УДК 621.38

УНИТАРНЫЙ БИНОМИАЛЬНЫЙ СЧЕТЧИК С ПЕРЕМЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПЕРЕСЧЕТА

А.А. Борисенко, *д-р техн. наук, профессор;*
В.В. Петров, *аспирант*

Сумский государственный университет, г. Сумы

В старье рассмотрен быстродействующий унитарный биномиальный счетчик, с переменным коэффициентом пересчета.

У статті розглянутий швидкодіючий унітарний біноміальний лічильник, зі змінним коефіцієнтом перерахунку.

На практике нашли широкое распространение счетчики, работающие в позиционных системах счисления, особенно двоичные. Их достоинства несомненные, хотя бы потому, что они работают в двоичной системе счисления и имеют отлаженные технологии производства. Однако все же в силу отсутствия избыточности они не обладают свойствами самоконтроля, а значит, не обнаруживают ошибки в своей работе, что на сегодняшнем этапе развития цифровой техники можно рассматривать как существенный недостаток. Кроме того, их быстродействие ограничено из-за необходимости осуществления переносов. Различные алгоритмы работы двоичных счетчиков с групповым переносом значительно повышают их быстродействие, но они не решают задачу быстродействующего счета в принципе. Надо также отметить, что групповой перенос приводит к увеличению аппаратурных затрат.

Устранить указанные недостатки двоичных счетчиков можно разными способами, например используя код Грея [1]. Но этот код, хотя и повышает быстродействие счета, не обнаруживает ошибки, возникающие при работе счетчика. Имеются такие двоичные алгоритмы счета и соответствующие счетчики, которые обнаруживают и даже исправляют ошибки, но при этом требуют повышенного количества аппаратурных затрат, как результат их быстродействие меньше, чем у двоичных счетчиков.

Поэтому стоит задача построить алгоритмы счета и соответствующие ему счетчики, которые бы обладали повышенным быстродействием и обнаруживали ошибки в своей работе.

Данную задачу можно решить, используя унитарную систему счисления, в которой число записывается с помощью последовательности импульсов, в сумме дающей это число [2].

Унитарная система счисления известна давно, так как она в своей основе использует числоимпульсное кодирование, которое отличается своей простотой и высокой надежностью счета.

Алгоритм счета следует из табл. 1, где в качестве примера показано 5 чисел, от 0 до 4. Идея счета в данном случае состоит из добавления 1 к уже имеющейся последовательности единиц за исключением первого и нулевого чисел, кодирующихся 0 и 1.

Данный алгоритм и унитарные числа совпадают с алгоритмом биномиального счета и биномиальными числами при $k=m-1=n$ [3]. Такие числа будем называть унитарными биномиальными числами (УБК), а соответствующий счетчик унитарным биномиальным счетчиком (УБС). Число состояний такого счетчика определяется числом сочетаний k единиц из $m = n + 1$ элементов

$$N = C_m^k = C_{n+1}^k = \frac{(n+1)!}{k!(n+1-k)!} = \frac{k!(k+1)}{k!(k+1-k)!} = k+1, \qquad (1)$$

где n и k – параметры биномиального кода.

Таблица 1 – Унитарные четырехразрядные числа

Пор. номер	Разряд
	4 3 2 1
0	0 0 0 0
1	1 0 0 0
2	1 1 0 0
3	1 1 1 0
4	1 1 1 1

Счетчики, работа которых близка к табл. 1 известны давно, например счетчик Джонсона, унитарный счетчик [4]. Отличительной особенностью УБС является возможность установки коэффициента пересчета. Работа УБС с параметрами $n = k = 4$ приведена в табл. 2.

Таблица 2 – Состояния унитарного биномиального счетчика с n=k=4

Ном. состояния	Коэф. пересчета	Разряды счетчика
		4321
0	5	0000
1		1000
2		1100
3		1110
4		1111
0	4	0000
1		0100
2		0110
3		0111
0	3	0000
1		0010
2		0011
0	2	0000
1		0001
0	1	0000

УБС содержит k дополнительных входов, на которые подается биномиальное число с параметрами $n' = k' = k$, количество единиц в котором определяет число состояний счетчика. Изменение коэффициента пересчета возможно только при нулевом состоянии счетчика. Текущий коэффициент пересчета определяется числом сочетаний $(k-i)$ единиц из $m = (n+1-i)$ элементов

$$N_{T.} = C_m^{k-i} = C_{n+1-i}^{k-i} = \frac{(n+1-i)!}{(k-i)!(n+1-i-k+i)!} = k+1-i, \qquad (2)$$

где i – количество единиц биномиального числа на входе УБС.

Алгоритм работы УБС имеет вид:

1 Все разряды счетчика установлены в нуль.

2 Заносится 1 в $(k-q-i)$-й разряд, где q - число единиц в счетчике,

i - число единиц биномиального числа на входе счетчика.

3 Если младший разряд не заполнен единицей и количество единиц биномиального числа на входе меньше k, то происходит переход к пункту 2.

4 Если младший разряд заполнен единицей или количество единиц биномиального числа на входе равно k, то цикл счета окончен.

Состояния УБС с параметрами $n = k = 4$ приведены в табл. 3

Таблица 3 – Состояния УБС с параметрами $n = k = 4$

Пор. ном.	Ном. состояния	Бин. число на входе счетчика	Разряды счетчика
		4321	4321
1	0	0000	0000
2	1		1000
3	2		1100
4	3		1110
5	4		1111
6	0	1000	0000
7	1		0100
8	2		0110
9	3		0111
10	0	1100	0000
11	1		0010
12	2		0011
13	0	1110	0000
14	1		0001
15	0	1111	0000

Коэффициент пересчета счетчика изменяется в пределах от $(k+1)$ до 1 в зависимости от i количества единиц биномиального числа на его входе. При $i = k$ счетчик имеет только одно нулевое состояние. Разряды, не используемые в работе счетчика при $N_{T.} < N$, могут содержать только нули.

УБК является помехоустойчивым кодом, поскольку имеет запрещенные кодовые комбинации (имеет меньше 2^k состояний). Доля обнаруживаемых ошибочных комбинаций [5]

$$D = 1 - \frac{N_p}{2^n} = 1 - \frac{k+1}{2^n},$$

где N_p – количество разрешенных комбинаций.

Для УБК, приведенного в табл. 1, доля обнаруживаемых ошибочных комбинаций $D = 0,7$.

Схема УБС с параметрами $n = k = 4$ приведена на рис 1.

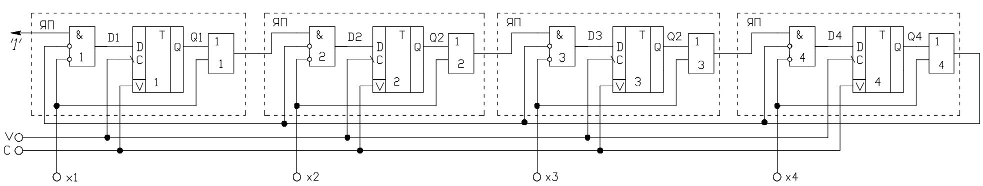

Рисунок 1 – Унитарный биномиальный счетчик с параметрами $n = k = 4$

Выделим в схеме рис. 1 однотипные блоки, названные ячейками памяти (ЯП), которые являются универсальными элементами для построения УБС.

Как видно из табл. 3, биномиальный код с параметрами $n = k$ имеет свойства рефлексных кодов. Это значит, что при переходе к младшему или старшему биномиальному числу происходит изменение только в одном разряде числа, исключение составляет переход от максимальной кодовой комбинации к нулевой. Как следствие, быстродействие всего счетчика равно быстродействию одного разряда. Счетчик, приведенный на рис. 1, разбит на однотипные элементы – ячейки памяти. Для оценки быстродействия счетчика необходимо найти максимальное время задержки распространения сигнала в одной ЯП. Из рис. 1 очевидным является то, что максимальное время задержки ЯП равно

$$t^{ЯП}_{зд.р.} = t^{T.}_{з.р.ср.} + 2 \cdot t^{E.}_{з.р.ср.},$$

где $t^{ЯП}_{зд.р.}$ – время задержки ЯП,

$t^{T.}_{з.р.ср.}$ – среднее время задержки распространения сигнала в триггере,

$t^{E.}_{з.р.ср.}$ – среднее время задержки распространения сигнала в элементах И, ИЛИ .

Максимальная частота на входе счетчика:

$$f_{\max} \le \frac{1}{t^{ЯП}_{зд.р.}}.$$

ВЫВОДЫ

Описанный в данной работе унитарный биномиальный счетчик имеет повышенное быстродействие и обладает помехоустойчивостью. Основное его отличие от ранее известных счетчиков, работающих в унитарном коде, это расширенная функциональность – возможность изменения коэффициента пересчета.

SUMMARY

UNITARY BINOMIAL VARIABLE SCALER

A.A. Borysenko, V.V. Petrov
Sumy State University

In this paper a high-speed unitary binomial variable scaler has been considered.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белецкий А.Я., Белецкий Е.А. Синтез двоичных счетчиков Грея // Вісник СумДУ. Технічні науки. – 2007. - №2.
2. Поспелов Д.А. Арифметические основы вычислительных машин дискретного действия: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 1970. - 308 с.
3. Борисенко А.А. Введение в теорию биномиального счета: Монография. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2004. – 88 с.
4. Рональд Дж. Точчи, Нил С. Уидмер. Цифровые системы. Теория и практика. – Москва, Санкт-Петербург, Киев. - 2004.
5. Березюк Н.Т., Андрушенко А.Г., Мощицкий С.С. и др. Кодирование информации (двоичные коды). - Х.: Вища шк. Изд-во пр Харьковском университете, 1978. -252 с.

Поступила в редакцию 24 марта 2009 г.