

Г-788

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



10 - 4072

А.Г.Грачев

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫВОДА ДАННЫХ НА ЭВМ
ИЗ ИСКРОВЫХ КАМЕР
С ФЕРРИТОВОЙ ПАМЯТЬЮ

1968

10 - 4072

7553/2 кр.

А.Г.Грачев

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫВОДА ДАННЫХ НА ЭВМ
ИЗ ИСКРОВЫХ КАМЕР
С ФЕРРИТОВОЙ ПАМЯТЬЮ

Из лекций Школы ОИЯИ по применению
ЭВМ в задачах экспериментальной фи-
зики (г. Алушта, май 1968 г.).



В в е д е н и е

К 1960 г. в практику физического эксперимента стала широко внедряться методика искровых камер. Экспериментальные измерения, проведенные Гелбрайсом ^{/1/}, Русергленом и Потерсоном ^{/2/} и Шерпаком ^{/3/}, показали, что искры в камерах хорошо локализируются по ионизационным следам ядерных частиц. Это привело к созданию проволочных искровых камер, а значительные токи искры в них позволили Кринину ^{/4/} применить для ее регистрации ферритовые кольца памяти, Ньюману и Шерпаку ^{/5/} - магнитные ленты и барабаны и позднее Гианелли ^{/6/} и Перез Мендесу ^{/7/} - магнитострикционные линии. Эти способы регистрации дают возможность сравнительно просто произвести стыковку систем искровых камер с электронными вычислительными машинами (ЭВМ).

Целью данной работы является ознакомление читателей с проблемами организации ферритовых колец памяти в искровых камерах, предназначенных для работы совместно с ЭВМ. Для большей конкретности здесь подробно рассматривается система регистрации и вывода информации искровых камер ^{/8/} на вход ЭВМ, разработанная и изготовленная в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

1. Организация ферритовых колец памяти в проволочных искровых камерах

Объемы памяти современных систем искровых камер сравнимы с объемами памяти вычислительных машин среднего класса, поэтому вопросу рациональной организации элементов памяти на этих камерах уделяется особое внимание.

Вначале казалось нерациональным применение ферритовых колец на каждой проволочке камер. В связи с этим Пайзер ^{/9/} предложил способ значительного сокращения числа колец путем прошивки проволочек через кольца по десятичной системе (рис. 1).

Кажущаяся схемная трудность организации большого объема памяти привела к использованию Реем и др. ^{/18/}, Голутвиным и др. ^{/10/} аналогового съема информации с ферритовых камер. При аналоговом съеме данных (рис.2) каждая камера имеет один генератор считывания и одну выходную сигнальную обмотку. Почти к такому же сокращению числа элементов электроники приводит и метод сложения колец камеры в матрицу, имеющую выходные обмотки по столбцам и строкам при одном общем проводе считывания ^{/11/}.

Однако недостатком этих методов является то, что они ограничивают возможности искровых камер, превращая их в приборы, регистрирующие один трек в режиме пробоя искры на одну проволочку.

Большого внимания заслуживают универсальные способы организации колец на камерах, позволяющие регистрировать любое количество одновременно возникающих в них искр.

Такая своеобразная универсальная организация с отдельным обращением к ферритовым колечкам использована Ехрманом ^{/12/}. В системе, предложенной им, ферритовые кольца соседних XY пар камер имеют одну общую выходную обмотку (рис.3). Однако общая прошивка обмоток

считывания всех ХУ пар камер системы позволяет обращаться раздельно ко всем их колечкам. Прошивка такого типа очень удобна для системы камер, расположенных одна возле другой, и неудобна для системы, в которой камеры рассредоточены.

Наиболее удачным, нашедшим самое широкое применение, оказался способ размещения ферритовых колец группами /8,11,13,14/, состоящими из одинакового числа колец. Одноименные кольца этих групп прошиваются выходными сигнальными обмотками, а каждая группа колец имеет индивидуальную обмотку считывания. Схема такого типа размещения колец, образующих матрицу, приведена на рис.4. Эта схема матрицы требует считывания всех ее групп (строк). Практически информация может быть только в одной или нескольких группах, поэтому в наших ранних работах /15,16/ было предложено ввести в каждую группу дополнительное групповое кольцо в качестве предварительного индикатора информации (рис.5). Предварительное обращение к групповым кольцам матрицы позволяет определить группы, с которых следует считывать информацию.

Помимо рассмотренных выше способов организации ферритовых колец, существуют специальные типы их прошивок в системах запускающих (решающих) камер /14,18/, но рассмотрение этих прошивок выходит за рамки этой работы.

Практическую сложность представляет не схемный вопрос организации ферритовых колец, а вопрос сочленения ферритовой матрицы с проволочками искровой камеры. В различных лабораториях этот вопрос решается по-разному. Так, например, в камерах нашей системы кольца укладываются на свои места одновременно с намоткой на них проволочек. Было бы идеально иметь специальные разъемы, позволяющие размещать матрицы вне камер с тем, чтобы последние можно было устанавливать в магнитных полях.

II . Формирование слова, соответствующего координате трека в камере

В настоящее время немыслима обработка информации систем искровых камер без применения ЭВМ. Это обязывает выводить координаты треков в виде чисел в двоичном коде, удобном для ЭВМ. Рассмотренная выше матрица позволяет выполнить это требование без труда. Достигается это применением двоичных счетчиков и диодных шифраторов при обращении к ее элементам. Координата трека или номер проволоки (колечка) в камере получается от размещения в линию номера строки в камере (старшие разряды) и номера феррита в строке (младшие разряды) при условии нумерации строк от 0 до n . Здесь n - число строк в матрице. Координата самой камеры в системе задается счетчиком номера матрицы. В системах без счетчика номеров матриц координаты камер определяются по номерам строк ^{/11/}. В нашем устройстве, блок-схема которого приведена на рис.2, машинное полуслово состоит из 18-разрядного числа. Это число содержит в себе номер камер или матриц (5 разрядов), номер строки в матрице (4 разряда), номер колечка в строке (5 разрядов), число одновременно охваченных искрой проволочек (2 разряда) и двух разрядов вспомогательной информации: "начало измерений" и "признак числа".

III . Время вывода данных из системы ферритовых искровых камер

Время вывода данных из системы ферритовых камер зависит от схемной организации обращения к матрице памяти, рассмотренной выше.

Если информация из строк считывается на обычный регистр сдвига, как это сделано в работе /11/, то общее время вывода T_0 информации из одной камеры будет равно

$$T_{01} = r_1 \frac{N}{n} + r_2 M \frac{1}{2} n + r_3 M,$$

где r_1 - время считывания строки, N - число ферритовых колец в камере, r_3 - среднее время передачи числа, n - число колец в строке, r_2 - период работы регистра, M - число треков в камере.

При считывании информации строк на специальные регистры - селекторы /13,15,16,17/ выражение для T_0 примет вид

$$T_{02} = r_1 \frac{N}{n} + r_3 M.$$

И, наконец, с применением предварительных индикаторов в строках и селекторов для них время вывода еще уменьшится и будет равно

$$T_{03} = r_1 (A + 1) + r_3 M,$$

где A - число строк в камере, содержащих информацию.

Во многих практических случаях время T_{02} оказывается достаточным, чтобы уложиться с выводом информации из всей системы искровых камер в их мертвое время. Именно поэтому в рассматриваемом ниже устройстве /8/ мы остановились на втором варианте селекции числа.

IV . Блок-схема устройства вывода ЛВЭ ОИЯИ

Блок-схема устройства вывода Лаборатории высоких энергий ОИЯИ приведена на рис.6. Ферритовые матрицы системы камер на этой схеме изображены в виде "куба памяти" емкостью 32 x 16 x 32 дв. ед. Запись

информации в этот куб происходит от тока искр системы камер, а ее считывание – пятнадцать формирователями тока ФТ, переключаемыми от одной матрицы куба к другой с помощью схемы с импульсно-потенциальными токовыми ключами КТ.

В исходном состоянии триггеры всей схемы за исключением триггеров счетчика строк находятся в состоянии "0". Перед каждым выводом пучка ускорителя на вход устройства поступает импульс начала ускорения (ИНУ). ИНУ ставит в состояние "1" триггеры Т1 и Т5. Триггер Т5 отпирает вентильный усилитель ВН-1, который имитирует импульсы запроса числа, осуществляющие очистку памяти перед каждым циклом вывода пучка из ускорителя. Очистка памяти введена из-за всевозможных случайных сбоев всей системы, включая и электронную вычислительную машину ЭВМ, приводящих к неполному считыванию данных из куба памяти. Работа устройства в режиме очистки происходит так же, как и в режиме вывода данных на вход ЭВМ. С окончанием очистки памяти схема возвращается в исходное состояние и ждет импульсов начала вывода от системы запуска генераторов высоковольтных импульсов (ВИ). Таким образом, в момент срабатывания камер на вход устройства поступает импульс запуска ВИ и через задержку в 40 мксек от одновибратора ОВ сбрасывает его в исходное рабочее состояние. При этом выбирается первая матрица, а триггер Т1 ставится в "1", открывая вентиль ВН 1₍₁₎ для тактовых импульсов ТИ. Второе плечо Т1 используется для блокировки питания искровых камер на время вывода. Затем "запросом числа" из линии связи триггеры Т2 и Т3 ставятся в положение, открывающее для ТИ вентиль ВН 1₍₂₎, и при отсутствии информации на Р_ч ТИ через ВН 1₍₄₎ будут поступать на счетчик строк СС для последовательного опроса формирователями тока всех строк выбранной камеры. Просчитав до 15, СС импульсом переноса из старшего разряда переключит счетчик матриц СМ на следующую позицию.

Выбирается новая матрица, опрашиваются строки новой матрицы и т.д.

Считанная со строки информация сразу поступает на P_4 . При наличии единицы хотя бы в одном разряде $P_4 ZN1_{(4)}$ закрывается для ТИ, счет строк прекращается, начинается опрос разрядов регистра, содержащих единицы. Номер первого по порядку разряда, имеющего информацию, зашифровывается шифратором и запоминается на счетчике числа СЧ. Если при этом последующие соседние разряды регистра числа (P_4) будут в состоянии "1", то они сбросятся в исходное состояние через задержки в 1 мксек и образуют на выходе правой сборки ИЛИ регистра числа серию импульсов, соответствующую числу сброшенных в "0" разрядов. Эта серия импульсов, поделенная пополам триггером схемы СП (2р), подается на вход счетчика числа СЧ, дополняя записанную там координату до срединного значения координаты трека с точностью $\pm 0,5h$. Здесь h — шаг между проволочками камеры в мм. Для устранения сбоя номера первого разряда, записанного в счетчик СЧ, выход шифратора блокируется по входам ячеек ВН-3 от триггера Т3. Последний импульс серии выделяется селектором конечного импульса (СКИ).

Выход селектора конечного импульса (СКИ) подан на вход триггера Т4, опрокидывание которого в состояние "1" является признаком готовности числа для передачи его на вход ЭВМ. После приема числа на свой регистр измерительный центр подает на вход устройства вывода очередной импульс запроса числа. Импульс запроса числа сбрасывает в "0" счетчики СЧ, СП, триггер Т4 и возвращает в рабочее состояние триггеры Т2 и Т3. В результате этого тактовые импульсы с вентилярного усилителя ВН1₍₂₎ снова подаются на вывод нового числа с регистра Р4 или на вход счетчика строк через клапан ВН-1₍₄₎, если свободен регистр числа.

С каждым переполнением счетчика строк с его выхода подается импульс на счетчик матриц, обеспечивающий поочередное переключение

питания на матрицы "куба памяти" через дешифратор строк и импульсно-потенциальные ключи КТ.

С помощью тумблерного пятиразрядного регистра набирается номер камеры, на которой следует закончить вывод информации. После опроса последней камеры схема сравнения выдает импульс "конца измерений" с выхода вентиля ВН-1₍₅₎ на вход триггера Т1. В результате этого блокируются импульсы тактового генератора и снимается блокировка с устройства запуска высоковольтного импульса на искровые камеры. С очередным срабатыванием искровых камер снова поступает импульс ВИ на вход одновибратора ОВ, и схема повторит цикл передачи данных о следующем событии с системы искровых камер. За один цикл ускорения системой может быть зарегистрировано более сотни событий.

Сильноточковые элементы устройства, такие, как формирователи тока ФТ и токовые ключи КТ, а также выходные усилители матриц отнесены непосредственно к камерам. Остальная электроника устройства выведена смонтирована на стандартных ячейках вычислительной машины БЭСМ-3М и размещена в одной из стандартных стоек ОИЯИ.

В начале этого года были проведены испытания этого устройства в системе восьми полуметровых искровых камер на пучке синхрофазотрона. В настоящее время продолжается дальнейшее изучение возможностей системы ферритовых камер в условиях эксперимента, для которого она готовилась. На основании предварительных испытаний, результаты которых будет опубликованы отдельно, можно сделать вывод, что проволочные искровые камеры с ферритами имеют удовлетворительную эффективность ($> 96\%$) и способны одновременно регистрировать несколько треков, а метод вывода данных искровых камер с помощью ферритовых колец экономичен по объему аппаратуры, практически очень прост, надежен и позволяет использовать электронику, исключительно легкую в наладке.

Информация ферритовых камер в отличие от информации камер других типов, носит дискретный характер. Точность регистрации координат треков в них может быть получена не хуже, чем в камерах других типов, так как ток записи в ферритовое кольцо зависит от его размеров и составляет единицы ампер при длительностях искры 70+80 нсек.

Достаточно отметить, что одно однотрековое событие в ферритовой искровой камере может быть зарегистрировано и выделено за время порядка одной микросекунды, так как в камере могут быть использованы ферритовые кольца с временем считывания $< 0,5$ мксек. Даже в магнестрикционной метровой камере среднее значение этого времени получается равным не менее чем $0,5$ мксек/см 50 см = 25 мксек.

К недостаткам ферритовых камер пока следует отнести сложность сочленения ферритовых матриц с проволочками камеры, особенно на высоковольтной ее стороне. Но вопрос сочленения проволочных камер с ферритовыми матрицами не является неразрешимым.

Л и т е р а т у р а

1. Gelbraith. Rev. Sci. Instr., 32, 518 (1961).
2. I.G.Rutherglen and I.M.Paterson. Rev. Sci. Instr., 32, 519(1961).
3. G.Charpak. N. I. M. 15, 318 (1962).
4. F.Krienen. N.I.M. 16, 168 (1962).
5. Mr.Nuemann and Sherrard. IEEE, Transaction on Nuclear Sci., v. NS-9, N3, 259 (1962); v. NS-9, N5, 51 (1962).
6. G.Gionnelli. Proc. of the Int. Meeting on Filmless Spark Chamber Technique and Associated Computer Use. CERN, 325(1964); CERN 64-30, 1964.
7. Perez-Mendez and I.M.Pfal. N.I.M. 33, 14 (1965).

8. Л. С. Барабаш, А. Г. Грачев, В. Д. Кондрашов, Л. В. Колмогорова, Н. М. Никитюк. Препринт ОИЯИ, 10-3890, Дубна, 1968.
9. I. Pizer. CERN, 64-30, 111 (1964).
10. А. С. Гаврилов, И. А. Голутвин и др. Препринт ОИЯИ, 13-3503, Дубна, 1967.
11. W. A. Higinbotham et al. IEEE, Trans. on Nuclear Sci., v. NS-12, N1, 386 (1965).
12. C. H. Erhmann. IEEE, Trans. on Nuclear Sci., v. NS-13, N1, 503 (1966).
13. T. Krienen. CERN, NRD, 64-44 (1964).
14. J. Bounin et al. IEEE, Trans. on Nuclear Sci., v. NS-11. N3, 321 (1964).
15. А. Г. Грачев. ОИЯИ, Б1-10-3883, Дубна, 1966.
16. Л. С. Барабаш, А. Г. Грачев. Препринт ОИЯИ, 2660, Дубна, 1966.
17. А. Г. Грачев. Препринт ОИЯИ, 2659, Дубна, 1966 и ПТЭ, №2, 208 (1967).
18. C. Ray et al. Decision-making spark chamber, EFINS 64-37.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 сентября 1968 года.

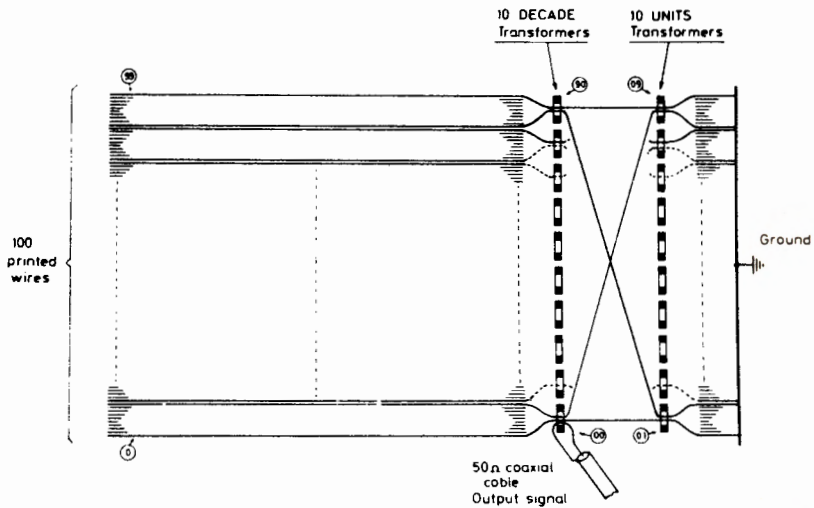


Рис.1. Схема кодированной прошивки ферритов на искровой камере /9/.

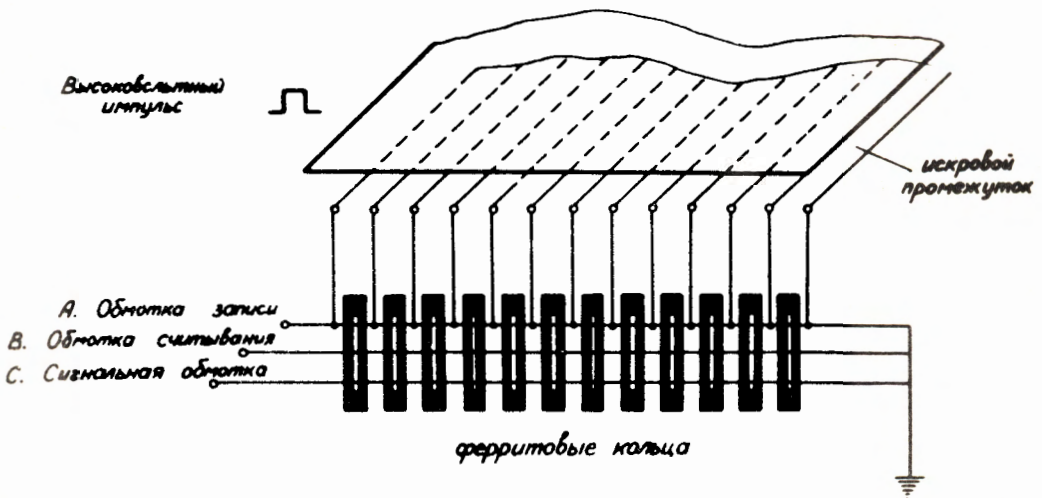


Рис.2. Схема прошивки ферритов для аналогового съема информации с камер /10/.

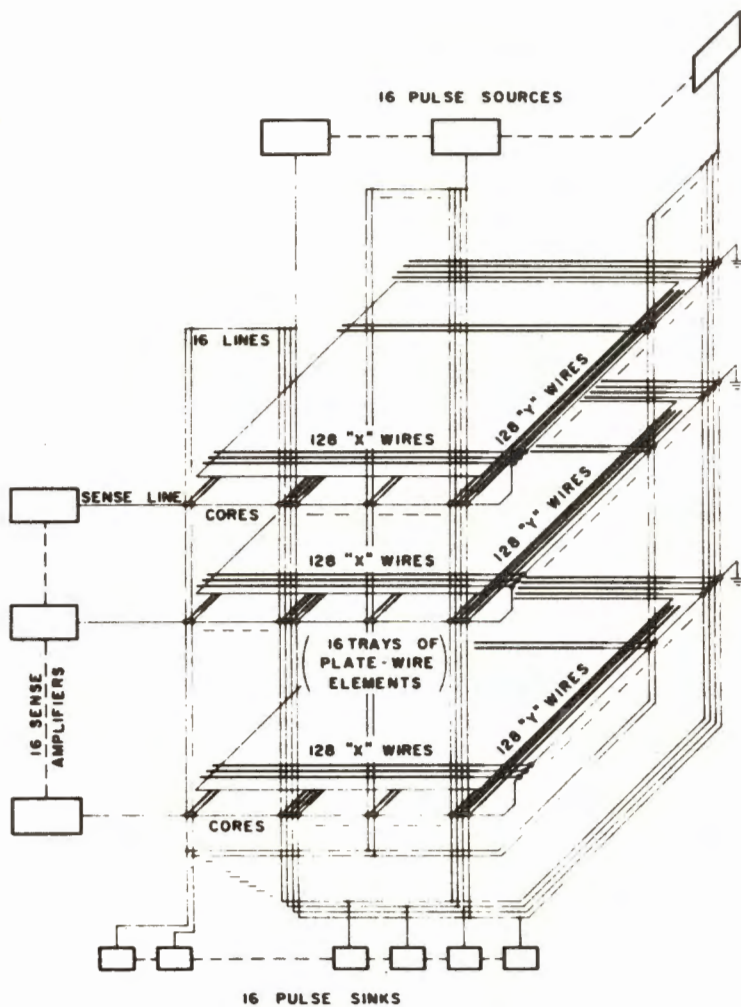


Рис.3. Схема организации ферритовых колец для системы сосредоточенных камер /12/.

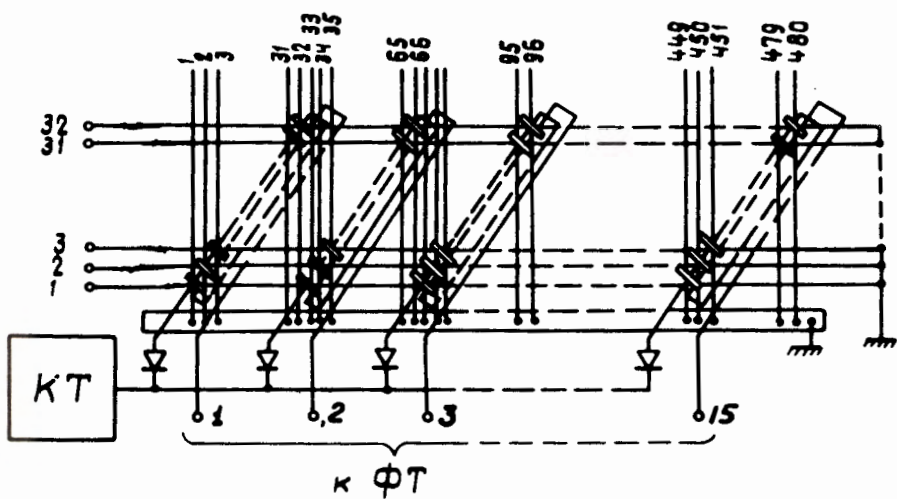


Рис.4. Схема размещения ферритовых колец в виде матрицы памяти.

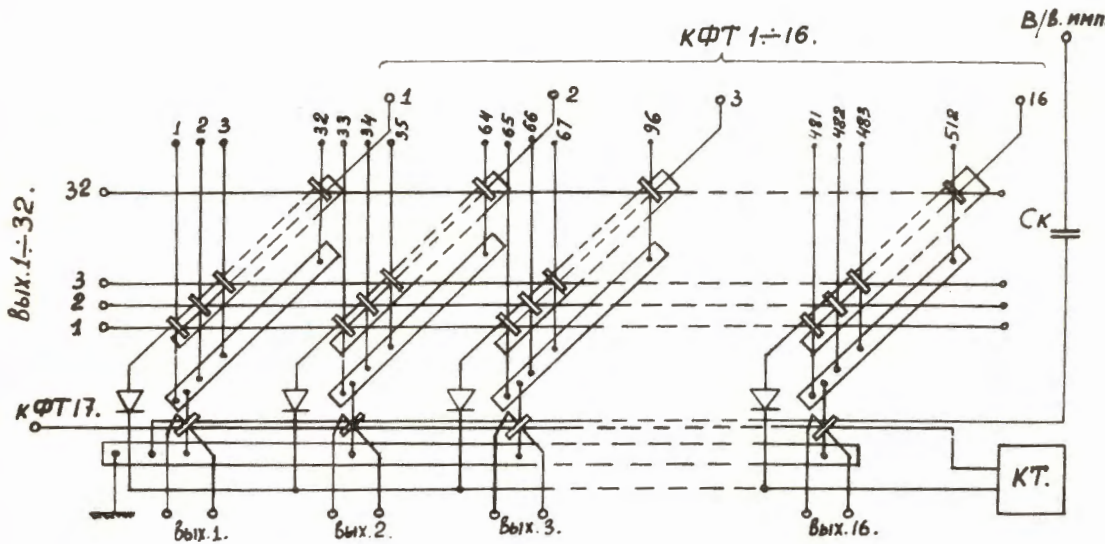


Рис.5. Матрица памяти с предварительными индикаторами строк /15/.
 C_k -компенсирующая емкость.

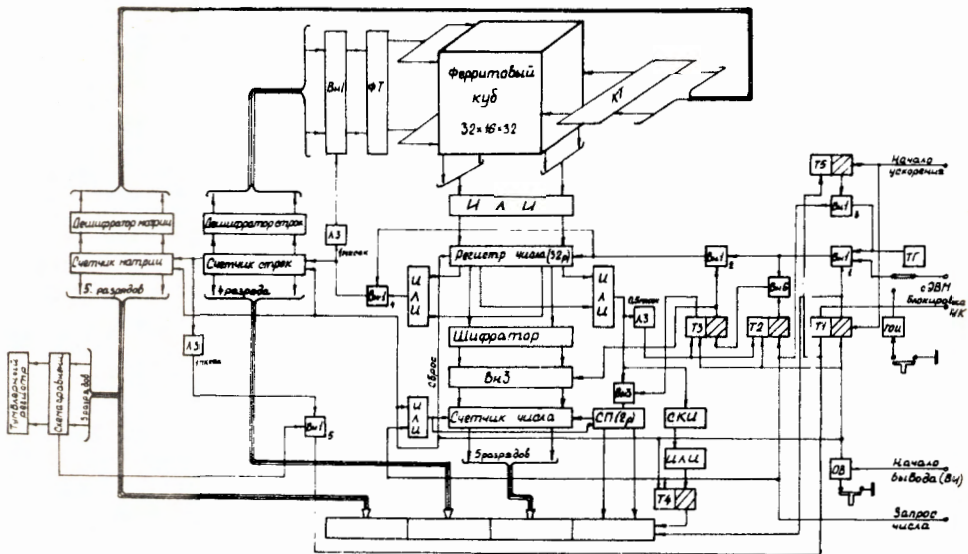


Рис.6. Блок-схема устройства вывода ЛВЭ ОИЯИ /8/.