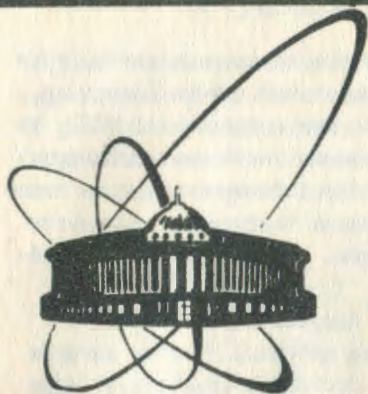


89-17



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P10-89-17

Н.М.Никитюк, П.А.Рукояткин, А.Л.Светов

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ГОДОСКОП-ШИФРАТОР НА 64 ВХОДА
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ОДНОЧАСТИЧНЫХ СОБЫТИЙ
С КЛАСТЕРАМИ

Направлено в журнал
"Nuclear Instruments and Methods"

1989

1. Постановка задачи

Известно, что если в многоканальном детекторе заряженных частиц сработал один и только один позиционно-чувствительный датчик (например, сцинтиллятор в сцинтилляционном годоскопе или проволока в МПК), то не возникает проблем в процессе преобразования унитарного позиционного кода в натуральный двоичный код. Проблема быстрой шифрации с помощью комбинационных схем и без использования тактирующих импульсов возникает уже в том случае, когда необходимо расшифровать один двойной кластер.

Для решения задачи регистрации координат одночастичных событий с кластерами используются специальные кодовые матрицы, столбцы которых имеют одинаковое число единиц, и каждому столбцу соответствует один позиционно-чувствительный датчик. Так, код, содержащий по три единицы в столбцах кодирующей матрицы нашел применение в сцинтилляционных годоскопах с целью существенного уменьшения количества ФЧУ при регистрации одночастичных событий [1,2]. Системы кодирования, описанные в работах [3,4] можно представить в виде кодирующей матрицы, содержащей по одной единице в столбцах. Здесь мы имеем наиболее простую схему кодирования, так как коэффициент разветвления сигнала от датчика равен единице. Однако такая схема имеет ограниченные функциональные возможности, поскольку возможна однозначная регистрация только координат тройных кластеров. Этот факт подтверждается тем, что в кодирующей матрице содержатся одинаковые столбцы.

Для регистрации двойных и тройных кластеров [5-8] используется код Грея. Однако с помощью такого кода невозможно определить как величину кластера, так и величину $t > 1$ регистрируемого события. Кроме того, коэффициент разветвления сигнала может составлять значительную величину с ростом числа каналов регистрации. Как показано в работах [9-10], для построения параллельных шифраторов можно использовать теорию кодов, исправляющих ошибки, которая базируется на хорошо разработанном математическом аппарате. Использование такой теории позволяет создавать качественно новые устройства для шифрации координат и регистрации множественности частиц [11] на большое число входов ($n > 50$), а также специализированные процессоры для быстрого отбора полезных событий [12]. В данной работе показано, каким образом, используя метод синдромного кодирования и ПСКУ, содержащее 8 и 9 адресных входов для переменных, можно построить годоскоп-шифратор на 64 входа.

2. Блок-схема годоскопа-шифратора

На рис. 1 приведена блок-схема годоскопа-шифратора. Данные от 64-разрядный регистр $Rг1-Rг4$ заносятся последовательно за четыре такта по 16 разрядов в каждом такте. Сигналы занесения данных на регистры $C1-C4$ вырабатываются с помощью схемы СД, состоящей из синхронного счетчика - дешифратора и группы одновибраторов. В результате входные

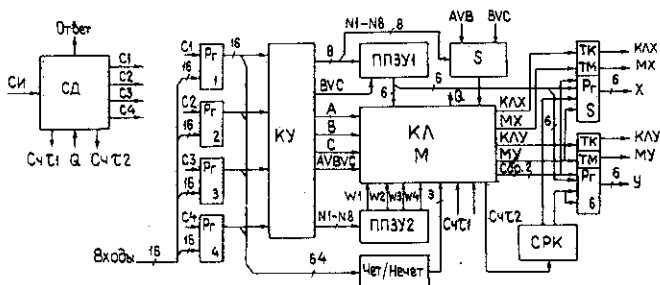


Рис. 1. Блок-схема годоскопа-шифратора. СД - счетчик-дешифратор, КУ - кодирующее устройство, КЛ, МХ - схемы выработки признаков "Кластер", "Мэни", СРК - схема разворота кодов координат, S - селекторы

синхроимпульсы разделяются на четыре серии $C1 - C4$. После выработки сигнала $C4$ в схеме СД формируется два задержанных импульса $CЧТ1$ и $CЧТ2$, которые используются для стробирования данных в блоке выработки признаков "Кластер" - КЛ и "Мэни" - М. С помощью кодирующего устройства КУ 64-разрядное слово, представленное в виде унитарного кода, преобразуется в 8-разрядный код синдрома $N1 - N8$. Кроме того, в КУ вырабатываются сигналы "Быстрое ИЛИ" А, В, С и AV, BV, CV . Сигнал А равен логической единице, если хотя бы от одного из датчиков (рис. 4) I - 28 поступил сигнал. Аналогично вырабатываются признаки В и С. Кроме того, данные с выходов входного регистра в параллельном коде поступают на входы **схемы проверки на четность** чет0, четА, четВ и четС, где чет0 - общий признак четности, четА, четВ и четС - признаки четности в группах А, В и С соответственно. Код синдрома $N1 - N8$ одновременно поступает на входы ППЗУ1 и ППЗУ2.

Модуль ППЗУ1 имеет емкость 512×8 бит и используется для шифрации координат в двоичном коде (6бит). С помощью схемы разворота кодов (СРК) этот код подается на входы двухразрядных выходных регистров $Rг5$ и $Rг6$, где наряду с кодами координат X и Y регистрируются признаки кластеров или "Мэни" - множественность.

3. Кодировочная матрица и ее свойства

В соответствии с методом синдромного кодирования 7, 10-14 до анализа сигналов на множественность t информация, поступающая от годоскопической плоскости, содержащей n каналов регистрации, с помощью кодирующей матрицы сжимается до величины N , где $N < n$, что позволяет использовать для дальнейшего анализа быстродействующие ППЗУ. Причем для формирования синдрома используются не сумматоры по модулю два, как это принято в классической теории кодирования, а более простые элементы ИЛИ. Такое кодирование получило название суперпозиционного кодирования [13]. В общем виде кодирующая матрица $H_{n,N}$ содержит n различных столбцов и N строк. Каждому столбцу соответствует один из каналов регистрации, а каждой строке - усилитель-смеситель сигналов. В данном блоке в качестве базовой используется кодирующая матрица $H_{28,8} = C_8^2$, которая содержит $8 \cdot 7 / 1 \cdot 2 = 28$ столбцов и восемь строк. Для построения шифратора на 64 входа была составлена кодирующая



Рис. 2.. Структура кодирующей матрицы $H_{56,9}$, состоящей из двух подматриц $H_{28,8}$ и $H_{28,9}$.

матрица, состоящая из двух матриц $H_{28,8}$ (группа А) $H_{28,9}$ (группа В) и единичной матрицы I_8 (группа С) (рис.2).

Вообще говоря, при $n = 64$ можно было бы использовать матрицу $H_{66,12}$, содержащую $C_{12}^2 = 66$ столбцов и 12 строк. Однако в этом случае для декодирования синдрома пришлось бы использовать более дорогое ППЗУ, содержащее 12 входов для переменных.

Структура кодирующего устройства описывается с помощью матрицы $H_{64,9}$, которая является аналогом матрицы проверочных соотношений, применяемой в теории корректирующих кодов [14]. Так, позиции единиц в i -м столбце матрицы $H_{64,9}$ показывают, в каких контрольных соотношениях участвует i -й информационный разряд. Далее, позиции единиц в i -м столбце матрицы $H_{64,9}$ показывают, какие разряды включаются в i -ю сумму, значение которой приписываются i -му контрольному разряду. На рис.3 приведена более компактная запись матрицы $H_{64,9}$, где каждый столбец представлен в виде восьмеричных чисел. Например, перво-

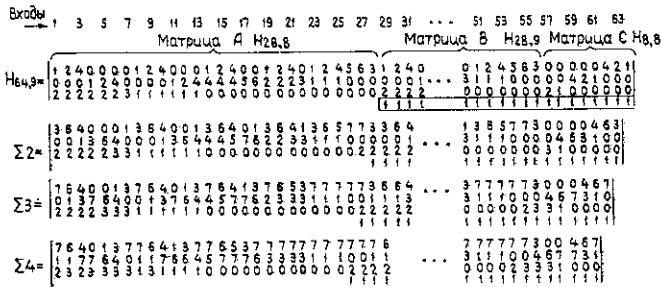


Рис. 3. Представление столбцов кодирующей матрицы в виде восьмеричных чисел. $\Sigma 2$, $\Sigma 3$ и $\Sigma 4$ - булевы суммы двух, трех и четырех столбцов матрицы $N_{64,9}$.

му столбцу, который равен 10000001, соответствует восьмеричное число 102 и т. д. Поразрядное сложение столбцов будем выполнять в соответствии с таблицей

0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	2	3	4	5	6	7
1	1	3	3	5	5	7	7
2	2	3	2	3	6	7	6
3	3	3	3	3	7	7	7
4	4	5	6	7	4	5	6
5	5	5	7	7	5	5	7
6	6	7	6	7	6	7	6
7	7	7	7	7	7	7	7

Как это принято в теории кодирования, весом слова w будем считать количество единиц, содержащихся в кодовом слове (столбце). При этом вес столбцов матрицы $N_{64,9}$ равен 2 (w_2) на позициях 1 - 56 и вес = 1 на позициях 57 ÷ 64. На рис. 3 символами $\Sigma 2$, $\Sigma 3$ и $\Sigma 4$ обозначены результаты суммирования двух, трех и четырех всевозможных столбцов матрицы $N_{64,4}$. Причем 9-я строка в группах В и С в результате суммирования не учитывается. Если рассматривать результаты булевого суммирования двух соседних столбцов матрицы $N_{64,9}$, то следует отметить, что все числа в ряде, обозначенном как $\Sigma 2$, различны, за исключением булевых сумм 28, 29 и 29, 30-го столбцов, которые равны 302_8 . Однако при программировании ИЛЗУ этим значениям присваивается координата 29_2 , а наличие 9-го разряда позволяет отличать эту координату от значения суммы 1 и 2 столбцов, которая также равна 302_8 .

Анализируя ряд чисел, обозначенных как $\Sigma 3$, представляющий собой булевы суммы всевозможных трех столбцов матрицы $H_{64,9}$, можно отметить, что за исключением столбца 700, равного сумме 26, 27 и 28 столбцов исходной матрицы, все столбцы $\Sigma 3$ различны и отличаются как от столбцов матрицы $H_{64,9}$, так и от столбцов $\Sigma 2$. Наличие одинакового значения 700 в суммах $\Sigma 2$ и $\Sigma 3$ можно разделить признаком четности. Причем, таким кластерным событиям, как 23, 24, 25, 24, 25, 26 и 25, 26, 27, при программировании записывается координата 25₂, а числу 700 ставится в соответствие координата 27₂. Следует отметить, что некоторую неопределенность в "хвосте" матрицы $H_{28,8}$ можно устранить, если в ней вычеркнуть два последних столбца, и при больших числах такое укорачивание не сказывается на коэффициенте сжатия $K_c = N/N'$. Как это следует из группы чисел $\Sigma 4$, в принципе с помощью кодирующей матрицы $H_{64,9}$ можно регистрировать координаты кластеров длиной четыре, а при больших числах n при укорачивании матрицы со стороны "хвоста" можно однозначно регистрировать координаты кластеров большой длины. Длина кластера β и число столбцов M , которые нужно вычеркнуть в "хвосте" матрицы $C_N^2 = H_6$ можно вычислить из соотношения

$$M = \frac{\beta^2 - \beta}{2}.$$

Тогда число столбцов в укороченной матрице будет $C_N^2 - M$. Коэффициент сжатия с учетом вычеркнутых столбцов можно вычислить из формулы

$$K_c = \frac{2n + \beta - \beta^2}{2N}.$$

Так, при $N = 50$ и $\beta = 11$, $n = 1225$, $M = 55$ и $K_c = 23$.

Коэффициент сжатия можно существенно повысить, если применить метод блочного кодирования, как это принято в данной работе. При блочном кодировании кодирующая матрица составляется из определенного количества одинаковых матриц, содержащих дополнительные разряды для их идентификации.

Алгоритм работы кодирующего устройства заключается в следующем. Для этого рассмотрим несколько случаев.

1. В плоскости X была зарегистрирована одна и только одна частица, т. е. $t = 1$, и не было кластера. В этом случае вес синдрома может быть равен единице или двум $W = 1 \vee 2$. Поскольку все столбцы матрицы $H_{64,9}$ различны, то на выходах ПЗУ сформируется 6-разрядный код сработавшего позиционно-чувствительного датчика, который заносится на регистр R_5 . При этом признаки K_{LX} и MX равны нулю.

2. В плоскости Y детектора была зарегистрирована одна и только одна частица, но при этом возник двойной кластер. Тогда вес синдрома W

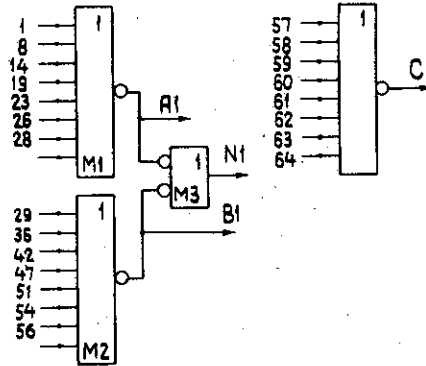


Рис. 4. Принципиальные схемы для формирования первого разряда синдрома M_1 и признака C . M_1, M_2 и M_4 - микросхема К155ЛА2, M_3 - микросхема К155ЛЕ1.

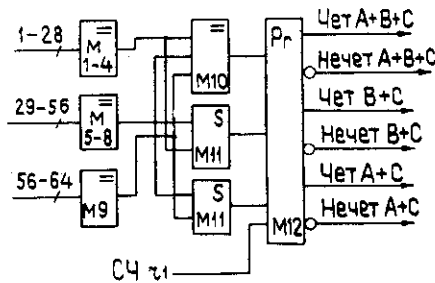


Рис. 5. Схема для формирования признаков четности. $M_1 - M_{10}$ - микросхемы К155ЛП2, M_{11} - микросхема К155ЛП5, M_{12} - микросхема К 551М8.

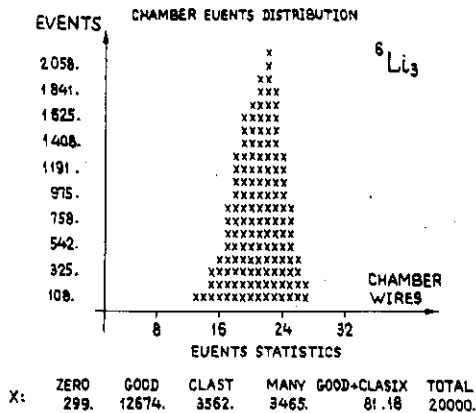


Рис. 6. Зарегистрированный профиль пучка ядер лития.

равен двум или трем и в отличие от предыдущего случая (в плоскости X) сформировался общий признак "Очет" - Чет $(A+B+C)$ (см.рис.5).

2. В этом случае помимо величины координаты на выходном регистре Rг6 на отдельном триггере фиксируется значение КЛУ = 2.

3. В одной из плоскостей от одной частицы сформировался тройной кластер. Тогда вес синдрома равен трем или четырем и признак "Онечет" равен логической единице. По этим данным вырабатывается соответствующий признак, который с помощью элемента ИЛИ объединяется с признаком двойного кластера. Однако в случае необходимости для этих целей можно выделить отдельный разряд в формате выходного слова.

4. В тех случаях, когда $AB \vee BC \vee AC = 1$ и нет информации на выходах ШЗУ1, то принимается решение, что было зарегистрировано множественное событие ($t > 1$), и на соответствующем триггере запоминается признак "Мэни". При этом выходной регистр сбрасывается на "0".

5. Следует рассмотреть особый случай, когда двойной кластер возникает на стыке групп А,В и В,С, т. е. на позициях 28,29 и 56,57, где код синдрома равен 3021 и 3001 соответственно. При возникновении таких событий $A \vee B = 1$ и $B \vee C = 1$. Для того чтобы такие кластерные события не отбрасывались, в кодирующем устройстве КУ предусмотрена группа схем совпадений, которая обозначена буквой S. При формировании таких кодов запрещается сброс выходного регистра.

6. При такой схеме кодирования имеется небольшая вероятность того, что $t = 2$ значения кодов могут совпадать со значениями, которые получаются при регистрации двойных кластеров. Например, если сигналы поступили от I4 и от I9 датчиков, то получается синдром I60, который равен синдрому при регистрации двойного кластера на позициях I8 и I9, и такие события неразличимы. Однако для пучковых камер такое совпадение не сказывается на качестве получаемой информации. Если же, исходя из физических соображений, требуется принципиально отделить одиночные события от множественных, то можно предложить следующий алгоритм. С помощью дополнительной схемы выделяются "края кластеров". При этом выходы регистра совместно с выходами схемы выделения краев кластеров подключаются к входам мультиплексора. Тогда по изменению веса синдрома можно указать, что был кластер. Если же вес синдрома не изменился, то было зарегистрировано множественное событие. При создании годоскопа-шифратора использовались ТТЛ-микросхемы. Поэтому время шифрации координат не превышает I50 нс (см.рис.6).

Заключение

Показана эффективность использования метода синдромного кодирования для построения быстродействующего устройства отбора физических событий с заданными свойствами. Следует отметить, что метод синдромного

кодирования является мощным инструментом для построения быстродействующих устройств для отбора полезных событий по множественности и специализированных процессов [15].

Литература

1. Haftiezer J.H., Mutchler G.S., Bushanan J.A. et al. A binary position-sensitive scintillation hodoscope. Nucl.Instr. and Meth., 1977, vol.147, p.465-469.
2. Niimura N., Yamada K., Kubeta T., Position sensitive neutron detectors using ^6Li -glass scintillators and fibre optic encoding. Nucl. Instr. and Meth., 1977, vol.211, No.1, p.203.
3. Beek H.F., Mels W.A., Brinkman A.S. A MWPC read-out system with novel photon identification capabilities. IEEE Trans. on Nucl. Sci, 1984, vol. NS-31., No.1, p.45-47.
4. Kitamoto S. A new read-out method from multiwire proportional counters. Nucl. Instr. and Meth., 1982, vol.198, No.3, p.595-597.
5. Pellet D.E., Erwin J., Faulkner D. et al. A Gray code hodoscope and fast buffer beam particle. Nucl. Instrum. and Meth., 1974, vol.115, No.1, p.135-139.
6. Arignon M., Bystricky J., Deregel J., Gray code detector for charged particle total cross section measurements. DPH E 80-09., CEN-Saclay, 1980, 22p.
7. Никитюк Н.М., Оптимальное кодирование в СПИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ГОДОСКОПАХ, ПТЭ, № 6, 1986, С.77-81.
8. Комолов Л.Н., Никитюк Н.М., Номоконова А.И., Светов А.Л. Применение параллельного шифратора в мониторируемом коде Грея для регистрации кластеров. ПТЭ, 1987, № 6, с.49.
9. Nikitjuk N.M., Radshabov R.S., Schafranov M.D. A new method of information registration from multiwire proportional chambers. Nucl. Instr. and Meth., 1978, vol.155, No.3, p.485-498.
10. Никитюк Н.М. Оптимальное кодирование в СПИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ГОДОСКОПАХ. ПТЭ, 1986, № 6, с.77-81.
11. Никитюк Н.М. Селиков А.В. Способ и устройство для регистрации множественности сигналов в гodosкопических системах с применением метода синдромного кодирования, ПТЭ, 1987, № 6, с.55-61.
12. Gustafsson L., Hagberg E. A fast trigger processor for a scattering experiment, implemented in fastbus. Nucl. Instr. and Meth,

- 1988, vol. A265, p.521-532.
13. Kautz W.H., Singleton R.S. Nonrandom binary superimposed codes. IEEE Trans. on Information Theory, 1964, vol. IT-10, n 4, p.357-362.
 14. Питерсон У, Уалдон Э. Коды, исправляющие ошибки. М. "Мир", 1976.
 15. Никитяк Н.М. О современной алгебре к специализированным процессорам. Лекции для молодых ученых ОИЯИ, Р10-87-401, Дубна, 1987, 57 с.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 января 1989 года.