

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ РАЗРАБОТКИ СОСТАВНОЙ ЧАСТИ ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

**Крюков Р.С.,** курсант 4 курса авиационного факультета  
**Научный руководитель – Коновальцев Э.В.,** кандидат технических  
наук, доцент  
**ФГКВОУ ВО Краснодарское ВВАУЛ**

**Ключевые слова:** карта Карно, таблица состояний, минимизация, булева функция, заданный базис

*В статье тезисно представлена программа разработки функциональной схемы кодопреобразователя, использование которой позволяет ускорить процесс оценки обучающегося и исключить ошибочные действия преподавателя при проведении практических занятий по изучению цифровых устройств передачи данных.*

**Введение.** Подготовка специалистов в сфере передачи данных, как и в других областях [1], заключается в привитии знаний, навыков и умений по изучаемым дисциплинам. Для закрепления знаний, навыков и привитии умений проводится такой вид занятий как практические. Применение автоматизации процесса выполнения заданий на таких занятиях позволяет ускорить процесс оценки обучающегося и исключить ошибочные действия преподавателя.

**Научная новизна** работы заключается в использовании программно-математического обеспечения, разработанного в среде программирования Delphi, позволяющее подготовить исходные данные для разработки функциональной схемы кодопреобразователя, входящего в состав телеграфного цифрового устройства передачи данных [2].

Кодопреобразователем называется цифровой узел комбинационного типа, преобразующий один параллельный ( $m$ -разрядный) код в другой ( $n$ -разрядный).

В общем случае при построении кодопреобразователя составляется таблица состояний, одна часть которой содержит информацию о первом коде, а вторая часть - о втором. Рассмотрим преобразование двоичного кода 8-4-2-1 в двоичный код МТК-2 в соответствии с входным передаваемым словом [3].

Исходные данные и таблица состояний будут иметь вид, представленный на рисунке 1.

**Разработка цифрового автомата Суммир** X

Исходные данные

ФИО  Чернов Ю.Б.

Код  
☐ КОИ-8  
☒ МТК-2

Серия ЛЗ  Тип триггера  
☒ JK  
☐ D

Базис  
☒ И-НЕ  
☐ ИЛИ-НЕ

		МТК-2				Код 8-4-2-1				
		Y4	Y3	Y2	Y1	Y0	X3	X2	X1	X0
0	циф	1	1	0	1	1	0	0	0	0
1	4	0	1	0	1	0	0	0	0	1
2	рус	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	Е	1	0	0	0	0	0	0	1	1
4	Р	0	1	0	1	0	0	1	0	0
5	Н	0	0	1	1	0	0	1	0	1
6	О	0	0	0	0	1	1	0	1	0
7	В	1	1	0	0	1	0	1	1	1
8	циф	1	1	0	1	1	1	0	0	0
9		0	0	1	0	0	1	0	0	1
10	Ю	1	1	0	1	0	1	0	1	0
11	.	0	0	1	1	1	1	0	1	1
12	рус	0	0	0	0	0	1	1	0	0
13	Б	1	0	0	1	1	1	1	0	1
14	циф	1	1	0	1	1	1	1	1	0
15		Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	1	1	1	1

Рис. 1. Таблица состояний

Следующим шагом программа формирует булевы функции. На рисунке 2 представлено окно программы, отображающее данные функции.

Запись алгебраических функций	
Y0=	$\overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0$
Y1=	$\overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0$
Y2=	$\overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0}$
Y3=	$\overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0$
Y4=	$\overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0 + \overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0$

Рис. 2. Булевы (алгебраические) функции

В соответствии с логикой работы программы на следующем этапе происходит минимизация сформированных булевых функций с помощью карт Карно [3].

Карта Карно представляет собой прямоугольник, разделенный на квадраты, количество которых равно  $2^n$ , т. е. количеству наборов. Каждый квадрат соответствует одному набору функции. Функцию наносят на карту Карно, ставя «1» в квадратах, соответствующих наборам, на которых функция равна «1»; в квадратах, соответствующих факультативным наборам, ставится буква «Ф»; в остальных квадратах ставится «0» либо ничего не ставится [3].

На рисунке 3 представлено окно программы, отображающее минимизированные булевы функции и карты Карно.

Минимизированные алгебраические функции (карты Карно)	
Y0=	$\overline{x_3}x_1x_0 + \overline{x_2}x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_0 + \overline{x_2}x_1$
Y1=	$\overline{x_3}x_2\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_0 + \overline{x_3}x_2x_0 + \overline{x_3}x_1 + \overline{x_3}x_1$
Y2=	$\overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_1x_0$
Y3=	$\overline{x_2}x_1x_0 + \overline{x_3}x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_2x_0 + \overline{x_3}x_2x_1 + \overline{x_3}x_2x_1$
Y4=	$\overline{x_3}x_2x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_1\overline{x_0} + \overline{x_3}x_1x_0 + \overline{x_2}x_1\overline{x_0}$

  

Y0	Y1	Y2																																				
<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>Ф</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table>	1		1		1		1	Ф	1	1	1		<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>Ф</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	1	1	1	1	1	1		Ф	1	1	1	1	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>Ф</td><td>1</td></tr> </table>							1		1		Ф	1
1		1																																				
	1																																					
1	Ф	1																																				
1	1																																					
1	1	1																																				
1	1	1																																				
	Ф	1																																				
1	1	1																																				
1		1																																				
	Ф	1																																				
Y3	Y4																																					
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>Ф</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	1	1	1	1				1		1	Ф			1	1	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	1		1		1		1	1	1	1	1	1										
1	1	1																																				
1																																						
	1																																					
1	Ф																																					
	1	1																																				
1		1																																				
	1																																					
1	1	1																																				
1	1	1																																				

Рис. 3. Минимизированные булевы функции и карты Карно

Функции, полученные в результате минимизации, необходимо привести функции к виду, удобному для их реализации в базисах «И-

НЕ» либо «ИЛИ-НЕ». Это можно сделать, применив теорему де Моргана. Если базовым элементом заданной серии цифровых интегральных микросхем является элемент типа «ИЛИ-НЕ», то приведенные минимизированные булевы функции для примут вид, представленный на рисунке 5(а), если типа «И-НЕ» - на рисунке 5(б).

Базис ИЛИ-НЕ	Базис И-НЕ
$Y_0 = \bar{x}_3 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0 + x_2 + x_1 + x_0 + \bar{x}_3 + \bar{x}_2 + \bar{x}_0 + \bar{x}_2 + \bar{x}_1$	$Y_0 = x_3 x_1 x_0 * \bar{x}_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0 * x_3 x_2 x_0 * x_2 x_1$
$Y_1 = \bar{x}_3 + x_2 + x_0 + x_3 + \bar{x}_2 + x_0 + \bar{x}_3 + \bar{x}_2 + \bar{x}_0 + \bar{x}_3 + \bar{x}_1 +$	$Y_1 = x_3 x_2 x_0 * \bar{x}_3 x_2 \bar{x}_0 * x_3 x_2 x_0 * x_3 x_1 * \bar{x}_3 \bar{x}_1$
$Y_2 = x_3 + \bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0 + \bar{x}_3 + x_2 + \bar{x}_0$	$Y_2 = x_3 x_2 x_1 x_0 * \bar{x}_3 \bar{x}_2 x_0$
$Y_3 = \bar{x}_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0 + x_3 + x_1 + x_0 + \bar{x}_3 + x_2 + x_0 + \bar{x}_3 + \bar{x}_2 +$	$Y_3 = x_2 x_1 x_0 * \bar{x}_3 x_1 \bar{x}_0 * x_3 x_2 \bar{x}_0 * x_3 x_2 x_1 * \bar{x}_3 x_2 x_1$
$Y_4 = \bar{x}_3 + \bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0 + \bar{x}_3 + \bar{x}_1 + x_0 + x_3 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0 + x_2 +$	$Y_4 = x_3 x_2 x_1 x_0 * \bar{x}_3 x_1 \bar{x}_0 * \bar{x}_3 x_1 x_0 * \bar{x}_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0$

Рис. 5. Приведенные минимизированные булевы функции для кода МТК-2 к базисам ИЛИ-НЕ (а) и И-НЕ (б)

**Вывод.** Представленная программа может быть использована для контроля правильности выполнения расчетов обучающимися по дисциплинам в области изучения вычислительной техники, импульсно-цифровых устройств, а также на этапе проектирования радиоэлектронных систем и комплексов различного назначения [1].

#### Библиографический список:

1. Медведев, В.И. ОПК и система военного образования: неотъемлемая часть военной организации государства / В.И. Медведев. – Текст : непосредственный // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. № 2. – С. 323-326.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023614185 Российская Федерация. Программа подготовки исходных данных для разработки функциональной схемы кодопреобразователя цифрового устройства аппаратуры передачи данных: № 2023612932: заявл. 14.02.2023 : опубл. 27.02.2023 / Э. В. Коновальцев. – Текст : непосредственный.

3. Коновальцев, Э. В. Программная реализация расчёта карт Карно в интересах разработки преобразователя кодов цифрового автомата / Э. В. Коновальцев, Н. А. Куприянов, Н. Р. Селиванов. – Текст : непосредственный // Передовые технологические разработки: перспективы внедрения в производство и эффективность, Армавир, 21–22 апреля 2023 года. – Армавир: Юконф, 2023. – С. 110-115.

## SOFTWARE IMPLEMENTATION OF AUTOMATED CONTROL OF DEVELOPMENT OF A COMPONENT OF A DIGITAL DATA TRANSMISSION DEVICE

Kryukov R.S.

Scientific supervisor – Konovaltsev E.V.

Krasnodar HMASP

**Keywords:** *Karnaugh map, state table, minimization, Boolean function, given basis*

*The article presents a program for developing a functional diagram of a code converter, the use of which allows accelerating the process of assessing a student and eliminating erroneous actions of a teacher when conducting practical classes on studying digital data transmission devices.*