

А.А. Борисенко, Д.В. Жир

Сумский государственный университет, г. Сумы

Предлагается устройство для подсчета кодовых комбинаций с постоянным весом, основанное на биномиальном счетчике. Рассматривается структура как биномиального счетчика, так и всего устройства, генерирующего равновесные коды в целом. Даны таблицы состояний биномиального счетчика и счетчика равновесных кодов.

Счетчики равновесных кодов (кодов с постоянным весом, содержащих во всех кодовых комбинациях постоянное число единиц k) распространены в автоматике и вычислительной технике и могут быть использованы в устройствах дискретной обработки информации, в частности, в качестве помехоустойчивых счетчиков, распределителей импульсов и устройств помехоустойчивого кодирования информации [1,2].

Комбинация кода с постоянным весом, как указывалось выше, в первом разделе формируется на основе неравномерного биномиального числа, начиная с дополнительного разряда, стоящего в его начале. В этот разряд записывается единица, если в соответствующей биномиальной кодовой комбинации содержится менее k единиц и соответственно имеется $n - k + 1$ нулей. Далее записываются единицы во все последующие разряды до тех пор, пока их общее число не станет равным k . Если в биномиальной кодовой комбинации уже имеется k единиц, то дополнительный разряд и все остальные, если они есть, остаются в нуле (см. табл. 1).

*Таблица 1 - Состояния двоичного биномиального счетчика
 $k = 4, n = 5$*

Пор. ном.	Разряд 5 4 3 2 1	Пор. ном.	Разряд 5 4 3 2 1	Пор. ном.	Разряд 5 4 3 2 1	Пор. ном.	Разряд 5 4 3 2 1
0	0 0 0 0 0	4	0 1 1 1 1	8	1 0 1 1 1	12	1 1 1 0 0
1	0 1 0 0 0	5	1 0 0 0 0	9	1 1 0 0 0	13	1 1 1 0 1
2	0 1 1 0 0	6	1 0 1 0 0	10	1 1 0 1 0	14	1 1 1 1 0
3	0 1 1 1 0	7	1 0 1 1 0	11	1 1 0 1 1		

Счетчик равновесных кодов основан на биномиальном суммирующем счетчике [3]. В данной статье рассмотрен счетчик с числом разрядов 5 и контрольным числом $k = 4$. Он характеризуется двумя основными параметрами – числом разрядов n и контрольным числом k . При этом смена состояний биномиального счетчика происходит по следующим правилам: в исходном состоянии все разряды счетчика установлены в нуль; заносится единица в $(k-i)$ -й разряд, где i – число единиц в счетчике; если число единиц в счетчике равно k и они не расположены в k старших разрядах, то младшие единичные разряды до первого старшего нулевого устанавливаются в нуль, а первый старший нулевой – в единицу; если число единиц в счетчике равно k и они расположены в k старших разрядах, то цикл счета окончен. Возврат к началу.

Число состояний рассматриваемого счетчика определяется числом сочетаний k единиц из $m = n + 1$ элементов:

$$N = C_{n+1}^k = \frac{(n+1)!}{k!(n-k+1)!}. \quad (1)$$

Состояния счетчика с $k = 4$ и $n = 5$, начиная с нулевого – 00000 и заканчивая последним состоянием – 11110, приведены в табл.1. Их число в соответствии с формулой (12) равняется $C_6^2 = C_6^4 = 15$.

На рис.1 приведен биномиальный пятиразрядный счетчик импульсов с $n = 5$ и контрольным числом $k = 4$; на рис. 2 - реализация одного из сумматоров.

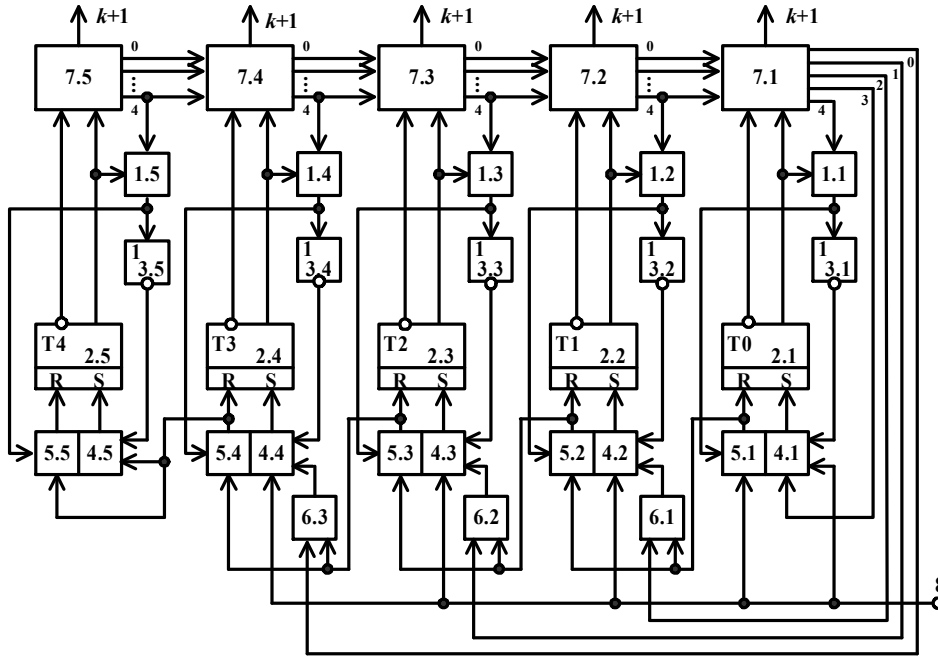


Рисунок 1 – Пятиразрядный биномиальный суммирующий счетчик импульсов с $k = 4$

Счетчик импульсов работает следующим образом.

В исходном состоянии все триггеры счетчика стоят в "0", т.е. счетчик находится в нулевом состоянии 00000. На нулевом выходе сумматора 7.1 соответственно имеется единичный сигнал, который проходит через элемент ИЛИ 6.3 на вход элемента И 4.4, а на всех остальных выходах этого сумматора будут нулевые сигналы. Так как с единичного выхода триггера 2.4 поступает нулевой сигнал на элемент ИЛИ 1.4, то элемент И 5.4 закрыт нулевым сигналом, а элемент И 4.4 открыт единичным сигналом с элемента НЕ 3.4. Поэтому тактовый сигнал, поступающий на входную шину 8, устанавливает триггер 2.4 в единичное состояние 01000, соответственно на первом выходе сумматора 7.1 появляется единичный сигнал, который через элемент ИЛИ 6.2 дает разрешение элементу И 4.3 на установку в единичное состояние триггера 2.3, т.е. счетчик по тактовому импульсу переходит в состояние 01100.

Аналогично получены состояния 01110 и 01111.

Так как при состоянии счетчика 01111 триггер 2.1 находится в единичном состоянии и, следовательно, на выходе элемента ИЛИ 1.1 и входе элемента И 5.1 имеется "1", то следующий тактирующий сигнал устанавливает триггер 2.1 в "0" и с выхода элемента И 5.1 проходит на вход элемента 5.2 И, и сбрасывает его в нуль. Аналогично сброс триггеров распространяется до триггера 2.5. Так как он находится в нуле, то элемент ИЛИ 1.5 выдает "0" и через элемент НЕ 3.5 разрешает

сигналу сброса установить его в "1", т.е. получают состояние 10000. При этом на первом выходе сумматора 7.1 присутствует единичный сигнал. Этот сигнал через элементы ИЛИ 6.2 и И 4.3 устанавливает триггер 2.3 в "1", в результате счетчик находится в состоянии 10100. Далее, аналогично с вышеописанным материалом, происходит установка в "1" второго и первого разрядов счетчика. В результате получают следующие состояния: 10110 и 10111. По следующему тактовому импульсу происходит сброс в "0" триггеров 2.1 - 2.3 и записывается "1" в триггер 2.4 - 11000. Затем процесс записи "1" в младшие разряды повторяется - 11100, 11110. В состоянии счетчика 11110 на 4-м выходе сумматора 7.1 появляется единица. Она разрешает тактовому импульсу прохождение через элемент И 5.1 на вход установки в "0" триггера 2.1 и дальнейшее его распространение через элементы И 5.2 - 5.5. В результате счетчик переходит в исходное (нулевое) состояние (00000).

В предлагаемой схеме единственным обнаруживаемым запрещенным состоянием является состояние 11111. В этом случае происходит переполнение сумматора 7.1, и на выходе "ошибки" сумматора 7.1 находится сигнал ошибки. Однако обнаруживающую способность счетчика к ошибкам можно повысить, изменив контрольную цифру k , т.е. число обратных связей с сумматора 7.1. Чем их меньше, тем выше способность к обнаружению ошибок у счетчика. Например, при $k = 2$ ошибочные состояния счетчика 01110; 10011; 11100 будут обнаружены. В этом случае на 5-м выходе сумматоров соответственно (7.2, 7.1), (7.1), (7.3, 7.2, 7.1) появляется сигнал ошибки.

Сумматор (рис.2) является матричным и содержит первую группу 9 из $(k + 1)$ элементов И 10, вторую группу 11 из $(k + 1)$ элементов И 12 и группу 13 из k элементов ИЛИ 14, первую группу 15 и вторую группу 16 входов, группу из $k + 2$ выходов - 0, 1, ..., $k, k + 1$.

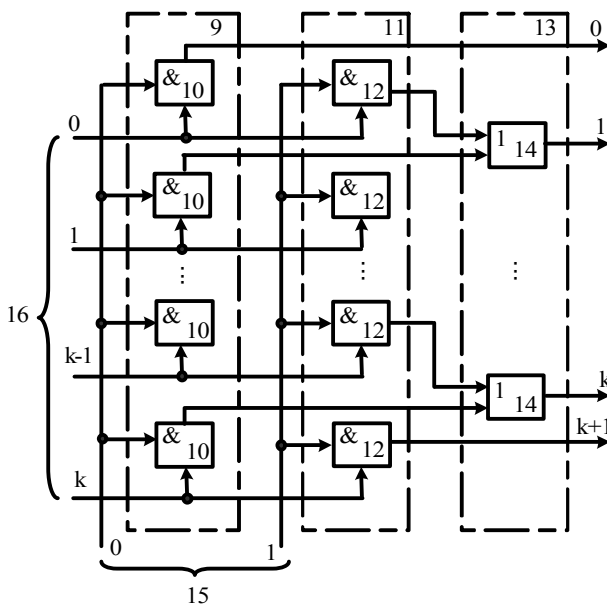


Рисунок 2 - Матричный сумматор

Счетчик, генерирующий равновесные кодовые комбинации? отличается от биномиального счетчика только наличием комбинационного блока, преобразующего биномиальные числа в равновесные кодовые комбинации [3]. В таблице 2 приведены состояния

счетчика в биномиальной системе счисления и соответствующие комбинации в коде с постоянным весом.

Входы сумматора из группы 15 соединены соответственно с первыми входами элементов И 10 и с первыми входами элементов И 12, вторые входы соответствующей пары из элементов И 10 и И 12 соединены с соответствующими входами из второй группы 16, входы каждого из элементов ИЛИ 14 из группы 13 соединены с выходами соответствующих элементов И 10 и И 12 из групп 9 и 11.

Наличие единицы на выходе $k + 1$ сумматора свидетельствует о том, что в результате суммирования произошла ошибка (сумма единиц больше k).

Таблица 2 – Соответствие биномиальных и равновесных комбинаций

Пор. ном.	Состояние счетчика	
	в биномиальной системе счисления	в коде с постоянным весом
0	0 0 0 0 0	0 0 1 1 1 1
1	0 1 0 0 0	0 1 0 1 1 1
2	0 1 1 0 0	0 1 1 0 1 1
3	0 1 1 1 0	0 1 1 1 0 1
4	0 1 1 1 1	0 1 1 1 1 0
5	1 0 0 0 0	1 0 0 1 1 1
6	1 0 1 0 0	1 0 1 0 1 1
7	1 0 1 1 0	1 0 1 1 0 1
8	1 0 1 1 1	1 0 1 1 1 0
9	1 1 0 0 0	1 1 0 0 1 1
10	1 1 0 1 0	1 1 0 1 0 1
11	1 1 0 1 1	1 1 0 1 1 0
12	1 1 1 0 0	1 1 1 0 0 1
13	1 1 1 0 1	1 1 1 0 1 0
14	1 1 1 1 0	1 1 1 1 0 0

Кодовые комбинации с постоянным весом формируются биномиальным счетчиком следующим образом (см. рис. 3). Когда счетчик находится в нулевом состоянии, на нулевом выходе сумматора первого разряда 7.1 находится единичный сигнал. Он поступает на нулевые входы элементов ИЛИ 9.1-9.4.

В результате на выходах этих элементов также появляются единичные сигналы, которые с выходов элементов ИЛИ 9.2-9.4 поступают соответственно на выход элементов ИЛИ 10.1 – 10.3 через их вторые входы. В итоге на выходных шинах 11.1-11.6 получаем кодовую комбинацию с постоянным весом - 001111, поступающую соответственно с выхода элемента ИЛИ 9.1, выходов элементов ИЛИ 10.1-10.3 и прямых выходов триггеров 2.4 - 2.5 счетчика.

Если счетчик находится в состоянии 01000, то на первом выходе сумматора 7.1 появляется единичный сигнал, который поступает на первые входы элементов ИЛИ 9.1 - 9.3 (элемент ИЛИ 9.4 первого входа не имеет). Вследствие этого на выходах этих элементов также появляется единичный сигнал, так как на нулевом входе элемента ИЛИ 9.4 отсутствует сигнал, то и на его выходе сигнал также отсутствует. В результате на выходных шинах 11.1 - 11.3, 11.5 получены единицы, а остальные разряды, 11.4, 11.6, находятся в нуле, т.е. получена комбинация кода 010111.

Если счетчик находится в состоянии 01100, то на втором выходе сумматора 7.1 появляется единичный сигнал, который поступает на вторые входы элементов ИЛИ 9.1 - 9.2. Вследствие этого на выходах этих элементов также появляется единичный сигнал, а на выходах элементов

ИЛИ 9.3 - 9.4 сигнала не будет. В результате единичные сигналы будут на выходных шинах 11.1 - 11.2, 11.4 - 11.5, а на остальных будут нулевые сигналы, т.е. получают комбинацию кода 011011.

В состоянии 01110 счетчика на третьем выходе сумматора 7.1 появляется единичный сигнал, который поступает на третий вход элемента ИЛИ 9.1. В результате на выходных шинах 11.1 - 11.6 получают комбинацию кода 011101.

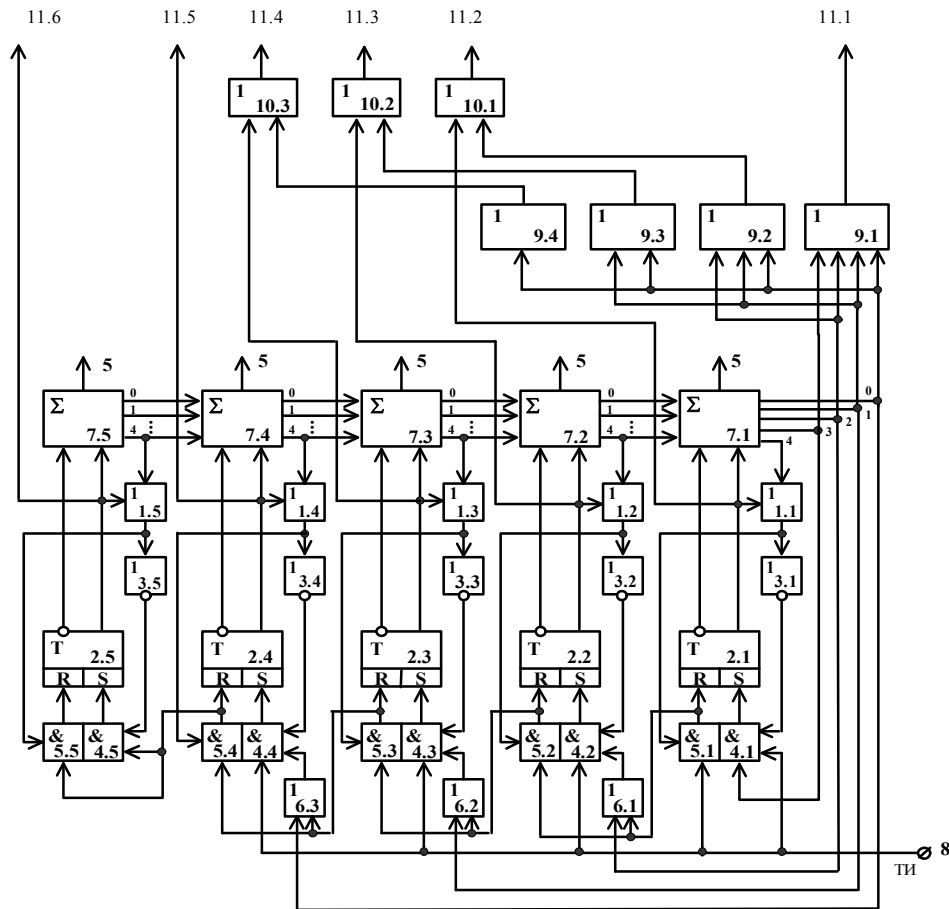


Рисунок 3 – Устройство перебора кодовых комбинаций с постоянным весом

В состоянии счетчика 01111 на входы элементов 9.1 - 9.4 не поступают единичные сигналы, и кодовая комбинация 011110 на выходе сформирована единичными сигналами с триггера 2.4 и 2.1 - 2.3 счетчика.

Аналогичным образом будут сформированы и все остальные комбинации кода с постоянным весом: 100111, 101011, 101101, 101110, 110011, 110101, 110110, 111001, 111010, 111100.

Для уменьшения времени установления кодов с постоянным весом достаточно заменить последовательное соединение элементов ИЛИ, например, элементов ИЛИ 9.2, ИЛИ 10.1, одним элементом ИЛИ с большим числом входов.

Таким образом, предлагаемое устройство формирует кодовые комбинации с постоянным весом и обеспечивает при этом высокую его помехоустойчивость.

SUMMARY

THE COUNTER OF THE EQUILIBRIUM ENCODING

Borisenko A.A., Zhyr D.V.
Sumy State University

The device for counting code combinations with fixed weight on basis of a binomial counter is proposed in the paper. The structures both a binomial counter and the device for generation of even-weight code are considered. Tables of states for the binomial counter and counter of even-weight codes are given.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букреев Н. И., Мансуров Б. М., Горячев В. И. Микроэлектронные схемы цифровых устройств. – Изд. 2-е. – М.: Сов. Радио, 1975.
2. Оберман Р. М. Счет и счетчики / Пер. с голл. - М., 1984.
3. Борисенко А.А. Гриненко В. В. и др. Биномиальные счетные устройства // Вестник СумГУ. – 2008. – №4. – С.147 – 157.

Борисенко А.А., доктор техн. наук, профессор;
Жир Д.В., студент

Поступила в редакцию 14 ноября 2008 г.