

**Litvinova E.I.**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department "Design Automation",  
Kharkiv National University of Radioelectronics

**Varetsa V.V.**

Engineer of Testing and Distance Learning Center,  
Kharkiv National University of Radioelectronics

## ANALYSIS OF STATISTICS OF CONVERTING NUMBERS IN CODE CONVERTERS BY THE METHOD OF ACCUMULATION OF EQUIVALENTS

**Литвинова Е.И.**

доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Автоматизация проектирования вычислительной техники»,  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**Вареца В.В.**

инженер центра тестирования и дистанционного обучения,  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

## АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЧИСЕЛ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ КОДОВ ПО МЕТОДУ НАКОПЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТОВ

**Summary:** The structure and the functional possibilities of the software for analyzing code converters with the method of accumulation of equivalents with parallel using of conversion steps are considered.

**Резюме:** Рассматривается структура и функциональные возможности программного средства для анализа преобразователей кодов по методу накопления эквивалентов с параллельной стратегией использования шагов преобразования.

*Keywords:* transformers of code, accumulation of equivalents, shift register, parallel strategy

*Ключевые слова:* преобразователи кодов, накопление эквивалентов, регистр сдвига, параллельная стратегия

### Постановка задачи.

Преимуществом преобразователей кодов по методу накопления эквивалентов (ПК НКЭ) является высокое быстродействие, умеренные аппаратные затраты и возможность изменения в широких пределах соотношения между аппаратными затратами и быстродействием за счет выбора типа стратегии преобразования чисел (последовательной или параллельной), числа шагов преобразований и значений шагов. Структура двух шагового ПК, ориентированного на повышение быстродействия и на последовательную стратегию детально рассмотрена в [1,2].

Целью настоящей работы является качественный и количественный анализ статистических характеристик ПК НКЭ с параллельной стратегией.

### Последовательная стратегия использования шагов преобразования

При использовании последовательной стратегии преобразования чисел процесс преобразования сводится к последовательному вычитанию из состояния разрядного счетчика, в котором хранится цифра преобразуемого числа, значения шага преобразования. Если значение системы счета на входе  $K$ , то максимальное значение цифры преобразуемого числа равно  $K-1$ . Следовательно, максимальное число тактов преобразования старших разрядных цифр равно  $K-1$ . Затем, еще один такт используется для трансляции (передачи) значения цифры младшего разряда. Таким образом, суммарное число тактов преобразования равно, т.е.  $N_1=K$ .

Вначале ведется преобразование с шагом  $a$ . При наличии в одном из старших разрядов  $x_m (m=\overline{2, n})$  максимального значения цифры  $x_m=K-1$  потребуется на первом этапе  $\lceil (K-1)/a \rceil$  шагов, преобразования, где  $\lceil \cdot \rceil$  означают округление до меньшего целого. Затем, если хотя бы одна из оставшихся старших цифр имеет значение  $x_i=a-1$ , потребуется на втором этапе еще  $a-1$  такт для обнуления с шагом 1 всех старших разрядных счетчиков. Следует добавить еще один такт (третий этап) для трансляции младшей цифры  $x_0$ . Следовательно, число тактов преобразования вычисляется по формуле (1)

$$N_2^{\text{цел}} = \lceil (K-1)/a \rceil + (a-1) + 1 = \lceil (K-1)/a \rceil + a \quad (1)$$

### Параллельная стратегия использования шагов

Логика управления в двухшаговом ПК параллельного типа выполнена так, чтобы запретить возможность вычитания шага 1, если в этом разряде имеется возможность вычитания шага  $a$ . И наоборот, если значение разряда  $x_m$  находится в пределах  $1 \leq x_m < a$ , то следует разрешить опрос вентилля, управляющего вычитанием 1 из разрядного счетчика, хранящего  $x_m$  (рис 1).

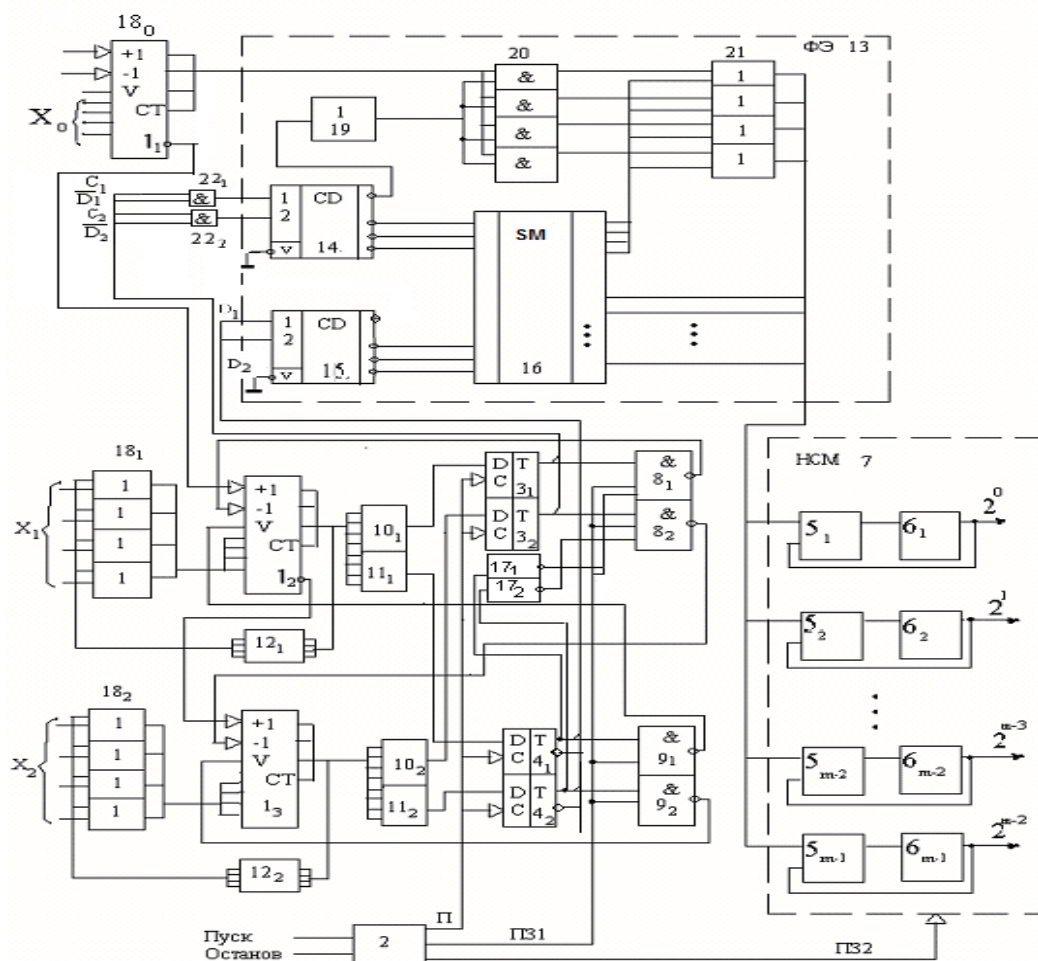


Рисунок 1. Структура двухшагового ПК НКЭ с параллельной стратегией

Закон функционирования формирователей эквивалентов двухшагового ПК НКЭ для  $n=3$  и  $K=12$  приведен в табл.1.

Таблица 1

N набора	Состояние триггеров		Общий вид эквивалента	Десятичный код эквивалента	Двоичный код эквивалента		
	Второй группы	Первой группы			$y_{12}y_{11}y_{10}y_9$	$y_8y_7y_6y_5$	$y_4y_3y_2y_1$
$Z_i$	$D_3D_2D_1$	$C_3C_2C_1$	$S$	$S_{10}$	Трансляция младшей тетрады		
0	000	000	$X_0$	$X_0$	Трансляция младшей тетрады		
1	000	001	$K^1$	12	0000	000	1100
2	000	010	$K^2$	144	0000	1001	0000
3	000	011	$K^2+K^1$	156	0000	1001	1100
4	000	100	$K^3$	1728	0110	1100	0000
5	000	101	$K^3+K^1$	1740	0110	1100	1100
6	000	110	$K^3+K^2$	1872	0111	0101	0000
7	000	111	$K^3+K^2+K^1$	1884	0111	0101	1100
8	001	001	$aK$	24	0000	0001	1000
9	001	011	$K^2+aK$	168	0000	1010	1000
10	001	101	$K^3+aK$	1752	0110	1101	1000
11	001	111	$K^3+K^2+aK$	1896	0111	0110	1000
12	010	010	$aK^2$	288	0001	0010	0000

13	010	011	$aK^2 + K$	300	0001	0010	1100
14	010	110	$K^3 + aK^2$	2016	0111	1110	0000
15	010	111	$K^3 + aK^2 + K$	2028	0111	1110	1100
16	011	011	$aK^2 + aK$	312	0001	0011	1000
17	011	111	$K^3 + aK^2 + aK$	2040	0111	1111	1000
18	100	100	$aK^3$	3456	1101	1000	0000
19	100	101	$aK^3 + K$	3468	1101	1000	1100
20	100	110	$aK^3 + K^2$	3600	1110	0001	0000
21	100	111	$aK^3 + K^2 + K$	3612	1110	0001	1100
22	101	101	$aK^3 + aK$	3480	1101	1001	1000
23	101	111	$aK^3 + K^2 + aK$	3624	1110	0010	1000
24	110	110	$aK^3 + aK^2$	3744	1110	1010	0000
25	110	111	$aK^3 + aK^2 + K$	3756	1110	1010	1100
26	111	111	$aK^3 + aK^2 + aK$	3768	1110	1011	1000

### Функционирование программы в режиме статистика

После активации режима “СТАТИСТИКА” в созданном программном средстве для анализа преобразований чисел в преобразователях кодов параллельного типа [3] появляется окно этого режима. В этом окне имеется пять текстовых полей для ввода данных, три из которых снабжены кнопками инкремента и декремента. С помощью этих кнопок следует задать значение основания, количество преобразуемых цифр, число шагов, величину шагов.

Когда все значения введены, следует нажать поле “Собрать данные”. Программа после вычисления отобразит значения математического ожидания, дисперсии, количества всех проанализированных чисел и распределение количеств чисел по числу тактов преобразования, на основании которого можно построить гистограмму распределения.

Результат работы программного средства в режиме “СТАТИСТИКА” для  $K=10$  и  $n=6$  приведен на рис. 2.

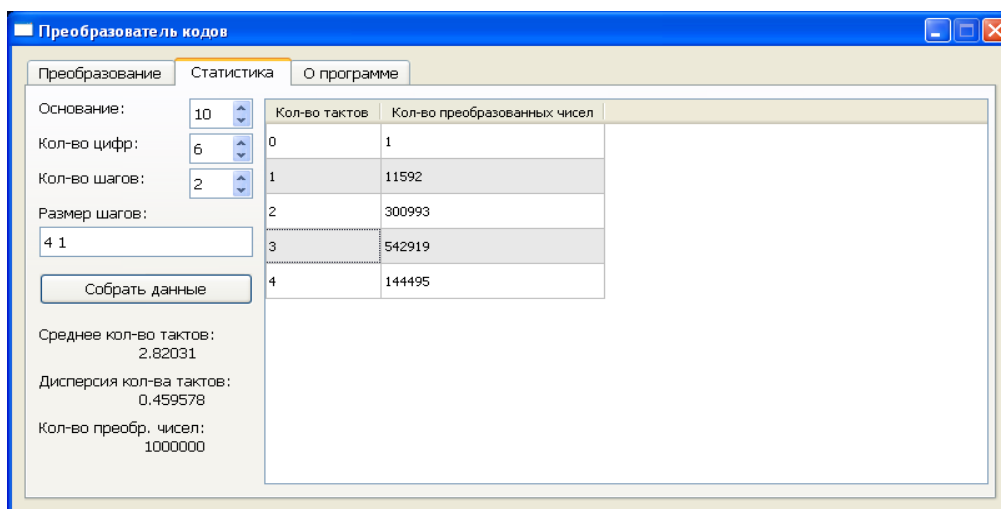


Рисунок 2. Результаты статистических расчетов для  $K=10$  и  $n=6$ .

Для сравнения результатов статистики при тех же значениях  $K=10$ ;  $n=6$  для последовательной стратегии использования шагов с помощью программного средства “CONVERTOR” получены

аналогичные статистические данные. Результаты статистики для обеих стратегий с целью сравнения сведены в табл.2.

Таблица 2

Число тактов	Тип стратегии	
	Последовательная	Параллельная
0	1	1
1	126	11 592
2	5 299	300 993
3	87 157	542 919
4	385 049	144 495
5	522 368	

В основной части табл.2. приведено распределение количеств чисел по числу тактов преобразования. Одно число {000 000} преобразуется за 0 тактов; общее количество чисел составляет  $N=10^6$ . Статистические данные для  $M_{\text{посл}}$ ;  $D_{\text{посл}}$ ;  $M_{\text{пар}}$ ;  $D_{\text{пар}}$ ; а также значения коэффициента  $Y=M_{\text{пар}} / M_{\text{посл}}$  для ряда оснований  $K=3 - 12$  приведены в табл. 3 .

Имеется возможность задавать различное число шагов преобразования - от 1 до 8, основание

системы счисления на входе преобразователя – от 3 до 15, разрядность чисел – от 2 до 12, веса шагов преобразователя. Кроме этого данный режим позволяет вручную задавать набор преобразуемых чисел или автоматически на выбор. При автоматическом формировании чисел программа делает полный перебор всех возможных значений в диапазоне от 0 до  $n-1$ , где  $n$  – разрядность преобразуемых чисел.

Таблица 3

К	3	5	6	7	9	10	11	12
А	2	4	4	4	4	4	4	4
$M_{\text{посл}}$	1,82	2,19	3,49	3,53	4,25	4,42	4,52	4,72
$a_{\text{посл}}$	0,15	0,23	0,46	0,33	0,46	0,25	0,37	0,27
$M_{\text{паралл}}$	0,998	1,78	1,823	2,534	2,643	2,82	3,334	4,012
$a_{\text{паралл}}$	0,146	1,725	0,289	0,446	0,811	0,46	0,601	1,026
$\gamma$	0,548	0,729	0,521	0,882	0,626	0,638	0,737	0,85

Математическое ожидание  $M$  рассчитывается по формуле (2):

$$M = \left( \sum_{i=0}^{i=N_{\text{max}}} i \cdot N_i \right) / 2^n \quad (2)$$

где  $M$  — математическое ожидание числа тактов преобразования  $i$ ;  $N_i$  — количество чисел, преобразуемых за  $i$  тактов;  $N_{\text{max}}$  — максимальное значение числа тактов преобразования (зависит от основания системы счисления  $K$  и значений шагов преобразования  $a, b, c$ );  $n$  — число входных преобразуемых разрядов.

Затем рассчитывается дисперсия преобразования  $D$  по формуле (3):

$$D = \left( \sum_{j=1}^{j=2^n} (M - N_j)^2 \right) / 2^n (2^{n-1}) \quad (3)$$

$N_j$  — количество тактов, за которое преобразуется число  $Aa_j$ .

Анализ табл.3 показывает, что параллельная стратегия использования шагов дает существенный выигрыш по быстродействию в 35%-45% для  $K=3-10$  и 15% для  $K=12$ .

#### Выводы:

1. Рассмотрено функционирование преобразователя кодов по методу накопления эквивалентов с применением параллельной стратегией использования шагов преобразования, что по сравнению с последовательной стратегией позволяет в двухшаговом параллельном ПК сократить число тактов преобразования ее с 5-ти до 4-х (повышать быстродействие на 20%, а в трехшаговом параллельном ПК сократить число тактов преобразования с 4-х до 3-х (повышать быстродействие на 25%).

2. Предложено программное средство CONVERTOR, которое позволяет выполнять построение таблиц и анализ затрат для ПК с параллельной стратегией.

3. Программное средство CONVERTOR позволяет проводить детальный анализ этапа систем-

ного проектирования ПК параллельного типа, сократить аппаратные затраты на реализацию всего ПК за счет нахождения оптимального разбиения на блоки, сократить число тактов преобразования за счет параллельной стратегии.

#### Список литературы:

1. Какурин Н.Я., Вареца В.В., Коваленко С.Н. Параллельная стратегия использования шагов в двухшаговых преобразователях кодов // АСУ и приборы автоматики. 2007. Вып.141. С.29-36.
2. Какурин Н.Я., Вареца В.В., Коваленко С.Н. Структуры формирователей эквивалентов для преобразователей кодов с параллельным использованием шагов преобразования // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008.- №5-6.-С.66-70.
3. Какурин Н.Я., Бочаров Е.В., Вареца В.В., Полежаев К.В., Замалеев Ю.С. Программное средство для анализа преобразований чисел в преобразователях кодов параллельного типа // АСУ и приборы автоматики. 2011. Вып.154. С.83-90.
4. Патент на корисну модель №71361 Україна. Регістр зсуву / Какурін М.Я., Лопухін Ю.В., Хаханов В.І., Вареца В.В., Макаренко Г.М.; Харківський національний університет радіоелектроніки – № u201115706; заявл. 30.12.2011; опубл. 10.07.2012. – Бюл. № 13/2012.
5. Патент на корисну модель №83310 Україна. Реверсивний регістр зсуву / Какурін М.Я., Хаханов В.І., Литвинова Є.І., Вареца В.В., Макаренко Г.М.; Харківський національний університет радіоелектроніки – № u201303681; заявл. 26.03.2013; опубл. 10.09.2013. – Бюл. № 17/2013.
6. Патент на корисну модель №90665 Україна. Реверсивний регістр зсуву / Какурін М.Я., Хаханов В.І., Литвинова Є.І., Вареца В.В., Макаренко Г.М.; Харківський національний університет радіоелектроніки – № u201313940; заявл. 02.12.2013; опубл. 10.06.2014. – Бюл. № 11/2014.
7. Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника / Е. П. Угрюмов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 816с.