

Трендреметрия.

ԵՐԵՎԱՆԻ ԲՐԵՎԵՐԻՆԿԱՆ ԲՆԱՍՏՐԱՆՈՒՄ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴՈՒԾ ՆԱՇՐԱԿ

НАУЧНОЕ СООБЩЕНИЕ

ЕФН 102(75)

Г.А.БЫДАНОВ, А.А.МЕЛИКЯН, К.К.ПРОХОРОВА.

В.Н.ПРОХОРОВ.

ПРЯМОЕ КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В
КООРДИНАТНЫХ ДЕТЕКТОРАХ ЗАРЯЖЕННЫХ
ЧАСТИЦ



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Научное сообщение ЕФИ-102 (75)

Г.А.БЫДАНОВ, А.А.МЕЛИКЯН, К.К.ПРОХОРОВА,
В.Н.ПРОХОРОВ

ПРЯМОЕ КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В КООР-
ДИНАТНЫХ ДЕТЕКТОРАХ ЗАРЯЖЕННЫХ
ЧАСТИЦ

Ереван 1975

Ереванский Физический
ИНСТИТУТ
Зал препринтов

© Ереванский физический институт, 1975

В процессе автоматического вывода данных из системы координатных детекторов заряженных частиц, какими являются проволочные искровые камеры, многонитевые пропорциональные и дрейфовые камеры, сцинтилляционные годоскопы и т.д., - неизбежным этапом преобразования информации является её кодирование.

В момент регистрации заряженной частицы прибором информация подвергается квантованию и далее носит дискретный характер. Интервал квантования обусловлен самим типом детектора и его конструкцией и в конечном счете определяет пространственное разрешение прибора.

Стремление повысить точность измерений за счет уменьшения интервала квантования влечет за собой увеличение количества чувствительных фиксирующих элементов регистрирующей аппаратуры. При этом возрастает общий объем выводимой информации.

Современные экспериментальные установки могут содержать $\sim 10^3 \div 10^6$ первичных фиксирующих элементов, и проблема оптимизации процесса кодирования информации становится всё более актуальной с ростом быстродействия детектирующей аппаратуры.

Одним из методов, позволяющих существенно ускорить процесс вывода информации в ходе эксперимента является кодирование координаты частицы непосредственно в момент её регистрации в детекторе [1,2] .

Применение этого метода возможно во всех случаях, если по условиям эксперимента требуется регистрировать отдельные частичные события.

Операция кодирования осуществляется с помощью специального устройства - шифратора или кодера, постоянно связанного непосредственно с чувствительными элементами детектора. Таким образом, код формируется в шифраторе одновременно с регистрацией частицы детектором. Такое кодирование мы будем называть "прямым" или "однотактным" кодированием. Это название в известном смысле отражает характер самого процесса кодирования не зависимо от конкретного конструктивного решения самого кодера.

Из всех типов координатных детекторов заряженных частиц наиболее удобной для реализации метода прямого кодирования является искровая камера с проволочными электродами. Достаточный по мощности сигнал в камере позволяет использовать простейшие элементы для организации кодера - систему ферритовых колец. При этом информация не только кодируется, но и запоминается.

Если информация кодируется в натуральном двоичном коде, то необходимо обеспечить такие условия работы камеры, чтобы сигнал воздействовал только на один из входов кодера. Одновременное появление двух и более сигналов приводит к наложению кодов, и на выходе шифратора появляется ошибочная кодовая комбинация.

Рассмотрим пример 5 - разрядного двоичного кодера на ферритовых кольцах.

Пусть входу α соответствует код: $a_1, a_2, a_3, \dots, a_5$,

а входу β соответствует код: $b_1, b_2, b_3, \dots, b_5$

где $a_i b_i = \begin{cases} 0, & \text{если прошивка не проходит через} \\ & \text{кольцо} \\ 1, & \text{если прошивка проходит через кольцо} \end{cases}$

4

При одновременном воздействии сигналов на входы α и β в кодере сформируется некоторое число γ вида:

$$(a_1 \vee b_1)(a_2 \vee b_2) \dots (a_5 \vee b_5),$$

где символ " \vee " означает операцию дизъюнкции. Очевидно, что в общем случае: $\gamma \neq \alpha$; $\gamma \neq \beta$;

Чтобы избежать возможных ошибок, связанных с наложением кодов и, по крайней мере, идентифицировать такие события, нами был предложен метод специального контроля кодируемой информации. С этой целью в 5 - разрядный кодер были введены пять дополнительных кодов, в которых информация шифруется в обратном коде.

Таким образом, если сигнал появляется только на входе α , то в кодере формируется число вида:

$$a_1, a_2, \dots, a_5, \bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_5$$

где $\bar{a}_i = \begin{cases} 0, & \text{если } a_i = 1 \\ 1, & \text{если } a_i = 0 \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, 5.$ (1)

Пусть теперь сигнал воздействует одновременно на входы α и β и $\alpha \neq \beta$. Тогда, в соответствии с прошивкой, в кодере сформируются числа:

$$a_1, a_2, \dots, a_5, \bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_5 \text{ и } b_1, b_2, \dots, b_5, \bar{b}_1, \bar{b}_2, \dots, \bar{b}_5.$$

В результате наложения кодов в кодере образуется комбинация:

$$\xi = \gamma_1 \gamma_2 \dots \gamma_5 \gamma'_1 \gamma'_2 \dots \gamma'_5,$$

где $\gamma_i = a_i \vee b_i$; $\gamma'_i = \bar{a}_i \vee \bar{b}_i \quad i = 1, 2, \dots, 5.$ (2)

Покажем, что найдется j ($1 \leq j \leq 5$), при котором $\gamma_j = \gamma'_j = 1$, а сформированное число имеет вид, отличный от (1).

В самом деле, из $\alpha \neq \beta$ следует, что существует ($1 \leq j \leq 5$) такое, что $a_j \neq b_j$ или $a_j \neq \bar{b}_j$. Подставив это значение в выражение (2), получим: $\gamma_j = b_j \vee b_j = 1$;

5

$$\gamma_j = \bar{b}_j \vee \bar{b}_j = 1,$$

или $\gamma_j = \gamma'_j = 1$.

Число, сформированное в кодере имеет вид:

$\gamma_1 \gamma_2 \dots \gamma_j \dots \gamma_5 \bar{\gamma}_1 \bar{\gamma}_2 \dots \bar{\gamma}_j \dots \bar{\gamma}_5$ где $\gamma_i = 1$.

Таким образом, отбор "полезных" событий сводится к попарному сравнению младших пяти разрядов числа в кодере соответственно с пятью старшими его разрядами. При этом, если:

1. имеется хотя бы одна пара разрядов, содержащая "1", то сигналы имели место на двух и более входах кодера;

2. имеется хотя бы одна пара разрядов, содержащая "0", то в кодере сформировано ошибочное число из-за недостаточной мощности сигнала на входе;

3. младшие пять разрядов содержат обратный код числа, записанного в старших пяти разрядах, то это "полезный" случай, подлежащий дальнейшей обработке.

Одной из важнейших характеристик трекового координатного детектора, каковым является проволочная искровая камера, следует считать её пространственное разрешение. Камера представляет собой годоскопическую систему с определенным шагом координатных линий. Если величина шага равна h , и сигнал снимается только с одной линии, то максимально достижимая точность измерений определяется величиной $\sim h/2$.

Пространственное разрешение камеры можно повысить, если одновременно с координатой искры регистрировать дополнительный параметр - "эффективную ширину" искрового канала, определяемую по числу координатных линий, захватываемых одной искрой. "Ширина" искры зависит от режима высоковольтного питания камеры и в известном смысле поддается регулировке [3].

Искровая проволочная камера может работать в таком режиме, когда сигнал от одиночной искры фиксируется либо одной, либо двумя соседними координатными линиями электрода (при этом количество тех и других случаев распределено примерно поровну) [4].

В этом случае координата искры выражается либо целым, либо полуцелым числом, что равнозначно уменьшению вдвое интервала квантования информации в камере. При этом соответственно возрастает точность измерений.

Для осуществления вывода закодированной информации из камеры, работающей в режиме контролируемой "ширины" искры, нужно иметь возможность расшифровать код для случаев, когда сигнал имеется на одном из входов кодера или на двух соседних. Кроме того, необходимо знать, сколько соседних проволок участвовало в приеме сигнала.

Не увеличивая разрядности кодеров и не усложняя схему их прошивки, нам удалось удовлетворить указанным требованиям путем кодирования координаты искры в двоичном рефлексном коде (например в коде Грея).

Переход от натурального двоичного кода к коду Грея не требует каких бы то ни было изменений в конструкции и схеме кодеров. Достаточно изменить нумерацию входных контактов. При этом введенные ранее дополнительные разряды так же обеспечивают кодирование в обратном коде и позволяют однозначно расшифровать события при наличии сигнала на одном или на двух соседних входах кодера и идентифицировать случаи появления сигналов более, чем на двух входах.

Рассмотрим коды Грея двух последовательных двоичных - разрядных чисел A и $A+1$. Пусть для определенности A - нечетное число. Тогда его натуральный двоичный код в наиболее общем виде можно записать так:

$$A = a_1 a_2 \dots a_k 0 1 \dots 1. \quad (3)$$

Число $A+1$ получаем добавлением к (3) единицы:

$$A+1 = a_1 a_2 \dots a_k 0 1 \dots 1 + 0 \dots 0 1 = \\ = a_1 a_2 \dots a_k 1 0 \dots 0 \quad (4)$$

Код Грея для числа A получается следующим образом

$$\oplus \begin{array}{r} a_1 a_2 \dots a_k 0 1 \dots 1 \mid 1 \\ a_1 a_2 \dots a_k 0 1 \dots 1 \mid \\ \hline A_1 A_2 \dots A_k \bar{a}_k 1 0 \dots 0 \end{array} \quad (5)$$

Перевод числа $A+1$ в код Грея даёт:

$$\oplus \begin{array}{r} a_1 a_2 \dots a_k 1 0 \dots 0 \mid 0 \\ a_1 a_2 \dots a_k 1 0 \dots 0 \mid \\ \hline A_1 A_2 \dots A_k \bar{a}_k 1 0 \dots 0 \end{array} \quad (6)$$

В обоих случаях операция \oplus означает сложение по модулю два.

Учитывая то, что младшие 5 разрядов шифратора являются обратным кодом старших пяти разрядов, содержимое кодера при наличии сигнала только на входе A будет:

$$A_1 A_2 \dots A_k a_k 1 0 \dots 0 \bar{A}_1 \dots A_k \bar{a}_k 0 1 \dots 1, \quad (7)$$

а при наличии сигнала на входе $A+1$ будет:

$$A_1 A_2 \dots A_k \bar{a}_k 1 0 \dots 0 \bar{A}_1 \bar{A}_2 \dots \bar{A}_k a_k 0 1 \dots 1. \quad (8)$$

При появлении сигналов одновременно на входах A и $A+1$ в кодере сформируется число, каждый разряд которого есть логическая сумма соответствующих разрядов чисел (7) и (8):

$$A_1 A_2 \dots A_k 1 1 0 \dots 0 \bar{A}_1 \bar{A}_2 \dots \bar{A}_k 1 0 1 \dots 1. \quad (9)$$

Таким образом, если сигнал зафиксирован двумя соседними координатными линиями электрода камеры, а информация кодируется в код Грея, в кодере сформируется число вида (9).

Если же сигнал воздействовал только на один из входов кодера, то в нём согласно (1) запишется число вида:

$$A_1 A_2 \dots A_n \bar{A}_1 \bar{A}_2 \dots \bar{A}_n. \quad (10)$$

Оба события считаются полезными и подлежат дальнейшей обработке

В целях упрощения программы операция восстановления координаты выполняется одинаково для обоих случаев:

1. обратный код числа $(\bar{A}_1 \bar{A}_2 \dots \bar{A}_k \dots \bar{A}_n)$ инвертируется;
2. числа в прямом и инвертированном обратном коде трансформируются в натуральный двоичный код;
3. вычисляется среднеарифметическое значение обоих чисел.

Для случая (10) полученное значение совпадает с номером сработавшей нити электрода. А для случая (9) координате искры приписывается вычисленное значение, соответствующее середине между двумя соседними нитями.

Таким образом, интервал квантования в камере с шагом линий h уменьшается до величины $h/2$, а точность измерения координаты определяется величиной $\sim h/4$.

1. Координатные детекторы заряженных частиц можно использовать в режиме прямого кодирования информации, если иметь надежный способ идентификации одночастичных событий.

2. Метод двойного кодирования координаты частицы — в прямом и обратном двоичном коде — с последующим по-разрядным сравнением результатов позволяет строго выделять одночастичные события и одновременно контролировать процесс кодирования.

3. Пространственное разрешение проволочной искровой камеры можно повысить, если наряду с положением искры регистрировать её "эффективную ширину"

4. Переход от натурального двоичного кода к рефлек-
сному позволяет регистрировать эту дополнительную информацию, не увеличивая разрядности шифратора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pizer. CERN Conf. on Filmless Spark Chamber Techniques. 1964.
2. Т.Л.Асатиани, В.И.Коваленко, А.Н.Прохоров, В.Н.Прохоров, П.А.Сагатеян. Изв.АН Арм. ССР, "Физика" 1, 410 (1966).
3. Т.Л.Асатиани, В.И.Коваленко, А.Н.Прохоров, В.Н.Прохоров. ПТЭ, 4, 53 (1967).
4. Т.Л.Асатиани, С.В.Алчуджян и др. Изв.АН СССР, 37, 7, серия "Физическая" (1973).

Рукопись поступила 26-го ноября 1974г.

Ереванский Физический
ИНСТИТУТ
Зал преприатов

Редактор Л.П.Мукаян
техн.редак. А.С.Абрамян

Заказ 037 Т-18524 Тираж 300
Подписано к печати 13/II-75г. Формат издания 30x40
0,8 уч.изд. л. Ц.5 к.

Отпечатано на ротапинтере
Ереванского физического института, Ереван 36, пер. Марка-
ряна 3