

УДК 004.312.26

В.В. ГРИНЕНКО

Сумської державний університет, Україна

АЛГОРИТМ И УСТРОЙСТВО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДВОИЧНЫХ ЧИСЕЛ В БИНОМИАЛЬНЫЙ МОДИФИЦИРОВАННЫЙ КОД

Рассмотрены алгоритм преобразования двоичных чисел в биномиальный модифицированный код и устройство, реализующее данный алгоритм. В процессе преобразования, по эквиваленту исходного числа $F(X)$, определяются параметры промежуточной биномиальной системы счисления n' и k' , и количественный эквивалент $F_G(A)$ соответствующего биномиального числа. Затем на основе биномиального числа строится комбинация в равновесном коде, путем дописывания единиц до их общего количества k' или нулей до их общего числа $n' - k'$, и на ее основе строится комбинация биномиального модифицированного кода с помощью дописывания нулей, пока длина кодовой комбинации не станет равной $n - 1$.

Ключевые слова: биномиальное число, кодовая комбинация, биномиальный модифицированный код, параметры кода.

Введение

Одним из эффективных методов повышения достоверности обработки информации в цифровых устройствах является введение информационной избыточности с помощью помехоустойчивых кодов. Использование биномиальных кодов в контрольно-измерительных устройствах позволяет не только повысить достоверность передачи информации за счет их помехоустойчивости, но и повысить надежность работы аппаратуры, в которой, основываясь на структурных особенностях биномиальных кодов, появляется возможность использования схем самоконтроля. Более высокой помехоустойчивостью обладают предложенные в работе [1] биномиальные модифицированные коды, относящиеся к классу биномиальных кодов и обладающие всеми их свойствами по контролю ошибок.

Целью данной работы является разработка устройства преобразования двоичных чисел в биномиальный модифицированный код.

1. Общие положения

Биномиальной двоичной системой счисления называют систему, в которой количественный эквивалент кодовой комбинации $A_i = (a_{r-1}, a_{r-2}, \dots, a_0)$, $i = 0, 1, \dots, P-1$ (где P – диапазон биномиальных чисел), определяется выражением [2].

$$A_i = a_{r-1} C_{n-1}^{k-q_1} + \dots + a_1 C_{n-r+1}^{k-q_{l+1}} + \dots + a_0 C_{n-1}^{k-q_l} \quad (1)$$

при соблюдении ограничений:

$$q_0 = k; \quad k \leq r \leq n-1; \quad a_0 = 1. \quad (2)$$

$$n-k = r - q_0; \quad 0 \leq q_0 \leq k-1; \quad a_0 = 0. \quad (3)$$

где k – число единиц в биномиальном числе; n – параметр системы счисления; r – количество разрядов биномиального числа (длина); $l = 0, 1, \dots, r-1$ – порядковый номер разряда; q_{l+1} – сумма единичных значений цифр от $(r-1)$ -го разряда до $(l+1)$ -го включительно: $q_{l+1} = \sum_{\gamma=l+1}^{r-1} a_\gamma$, $a_\gamma \in \{0, 1\}$, $q_r = a_r = 0$.

Количество биномиальных чисел, задаваемых ограничениями (2), (3) и, соответственно, диапазон биномиальных чисел

$$P = C_n^k. \quad (4)$$

Для обнаружения ошибок с помощью биномиальных комбинаций необходимо дополнить их нулями или единицами справа от разряда a_0 , до получения $(n-1)$ -разрядного кода в результате будет получен биномиальный двоичный код. Биномиальный двоичный код с параметрами $n=6$ и $k=3$ приведен в таблице 1.

Множество кодовых комбинаций V построенных на основе биномиальной системы счисления с параметрами n и k , можно разбить на подмножества V_q , элементами которых будут являться кодовые комбинации с одинаковым количеством единиц q , $q = \overline{0, k}$ [2]. Следовательно, если объединить некоторые подмножества V_q в одно множество, то можно построить биномиальный модифицированный код [1]. Параметрами биномиального модифицированного кода будут параметры n и k исходного биномиального кода, а также упорядоченное множество W , элементами которого, в порядке возрастания, являются допустимые значения q_i весов кодовых

комбинаций $W = \{q_i\}$, $q_i = \overline{1, \varpi}$, где ϖ – количество элементов множества W . Мощность биномиально-модифицированного кода вычисляется как сумма количеств элементов множеств B_{q_i} для всех $q_i \in W$ и определяется соотношением

$$P_{\text{б.м.}} = \sum_{q_i \in W} C_{n-k+q_i-1}^{q_i} \quad (5)$$

Рассмотрим биномиальный модифицированный код с параметрами $n = 7$, $k = 4$ и $W = \{0, 1, 3\}$ (табл. 2), построенный на основе биномиального кода с параметрами $n = 7$ и $k = 4$. Мощность кода в соответствии с выражением (5) равна

$$\begin{aligned} P_{\text{а.и.}} &= C_{7-4+0-1}^0 + C_{7-4+1-1}^1 + C_{7-4+3-1}^3 = \\ &= C_2^0 + C_3^1 + C_5^3 = 1 + 3 + 10 = 14. \end{aligned}$$

Таблица 1

Равномерный биномиальный код с параметрами $n = 6$ и $k = 3$

Пор. номер	Биномиальное число	Биномиальный равномерный код	Пор. номер	Биномиальное число	Биномиальный равномерный код
0	000	00000	10	1000	10000
1	0010	00100	11	10010	10010
2	00110	00110	12	10011	10011
3	00111	00111	13	10100	10100
4	0100	01000	14	10101	10101
5	01010	01010	15	1011	10110
6	01011	01011	16	11000	11000
7	01100	01100	17	11001	11001
8	01101	01101	18	1101	11010
9	0111	01110	19	111	11100

Таблица 2

Биномиальный модифицированный код с параметрами $n = 7$, $k = 4$ и $W = \{0, 1, 3\}$

Пор. номер	Номер в подмножестве с числом единиц q_i	Число единиц q_i	Количество комбинаций с числом единиц q_i	Биномиальный модифицированный код
0	0	$q_i = 0$	$N_{q_i=0} = C_2^0 = 1$	000000
1	0	$q_i = 1$	$N_{q_i=1} = C_3^1 = 3$	001000
2	1			010000
3	2			100000
4	0	$q_i = 3$	$N_{q_i=3} = C_5^3 = 10$	001110
5	1			010110
6	2			011010
7	3			011100
8	4			100110
9	5			101010
10	6			101100
11	7			110010
12	8			110100
13	9			111000

Как видно из табл. 2 комбинации биномиального модифицированного кода с числом единиц q_i представляют собой комбинации равновесного кода длиной $n - 1 + q_i - k$ с количеством единиц q_i с дополнительными $k - q_i$ нулевыми разрядами до длины $n - 1$.

Построение биномиального модифицированного кода на основе кода с постоянным весом показано в табл. 3. Для этого используется промежуточный биномиальный код с параметрами $k' = q_i$ и $n' = n - k - 1 + k'$.

Таблица 3

Получение биномиального модифицированного кода на основе кода с постоянным весом

Пор. номер	Параметры n' и k' промежуточной биномиальной системы счисления	Биномиальное число в системе счисления с параметрами n' и k'	Комбинация в коде с постоянным весом с параметрами n' и k'	Биномиальный модифицированный код
0	$n' = 2$ $k' = 0$	0	00	000000
1	$n' = 3$ $k' = 1$	00	001	001000
2		01	010	010000
3		10	100	100000
4	$n' = 5$ $k' = 3$	0000	00111	001110
5		0100	01011	010110
6		0110	01101	011010
7		0111	01110	011100
8		1000	10011	100110
9		1010	10101	101010
10		1011	10110	101100
11		1100	11001	110010
12		1101	11010	110100
13		1100	11100	111000

2. Алгоритм преобразования исходной комбинации в биномиальный модифицированный код

Процедура преобразования заключается в представлении исходной кодовой комбинации X , комбинацией X_k в биномиальном модифицированном коде с использованием в качестве промежуточной неравномерную биномиальную кодовую последовательность A биномиального кода с параметрами n' и k' .

Как видно из табл. 2 и 3 для представления исходной двоичной комбинации биномиальным модифицированным кодом, необходимо знать к какому множеству A_{q_i} принадлежит данная комбинация, для определения параметров n' и k' , и ее количественный эквивалент $F_6(A)$ (столбец 2 табл. 2).

Исходя из этого, был разработан алгоритм 1 преобразования исходной двоичной комбинации биномиальным модифицированным кодом.

Алгоритм 1.

1. Вычисляют количественный эквивалент $F(X)$ кодовой комбинации (двоичного числа) X . Параметру q_i присваивают значение первого элемента упорядоченного множества W ($i=1$). Переход к этапу 2.

2. Определяют параметры $k' = q_i$ и $n' = n - k - 1 + k'$ промежуточного биномиального кода.

Вычисляют мощность данного кода $P = C_n^{k'}$. Производят сравнение мощности P с количественным эквивалентом $F(X)$. Переход к этапу 3.

3. Если $F(X) \geq P$, то количественный эквивалент $F(X)$ уменьшают на величину P . Параметру q_i присваивается значение следующего элемента множества W ($i=i+1$). Переход к этапу 2. Если $F(X) < P$, то количественному эквиваленту $F_6(A)$ присваивается значение $F(X)$. Переход к этапу 4.

4. По количественному эквиваленту $F_6(A)$ получают биномиальное число в системе счисления с параметрами кода n' и k' . Переход к этапу 5.

5. На основании комбинации биномиального числа формируют равновесную кодовую комбинацию кода длиной n' разрядов с числом единиц k' . Путем дописывания нулевых разрядов до длины $n-1$ получают комбинацию X_k в биномиальном модифицированном коде. Выход из алгоритма.

3. Устройство преобразования кодовой комбинации в биномиальном модифицированном коде в двоичный код

Устройство преобразования двоичных чисел в биномиальный модифицированный код состоит из двух устройств: устройства определения номера $F_6(A)$ исходного сообщения в промежуточной биномиальной системе счисления с параметрами n' и k' ; устройства кодирования двоичного кода равновесным кодом с количеством единиц с параметрами k' и длиной n' .

Рассмотрим работу первого устройства. Структурная схема его приведена на рис. 1.

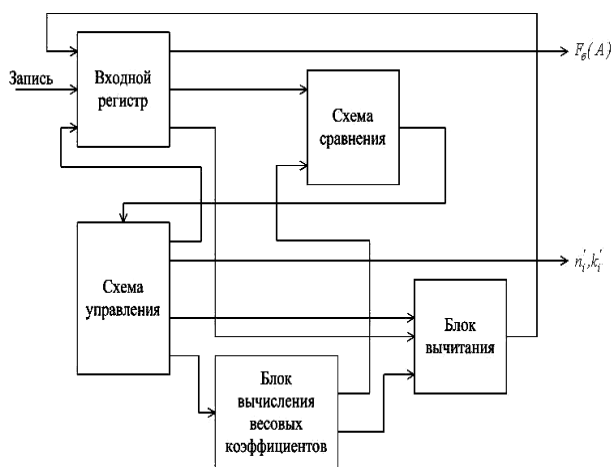


Рис. 1. Устройства определения номера $F_6(A)$ исходного сообщения биномиальной системе счисления с параметрами n' и k'

Во входной регистр по сигналу «запись» записывается исходное сообщение представленное в виде количественный эквивалента $F(X)$. После этого схема управления начинает перебирать значения параметров q_i весов кодовых комбинаций $W = \{q_i\}, q_i = \overline{1, \varpi}$, в порядке возрастания. Схема сравнения производит сравнения числа $F(X)$, записанного во входном, регистре со значением весового коэффициента $C_{n-k-1}^{k'}$ (где $k' = q_i$ и $n' = n - k - 1 + k'$), которое вычисляется блоком вычисления весового коэффициента. Если содержимое входного регистра больше или равно значения весового коэффициента $F(X) \geq C_{n-k-1}^{k'}$, то в блоке вычитания из содержимого входного регистра вычитается значение весового коэффициента $F(X) = F(X) - C_{n-k-1}^{k'}$, и полученный результат вновь записывается во входной регистр. Схема управления устанавливает следующую

шее значение параметра q_i , и процесс сравнения повторяется. Если содержимое входного регистра меньше весового коэффициента, то схема управления останавливает работу и на устройство кодирования равновесным кодом выдаются параметры n' и k' равновесного кода и номер кодовой комбинации $F_6(A) = F(X)$ в этом коде.

Получения равновесного кода с заданными параметрами n' и k' для номера кодовой комбинации $F_6(A)$ производится с помощью устройства перебора кодовых комбинаций с постоянным весом на основе биномиального счетчика [4].

Заключение

В данной статье рассмотрены параметры биномиальных модифицированных кодов относящихся к классу биномиальных кодов. Показано как на основе равновесного кода, через промежуточный биномиальный код, можно получить комбинацию биномиального модифицированного кода. На основании этого был предложен алгоритм и разработано

устройство преобразования двоичного числа в биномиальный модифицированный код. Разработанное устройство состоит из двух частей устройства определения номера исходного сообщения в промежуточной биномиальной системе счисления и устройства кодирования двоичного кода равновесным кодом.

Литература

1. Гриненко В.В. Оценка помехоустойчивости биномиальных модифицированных кодов. / В.В. Гриненко // Вісник Сумського державного університету. – 2002. – № 12 (45). – С. 131-138.
2. Борисенко А.А. Введение с теорию биномиального счета. Монография. / А.А. Борисенко. – Сумы: ИТД Университетская книга, 2004. – 88 с.
3. Борисенко А.А. Биномиальные автоматы: Учеб. Пособие. / А.А. Борисенко. - Сумы: Изд-во СумГУ, 2005, - 121 с.
4. Счетчик импульсов: А.с. 1150761 СССР, МКИ Н03К23/64 / А.А. Борисенко, Г.В. Куно. - № 3649497; Заявлено 15.10.83; Опубл. 15.04.85, Бюл. № 6.

Поступила в редакцию 23.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. кафедры электроники и компьютерной техники А.А. Борисенко, Сумской государственной университет, Сумы, Украина.

АЛГОРИТМ І ПРИСТРІЙ ПЕРЕТВОРЕННЯ ДВІЙКОВИХ ЧИСЕЛ В БІНОМІАЛЬНИЙ МОДИФІКОВАНИЙ КОД

В.В. Гриненко

У даній роботі розглянуті алгоритм перетворення двійкових чисел в біноміальний модифікований код і пристрій, що реалізує даний алгоритм. В процесі перетворення, по еквіваленту початкового числа $F(X)$, визначаються параметри проміжної біноміальної системи числення n' та k' , і кількісний еквівалент $F_6(A)$ відповідного біноміального числа. Потім на основі біноміального числа будується комбінація в рівноважному кодї, шляхом дописування одиниць до їх загальної кількості k' або нулів до їх загального числа $n' - k'$, і на її основі будується комбінація біноміальної модифікованої коди за допомогою дописування нулів, поки довжина кодової комбінації не стане рівною $n - 1$.

Ключові слова: біноміальне число, кодова комбінація, біноміальний модифікований код, параметри кода.

ALGORITHM AND DEVICE OF TRANSFORMATION OF BINARY NUMBERS IN BINOMIAL MODIFIED CODE

V.V. Grinenko

An algorithm of transformation of binary numbers in the binomial modified code and device, realizing this algorithm, is considered in this paper. In the process of transformation, on the equivalent of initial number $F(X)$, the parameters of the intermediate binomial number system n' , k' and quantitative equivalent $F_6(A)$ of the proper binomial number are determined. Then on the basis of binomial number combination is built as a even-weight code, by finishing writing of units to their general amount k' or zeros to their incurrence $n' - k'$, and on its basis combination of the binomial modified coda is built by finishing writing of zeros, while length of code combination will not become equal $n - 1$.

Key words: binomial number, code combination, binomial modified code, parameters of codes.

Гриненко Віталій Вікторович – ассистент кафедры электроники и компьютерной техники Сумского государственного университета, Сумы, Украина, e-mail: grvital@list.ru.