

*К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КОДА ГРЕЯ***В.А. АТРОЩЕНКО, Н.Д. ЧИГЛИКОВА, М.В. СЕРИКОВА, А.Р. ЛАВРИКОВ**

*Кубанский государственный технологический университет,  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,  
электронная почта: marinella04@list.ru*

В данной статье рассматриваются вопросы разработки программной реализации кода Грея (перевод в код Грея, перевод из кода Грея). Часто бывает необходимым, чтобы лексикографически (т.е. по алфавиту или по возрастанию) упорядоченные символы при двоичном кодировании различались минимальным количеством разрядов. Коды, удовлетворяющие этому условию, называются кодами Грея или одношаговыми кодами. Использование кодов Грея основано прежде всего на том, что он минимизирует эффект ошибок при преобразовании аналоговых сигналов в цифровые (например, во многих видах датчиков). Коды Грея часто используются в датчиках-энкодерах. Их использование удобно тем, что два соседних значения шкалы сигнала отличаются только в одном разряде. Также они используются для кодирования номера дорожек в жёстких дисках. Широко применяются коды Грея и в теории генетических алгоритмов для кодирования генетических признаков, представленных целыми числами. В генетическом алгоритме чаще всего применяется двоичное кодирование хромосом кодом Грея. Он характеризуется тем, что двоичные последовательности, соответствующие двум идущим по порядку целым числам, отличаются только одним битом. Рассматривая код Грея, применительно к компьютерным сетям следует отметить, что ряд алгоритмов передачи данных допускает более простое изложение при использовании вполне определенных топологий сети межпроцессорных соединений. Кроме того, многие методы коммуникации могут быть получены при помощи того или иного логического представления исследуемой топологии. Как результат, важным моментом является при организации параллельных вычислений умение логического представления разнообразных топологий на основе конкретных (физических) межпроцессорных структур, в частности, решение вопросов отображения топологий кольца и решетки на гиперкуб.

**Ключевые слова:** код Грея, кодирование, компьютерная сеть, циклический побитовый перевод, пошаговая, реализация алгоритма.

Средой разработки программной реализации переводов чисел для кода Грея был выбран язык высокого уровня C#. На данном языке был разработан графический пользовательский интерфейс и реализован функционал. Начальное окно работы программы приведено на рисунке 1.

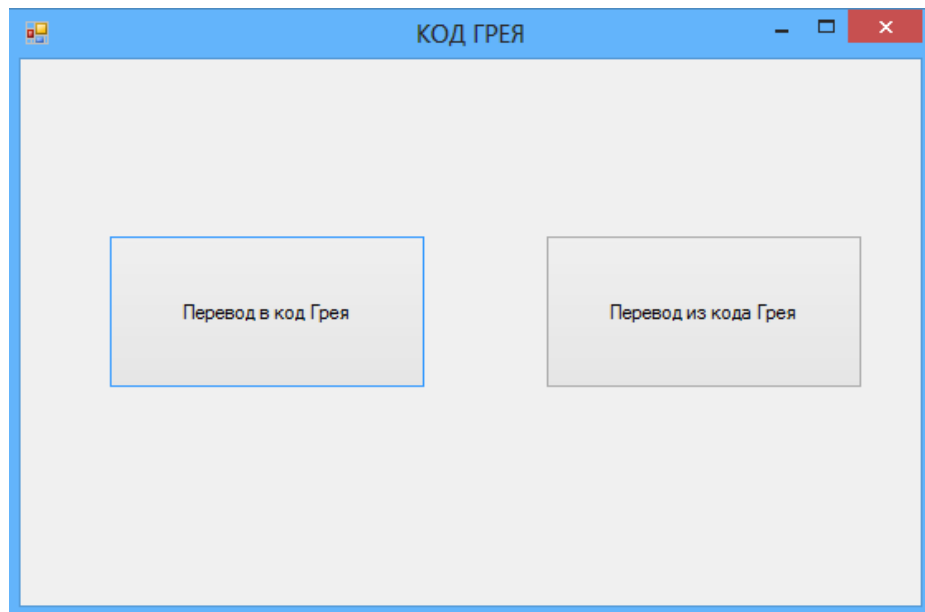


Рисунок 1 – Начальное окно программы для кода Грея

Рассмотрим перевод в код Грея. В данном окне программа предлагает ввести любое число в десятичной либо в двоичной системе счисления. Затем при нажатии на кнопку «Показать в двоичной системе/Показать в десятичной системе» выводит в соответствующее поле результат, не показывая этапы вычислений. Окно перевода в код Грея приведено на рисунке 2.

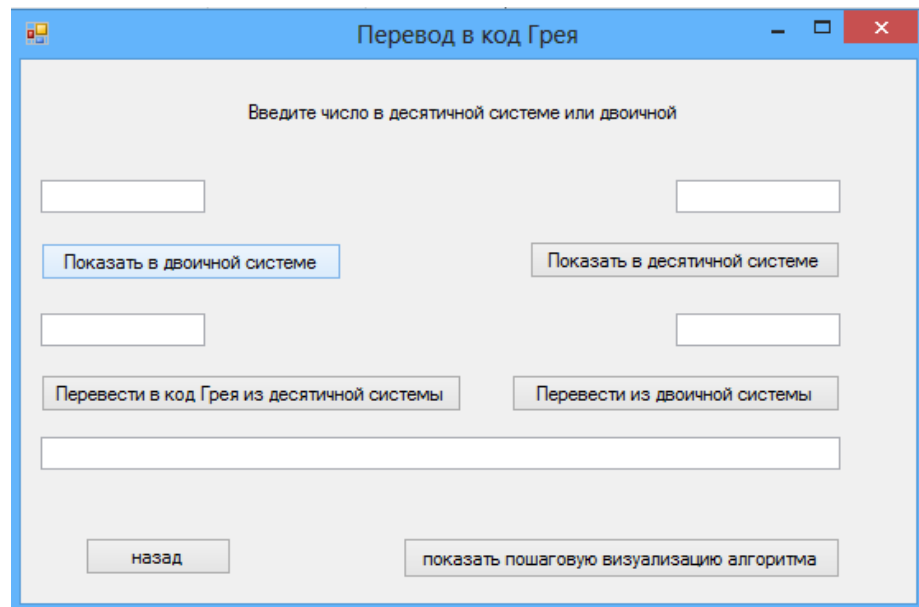


Рисунок 2 –Окно перевода в код Грея

Далее рассмотрим вычисления, осуществляемые программой при вводе начальных данных. При вводе числа в десятичной системе счисления

программа сначала переводит его в двоичную систему счисления, так как код Грея является невзвешенным. Затем программа выводит результат перевода в поле выходных данных. Результат вычислений для десятичного числа представлен на рисунке 3.

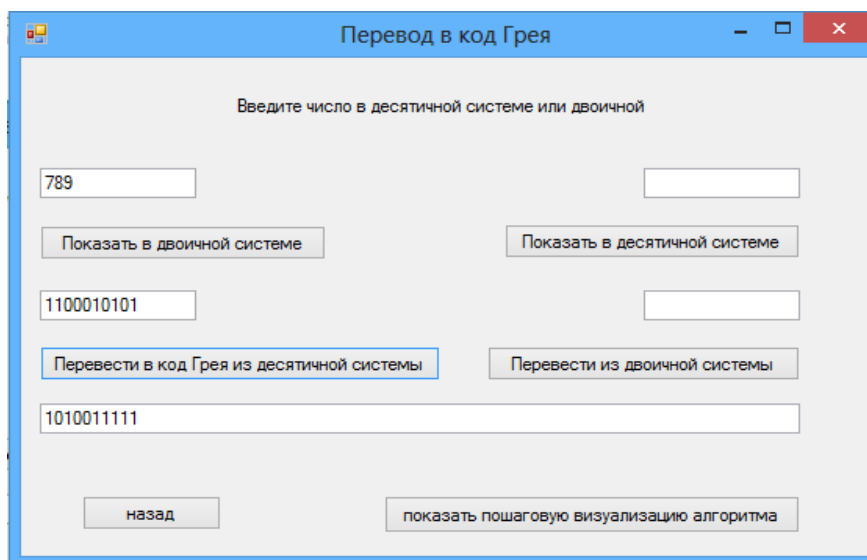


Рисунок 3 – Перевод в код Грея десятичных чисел

Коды Грея легко получаются из двоичных чисел путём побитовой операции «Исключающее ИЛИ» с тем же числом, сдвинутым вправо на один бит. Следовательно,  $i$ -й бит кода Грея  $G_i$  выражается через биты двоичного кода  $B_i$  следующим образом:

$$G_i = B_i \oplus B_{i+1},$$

где  $\oplus$  – операция «исключающее ИЛИ»; биты нумеруются справа налево, начиная с младшего.

При вводе числа в двоичной системе счисления программа сначала переводит его в десятичную систему счисления, затем выводит результат перевода в поле выходных данных. Результат вычислений для двоичного числа представлен на рисунке 4.

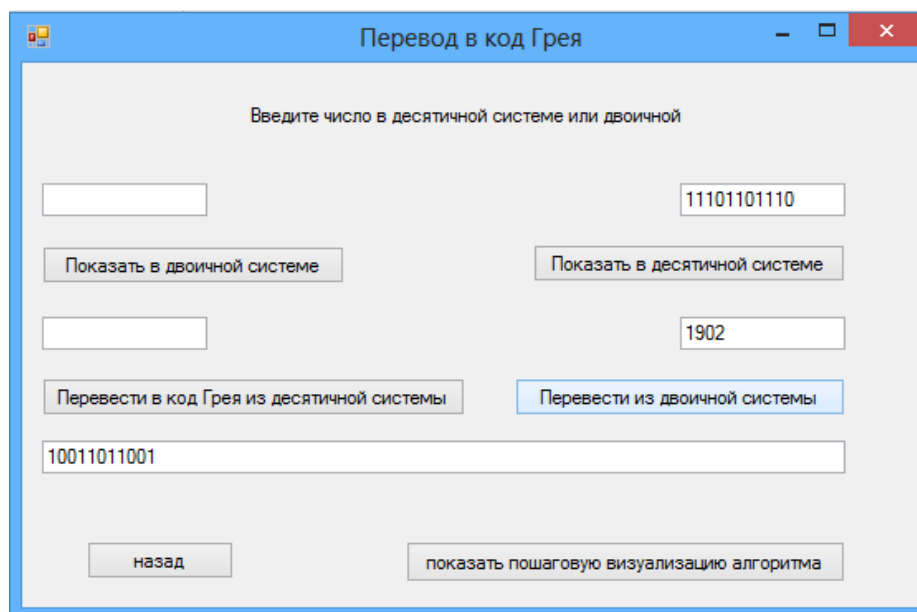


Рисунок 4 – Перевод в код Грея двоичных чисел

Обычно задача перевода в код Грея для студентов является зачастую затруднительной. Для решения этой проблемы реализована пошаговая визуализация алгоритма перевода. На первом шаге предлагается ввести любое исходное число в десятичной системе счисления. На втором шаге программой осуществляется его перевод в десятичную систему счисления с выводом результата перевода на экран в поле вывода данных. На третьем шаге программой осуществляется сдвиг вправо на один бит с выводом результата перевода на экран в поле вывода данных. На четвертом шаге осуществляется побитовая операция «исключающее ИЛИ» с числом из предыдущего шага. В итоге, на пятом шаге программа выводит результат. Пошаговый алгоритм перевода числа в код Грея представлен на рисунке 5.

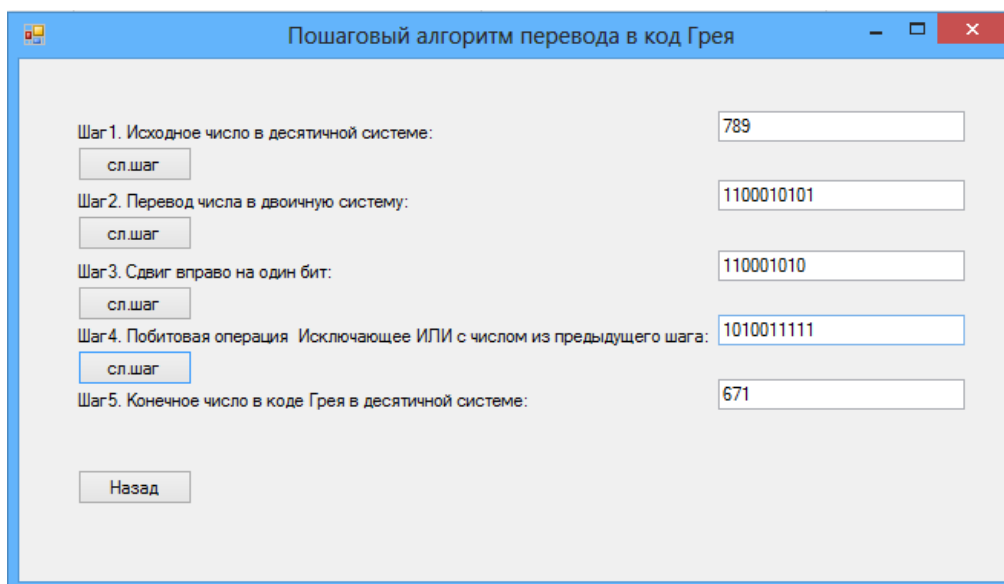


Рисунок 5 – Пошаговый алгоритм перевода числа в код Грея

Рассмотрим перевод чисел из кода Грея. Преобразование кода Грея в двоичный код – можно выразить рекуррентной формулой

$$B_i = B_{i+1} \oplus G_i,$$

причём преобразование осуществляется побитно, начиная со старших разрядов, и значение  $B_{i+1}$ , используемое в формуле, вычисляется на предыдущем шаге алгоритма. Действительно, если подставить в эту формулу вышеприведённое выражение для  $i$ -го бита кода Грея, получим

$$B_i = B_{i+1} \oplus G_i = B_{i+1} \oplus (B_i \oplus B_{i+1}) = B_i \oplus (B_{i+1} \oplus B_{i+1}) = B_i \oplus 0 = B_i.$$

Однако приведённый алгоритм, связанный с манипуляцией отдельными битами, неудобен для программной реализации, поэтому на практике используют видоизменённый алгоритм:

$$B_k = \bigoplus_{i=k}^N G_i,$$

где  $N$  – число битов в коде Грея (для увеличения быстродействия алгоритма в качестве  $N$  можно взять номер старшего ненулевого бита кода Грея); знак  $\oplus$  означает суммирование при помощи операции «исключающее ИЛИ», то есть

$$\bigoplus_{i=k}^N G_i = G_k \oplus G_{k+1} \oplus \dots \oplus G_{N-1} \oplus G_N.$$

Действительно, подставив в формулу выражение для  $i$ -го бита кода Грея, получим

$$\begin{aligned}
 B_k &= \bigoplus_{i=k}^N G_i = \bigoplus_{i=k}^N (B_i \oplus B_{i+1}) = (B_k \oplus B_{k+1}) \oplus (B_{k+1} \oplus B_{k+2}) \oplus \dots \\
 &\dots \oplus (B_{N-1} \oplus B_N) \oplus (B_N \oplus B_{N+1}) = \\
 &= B_k \oplus (B_{k+1} \oplus B_{k+1}) \oplus \dots \oplus (B_N \oplus B_N) \oplus B_{N+1} = B_k \oplus B_{N+1} = B_k
 \end{aligned}$$

Здесь предполагается, что бит, выходящий за рамки разрядной сетки  $B_{N+1}$ , равен нулю.

В данном окне программа предлагает ввести любое число в коде Грея в десятичной либо в двоичной системе счисления. Затем при нажатии на кнопки «Показать в двоичном виде/Показать в десятичной системе» и «Перевести из кода Грея» выводит в соответствующее поле результат, не показывая этапы вычислений. Окна перевода из кода Грея для двоичных и десятичных чисел в коде Грея соответственно приведены на рисунках 6 и 7.

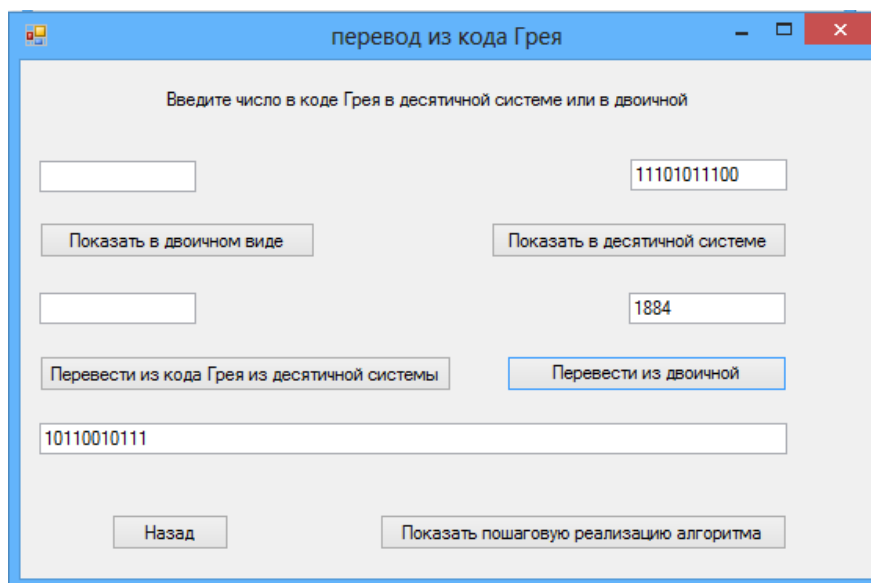


Рисунок 6 –Перевод числа в коде Грея в двоичной системе

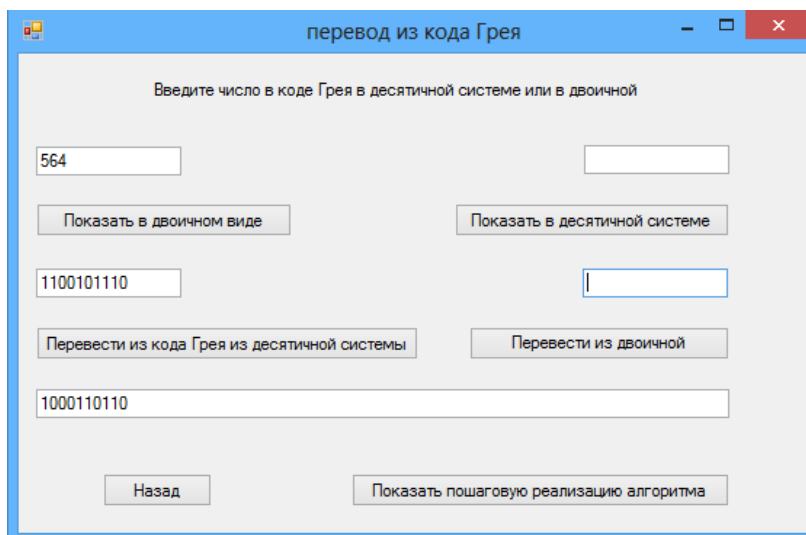


Рисунок 7 –Перевод числа в коде Грея в десятичной системе

Так же, как и для перевода в код Грея реализована пошаговая визуализация алгоритма перевода из кода Грея. На первом шаге предлагается ввести любое исходное число в коде Грея в десятичной системе счисления. На втором шаге программой осуществляется его перевод в двоичную систему счисления с выводом результата перевода на экран в поле вывода данных. На третьем шаге программой осуществляется циклический побитовый перевод (побитовый сдвиг вправо) с выводом этапа вычислений и результата перевода на экран в поле вывода данных. На четвертом шаге выводится переведенное число в двоичную систему. В итоге, на пятом шаге программа выводит результат (переведенное число в десятичной системе счисления). Пошаговый алгоритм перевода числа из кода Грея представлен на рисунке 8.

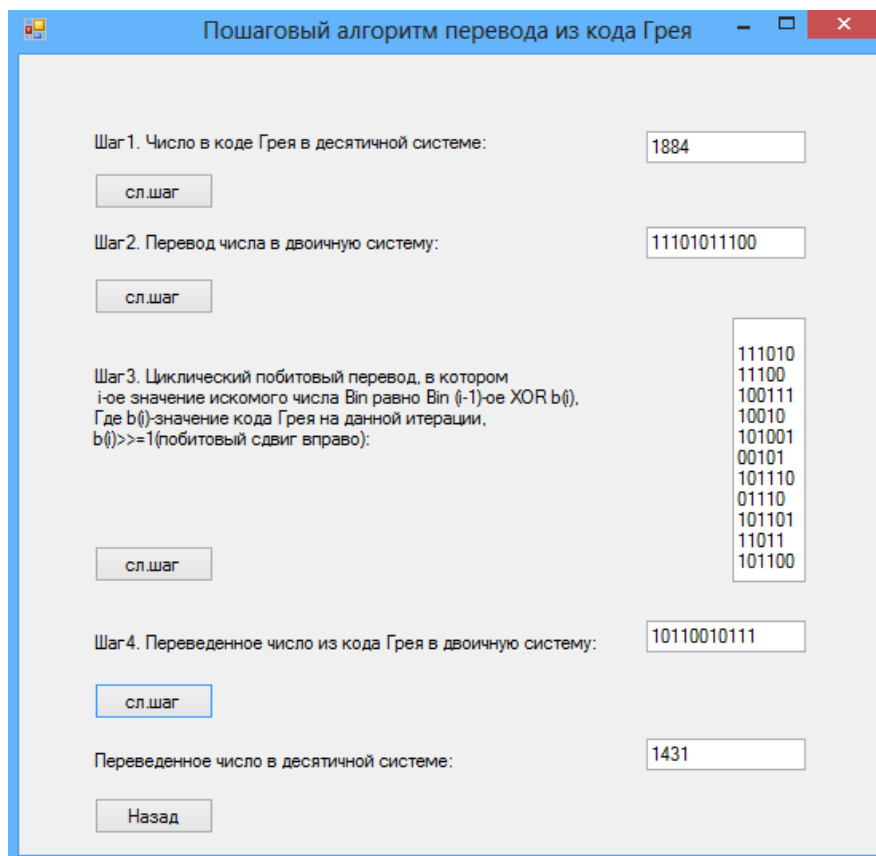


Рисунок 8 –Пошаговый алгоритм перевода числа из кода Грея

Таким образом, в тексте данной статьи были проиллюстрированы все шаги программной реализации для кода Грея. Новизна данной работы заключается прежде всего в том, что в отличие большого числа существующих программ вычислительного характера в данном продукте приведена иллюстрация всех шагов алгоритма с выводом промежуточных и итоговых данных для кода Грея.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. - СПб.: Питер 2002.
2. Кирмайер М. Информационные технологии. - СПб.: Питер, 2003.
3. Мэтьюз Дж. Web - сервер. - СПб.: Символ, 1998.
4. Олифер В. Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. - СПб.: Питер, 2005.
5. Олифер В. Г. Сетевые операционные системы. - СПб.: Питер, 2003.
6. Коннолли Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика - М.: Вильямс, 2000.
7. Математические модели систем управления. Учеб.пособие.// Под общ.ред.В.Ф.Демьянова. – СПб, Изд-во СПб ун-та, 2000.



## REFERENCES

1. Broydo V.L. Vychislitelnye sistemy, seti i telekommunikatsii. - SPb.: Piter 2002.
2. Kirmayer M. Informatsionnye tekhnologii. - SPb.: Piter, 2003.
3. Metyuz Dzh. Web - server. - SPb.: Simvol, 1998.
4. Olifer V. G., Olifer N.A. Kompyuternye seti. - SPb.: Piter, 2005.
5. Olifer V. G. Setevye operatsionnye sistemy. - SPb.: Piter, 2003.
6. Konnolli T. Bazy dannykh. Proektirovanie, realizatsiya i soprovozhdenie. Teoriya i praktika - M.: Vilyams, 2000.
7. Matematicheskie modeli sistem upravleniya. Ucheb.posobie.// Pod obshch.red.V.F.Demyanova. – SPb, Izd-vo SPb un-ta, 2000.

*THE ISSUE OF THE DEVELOPMENT PROGRAMME IMPLEMENTATION  
OF GRAY CODE*

**V.A. ATROSCHENKO, N.D. CHIGLIKOVA, M.V. SERIKOVA, A.R. LAVRIKOV**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,  
e-mail: marinella04@list.ru*

In this article questions of development of program realization of a code of Gray are considered (transfer to Gray's code, the translation from Gray's code). Often happens necessary that lexicographic (i.e. alphabetically or on increase) the ordered symbols at binary coding differed with the minimum quantity of categories. The codes meeting this condition are called as Gray's codes or single-step codes. Use of codes of Gray is based first of all that he minimizes effect of mistakes when transforming analog signals in digital (for example, in many types of sensors). Gray's codes are often used in sensors-encoderakh. Their use is convenient to that two next values of a scale of a signal differ only in one category. Also they are used for coding of number of paths in hard drives. Gray's codes and in the theory of genetic algorithms are widely applied to coding of the genetic signs presented by integers. In genetic algorithm binary coding of chromosomes is most often applied by Gray's code. It is characterized by that the binary sequences corresponding to two integers going one after another differ only in one bit. Considering Gray's code, in relation to computer networks it should be noted that a number of algorithms of data transmission allows simpler statement when using quite certain topology of a network of interprocessor connections. Besides, many methods of communication can be received by means of this or that logical representation of the studied topology. As the result, an important point is at the organization of parallel calculations ability of logical representation of various topology on the basis of concrete (physical) interprocessor structures, in particular, the solution of questions of display of topology of a ring and lattice on hyper cubic.

**Key words:** Gray's code, coding, computer network, cyclic bit-by-bit translation, step-by-step, realization of algorithm.