

**Объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна**

P10-85-364

Н.М.Никитюк

**ОПТИМАЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ
В СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ГОДОСКОПАХ**

Направлено в "ПТЭ" и на XII Международный симпозиум по ядерной электронике", Дубна, 1985 г.

1985

Кодирование информации в годоскопических системах предполагает по крайней мере решение нескольких независимых проблем:

- Сокращение каналов считывания и представление данных в форме, удобной для выполнения различного рода операций, так как сигналы от детекторов заряженных частиц, как правило, поступают в виде унитарного кода. Например, это - преобразование унитарного кода в обычный двоичный код при практически неограниченной множественности регистрируемых частиц.

- Введение избыточности в известные коды, например, в код Грэя с целью повышения пространственного разрешения годоскопа.

- Применение метода синдромного кодирования с целью сокращения числа каналов регистрации при условии ограниченной множественности регистрируемых событий.

- Применение избыточного кода для повышения эффективности регистрации заряженных частиц при ограниченной множественности регистрируемых событий.

В данной работе мы будем рассматривать решение последних трех проблем, так как преобразование унитарного кода в двоичный код эффективно выполняется с помощью приоритетных шифраторов. Однако их использование предполагает применение параллельно-последовательного метода обработки информации.

1. СУПЕРПОЗИЦИОННЫЕ КОДЫ С ПЕРЕМЕННЫМ ВЕСОМ

В^{1/} были отмечены коды Хэмминга, Грэя и другие, применяя которые, можно получить хорошие схемы кодирования, используя смесители /ФЭУ, усилители-смесители /. Такими кодами целесообразно кодировать в сцинтилляционных годоскопах, а также в многопроволочных пропорциональных камерах /МПК/ в тех случаях, когда число регистрируемых частиц весьма ограничено. Кроме того, в данной работе мы будем рассматривать только определенный класс кодов, который в литературе получил название суперпозиционных^{2/}. Код называется суперпозиционным, если содержит n кодовых слов, когда для положительного числа m булева сумма m различных кодовых слов отличается от каждой другой суммы m или меньше числа кодовых слов. Кроме того, эти суммы должны отличаться от слагаемых. Например:

1000	1101	1110
<u>0100</u>	<u>0011</u>	<u>0001</u>
1100	1111	1111

Практически это значит, что складывать такие кодовые слова можно с помощью смесителей как оптических, так и электронных /ФЭУ, элементы ИЛИ/. В широко распространенных способах кодирования операции суммирования кодовых слов выполняются по модулю 2, однако отсутствие таких оптических элементов приводит к необходимости использования для световой кодировки суперпозиционных кодов, которые менее изучены и имеют худшие параметры по сравнению с кодами, имеющими алгебраическую структуру.

С целью определения сложности схемы кодирования в годоскопических системах в работе^{/1/} были введены такие параметры, как коэффициент сжатия K_c , коэффициент разветвления сигнала K_p , коэффициент объединения K_o сигналов и прочее. Было показано, что широко известный код Грэя с некоторыми оговорками можно считать суперпозиционным кодом, если предположить, что годоскоп предназначен для регистрации одной и только одной частицы или двойного кластера. Рассмотрим матрицу связей, образованную 4-разрядным кодом Грэя:

$$N_1 = \begin{array}{c} \left(\begin{array}{cccccccccccccccc} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \right) \begin{array}{l} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \end{array} \\ \underbrace{\begin{array}{cccccccccccccccc} p_1 & p_2 & p_3 & p_4 & p_5 & p_6 & p_7 & p_8 & p_9 & p_{10} & p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} \end{array}}_{\text{Входы}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{Выходы}} \end{array}$$

Каждому столбцу в матрице N_1 поставлен в соответствие скантillator $p_1, p_2, p_3 \dots p_{15}$, а каждой строке - смеситель /ФЭУ/ $N_1 \div N_4$. Коэффициенты K_c, K_o равны 4 и 8 соответственно, так как позиции единиц в строках матрицы N_1 определяют номер скантиллятора, от которого сигнал поступает на смеситель, а их количество равно коэффициенту объединения. Эта величина не может быть слишком большой, так как площадь ФЭУ ограничена или нужны очень тонкие световоды. Коэффициент разветвления сигнала в данном случае является величиной переменной: от первого скантиллятора сигнал поступает на один ФЭУ, а от 10-го - на все четыре.

Нетрудно проверить, что в матрице N_1 имеет место совпадение таких булевых сумм, как $p_1 \vee p_2$ и $p_2 \vee p_3$; $p_4 \vee p_5$ и $p_5 \vee p_6$, $p_7 \vee p_8$ и $p_9 \vee p_{10}$ и $p_{11} \vee p_{12}$, $p_{13} \vee p_{14}$ и $p_{12} \vee p_{13}$, что приводит к ухудшению пространственного разрешения координат двойных кластеров в этих позициях по сравнению с другими.

Для разрешения отмеченных выше неопределенностей автором^{/3/} предложено ввести еще одну избыточную строку, где единицы располагаются в таких позициях, чтобы эти неопределенности были устранены. В результате имеем матрицу N_2 ^{/3/}:

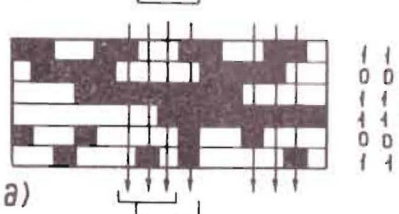
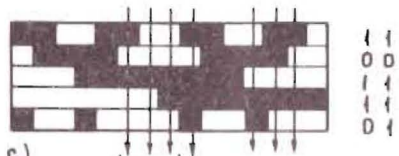
$$N_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

В этой матрице булева сумма всевозможных двух соседних столбцов различна. Если требуется однозначная регистрация тройных кластеров, то по крайней мере необходимо добавить еще одну строку, содержащую единицы на 3,7 и 14 позициях:

$$N_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

В матрице N_3 совпадают коды при суммировании 2,3,4 и 3,4,5; 8,9,10 и 9,10,11; 10,11,12 и 11,12,13 столбцов. Таким образом,

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



если выполнить световую кодировку в соответствии с матрицей N_3 , то в таком годоскопе возможна однозначная регистрация тройных кластеров. Следует заметить, что коэффициент сжатия растет с увеличением числа разрядов кодов Грэя, в то время как число дополнительных строк остается неизменным. Например, при $m=4$, в случае регистрации тройных кластеров, $K_c=15/6=2,5$, а при $m=6$ - $K_c=63/8=8$ и т.д. Расстановку единиц в дополнительных строках можно выполнить с помощью ЭВМ. На рис.1 приведены схемы кодирования для скантилляционного годоскопа с помощью объемной маски, которые получаются из матрицы типа N , если позициям единиц

Рис.1. Схемы кодирования скантилляционного годоскопа: а/ двоичный код; б/ код Грэя, в, д/ модифицированный код Грэя с одной и двумя дополнительными разрядами.

поставить в соответствие сцинтилляционный материал, а позициям нулей - прозрачный плексиглаз.

Как видно из рис. 1а, если кодировать обычным кодом, то одинаковое значение получается, например, при срабатывании сцинтилляторов на позициях 6 и 7 или 13 и 14. Применение обычного кода Грзя позволяет в большинстве случаев регистрировать двойные кластеры. Схема кодирования, изображенная на рис. 1б, позволяет однозначно регистрировать все двойные кластеры, а тройные регистрируются с ошибкой на 2-3 позиции. Для однозначной регистрации тройных кластеров можно использовать схему, изображенную на рис. 1д. Справа на рисунке представлены соответствующие кодовые комбинации. Стрелками обозначены треки частиц.

2. СУПЕРПОЗИЦИОННЫЕ КОДЫ С ПОСТОЯННЫМ ВЕСОМ

Код с постоянным весом характеризуется тем, что во всех кодовых словах содержится одинаковое число единиц. Простейшим является код с весом, равным единице. В^{1/1} нами приводился пример кода для обнаружения кластеров длиной ≤ 5 при величине $K_c = 5$. Суперпозиционные коды с весом $W = 1$ нашли применение для сжатия данных, регистрируемых в МПК^{1/4,5/} с катодным считыванием. Кодирование данных, приведенное в работе^{1/4/}, можно представить в виде матрицы связей H_4 , содержащей 24 столбца и 7 строк:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Однако с помощью такого кода можно однозначно регистрировать только тройные кластеры. Например, в матрице H_4 имеются группы одинаковых столбцов. Равнозначна также булева⁴ сумма 11, 12, 13, 14 и 18, 19, 20 и 21 столбцов. Для обеспечения срабатывания трех проволочек от одной частицы в МПК создается необходимый режим и малый шаг намотки. Таким образом, код с $w = 1$ обеспечивает простоту схемы кодирования, хороший коэффициент сжатия, но имеет ограниченные возможности.

Более широкое применение нашел суперпозиционный код с $w = 2$. Так, в работе^{1/8/} приводится описание сцинтилляционного годоскопа, содержащего 32 сцинтиллятора с размерами до $90 \times 4 \times 1$ см³ каждый, и 16 ФЭУ. Сокращение количества ФЭУ было достигнуто за счет схемы кодирования, которая ранее использовалась для

МПК^{1/7/}. При такой схеме кодирования каждый из n сцинтилляторов $/n = k^2$, n - целое число/ рассматривается как элемент квадратной матрицы, содержащей \sqrt{k} строк и столько же столбцов. Как следствие этого, требуется \sqrt{k} ФЭУ. Причем величина коэффициента K_c растет с ростом n . Матрица связей при $n = 16$ имеет вид

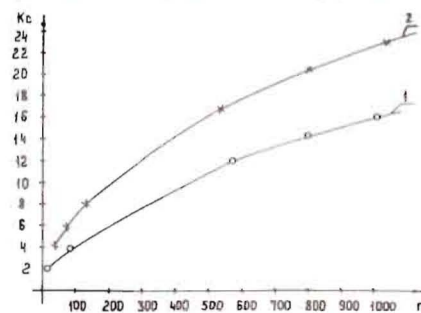
$$H_5 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Используя описанную методику, нетрудно проверить, что в таком годоскопе возможна однозначная регистрация одной частицы, а также двойных и тройных кластеров. Регистрация кластеров длиной 4 получается с небольшой ошибкой в некоторых позициях. Если же сложить коды в столбцах 1,5 и 4,5, то получаются одинаковые числа. Иными словами, однозначная регистрация двух частиц при таком кодировании невозможна.

Ниже будет показано, что матрицу H_5 можно усовершенствовать с целью существенного увеличения такого важного параметра, как K_c . Так, при числе элементов в годоскопе $n = 15$, такая матрица имеет вид

$$H_6 = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

В отличие от матрицы H_5 , данная матрица имеет за счет большего числа столбцов лучший коэффициент сжатия $K_c = 15/6 = 2,5$, и эта величина растет с увеличением числа элементов в сцинтилляционном годоскопе /рис. 2/. Способ получения матрицы типа H_6 довольно прост. Фиксируем число строк N . Тогда число столбцов



будет $C_N^2 = \frac{N(N-1)}{1 \cdot 2} = n$.

Рис. 2. Кривые, характеризующие величину K_c для двух схем кодирования: 1, 2 - кодирование с помощью матриц типа H_5 и H_6 соответственно.

Независимо от величин N и n матрица типа H_6 имеет следующие параметры. Она состоит из $N-1$ групп /группы А, В, С, Д и Е/, причем в первой группе содержится $N-1$ столбцов; во второй $N-2$ и т.д. В последней группе содержится один столбец. Коэффициент разветвления сигнала для всех пластин одинаков и равен двум; коэффициент объединения сигналов K_0 также одинаков и равен $N-1$ /число входов смесителя сигналов/. Коэффициент сжатия K_c существенно растет с величиной n . На рис.2 проведены две кривые, характеризующие величину K_c с ростом n для двух схем кодирования /матрицы H_5 и H_6 /.

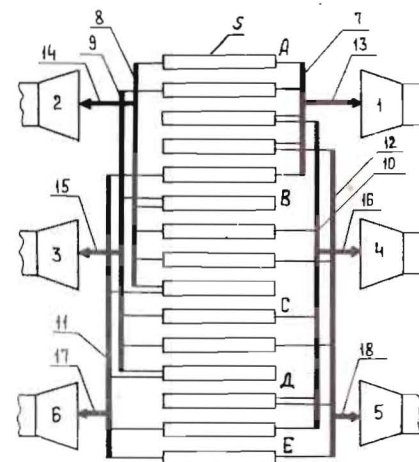
В приложении даны более компактные записи матрицы H_5 и H_6 , где столбцы с целью сокращения записаны в виде восьмеричных чисел. При этом принято, что младший разряд находится в первой строке /хотя это и не обязательно/. Поразрядное сложение восьмеричных чисел выполняется по правилу: $1+0=1$; $1+1=1$; $1+2=3$; $2+4=6$; $1+3=3$; $5+6=7$; $6+6=6$; $1+2+4=7$; $3+4+1=7$ и т.д. Символами $\Sigma 2$, $\Sigma 3$ и $\Sigma 4$ обозначены булевы суммы всевозможных двух, трех и четырех соседних столбцов матриц H_5 и H_6 соответственно. Видно, что суммы $\Sigma 2$ и $\Sigma 3$ для матрицы H_5 различны. При суммировании 4 соседних столбцов получается ряд одинаковых чисел. Для матрицы H_6 совпадение двух сумм имеет место для $\Sigma 2$ и трех - для $\Sigma 3$. С целью устранения этих неопределенностей для сумм $\Sigma 2$ можно поменять местами столбцы 1, 14 и отбросить последний. В результате получим матрицу H_7 , которая имеет гораздо большее значение величины K_c по сравнению с матрицей H_5 при прочих равных параметрах

$$H_7 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

По аналогии нетрудно построить матрицы типа H_7 для произвольных значений N и, соответственно, n , или наоборот. Вначале следует построить матрицу типа H_6 и поменять местами первый и последний столбцы.

На рис.3 приведена схема сцинтилляционного годоскопа, у которого связи между сцинтилляторами и ФЭУ выполнены в соответствии с матрицей H_6 . Годоскоп содержит 15 сцинтилляторов, разделенных на 4 группы А, В, С, Д и Е, шесть ФЭУ, световоды $7 \div 12$ и световоды смесители $13 \div 18$.

В работах^{8,9} код с постоянным весом, содержащий по три единицы в каждом столбце, используется как для сокращения числа ФЭУ в годоскопе, так и для повышения эффективности регистрации⁸ одночастичных событий. Причем на 18 сцинтилляционных пластин⁸ потребовалось шесть ФЭУ. Матрица связей H_8 для такого годоскопа имеет следующий вид:



$$H_8 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

С помощью электронных схем определяется количество единиц в слове. Если число единиц больше, чем 3, то имели место многочастичное событие или кластер. В противном случае была зарегистрирована одна частица, даже если по какой-либо причине не сработал один или два световода. Код с весом три используется также в позиционно-чувствительном нейтронном детекторе, где в качестве световодов применены гибкие оптические световоды⁹.

3. СУПЕРПОЗИЦИОННЫЕ КОДЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ НА БАЗЕ БЧХ-КОДОВ

В¹⁰ описан блок параллельного кодирования информации с многопроволочных пропорциональных камер, основанный на свойстве синдрома корректирующего БЧХ-кода исправлять ошибки в кодовых словах. Блок обеспечивает сжатие информации с 63 до 18 бит при одновременном срабатывании не более трех проволочек. Принципиальная схема такого устройства строится по проверочным соотношениям БЧХ-кодов, а в качестве логических элементов используются сумматоры по модулю два. В этом случае достигается наибольший эффект сжатия, т.к. при суммировании двоичных слов по модулю два получается больше различных комбинаций, чем при сложении по правилам булевой суммы. Рассмотрим три кодовых слова: 011111, 101111 и 111110. Складывая первое слово со вторым и третьим по модулю два, получим 110000 и 100001. В то же время при суммировании

Рис.3. Пример экономичной схемы кодирования сцинтилляционного годоскопа, в котором используются световоды и световоды-смесители: $1 \div 6$ - ФЭУ; $7 \div 12$ - световоды; $13 \div 18$ - световоды-смесители; А, В, С, Д и Е - группы сцинтилляторов, $n = 15$, $N = 6$.

по правилам булевой суммы в обоих случаях получается одинаковый результат 111111. Отсутствие в настоящее время массовых логических элементов, которые выполняли бы операции инверсии над световыми сигналами, приводит к необходимости поиска суперпозиционных кодов, для которых проверочные соотношения можно было бы получать с помощью смесителей. В^{1/2/} рассмотрено три способа получения таких кодов. Здесь мы рассмотрим один из них, который основан на том, что если в матрице проверочных соотношений БЧХ-кода, исправляющего две ошибки, выполнить подстановку $0 \rightarrow 01$ и $1 \rightarrow 10$ /т.е. удвоить число разрядов в проверочных соотношениях/, то при кодировании таким кодом в сцинтилляционном годоскопе возможна регистрация срабатывания двух различных пластин. Возвратимся к нашему примеру. После подстановки кодовые слова будут иметь вид: 011010101010, 100110101010 и 101010101001. Нетрудно проверить, что при поразрядном и попарном сложении этих слов по правилам булевой суммы получаемые кодовые слова будут различны. Эффект сжатия растет с ростом числа n . Так, при $n = 63$ и $t = 2$ /число событий/ $K_c = 63/24$, а при $n = 1000$ $K_c = 1000/40$. В общем случае при $t = 2$ число разрядов в проверочных соотношениях удовлетворяет неравенству $n \leq 4m$, где m - степень неприводимого полинома, над которым образуется поле Галуа $GF(2^m)$, тогда число различных кодовых слов и суперпозиционного кода равно: $n = 2^{N/4} - 1$. Максимальное значение получается при $n = 4m$. Так, при $m = 8$, $N = 32$, $n = 256$ и $K_c = 8$.

При $t = 3$ эффект сжатия получается при больших числах n , так как в этом случае необходима подстановка всевозможных пар

00 → 1000
 01 → 0100
 10 → 0010
 11 → 0001.

Эффект сжатия при $t = 3$ получается при больших числах $n > 10^4$. Число разрядов, получаемых для проверочных соотношений, получается из соотношений $N = 6m(3m - 1)$. Так, при $m = 16$; $n = 2^{16} - 1$; $N = 4512$ и $K_c = 8$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ работ, в которых применяются коды с целью сокращения каналов регистрации в сцинтилляционных годоскопах и многопролочных пропорциональных камерах, показывает, что в течение последних 20 лет /см. ссылки в^{1/1/} и в данной статье/ в основном используются код Грэя и различные варианты кодов с постоянным весом. Причем во всех случаях годоскопы использовались только для регистрации одночастичных событий. Применение суперпозиционных кодов при условии, когда число регистрируемых частиц невелико, позволяет экономить дорогостоящие усилители-смесители

и существенно уменьшить число каналов регистрации. В данной работе предложены три типа кодов, которые, по мнению автора, имеют лучшие параметры по сравнению с известными. Наш опыт в этом направлении показывает, что как для анализа известных кодов, так и для создания новых кодирующих схем можно применять аналитические вычисления на ЭВМ^{11/}. Суперпозиционные коды могут применяться не только в сцинтилляционных годоскопах, но и в других годоскопических системах. Бурное развитие многоканальных детекторов в физике высоких энергий и, особенно, калориметров, а также внедрение в практику гибких световодов создают возможности, используя теорию кодирования, создавать экономичные и быстродействующие годоскопические системы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

$$H_5 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 4 & 4 & 4 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 4 & 0 & 0 & 2 & 4 & 0 & 0 & 2 & 4 & 0 & 0 & 3 & 5 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma 2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 3 & 2 & 2 & 2 & 6 & 4 & 4 & 4 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 4 & 0 & 2 & 6 & 4 & 0 & 2 & 6 & 4 & 0 & 3 & 7 & 5 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 3 & 2 & 0 & 1 & 3 & 2 & 0 & 0 & 3 & 2 & 0 & 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma 3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 3 & 2 & 2 & 6 & 6 & 4 & 4 & 4 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 4 & 2 & 6 & 6 & 4 & 2 & 6 & 6 & 4 & 3 & 7 & 7 & 5 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 & 2 & 1 & 3 & 3 & 2 & 1 & 3 & 3 & 2 & 1 & 3 & 2 & 1 & 3 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma 4 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 3 & 2 & 6 & 6 & 6 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 1 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

$$H_6 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 0 & 0 & 1 & 2 & 4 & 0 & 1 & 2 & 4 & 5 & 6 & 3 & 0 \\ 4 & 4 & 4 & 5 & 6 & 2 & 2 & 2 & 3 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma 2 = \begin{bmatrix} 3 & 6 & 4 & 0 & 1 & 3 & 6 & 4 & 1 & 3 & 6 & 5 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 4 & 4 & 5 & 7 & 6 & 2 & 2 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma 3 = \begin{bmatrix} 7 & 6 & 4 & 1 & 3 & 7 & 6 & 5 & 3 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 4 & 5 & 7 & 7 & 6 & 2 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$H_{11} = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 4 & 0 & 0 & 1 & 2 & 4 & 0 & 1 & 2 & 4 & 5 & 6 & 1 & 1 \\ 0 & 4 & 4 & 5 & 6 & 2 & 2 & 2 & 6 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma 2 = \begin{bmatrix} 3 & 6 & 4 & 0 & 1 & 1 & 5 & 4 & 2 & 2 & 6 & 5 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 4 & 4 & 5 & 7 & 6 & 3 & 2 & 6 & 6 & 3 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma 3 = \begin{bmatrix} 7 & 6 & 4 & 1 & 3 & 7 & 6 & 5 & 3 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 7 & 5 & 7 & 7 & 6 & 2 & 6 & 7 & 7 & 1 & 1 & 7 & 4 & 4 & 4 & 4 \end{bmatrix}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитюк Н.М. ПТЭ, 1983, № 3, с.74.
2. Kauts W.H. IEEE Trans, on Information Theory, 1964, vol.IT-10, No.5, p.363.
3. Никитюк Н.М. Сцинтилляционный годоскоп. Авт.свид.СССР № 991835 от 17.04.81, Бюлл. ОИ, 1985, № 5, Кл. G01 T1/20.
4. Kitamoto S. Nucl. Instr. and Meth. 1982, vol.198, No.2, p.595.
5. Beek H.F., Mels W.A., Brikman A.C. IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1984, vol. NS-31, No.1, p.45.
6. Bressani T. et al. CERN Preprint, CERN-RP3/ 83-151, Geneva, 1983.
7. Bonozzola G.C. et al. A coding system for multiwire proportional chambers. In: Proc. Intern. Conf. of Instr. for High Energy Phys. JINR, D-5805, Dubna, 1975, p.265.
8. Hoftiezer J.H. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1977, vol.147, No.2, p.465.
9. Niimura N., Yamada K., Kubeta T. Nucl. Instr. and Meth., 1983, vol.211, No.1, p.203.
10. Никитюк Н.М., Раджабов Р.С., Шафранов М.Д. ПТЭ, № 4, 1978, с.95.
11. Гайдамака Р.Н., Никитюк Н.М., Шириков В.П. P10-84-841, Дубна, 1984.

СООБЩЕНИЯ, КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ, ПРЕПРИНТЫ И СБОРНИКИ ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИЙ, ИЗДАВАЕМЫЕ ОБЪЕДИНЕННЫМ ИНСТИТУТОМ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЯВЛЯЮТСЯ ОФИЦИАЛЬНЫМИ ПУБЛИКАЦИЯМИ.

Ссылки на СООБЩЕНИЯ и ПРЕПРИНТЫ ОИЯИ должны содержать следующие элементы:

- фамилии и инициалы авторов,
- сокращенное название Института /ОИЯИ/ и индекс публикации,
- место издания /Дубна/,
- год издания,
- номер страницы /при необходимости/.

Пример:

1. Первушин В.Н. и др. ОИЯИ, P2-84-649, Дубна, 1984.

Ссылки на конкретную СТАТЬЮ, помещенную в сборнике, должны содержать:

- фамилии и инициалы авторов,
- заглавие сборника, перед которым приводятся сокращенные слова: "В кн."
- сокращенное название Института /ОИЯИ/ и индекс издания,
- место издания /Дубна/,
- год издания,
- номер страницы.

Пример:

Колпаков И.Ф. В кн. XI Международный симпозиум по ядерной электронике, ОИЯИ, D13-84-53, Дубна, 1984, с.26.

Савин И.А., Смирнов Г.И. В сб. "Краткие сообщения ОИЯИ", № 2-84, Дубна, 1984, с.3.

В Объединенном институте ядерных исследований начал выходить сборник "Краткие сообщения ОИЯИ". В нем будут помещаться статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты, требующие срочной публикации. Будучи частью "Сообщений ОИЯИ", статьи, вошедшие в сборник, имеют, как и другие издания ОИЯИ, статус официальных публикаций.

Сборник "Краткие сообщения ОИЯИ" будет выходить регулярно.

The Joint Institute for Nuclear Research begins publishing a collection of papers entitled *JINR Rapid Communications* which is a section of the *JINR Communications* and is intended for the accelerated publication of important results on the following subjects:

- Physics of elementary particles and atomic nuclei.
- Theoretical physics.
- Experimental techniques and methods.
- Accelerators.
- Cryogenics.
- Computing mathematics and methods.
- Solid state physics. Liquids.
- Theory of condensed matter.
- Applied researches.

Being a part of the *JINR Communications*, the articles of new collection like all other publications of the Joint Institute for Nuclear Research have the status of official publications.

JINR Rapid Communications will be issued regularly.



Никитюк Н.М.

Оптимальное кодирование в сцинтилляционных годоскопах

P10-85-364

Приводится краткий обзор схем кодирования, которые используются в сцинтилляционных годоскопах с целью экономии числа ФЭУ и увеличения быстродействия анализа физических событий. Рассматриваются характерные особенности кодов, пригодных для использования в годоскопах со световой кодировкой, и способы построения таких кодов. Коды можно создавать с помощью аналитических методов вычисления. Применение аналитического метода анализа схем кодирования позволяет с помощью ЭВМ анализировать параметры кодов и создавать схемы кодирования с заданными свойствами. Даются параметры и способы построения кодов, предназначенных для регистрации кластеров и регистрации множественности, равной двум и трем.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой

Nikityuk N.M.

Optimal Data Coding in Scintillation
Hodoscopes

P10-85-364

A short review of coding circuits intended for economizing a number of photomultipliers and increasing the speed of physical event analysis is presented. Special characteristics of codes useful for hodoscopes with light coding and methods for designing such codes are considered. Such codes can be designed by analytical calculations. An application of analytical method for coding circuit analysis using computer allows one to make an analysis of parameters of codes and design coding circuits with given properties. The parameters and methods of designing the codes for registration of clusters and multiplicity of two and three are given.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985