

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Н 623

P10-88-742

Н.М.Никитюк

МЕТОД СИНДРОМНОГО КОДИРОВАНИЯ
ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СПЕКТРОМЕТРАХ
ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1988

1. ВВЕДЕНИЕ

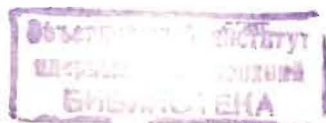
Наряду с параллельными методами регистрации и обработки данных в спектрометрах физики высоких энергий есть последовательные способы, которые отличаются высокой экономичностью и простотой регистрирующей электроники. Обычные двоичные и десятичные счетчики являются устройствами последовательного типа.

Широкое применение в системах регистрации информации с многопроволочных пропорциональных (МПК) и дрейфовых камер в качестве элементов задержки и устройств временного хранения данных находят сдвиговые регистры^{/1,2/}. Особенно эффективно в этом качестве используются матрицы полупроводниковых запоминающих устройств с произвольной выборкой^{/3-5/}. В обзоре^{/6/} рассмотрено современное состояние техники сдвигающих секций. В частности, в недалеком будущем возможно появление в одном корпусе 32- и 64-разрядных сдвигающих БИС-секций. Отдельный класс устройств последовательного действия образуют сдвиговые регистры с логической обратной связью. Область применения таких регистров весьма широка. В работе^{/7/} описан генератор псевдослучайных чисел, который используется вместо радиоактивного источника для наладки приборов электроники.

Регистры с логической обратной связью используются также в качестве последовательных счетчиков, в которых состояния ячеек сдвига представляют собой различные слова циклического кода. Наиболее широкое применение сдвиговые регистры с логической обратной связью, имеющие специфическую структуру, нашли в качестве кодирующих и декодирующих устройств для кодов, исправляющих ошибки^{/8/}.

С появлением микропроцессоров и аппаратуры, содержащей БИС и микропроцессоры, возникла необходимость контроля и обнаружения неисправностей в процессе функционирования аппаратуры. В результате сдвиговые регистры с логической обратной связью получили как бы новое рождение в качестве основных узлов нового класса приборов — сигнатурных анализаторов^{/9-12/}.

В данной работе показано, что сдвиговые регистры с логической обратной связью могут быть использованы как экономичные схемы для регистрации временных отметок, а также для регистрации координат кластерных событий. Другими словами, разработанный ранее метод синдромного кодирования для параллельных систем регистрации и обработки данных в спектрометрах физики высоких энергий^{/13/} предлагается использовать в последовательных устройствах.



2. КОЛЬЦЕВЫЕ СЧЕТЧИКИ

Кольцевые счетчики представляют собой наиболее простые сдвиговые регистры с логической обратной связью, из которых выход последнего разряда соединен непосредственно со входом первого разряда. Такие счетчики нашли применение во временных анализаторах-селекторах матричного типа^{/14/}. Ценным качеством кольцевых счетчиков является прежде всего то, что в них в заданный момент времени изменяется состояние только одной ячейки. Кроме того, в качестве ячеек сдвига можно использовать более быстрые и простые триггеры. Однако количество различных состояний в широко используемых кольцевых счетчиках равно числу ячеек сдвига, что является их существенным недостатком.

В работе^{/15/} автором показано, что количество разрядов в кольцевых счетчиках, используемых в памяти с последовательной выборкой, можно существенно уменьшить без изменения такого важного параметра, как коэффициент пересчета $K_{ст}$, если сдвиговой регистр, содержащий n разрядов, разделить на m неравных частей, таких, что числа p_1, p_2, \dots, p_l , составляющие количество разрядов в каждой части, не имеют общего делителя, кроме единицы. В результате имеем, что если в известном кольцевом счетчике для получения задержек на n тактов требуется n ячеек, то в предлагаемом автором^{/16/} эта величина намного меньше, и эффективность такого счетчика существенно растет с величиной n . Так, при $n_1 = 30$ и $n_2 = 210$ в предлагаемом устройстве требуется $2+3+5 = 10$ и $5+6+7$ разрядов регистра сдвига соответственно.

Следует отметить, что величины p_1, p_2, \dots, p_l представляют собой основания системы счисления в остаточных классах (СОК)^{/17,18/}, а их произведение — диапазон чисел в СОК. Поэтому такого рода счетчики можно назвать счетчиками в СОК. На рис. 1 в качестве примера приведена принципиальная схема устройства задержки на 30 тактов. При этом предполагается, что сигнал-событие поступил в течение первого такта синхроимпульсов. Работа устройства поясняется также с помощью матрицы $H_{30,10}$, столбцы которой дают

последовательные состояния кольцевых счетчиков. Устройство состоит в основном из трех групп кольцевых счетчиков, содержащих $p_1 = 2$, $p_2 = 3$ и $p_3 = 5$ ячеек. Если код, содержащийся в кольцевых счетчиках, рассматривать как одно слово, то получается $2 \times 3 \times 5 = 30$ различных состояний, и поэтому максимально возможная задержка равна 30 тактам синхроимпульсов.

Рис. 1. Схема задержки для одного канала МПК.

Частота синхроимпульсов СИ и время прихода сигнала "Строб" от решающего устройства на входы элемента и выбираются такими, чтобы имело место совпадение импульсов на его входах после прихода 30-го синхроимпульса. Другими словами, схема управления задержками должна генерировать пачку импульсов.

Как уже отмечалось выше, для получения временных отметок в системах считывания и регистрации данных в дрейфовых камерах используются модули ЗУПВ, которые работают в режиме сдвигового регистра. Так, модуль ЗУПВ емкостью 1К можно рассматривать как 1024-разрядный сдвиговой регистр, с помощью которого можно получить свыше 1000 временных отметок. Однако быстродействующие модули памяти расходуют большую потребляемую мощность, а также оставляют желать лучшего стоимость такого канала регистрации и разрешающее время. Кроме того, далеко не всегда требуется регистрация такого большого количества временных отметок. Поэтому в тех случаях, когда число регистрируемых временных отметок невелико, а число каналов регистрации слишком большое, можно использовать экономичные и быстродействующие счетчики в СОК.

Из табл. 1, а также на основании принципа действия схемы, изображенной на рис. 1, делаем вывод, что счетчики СОК вычисляют синдром циклического избыточного кода. Этот факт также можно подтвердить тем, что система СОК носит модульный характер. Поэтому имеет смысл проанализировать характер избыточности кода в СОК.

Из теории кодирования известно, что корректирующая способность кода t определяется кодовым расстоянием d и вычисляется по формуле

$$t = \frac{d-1}{2}.$$

Поскольку в соответствии с методом синдромного кодирования кодовые слова рассматриваются как нулевые, то для оценки корректирующей способности кода, имеющего проверочную матрицу $H_{30,10}$, необходимо воспользоваться следующей теоремой^{/19/}, которая устанавливает связь между порождающей и проверочной матрицей.

Теорема. Линейный (n, k) -код с проверочной матрицей $H = [h_0, h_1, \dots, h_{n-1}]$, где $h_i, i = 0, 1, \dots, n-1$, — вектор-столбцы размерности $(n-k) \times 1$, имеет максимальное кодовое расстояние не менее d тогда и только тогда, когда любые $d-1$ столбцов матрицы H линейно независимы.

Для регистрации двух временных отметок из табл. 1 нетрудно получить кодирующую матрицу $H_{30,10}$, для чего достаточно соответствующие строки и столбцы поменять местами.

Вследствие теоремы об однозначной регистрации двух временных отметок необходимо, чтобы в матрице $H_{30,10}$ было по крайней мере четыре линейно независимых столбца. Это условие соблюдается во всех случаях, за

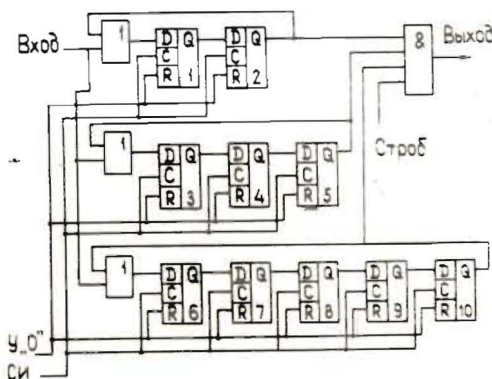


Таблица 1

Состояние ячеек сдвиговых регистров

Такты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
4	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
6	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
7	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
9	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
10	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
11	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
12	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
13	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
14	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
15	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
.
28	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
29	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
30	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1

исключением сочетаний некоторых столбцов. Например, если сложить по правилам булевой суммы 2-й, 3-й и 17-й и 18-й столбцы, то получим одинаковый результат. Поскольку все столбцы матрицы $H_{30,10}$ различны, а число проверочных символов равно десяти, то с помощью такой матрицы описывается избыточный код с расстоянием $3 < d < 5$. Для получения кодирующей матрицы с $d = 5$ можно добавить еще одно основание $p_4 = 7$, тогда получим матрицу $H_{30,17}$. В результате имеем, что $n = p_1 p_2 p_3 p_4 = 210$ и $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 17$. Тогда коэффициент сжатия K_c равен $210/17 = 12$.

На рис. 2 приведена кодирующая матрица $H_{210,17}$. Штриховой линией обозначена укороченная матрица $H_{30,12}$.

Расчеты показывают, что при $n = 30$ можно получить кодирующую матрицу с $d = 5$, если 12-ю строку матрицы $H_{30,17}$ поменять с 11-й и оставить для кодирования 11 строк, тогда коэффициент сжатия равен $30/11$ при $d = 5$, что гарантирует регистрацию двух различных временных отметок при относительно небольших величинах n .

N	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	204	210	
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
3	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
5	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
6	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
7	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
8	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
9	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
10	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
11	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
12	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
13	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
14	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
15	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Кодирующая матрица $H_{210,17}$ с параметрами $K_c = 210/17$, $d = 5$, $t = 2$.

Очевидно, что для увеличения минимального кодового расстояния нужно увеличивать число оснований СОК z . Связь между кодовым расстоянием d и числом оснований связана соотношением $d = 2z - 2$, или $z = \left[\frac{d+2}{2} \right]$, где квадратные скобки обозначают "ближайшее целое число". Так, при $d = 5$ $z = 4$ или 5, что подтверждается нашим примером. При $d = 7$ и $t = 3$ $z = 4$ или 5. Для того чтобы схема, приведенная на рис. 1, могла использоваться для получения двух временных отметок, необходимо добавить еще одну ячейку с отдельным каналом сдвига, по которому необходимо подавать синхриимпульсы с частотой в семь раз меньше. При большом числе регистрации, как известно, используется один общий блок синхронизации.

Рассмотрим пример кодирования интервалов времени. Допустим, что $p_1 = 3$, $p_2 = 4$ (хотя при этих данных не гарантируется регистрация двух интервалов времени) и что сигналы-события поступили в моменты времени второго и пятого тактов. Получим следующую таблицу состояний (табл. 2).

После 12 тактов в кольцевых счетчиках получается код 0100011, который несет в себе данные о том, что временные отметки зафиксированы во втором и пятом тактах. Этот факт можно проверить следующим образом. Если входы кольцевых счетчиков после 12-го такта закрыть и выполнить сдвиги их содержимого, то совпадение сигналов в младших разрядах счетчиков (справа) будет после первого и четвертого сдвиговых импульсов. Это значит, что 12-й такт следует принимать за время отсчета поступления полезных сигналов от детектора. Аналогичное совпадение будет иметь место после четвертого сдвигового импульса, т.е. в момент поступления импульса пятого такта относительно сигнала "Старт".

Таблица 2

Такты	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	1	0	0	0
3	0	1	0	0	1	0	0
4	0	0	1	0	0	1	0
5	1	0	0	1	0	0	1
6	0	1	0	1	1	0	0
7	0	0	1	0	1	1	0
8	1	0	0	0	0	1	1
9	0	1	0	1	0	0	1
10	0	0	1	1	1	0	0
11	1	0	0	0	1	1	0
12	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	0	1
2	1	0	0	1	1	0	0
3	0	1	0	0	1	1	0
4	0	0	1	0	0	1	1

4. РЕГИСТРАЦИЯ КЛАСТЕРОВ С ПОМОЩЬЮ КОДОВ ФАЙЕРА

Количество подряд сработавших проволочек в МПК от одной частицы находится в широких пределах (обычно от 2 до 8) и зависит от многих факторов, таких, как режим работы МПК, величины угла между траекторией падающих частиц и плоскостью МПК, параметров камеры, ширины строб-импульса и проч.

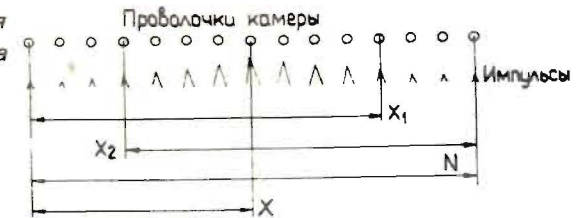
В некоторых работах отмечается, что появление кластеров считается негативным явлением, которое приводит к ухудшению пространственного разрешения детектора и повышению количества слов, считываемых на одно событие^[20].

В других работах^[21-23], где используется система считывания, как от анодной, так и от катодной плоскости, определение центра кластера и центра "тяжести" лавины позволяет наряду с регистрацией второй координаты (рис. 3) повысить точность вычисления координат.

Коды Файера представляют интерес в связи с тем, что это циклические коды, которые исправляют одиночные пакеты (кластеры) ошибок в кодовых векторах^[8]. При этом по сравнению с обычными циклическими кодами коды Файера имеют небольшое число проверочных символов, что обуславливает их высокую эффективность. Поэтому такой код можно использовать для построения счетчиков кластеров последовательного типа с возможностью регистрации координат кластеров в многоканальных детекторах заряженных частиц.

Рис. 3. Схема для вычисления координаты центра кластера

$$X = \frac{N + X_1 - X_2}{2}$$



В теории кодирования пакет ошибок длиной b определяется вектором ошибки, в котором все единицы заключены в последовательности символов при условии, что крайние символы этой последовательности — единицы^[24]. Так, пакеты ошибок длиной 5 могут выглядеть следующим образом (считаем, что $n = 12$):

001111100000, 001000100000, 001110100000 и т.д.
Пакет 1 Пакет 2 Пакет 3

Подобные конфигурации пакетов (кластеров) могут возникать в многоканальных детекторах заряженных частиц. Коды Файера задаются с помощью порождающего полинома, который имеет вид $g(X) = p(X)(X^c + 1)$, где $p(X)$ — неприводимый полином степени m над полем Галуа $GF(2^m)$, порядок корней которого равен e , причем c не делится на e и $e = 2^m - 1$.

Степень полинома $g(X)$ равна числу разрядов r синдрома (числу проверочных символов r), а его период равен блоковой длине кода n . Другими словами, число проверочных символов $r = c + m$. Для практических целей можно воспользоваться таблицами кодов Файера длиной $n = 15 \div 1200$ ^[25].

В таблице 3 приведены параметры кодов для $n = 15 \div 99$.

Таблица 3
Некоторые коды Файера для $n = 15 \div 99$

n	k/r	b	R	c	m	$g(X)$
15	6/9	3	60,00	5	4	23
33	12/21	6	63,63	11	10	3043
45	18/27	8	60,00	15	12	10011
69	24/5	12	65,21	23	22	34603145
87	30/57	15	65,51	29	28	3706175715
99	36/63	17	63,63	33	30	11000100011

Состояние ячеек регистратора сдвига

Таблица 5

№ тактов 1	X	X ²	X ³	X ⁴	X ⁵	X ⁶	X ⁷	X ⁸
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	0	0	0	0	0
5	1	1	1	0	0	0	0	0
6	0	1	1	1	0	0	0	0
7	0	0	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	1	1	1	0	0
9	0	0	0	0	1	1	1	0
10	0	0	0	0	0	1	1	1
11	0	0	0	0	0	1	1	1
12	1	1	0	0	1	1	1	1
13	1	0	1	0	1	0	1	1
14	1	0	0	1	1	0	1	0
15	1	0	0	0	0	1	1	0
16	0	1	0	0	0	0	1	1
17	1	1	1	0	1	1	1	0
18	1	0	1	1	1	0	0	1
19	0	1	0	1	1	1	0	1
20	1	1	1	0	0	0	0	0
и т.д.								

Тот факт, что код 100000110 несет в себе информацию о времени поступления кластера, можно проверить следующим образом. Если после 15-го такта закрыть вход регистра и выполнить еще 5 сдвигов, то в результате сформулируется код 111000000, который сформировался после 5-го такта кодирования. Если на вход А элемента И подать сигнал логического нуля, то данные с кодирующего устройства могут быть считаны последовательным кодом.

Теория кодирования гарантирует, что при таком способе кодирования возможна однозначная регистрация не только кластеров длиной b , но и всех кластеров длиной меньше b . Причем кластер типа 10001 можно рассматривать как код, сформировавшийся от двух независимых сигналов.

5. ОПТИМАЛЬНЫЕ КОДЫ ФАЙЕРА

В работах [8, 28] показано, что для некоторых частных случаев ($b = 3$ и $b = 4$) существуют оптимальные коды Файера и даны таблицы порождающих их многочленов. Например, если выбрать порождающий полином

Порождающие полиномы для оптимальных кодов Файера

Таблица 6

п	г	б	Полином $g(X)$
15	6	3	$(X^2+X+1)(X^4+X+1)=X^6+X^5+X^4+X^3+1$
63	8	3	$(X^2+X+1)(X^6+X+1)=X^8+X^7+X^6+X^3+1$
255	10	3	$(X^2+X+1)(X^8+X^7+X^2+X+1)=X^{10}+X^7+X^4+X^2+1$
1023	12	3	$(X^2+X+1)(X^{10}+X^4+X^3+X+1)=X^{12}+X^{11}+X^{10}+X^6+1$
4096	14	3	$(X^2+X+1)(X^{12}+X^6+X^5+X^3+1)=X^{14}+X^{13}+X^{12}+X^8+X^4+X^3+X^2+X+1$
511	12	4	$(X^3+X+1)(X^9+X^7+X^6+X^3+X^2+X+1)=X^{12}+X^8+X^5+X^3+1$
1023	13	4	$(X+1)(X^2+X+1)(X^{10}+X^4+X^3+X^2+1)=X^{13}+X^{10}+X^7+X^6+X^5+X^4+X^2+1$
4095	14	4	$(X^2+X+1)(X^{12}+X^6+X^5+X^3+1)=X^{14}+X^{13}+X^{12}+X^8+X^4+X^3+X^2+X+1$

$$(X^2+X+1)(X^4+X+1) = X^6+X^3 + \cancel{X^2} + X^5 + \cancel{X^2} + X + X^4 + X + 1 = X^6+X^5+X^4 + X^3+1,$$

то оказывается, что для регистрации тройного кластера достаточно использовать 6-разрядный регистр при длине кода $n = 15$. Ниже приводится таблица порождающих полиномов для оптимальных кодов Файера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В вычислительной технике и в смежных областях традиционно развиваются два метода обработки данных — параллельный и последовательный. Появление быстродействующих микросхем, таких, как модули памяти с временем доступа менее 20 нс и сдвиговые регистры, работающие на частоте свыше 100 МГц, способствует их широкому внедрению в технику физического эксперимента. Однако использование модулей ЗЦПВ в качестве сдвигового регистра далеко не всегда можно считать оправданным как с экономической точки зрения, так и с точки зрения быстродействия и потребляемой мощности. В ряде случаев все эти параметры можно оптимизировать, если для построения устройств временных отметок использовать счетчики в СОК. Применяя принцип многофазового управления, можно без труда получить эффективную частоту сдвиговых импульсов вплоть до 500 МГц и тем самым временное разрешение порядка 2 нс. Меняя как величины p_i , так и их количество, можно в определенных пределах получить эффективные многостоповые устройства.

В технике физического эксперимента и в прикладных исследованиях широко используются последовательные методы регистрации данных. Поэтому вопрос об эффективности использования кодов Файера для регистрации кластеров требует еще внимательного изучения. При ограниченной множественности регистрируемых событий применение сдвиговых регистров с логической обратной связью может способствовать более оптимальному использованию стандартных микросхем. Правомочно также поставить вопрос о создании на базе сдвиговых регистров с логической обратной связью специализированных микросхем, учитывая тенденцию к существенному увеличению числа каналов регистрации в спектрометрах физики высоких энергий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aden T. et al. — NIM, 1978, v.154, No.1, p.361.
2. Etkin A., Kramer M.A. — IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1980, v.NS-27, No.1, p.139.
3. Warner B.H. — Electronic Design, 1977, No.1, Jan. 4, p.128.
4. Pernika M. — NIM, 1978, v.156, No.1, p.311.
5. Замятин Н.И. — ПТЭ, 1987, №2, с.66.
6. Лысыков Б.Г. и др. — Зарубежная радиоэлектроника, 1987, №12, с.47.
7. Swansen J.E., Ensslin N. — NIM, 1981, v.188, No.1, p.83.
8. Питерсон У., Уэлдон Э Коды, исправляющие ошибки. М.: Мир, 1976, с.195.
9. Frohwerk R.A. — Hewlett Packard Journal, 1977, v.28, No.9, p.2.
10. Смирнов Н.И., Стручков В.А. — Зарубежная радиоэлектроника, 1979, №1, с.53.
11. Новик Г.Х. — Автоматика и телемеханика, 1982, №5, с.157.
12. Медведев В.И. и др. — Электронная промышленность, 1987, вып. 3, с.15.
13. Никитюк Н.М. ОИЯИ, P11-80-484, Дубна, 1980.
14. Цитович А.П. Ядерная электроника. М.: Энергоатомиздат, 1984, с.242.
15. Никитюк Н.М. Цифровая вычислительная техника и программирование. М.: Советское радио, 1968, вып. 4, с.181.
16. Никитюк Н.М. А.с. 1337847 (СССР) — Опубликовано в ОИ, 1987, №34, с.187.
17. Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. Машинная арифметика в остаточных классах. М.: Советское радио, 1968, с.12.
18. Никитюк Н.М. ОИЯИ, P11-87-234, Дубна, 1987.
19. Колесник В.Д., Мирончиков Е.Г. Декодирование циклических кодов. М.: Связь, 1968, с.20.
20. Rossi L. — NIM, 1979, v.163, No.1, p.71.
21. Jeavons A.P. et al. — IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1976, v.NS-23, No.1, p.259.
22. Beek H.F., Mels W.A., Brinkwan A.C. — IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1984, v.NS-31, No.1, p.45.
23. Kitamoto S.A. — NIM, 1982, v.198, No.2, p.595.
24. Харкевич А.А. Борьба с помехами. М.: Наука, 1965, с.232.
25. Wagner W. — IEEE Trans. on Information Theory, 1970, v.IT-16, No.5, p.649.
26. Elspas B. — IRE Trans. on Information Theory, 1962, v.IT-8, No.1, p.39.

Рукопись поступила в издательский отдел

11 октября 1988 года.

Никитюк Н.М.

P10-88-742

Метод синдромного кодирования для последовательных систем обработки данных в спектрометрах физики высоких энергий

Разработанный ранее метод синдромного кодирования для параллельных систем регистрации и обработки данных в спектрометрах физики высоких энергий предлагается использовать в последовательных устройствах, таких, как кольцевые счетчики и сдвиговые регистры с логической обратной связью. Рассматриваются примеры возможного применения кольцевых счетчиков с нечетным коэффициентом деления в качестве схем задержек логических сигналов и регистрации временных отметок. Для регистрации одиночных кластерных событий предлагается использовать кодирующие устройства для кода Файера, исправляющего пакеты ошибок. Приводятся таблицы порождающих полиномов, с помощью которых можно создавать эффективные кодирующие устройства.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Nikityuk N.M.

P10-88-742

Syndrome Coding Method for Sequential Systems of Data Processing in High Energy Physics Spectrometers

The earlier developed method for syndrome coding of parallel systems of data registration and processing in high energy physics spectrometry is proposed to use in sequential devices, such as ring counters and shift registers with logical feedback. Some examples of possible applications of ring counters with odd fission coefficient as a circuit for logical signal delay and time mark registration are considered. For registration of single cluster events the coding devices are proposed to use for the Fire code correcting error burst. Tables of generator polynomials which could be used to create effective coding devices are presented.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988