПРАВЛЕНИЯ В ТРИГГЕРЕ

Стартом для триггера, как говорилось выше, является сигнал суммы по ИЛИ 56 временных сигналов с плат Ф32. Суммирование производится в 2 этапа: первое — суммирование по 28 временных сигналов в ИПТ каждого спеккрейта камерной электроники, второе — в ГВД сигналов с выходов S ИПТ. Наличие этого сигнала означает появление в калориметре события.

ГВД генерирует все необходимые импульсы для блоков АД, ВС, ФК, ФАК, ФАТ и СС по которым производится стробирование входной информации, передача ее из блока в блок, выдача импульсов ПТ+ и ПТ- и сброс триггера в случае отрицательного решения логики (рис. 11).

Режим работы триггера:

Сигнал СТАРТ в блоке ГВД привязывается к сигналу ФАЗА (F_0). Все сигналы из ГВД сдвинуты относительно F_0 на строго определенное время.

Сигнал $F1$ длительностью 100 нс сдвинут относительно $F0$ на 20 нс. Он служит для записи информации с плат $\Phi32$ в плату BC . Задержка на 20 нс сигнала $F1$ необходима для компенсации задержки в канале суммирования блоков ИПТ и ГВД.

Сигнал $F2$ длительностью 20 нс, сдвинутый относительно $F0$ на 60 — 70 нс подается на плату АД. По нему записывается в регистр состояние дискриминаторов полного энерговыделения.

По $F0$ вырабатывается сигнал "ворота Z " длительностью 60 нс. Этот сигнал и сигнал от Z -камеры подаются на схему совпадения. При одновременном срабатывании Z -камеры и калориметра вырабатывается сигнал $F3$ для блока ФАТ. При появлении импульса $F3$ плата устанавливается в режим приема информации от трекфайндера. После записи информации в регистр платы BC на входе платы $\PhiК$ выставляется 40-битовое слово. Время установления выходных импульсов платы $\PhiК$ составляет 30-40 нс, поэтому выборка данных из памяти осуществляется с тактом 50 нс управляющими сигналами $F4$ и $F5$, двоичное состояние которых определяет требуемые области памяти (табл. 3).

Таблица 3

$F4$	$F5$	Информация на выходе платы $\PhiК$
0	0	1 слово (концы кластеров)
1	0	2 слова (начала кластеров)
0	1	3 слова (кластеры)

$F6$ и $F7$ — импульсы записи двух слов в плату ФАК, соответственно.

Сигнал $F8$ представляет собой последовательность 3 импульсов записи 3 слов из блока $\PhiК$ в блок ФАТ с интервалом 50 нс и длительностью 25 нс.

$F9$ — строб в плату ФАТ для выдачи на блок CC информации о результатах анализа сигналов от трекфайндера и блока $\PhiК$.

$F10$ — строб в плату CC . В случае, если после сигнала $F10$ CC не выдала импульс ПТ+, то ГВД генерит на шину магистрали спецкрейта сигнал "быстрый сброс".

Передача сигналов управления осуществляется по коаксиальному кабелю уровнями ЭСЛ логики, что обеспечивает хорошую временную привязку и позволяет обойтись без промежуточных буферов ЭСЛ-NIM, NIM-ЭСЛ.

$F11$ — по этому сигналу начинается обработка информации в плате ФАК.

Блок ГВД размещается в позиции ИПТ спецкрейта.

Таблица 4

Блок	Напряжение питания, В					
	- 5(- 6)	+ 5(+ 6)	- 2	+ 12	- 12	- 24
$\Phi32$	0.1 А			0.3 А	0.16 А	
$\Theta16$	1.2 А			0.24 А	0.28 А	
ИПТ	1 А					
АД	1.4 А	1 А		0.3 А	0.26 А	50 мА
BC	2.3 А		1.4 А			
$\PhiК$	9 А		4 А			
ФАК	8 А		2 А			
ФАТ	3 А		1.5 А			
CC	2 А		1.5 А			
ГВД	1 А		0.5 А			
ИКК1	0.3 А		0.4 А			
ИКК2	(0.5 А)	(0.3 А)				

ЛИТЕРАТУРА

1. Аульченко В.М., Б.О. Байбусинов, В.М. Титов. Препринт ИЯФ СО АН СССР 88-22, Новосибирск, 1988.
2. Аульченко В.М., Л.А. Леонтьев, Ю.В. Усов. Препринт ИЯФ СО АН СССР 88-30, Новосибирск, 1988.
3. Байбусинов Б.О. Препринт ИЯФ СО АН СССР 90-130, Новосибирск, 1990.
4. В.М. Аульченко, С.Е. Бару, Г.А. Савинов. Препринт ИЯФ СО АН СССР 88-29, Новосибирск, 1988.
5. В.М. Аульченко и др. Препринт ИЯФ СО АН СССР 88-43, Новосибирск, 1988.

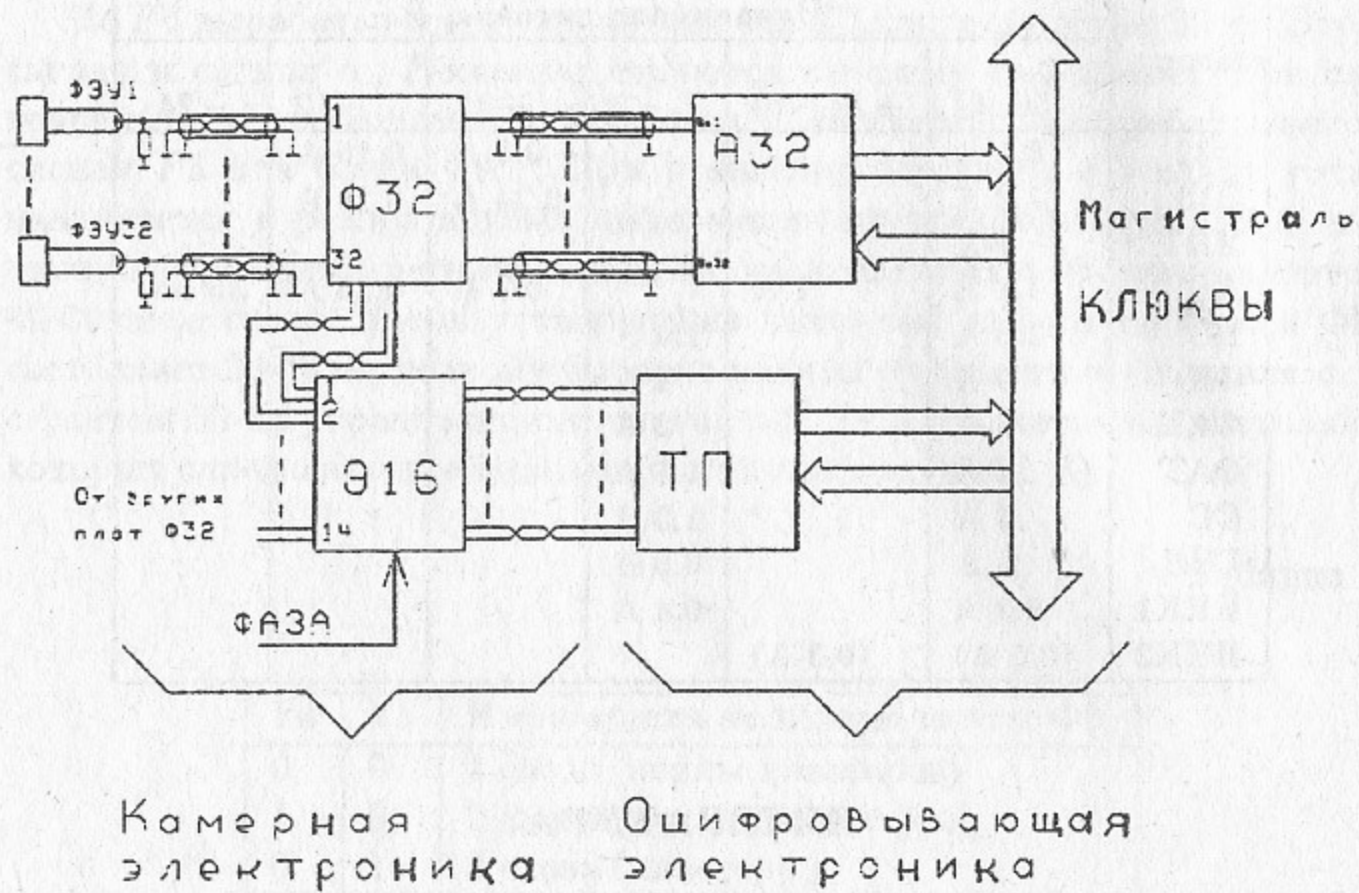


Рис. 1. Электроника калориметра КМД-2.

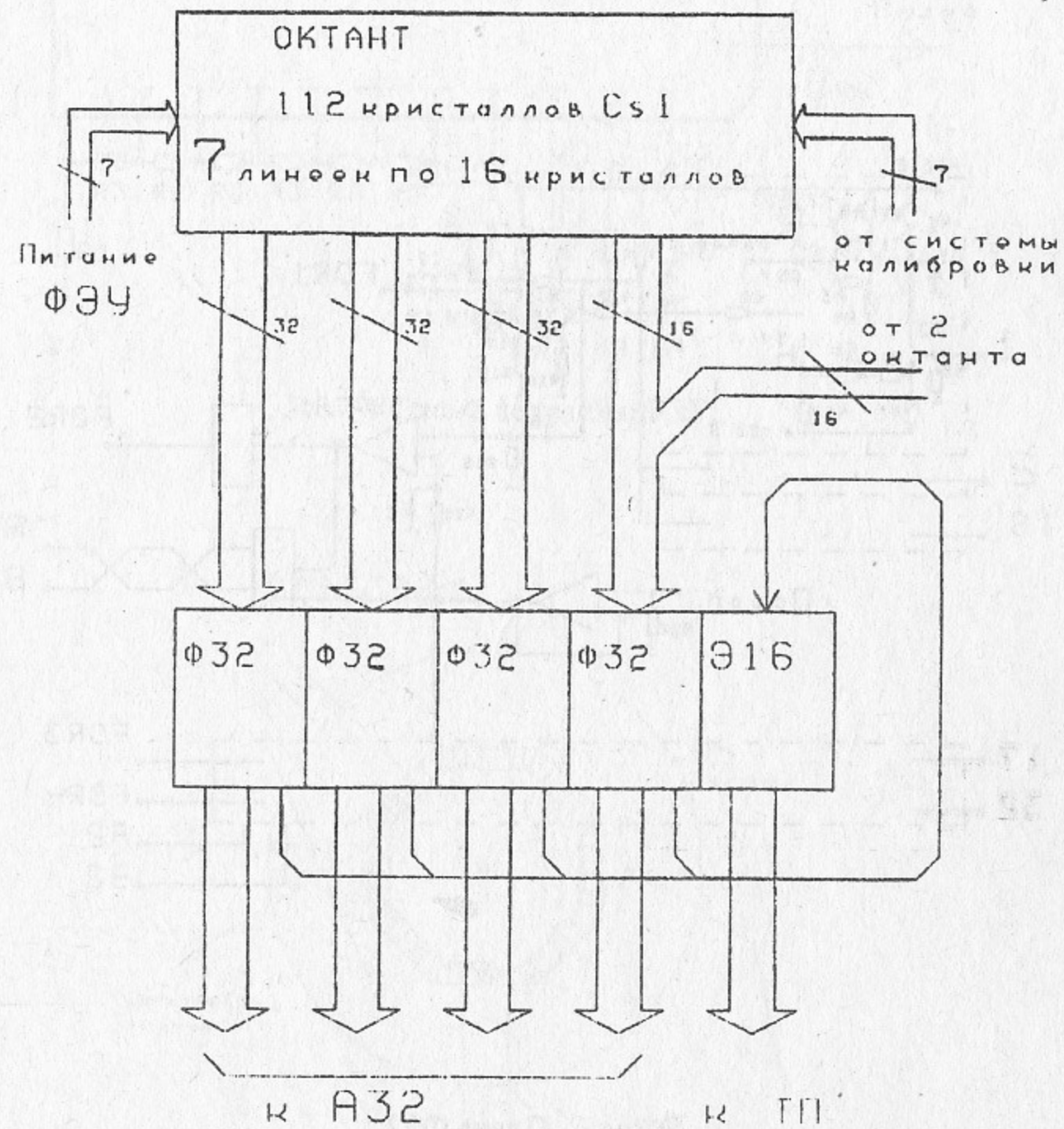


Рис. 2. Камерная электроника октанта.

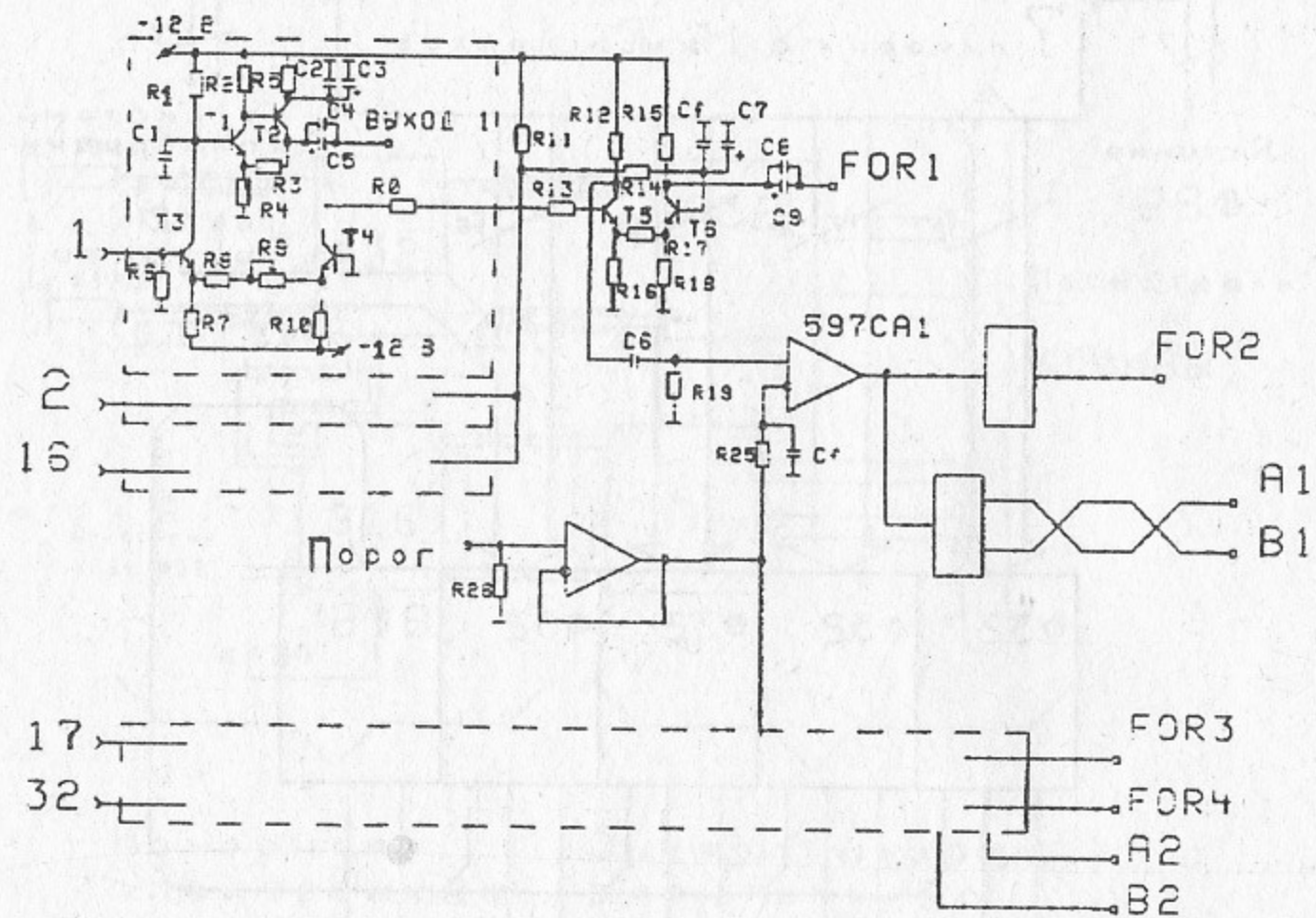


Рис. 3. Плата Ф32.

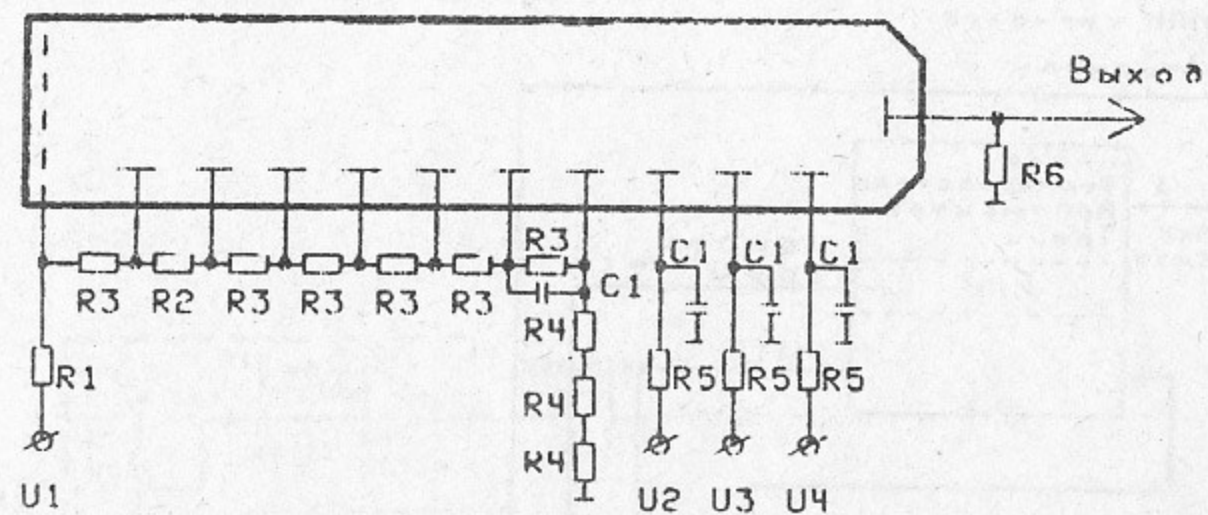


Рис. 4. Схема делителя ФЭУ.

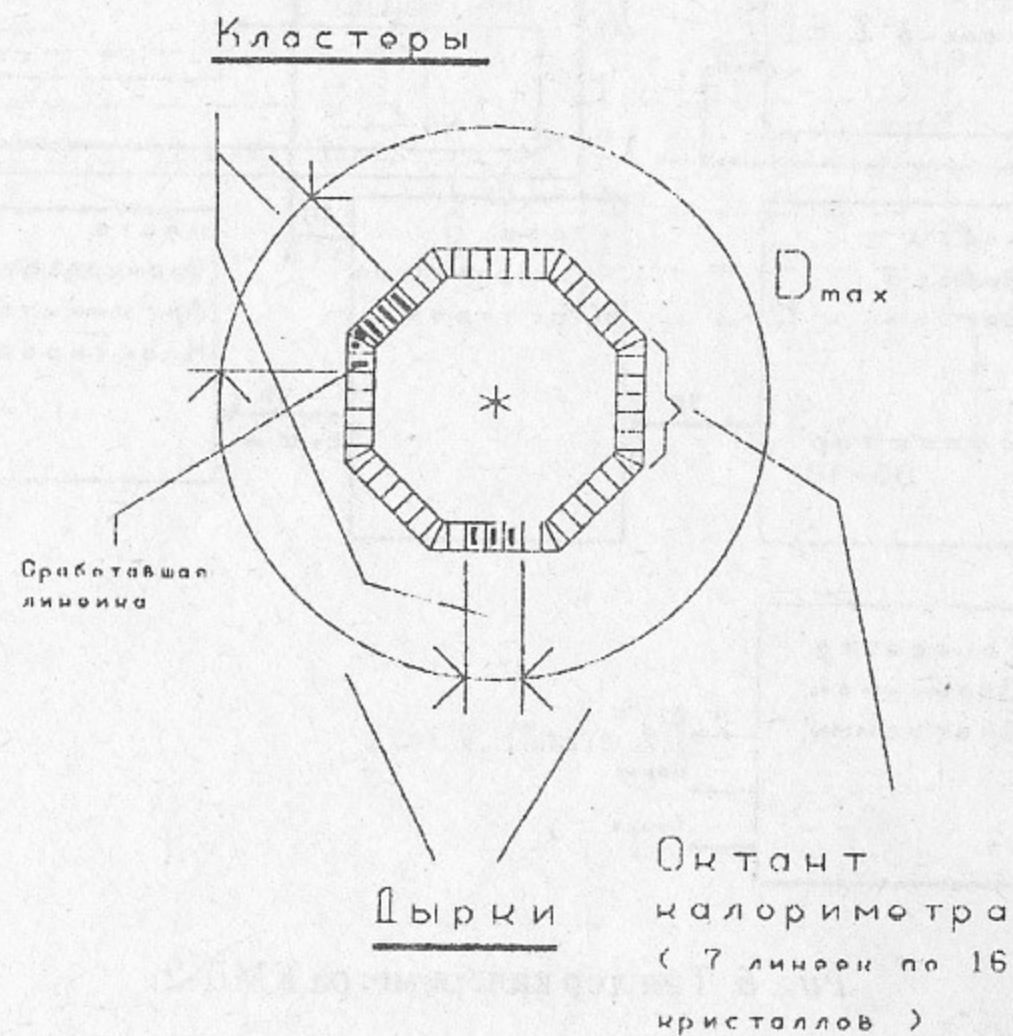


Рис. 5. Дырки и кластеры в калориметре.

ИЛИ сигналов
Z-камеры

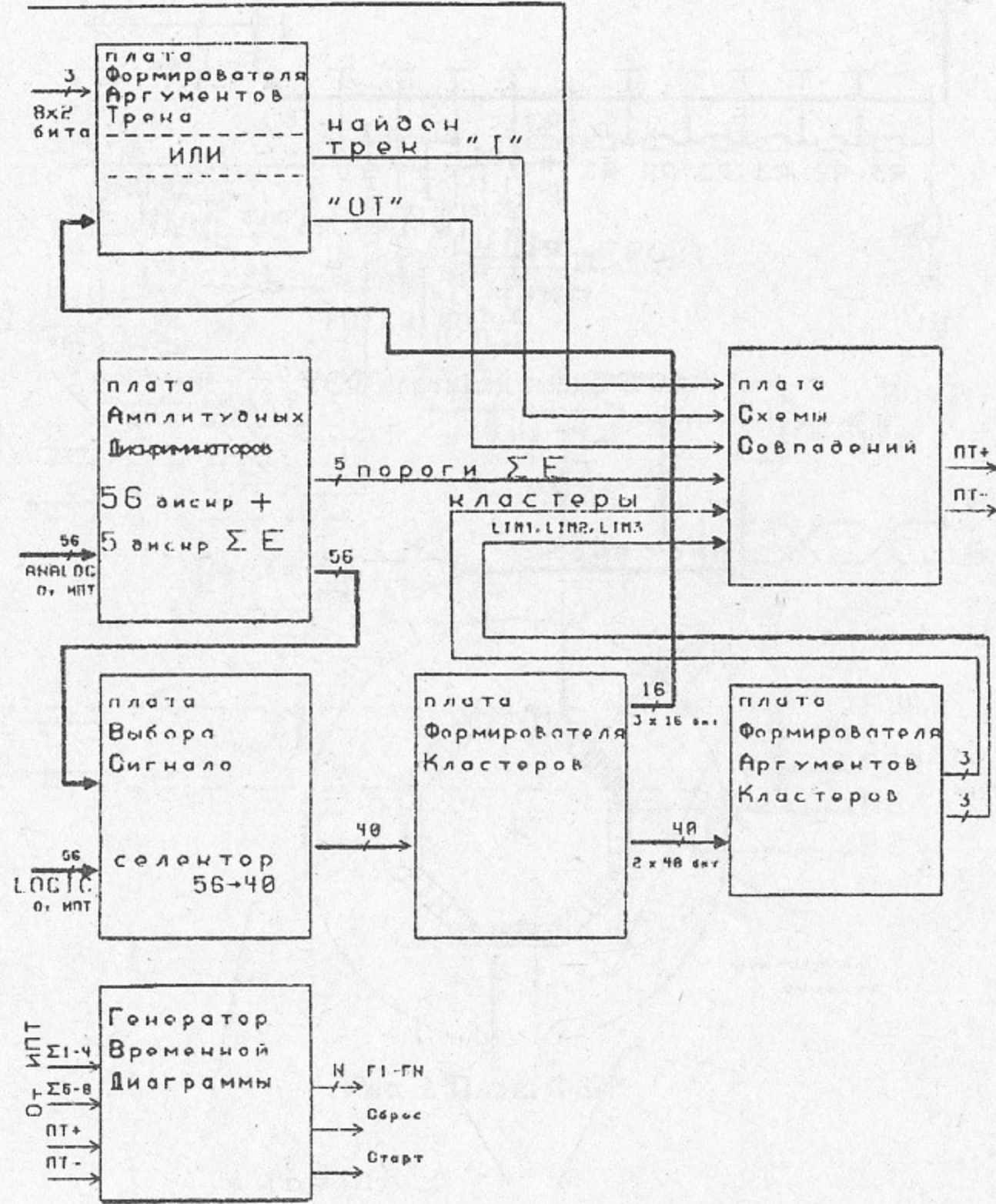


Рис. 6. Триггер калориметра КМД-2.

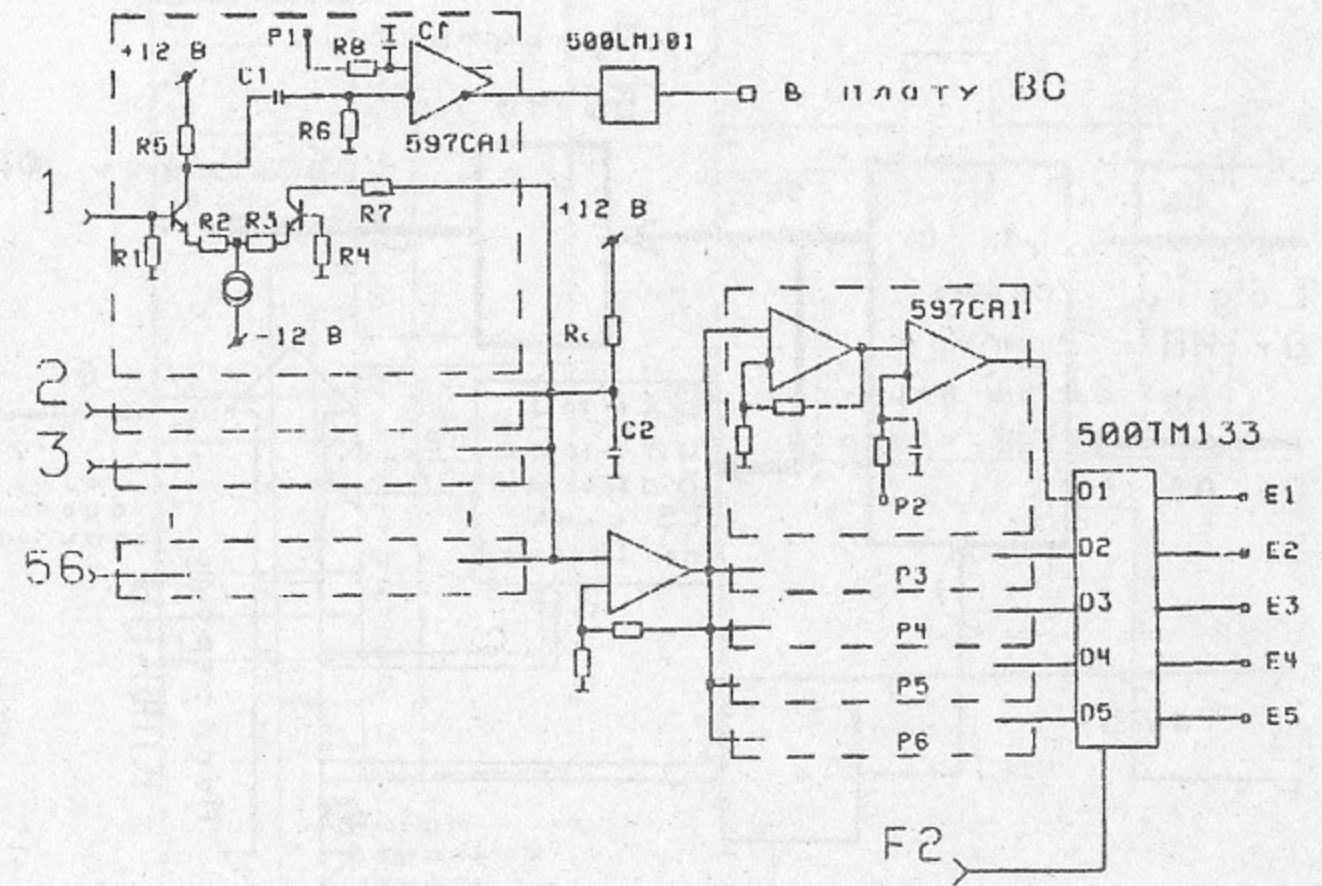


Рис. 7. Плата АД.

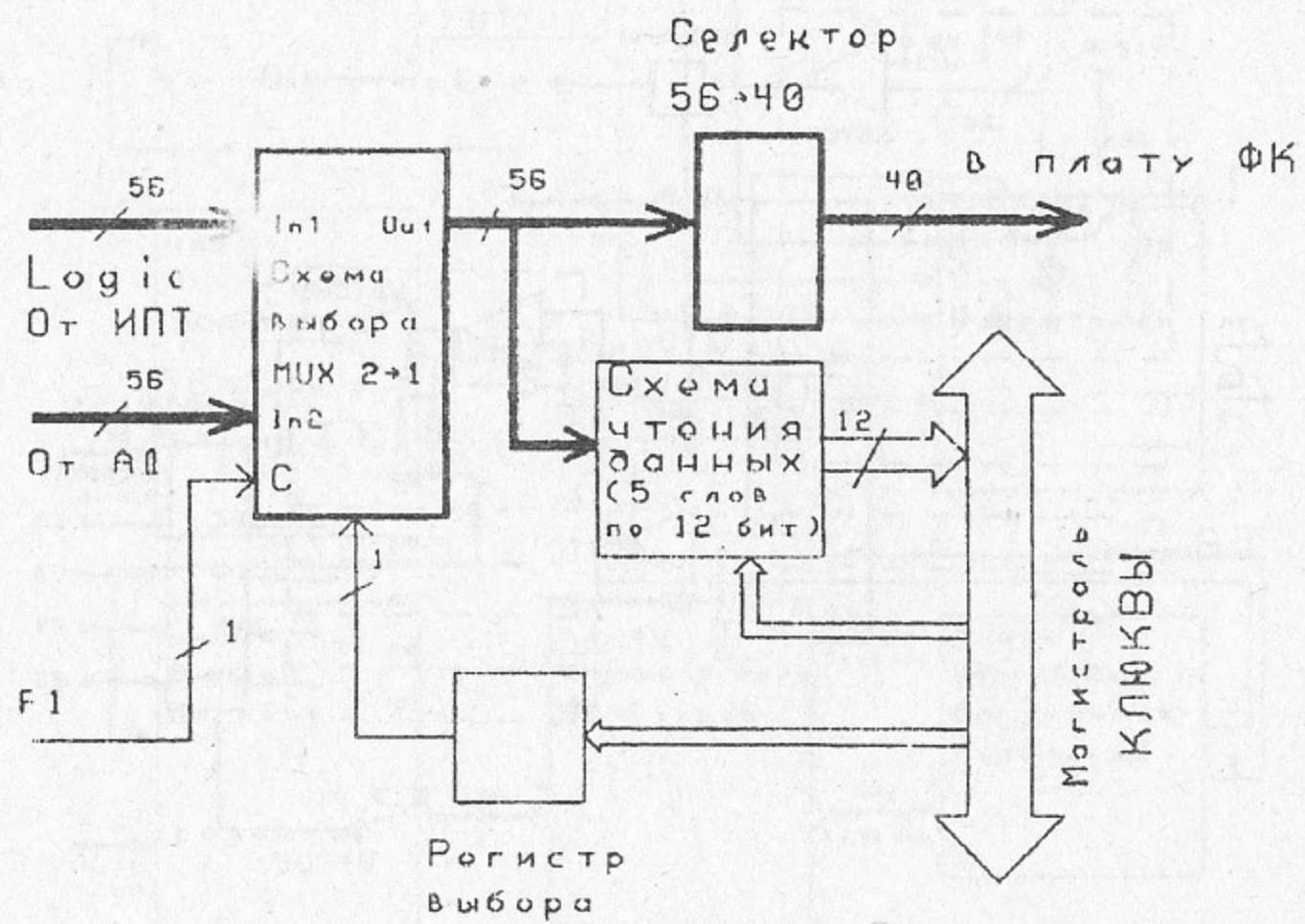


Рис. 8. Плата выбора сигнала.

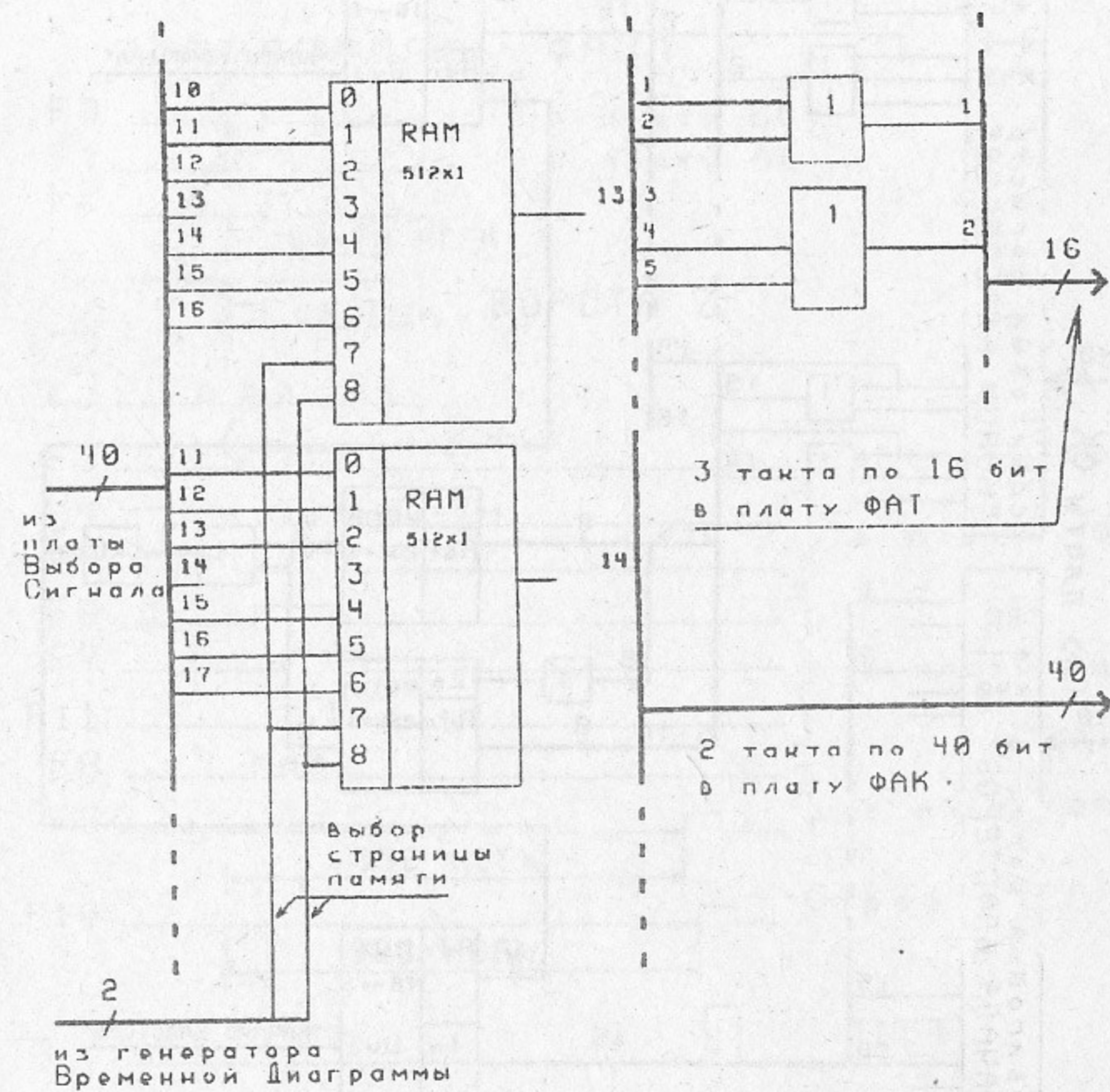


Рис. 9. Плата ФК.

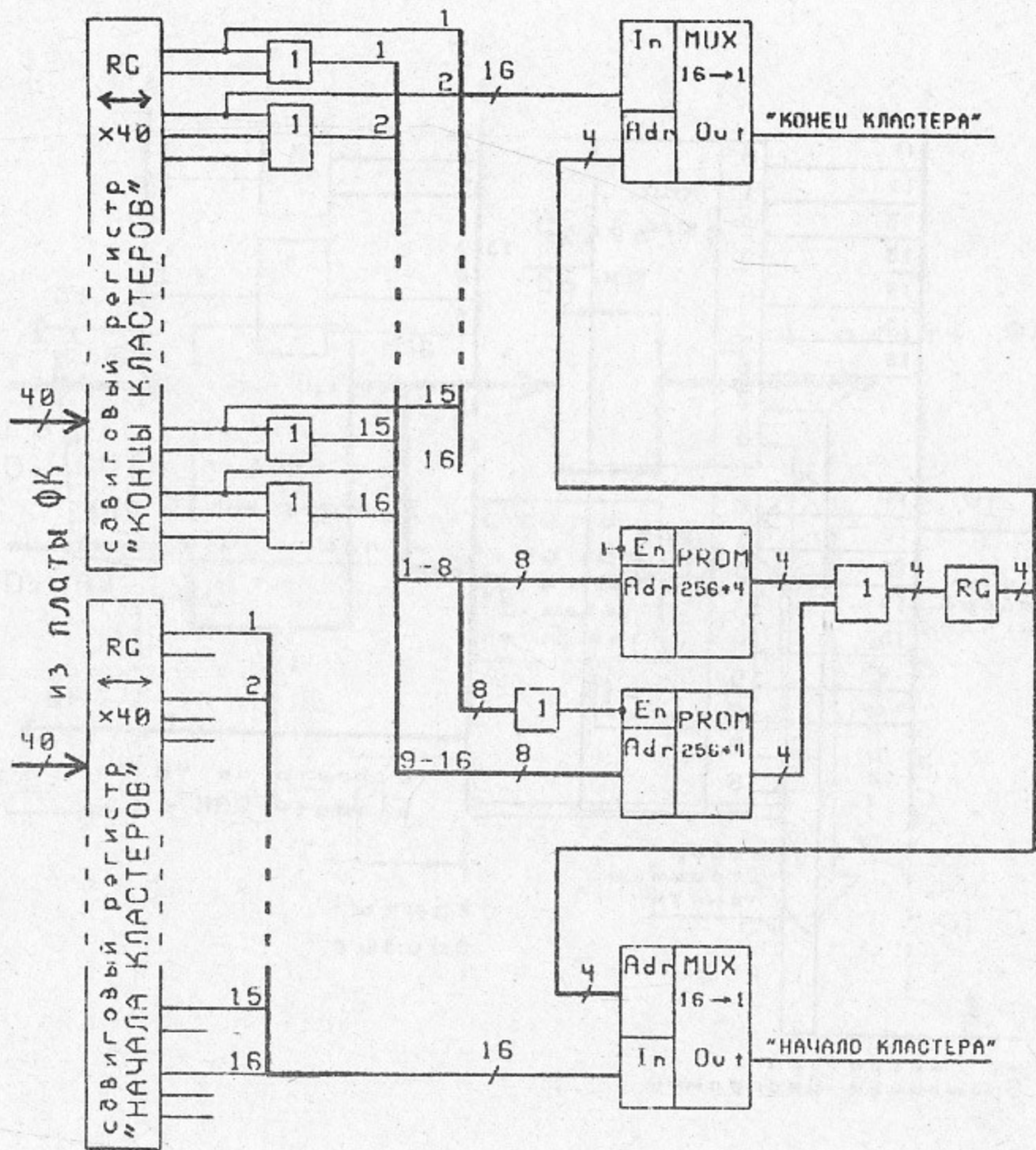


Рис. 10. Плата ФАК.

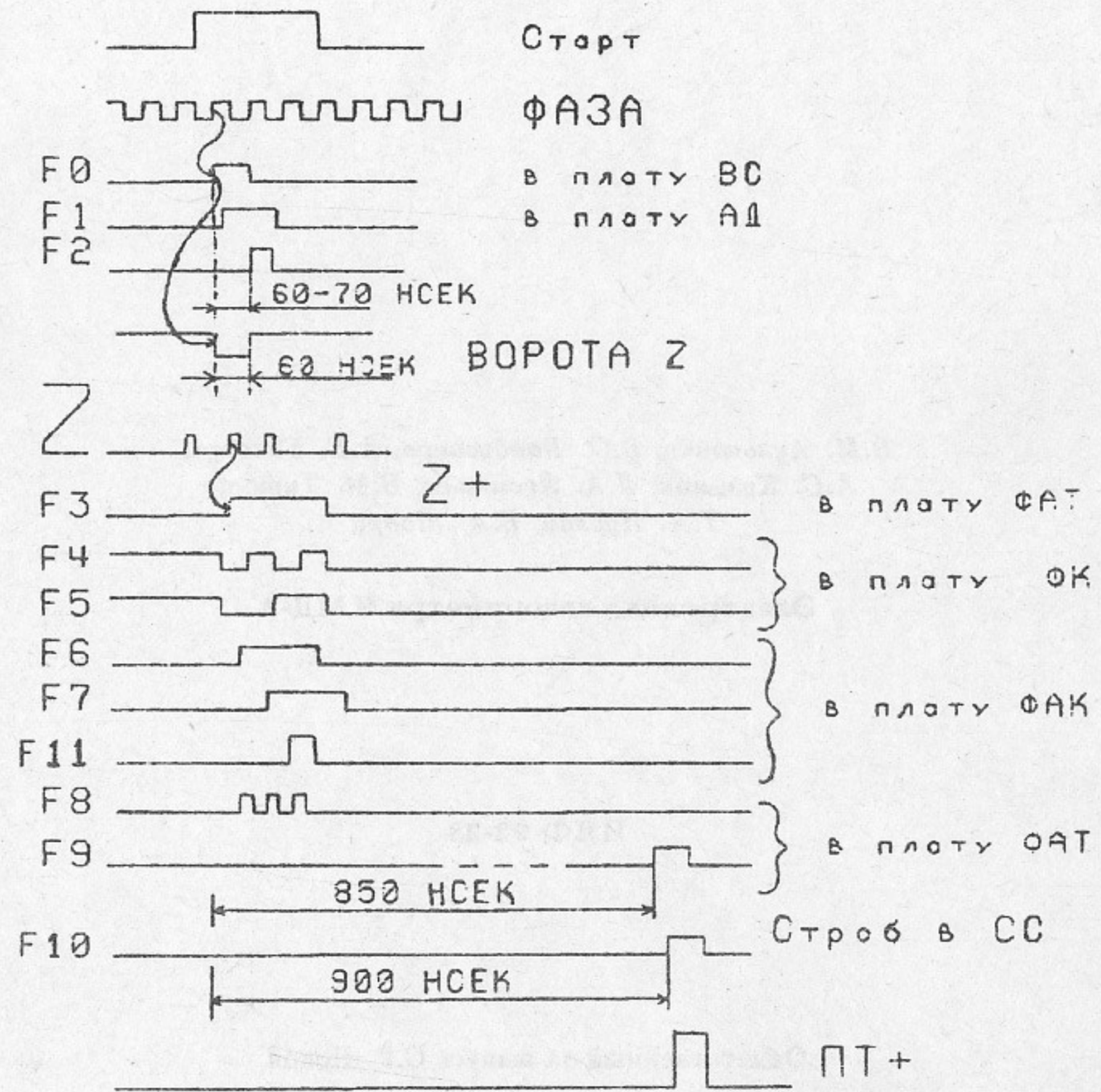


Рис. 11. Временные диаграммы сигналов управления.

*В.М. Аульченко, Б.О. Байбусинов, А.Е. Бондарь,
А.С. Кузьмин, Л.А. Леонтьев, В.М. Титов,
Т.А. Пурлац, Б.А. Шварц*

Электроника калориметра КМД-2

ИЯФ 92-28

Ответственный за выпуск С.Г. Попов

Работа поступила 28 апреля 1992 г.

Подписано в печать 28.04.92 г.

Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 2,0 печ.л., 1,6 уч.-изд.л.

Тираж 200 экз. Бесплатно. Заказ N 28.

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