

**НЕРЕВЕРСИВНЫЙ ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УГЛА
НА ОСНОВЕ ДВУХДОРОЖЕЧНОЙ РЕКУРСИВНОЙ КОДОВОЙ ШКАЛЫ**

А. А. ОЖИГАНОВ

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: ojiganov@mail.ifmo.ru*

Предложен цифровой преобразователь угла, включающий в себя шкалу с двумя кодовыми дорожками и двумя считывающими элементами, а также схему обработки считываемой со шкалы информации.

Ключевые слова: *нелинейная последовательность, последовательность де Брейна, рекурсивная кодовая шкала, считывающие элементы, цифровой преобразователь угла.*

Постоянно возрастающие требования к характеристикам автоматизированных систем управления обуславливают необходимость непрерывного совершенствования их функциональных узлов. В современных системах управления и вычислительных устройствах для цифровой обработки информации используются цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи, среди которых следует особо выделить цифровые преобразователи угла (ЦПУ), построенные по методу абсолютного считывания.

Основной конструктивный элемент таких ЦПУ — кодовая шкала (КШ), число информационных кодовых дорожек (КД) которой при классическом способе изготовления определяется разрядностью n выходного слова. Для достоверного считывания информации с такой кодовой шкалы используются $m=2n-1$ считывающих элементов (СЭ) [1].

В работе [2] рассмотрены рекурсивные кодовые шкалы (РКШ) всего с двумя (информационной и служебной) КД и двумя СЭ. На основе таких шкал построены рассматриваемые в настоящей статье нереверсивные ЦПУ с разрешающей способностью δ , равной разрешающей способности преобразователей с классическими КШ, маска которых выполнена в обыкновенном двоичном коде или в коде Грея, т.е. $\delta = 360^\circ/2^n$. Основой для получения рисунка информационной дорожки РКШ могут быть нелинейные двоичные последовательности (НП) $\{a_j\}=a_0, a_1, \dots, a_{B-1}$ двух типов, с длиной периода $B=2^n$:

1) нелинейные двоичные последовательности на основе псевдослучайных двоичных последовательностей максимальной длины (М-последовательностей); число таких НП равно числу М-последовательностей N_M , где $M=2^n-1$, а n — степень примитивного полинома, положенного в основу построения М-последовательности [3, 4];

2) нелинейные двоичные последовательности де Брейна; число последовательностей де Брейна $N_{DB} = 2^{2^{n-1}-n}$ [5].

Отметим, что число НП определяет множество рисунков информационной дорожки КШ. Число М-последовательностей и последовательностей де Брейна для различных значений n приведено в таблице.

n	N_M	N_{DB}
2	1	1
3	2	2
4	2	16
5	6	2048
...		
10	60	2^{502}

Как видно из таблицы, $N_{ДВ} > N_M$, что при одинаковом значении n дает дополнительные возможности для построения информационной дорожки КШ.

Правило получения символов последовательности $\{b_j\}=b_0, b_1, \dots, b_{B-1}$, используемых для формирования рисунка служебной дорожки РКШ, определяется как

$$b_{j+1} = \begin{cases} \bar{b}_j & \text{при } a_j = a_{j+1}, \\ b_j & \text{при } a_j \neq a_{j+1} \end{cases}$$

при $a_0=a_1=b_0=0$.

Два СЭ (информационный и служебный) должны быть расположены каждый на соответствующей дорожке на одной линии считывания.

Рассмотрим построение круговой двухдорожечной РКШ, для простоты ограничившись четырьмя разрядами преобразования.

Информационная дорожка шкалы выполнена в соответствии с нелинейной последовательностью $\{a_j\}=a_0, a_1, \dots, a_{15}=0000101111010011$, для построения которой использована одна из 16 последовательностей де Брейна с периодом $B=2^n=2^4=16$ [6]. Служебная дорожка шкалы выполнена в соответствии с последовательностью $\{b_j\}=b_0, b_1, \dots, b_{15}=0101111010000110$.

Линейная развертка четырехразрядной круговой двухдорожечной РКШ приведена на рис. 1: нулевым символам последовательностей соответствуют светлые (пассивные) элементарные участки (кванты) шкалы, а единичным символам — темные (активные). Информационный (СЭ_и) и служебный (СЭ_с) считывающие элементы, как и требуется, расположены на одной линии считывания.

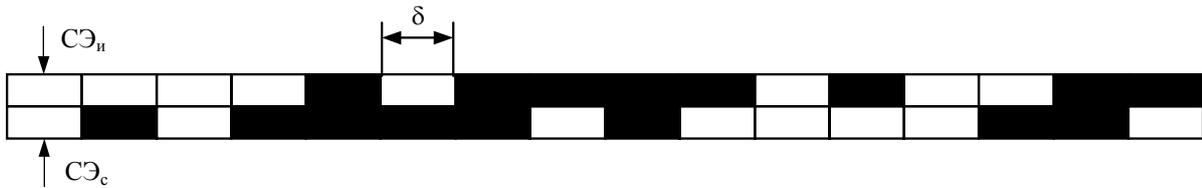


Рис. 1

На рис. 2 приведена структура n -разрядного нереверсивного цифрового преобразователя угла с двухдорожечной РКШ.

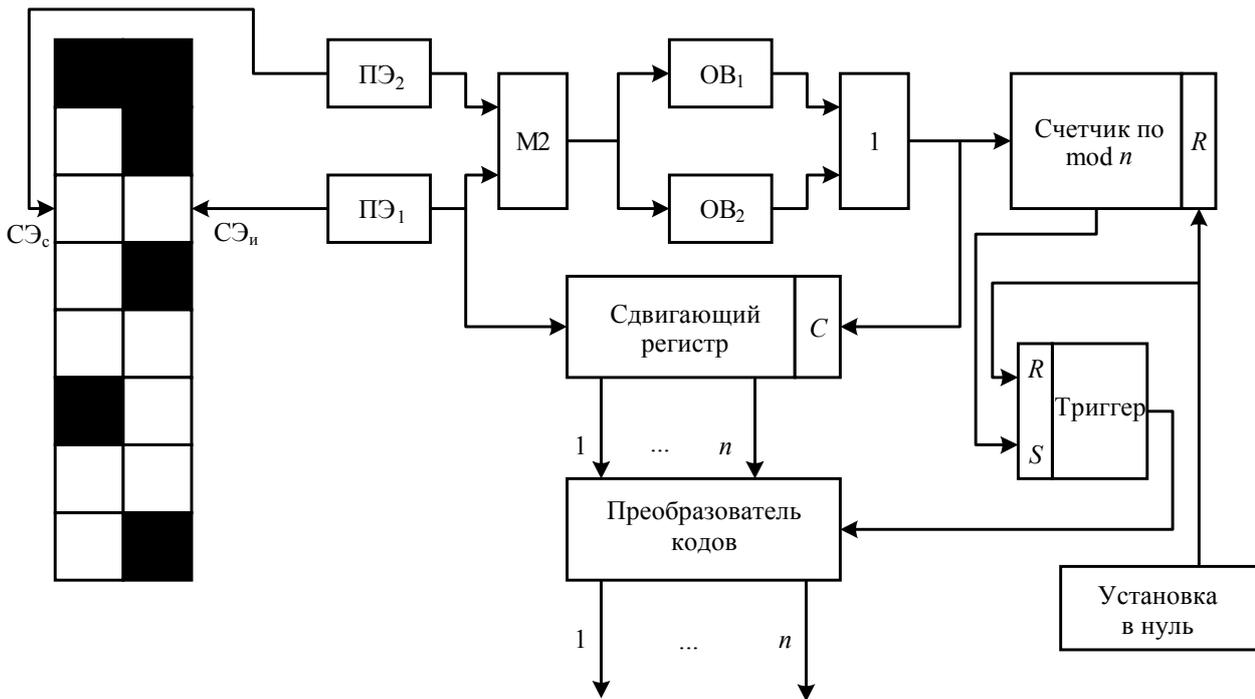


Рис. 2

Сигналы со считывающих элементов ($CЭ_n$ и $CЭ_c$) поступают на соответствующие пороговые элементы ($ПЭ_1$ и $ПЭ_2$), где они преобразуются в импульсы прямоугольной формы. Выход $CЭ_n$ через соответствующий $ПЭ_1$ соединен со входом сумматора по модулю два (M_2) и информационным входом n -разрядного сдвигающего регистра, а выход $CЭ_c$ через $ПЭ_2$ — с другим входом сумматора M_2 , выход которого связан со входами первого и второго одновибраторов ($ОВ_1$ и $ОВ_2$). Выходы одновибраторов соединены со входами схемы „ИЛИ“, выход которой связан с суммирующим входом счетчика по модулю n и с тактовым входом S сдвигающего регистра, выходы которого, в свою очередь, соединены с соответствующими входами преобразователя кодов (ПК). Выход счетчика по модулю n связан с установочным входом S триггера, единичный выход которого соединен с управляющим входом ПК.

Работа ЦПУ осуществляется следующим образом. При включении преобразователя триггер и счетчик по модулю n обнуляются. Далее при перемещении РКШ в одном направлении $CЭ_n$ и $CЭ_c$ взаимодействуют как с активными, так и с пассивными участками информационной и служебной дорожек шкалы. При взаимодействии $CЭ_n$ и $CЭ_c$ с активными участками дорожек с пороговых элементов снимается напряжение высокого уровня, а при взаимодействии с пассивными участками — низкого, что соответствует уровням логической единицы и логического нуля. При этом на выходе сумматора M_2 формируются импульсы прямоугольной формы, длительность которых зависит от скорости перемещения шкалы. На выходах одновибраторов вырабатываются короткие импульсы прямоугольной формы соответственно по переднему и заднему фронтам сигналов, поступающих на входы $ОВ_1$ и $ОВ_2$ с сумматора M_2 . Таким образом, на выходе логического элемента „ИЛИ“ при полном перемещении РКШ будет сформировано $B=2^n$ импульсов. Другими словами, каждый квант перемещения шкалы сопровождается выработкой короткого прямоугольного импульса.

При перемещении РКШ импульсы с выхода элемента „ИЛИ“ начинают поступать на суммирующий вход счетчика по модулю n и на тактовый вход сдвигающего регистра. Одновременно при перемещении шкалы в том же направлении сигналы, снимаемые элементом $CЭ_n$ с информационной дорожки и соответствующие высокому или низкому уровню напряжения, через $ПЭ_1$ начинают поступать на информационный вход сдвигающего регистра.

По импульсам, которые подаются на тактовый вход сдвигающего регистра, информационные сигналы последовательно слева направо заполняют ячейки его памяти. После поступления n -го импульса с выхода элемента „ИЛИ“ на суммирующий вход счетчика на выходе последнего вырабатывается импульс, устанавливающий триггер в единичное состояние. Сигнал с единичного выхода триггера подается на управляющий вход преобразователя кодов, после чего с него может быть снята информация о положении кодируемого объекта. После поступления n -го импульса на тактовый вход регистра в нем будет сформирован код, соответствующий пассивным и активным участкам информационной дорожки. При этом РКШ переместится на n квантов. При дальнейшем перемещении шкалы в том же направлении каждый последующий поступающий на тактовый вход регистра импульс „сдвигает“ код регистра на один разряд вправо, при этом на вход регистра одновременно поступают информационные сигналы.

При поступлении на тактовый вход сдвигающего регистра $B=2^n$ импульсов, начиная с n -го, в нем будет последовательно зафиксировано B различных n -разрядных кодовых комбинаций, что соответствует полному перемещению шкалы.

Преобразователь кодов после поступления на его управляющий вход единичного сигнала последовательно осуществляет преобразование $B=2^n$ различных n -разрядных кодовых комбинаций сдвигающего регистра, представленных в рекурсивном коде, в выходной n -разрядный код ЦПУ, например обыкновенный двоичный.

Таким образом, в нереверсивных ЦПУ на основе двухдорожечных РКШ первые $(n-1)$ квантов перемещения являются подготовительными, а при полном обороте шкалы (начиная с n -го

кванта) в сдвигающем регистре произойдет смена кодовых комбинаций, соответствующих B различным угловым положениям шкалы, что обеспечивает разрешающую способность $\delta = 360^\circ/2^n$.

Рассмотренные в данной статье ЦПУ не являются устройствами, построенными по методу абсолютного считывания, а занимают промежуточное положение между названными и устройствами кодирования, построенными по методу последовательного счета.

Области применения таких ЦПУ ограничены системами, в которых, например, после аварийного выключения источника питания, появления помехи или превышения допустимой скорости вращения вала, ограничивающей правильное считывание кода, кратковременная потеря значения кода не критична.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Домрачев В. Г., Мейко Б. С. Цифровые преобразователи угла: принципы построения, теория точности, методы контроля. М.: Энергоатомиздат, 1984. 328 с.
2. Ожиганов А. А., Прибыткин П. А. Использование нелинейных последовательностей при построении двухдорожечных кодовых шкал для преобразователей угловых перемещений // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53, № 7. С. 39—44.
3. Агульник А. Р., Мусаелян С. С. Построение нелинейных двоичных последовательностей // Радиоэлектроника. 1983. № 4. С. 19—28.
4. Ожиганов А. А., Прибыткин П. А. Кодовые шкалы на основе нелинейных последовательностей для преобразователей угловых перемещений // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2010. Вып. 4(68). С. 81—84.
5. Хачатрян Л. Г. Методы построения последовательностей де Брейна // Дискретная математика. 1991. Т. 3, № 4. С. 62—78.
6. Ожиганов А. А., Захаров И. Д. Применение последовательностей де Брейна для построения псевдорегулярных кодовых шкал // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. Вып. 2(78). С. 69—74.

Сведения об авторе

Александр Аркадьевич Ожиганов — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО; кафедра вычислительной техники; E-mail: ojiganov@mail.ifmo.ru

Рекомендована кафедрой
вычислительной техники

Поступила в редакцию
11.12.14 г.

Ссылка для цитирования: Ожиганов А. А. Неревверсивный цифровой преобразователь угла на основе двухдорожечной рекурсивной кодовой шкалы // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 3. С. 203—206.

NON-REVERSIBLE DIGITAL ANGLE CONVERTER ON THE BASIS OF THE DUAL-TRACK RECURSIVE CODE SCALE

A. A. Ozhiganov

*ITMO University, 197101, Saint Petersburg, Russia,
E-mail: ojiganov@mail.ifmo.ru*

A digital converter of angle counts is proposed. The converter incorporates a scale with two code tracks and two counting elements, and a unit processing data obtained from the information scale.

Keywords: non-linear sequence, de Bruijn sequence, recursive code scale, counting elements, digital angle converter.

Data on author

Alexander A. Ozhiganov — Dr. Sci., Professor; ITMO University; Department of Computer Science; E-mail: ojiganov@mail.ifmo.ru

Reference for citation: Ozhiganov A. A. Non-reversible digital angle converter on the basis of the dual-track recursive code scale // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroyeniye. 2015. Vol. 58, N 3. P. 203—206 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-3-203-206