

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

Кафедра электронно-вычислительных средств

Г.В.Таранов, В.Б. Ключ, М.В. Качинский

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ELECTRONICS WORKBENCH**

Методические указания  
к лабораторной работе № 7  
для студентов специальности 40 02 02  
“Электронные вычислительные средства”  
дневной формы обучения

Минск 2004

УДК 004.414.2 (075.8)

**Таранов Г.В.**

Т 19 Исследование цифровых устройств с помощью пакета Electronics Workbench: Метод. указания к лаб. работе №7 для студ. спец. 40 02 02 “Электронные вычислительные средства” дневной формы обуч./Г.В.Таранов, В.Б.Клюс, М.В.Качинский.-Мн.: БГУИР, 2004. – 18с.: ил.

ISBN 985-444-598-4

В методических указаниях к лабораторной работе рассмотрены вопросы проектирования сумматоров по заданному модулю и исследования их с помощью пакета Electronics Workbench, используя систему STYLUS.

**УДК 004.414.2 (075.8)**

**ББК 32.973.26-04 я 7**

ISBN 985-444-598-4

© Таранов Г.В., Клюс В.Б.

Качинский М.В., 2004

© БГУИР, 2004

# Содержание

1. ЦЕЛИ РАБОТЫ
2. Краткие сведения по системе Electronics Workbench
3. Сумматор по модулю  $q$
4. Подготовка к выполнению работы
5. Лабораторное задание
6. Контрольные вопросы
7. Содержание отчета
8. Литература

Библиотека БГУИР

## Лабораторная работа № 7

### ЦЕЛИ РАБОТЫ:

- 1) изучение системы инструментальных средств электроники Electronics Workbench,
- 2) исследование цифровых устройств на данном пакете,
- 3) приобретение навыков работы с системой перевода STYLUS на стадии выполнения п.1.

#### 1. Краткие сведения по системе перевода языков STYLUS.

В системе STYLUS можно переводить тексты, которые находятся в файлах, или же набирать текст непосредственно в STYLUS и тут же его переводить.

Файл с текстом перевода может быть подготовлен в следующих форматах: только текст (\*.txt), MS-DOS текст (\*.txt), Word for Windows 6.0, 7.0 (\*.doc), Word for MS-DOS 3.x-5.x (\*.doc), форматированный текст (\*.rtf), Windows Write 3.X(\*.wri), файлы гипертекста HTML.

Ограничимся режимом перевода справки (HELP) системы Electronics Workbench. Для этого:

- 1) запускаем STYLUS;
- 2) в меню «Файл» выбираем команду «Открыть»;
- 3) в меню «Перевод» выбираем, например, команду «Перевод всего документа», «английский-русский»;
- 4) кнопкой свёртывания (с изображением знака подчёркивания) в верхнем правом углу окна сворачиваем окно;
- 5) запускаем Electronics Workbench;
- 6) вызываем справку (HELP);
- 7) раскрываем нужный раздел справки;
- 8) выделяем текст;
- 9) копируем текст в буфер (ctrl-C);
- 10) щёлкаем с помощью мыши по значку StylusLauncher внизу на панели задач;
- 11) вставляем выделенный текст из буфера (ctrl-V).

На экране в процессе перевода будет выводиться окно с информацией о проценте переведённого текста. После выполнения перевода окно документа делится на два подокна: в верхнем выводится исходный текст, в нижнем – его перевод. Слова, не найденные в подключенных словарях, выводятся в тексте документа красным цветом, а зарезервированные слова – зелёным. Для того чтобы некоторые слова не переводились и оставались в тексте перевода так, как они встречаются в исходном тексте (например, Windows), их нужно зарезервировать.

Весь список незнакомых слов можно увидеть внизу на вкладке «незнакомые слова».

Если в окне документа не видны метки абзацев и не выводятся красным цветом незнакомые слова, то выберите в меню «Сервис» команду «Параметры», вкладку «Цвета» и установите опции «Использовать условные значки» и «Использовать цветовую подсветку».

Возможны другие режимы перевода, с которыми можно ознакомиться в справке STYLUS. Далее:

- 12) помещаем курсор в верхнее окно в конце текста, нажимаем, например два раза на клавиатуре «Ввод» для резервирования пустых строк;
- 13) сворачиваем окно STYLUS;
- 14) на панели задач нажимаем кнопку справки Electronics Workbench;
- 15) открываем следующий раздел справки;
- 16) повторяем с п.8.

## **2. Краткие сведения по системе Electronics Workbench**

Представление о возможностях системы и методах исследования электронных схем можно получить из оглавления «Справки» и ее разделов. Учитывая неточность перевода системой STYLUS, а также использование ограниченного числа разделов Electronics Workbench при выполнении данной лабораторной работы, разделы справки приведены ниже на английском языке.

### **Help Table of Contents**

Choose a topic for information

Using Help  
Using the mouse and keyboard  
Parts of the workbench  
Building and testing a circuit  
Components  
Instruments  
Menu reference  
User support  
Index

To close this window, double-click the Control-menu box in its top left corner.

### **Using Help**

The Electronics Workbench Help system, like a book, has a Table of Contents, an Index and a sequence of screens. You can use these book-like features to find information, plus you can use "hypertext" features to get related information, search for topics or retrace your steps.

To see more information, drag the scroll box.

To browse, click the >> and << buttons.

To learn more about an underlined topic, click it.

To retrace your steps, click Back or History.

To go to the Table of Contents, click Contents.

To get a listing of the main Help topics, choose Index from the Table of Contents or from the Help menu.

For specific information on a component or instrument, select it before choosing Help from the Help menu.

If you want to see the Help window while you work, turn on Always On Top in the Help window's Help menu.

For more information on using Help, press F1.

### **Using the mouse and keyboard**

You build and test circuits using the mouse. You can:

Drag components and instruments about the display.

Select or choose components, buttons and other objects by pointing and clicking.

Select more than one object at a time.

Take shortcuts by double-clicking.

You need to use the keyboard only for occasional text entry or keyboard shortcuts.

See also: About the mouse buttons

### **Parts of the workbench**

Electronics Workbench is much like a real electronics workbench. Everything you need to build and test circuits is organized neatly in front of you or is readily at hand.

The large central area is the workspace where you build and test a circuit.

Beside the workspace is a parts bin.

At the top of the display you'll find menus, test instrument icons and the power switch for activating the circuit.

## **Building and testing a circuit**

To build and test a circuit:

1. Drag components from the parts bin.
2. Place them on the workspace.
3. Wire the components together.
4. Set component values or models.
5. Attach test instruments.
6. Activate the circuit.

Note: To help you get going, there are sample circuits available for you to look at, tinker with and borrow from.

## **Components**

Choose a component for information.

555 timer  
AC current source  
AC voltage source  
Adder  
Analog-to-digital converter  
AND gate  
Ammeter  
BJTs  
Battery  
BCD-to-seven-segment decoder  
Buffer  
Bulb  
Buzzer  
Capacitor  
Clock  
Connector  
Controlled sources  
Counter  
D flip-flop

DC battery  
DC current source  
Decoded seven-segment display  
Decoder  
Demultiplexer  
Diac  
Digital-to-analog converter  
Diode  
Encoder  
Flip-flops  
Full-adder  
Full-wave bridge rectifier  
Fuse  
Gates  
Ground  
Half-adder  
IC  
Inductor

JFETs  
JK flip-flop  
LED  
Monostable multivibrator  
MOSFETs  
Multiplexer  
Multiplier  
NAND gate  
NOR gate  
NOT gate  
OR gate  
Opamp  
Output table  
Potentiometer  
Probe  
Pull-up resistor  
RS flip-flop  
Relay  
Resistor  
Resistor Pack  
Silicon-controlled rectifier  
Seven-segment display  
Shift register  
Shockley diode  
Switches  
Transformer



Transistor  
Triac  
Tristate buffer  
Variable capacitor  
Variable inductor  
Variable resistor  
Voltmeter  
XOR gate  
XNOR gate  
Zener diode

## **Instruments**

Seven test instruments are stored above the workspace:

Multimeter  
Function generator  
Oscilloscope  
Bode plotter  
Word generator  
Logic analyzer  
Logic converter

There are also two meters in the parts bin:

Voltmeter  
Ammeter

See also: [Using instruments](#)

## **Using menus**

You can choose commands from these Electronics Workbench menus:

File  
Edit  
Circuit  
Window  
Help

There are two ways to choose a command from a menu:

1. Click a menu title so it stays open. Then click the command you want; or

2. Press ALT followed by the underlined letter in the menu you want to open. (For example, to open the File menu, press ALT, then press F.) Next, press the underlined letter in the command you want to choose.

A command that is gray or "dimmed" cannot be chosen at the moment. For example, if no component is selected, commands such as Label or Rotate that act on components are dimmed and cannot be chosen.

See also: Keyboard shortcuts

## **User Support**

We hope you enjoy using Electronics Workbench. To help you get the most out of the software, we offer a number of support products for registered users. For information about these products, or to pass on your comments and questions, contact us by phone, fax, email, bulletin board service (BBS) or mail. (If you are outside North America, please contact your dealer.)

Phone

Fax

Email

BBS

Mail

Please use your Electronics Workbench serial number whenever you contact us. You'll find it on the back of the User's Guide. Or, choose About Electronics Workbench from the Help menu.

## **Help Index**

Choose an entry for information.

555 timer

AC current source

AC voltage source

Activate command

Activating a circuit

Adder

Ammeter

Analog-to-digital converter

Analysis Options command

AND gate

ANSI symbols

Arrange command

Assume linear operation

Battery  
BCD-to-seven-segment decoder  
BJTs  
Bode plotter  
Bulb  
Buffer  
Buzzer  
Capacitor  
Capturing a circuit  
Circuit, building and testing  
Circuit menu  
Circuit simulation  
Circuits, samples of  
Clipboard  
Component symbols, ANSI or DIN  
Components, list of  
Connector

Controlled sources  
Copy command  
Counter  
Current-controlled current source  
Current-controlled switch  
Current-controlled voltage source  
Customizing  
Cut command  
D flip-flop  
DC battery  
DC current source  
Decoded seven-segment display  
Decoder  
Delete command  
Demultiplexer  
Depletion MOSFETs  
Description command  
Diac  
Digital-to-analog converter  
DIN symbols  
Diode  
Dragging  
Edit menu  
Encoder  
Enhancement MOSFETs  
Error messages  
Exiting

File menu  
Flip-flops  
Full-adder  
Full-wave bridge rectifier  
Function generator  
Fuse  
Gates  
Grid  
Ground  
Half-adder  
Help command

Help menu  
Help, using  
IC  
Importing EWB circuits  
Inductor  
Instruments, list of  
Instruments, using  
JFETs  
JK flip-flop  
Keyboard shortcuts  
LED  
Label command  
Logic analyzer  
Logic converter  
MOSFETs  
Menus  
Models command  
Monostable multivibrator  
Mouse, using  
Mouse buttons  
Multimeter  
Multiplexer  
Multiplier  
N-channel JFET  
NAND gate  
New command  
NOR gate  
NOT gate  
NPN BJT  
Opamp  
Open command  
Opening a PC circuit on a Mac  
Opening a Mac circuit on a PC

OR gate  
Oscilloscope  
Output table  
Parts bin  
Paste command  
Pause after each screen  
Pause command  
P-channel JFET  
PNP BJT  
Potentiometer  
Preferences command  
Print Setup  
Print command  
Probe  
Pull-up resistor  
Quit command  
Relay  
Resume command  
Revert to Saved command  
Resistor  
Rotate command  
RS flip-flop  
Sample circuits  
Save As command  
Save command  
Selecting and choosing  
Serial number  
Seven-segment display  
Sharing circuits  
Shift register  
Shockley diode  
Show Clipboard command  
Showing the grid  
Showing labels  
Showing values  
Showing models  
Silicon-controlled rectifier

Simulation  
Steady-state analysis  
Stopping a simulation  
Subcircuits  
Switch, manual  
Switches, general

Text, adding  
Time-delay switch  
Tips  
Tolerance, of solution  
Transformer  
Transient analysis  
Transistors (BJTs)  
Triac  
Tristate buffer  
Truth table  
Undo (Revert to Saved command)  
User support  
Values, specifying  
Variable capacitor  
Variable inductor  
Variable resistor  
Voltage sources  
Voltage-controlled current source  
Voltage-controlled switch  
Voltage-controlled voltage source  
Voltmeter  
Window menu  
Windows, using

Wire Color command  
Wiring a circuit  
Word generator  
Workspace  
XOR gate  
XNOR gate  
Zener diode  
Zoom command

Перевод «Оглавление справки»:

Выберите тему (раздел) для информации

Использование мыши и клавиатуры

Части инструментальных средств

Формирование и тестирование схемы

Компоненты

Приборы

Ссылки меню

Поддержка пользователя

Индекс

Чтобы закрыть это окно, дважды щёлкните системное меню в верхнем левом углу.

В дальнейшем, если желательно видеть окно справки во время работы, то включите поверх остальных окон в окне справки справочное меню, выбрав «Параметры», «Размещение окна», «Поверх остальных окон».

### 3. Сумматор по модулю q

Широкое применение в теории и практике проектирования цифровых устройств находят поля Галуа, в которых используются операции сложения и умножения целых чисел по модулю q, где q – простое число. Такие поля содержат q элементов: 0; 1; 2; ...; q-1. Число W по модулю q равно остатку от деления данного числа на q.

На вход сумматора по модулю q могут поступать числа  $0 \leq X \leq q-1$  и  $0 \leq Y \leq q-1$ . Сумматор должен вычислять сумму  $Z=(X+Y)q$ , где число Z равно остатку от деления суммы X+Y на число q. Понятно, что для чисел q, X, Y Z необходимо использовать двоичное представление, т. е. эти числа следует представить в виде:  $q=(q_n, \dots, q_p, \dots, q_1)$ ;  $X=(x_n, \dots, x_p, \dots, x_1)$ ;  $Y=(y_n, \dots, y_p, \dots, y_1)$ ,  $Z=(z_n, \dots, z_p, \dots, z_1)$ , где  $q_p, x_p, y_p$  и  $z_p$ —двоичные разряды соответствующих чисел. Требуется синтезировать сумматор по модулю q при любом значении n.

Традиционные методы синтеза (таблицы истинности, диаграммы Вейча) не могут быть использованы для логического проектирования сумматоров по модулю q, так как по условию задачи число двоичных разрядов не задано. В данном случае следует воспользоваться арифметическими свойствами входных и выходных переменных, а в качестве основных элементов - двоичными 4-разрядными сумматорами.

Рассмотрим двоичную сумму

$$S=(X+Y)+(2^n-q), \quad (1)$$

где  $S=(S_{n+1}, S_n, \dots, S_p, \dots, S_1)$ , а вес двоичного разряда  $S_{n+1}$  равен  $2^n$  (отметим, что сумма весов всех остальных разрядов равна  $2^n-1$ ). Очевидно, что сумма S может принимать значения:  $S < 2^n$  и  $S \geq 2^n$  в зависимости от значений чисел X и Y (однако, следует иметь в виду, что при любых значениях чисел X и Y сумма  $S < 2^{n+1}$ ).

Если сумма  $S < 2^n$ , то  $S_{n+1}=0$  и из соотношения (1) следует, что  $X+Y < q$  а значит,  $Z=X+Y=S-2^n+q=<S+q>$ , где символ  $<A>$  означает исключение у величины  $A=(a_{n+1}, a_n, \dots, a_1)$  разряда  $a_{n+1}$ , т. е.  $<A> = (a_n, \dots, a_1)$ .

Если же сумма  $S \geq 2^n$ , то  $S_{n+1}=1$  и из соотношения (1) следует, что  $X+Y \geq q$ , а значит,  $Z=X+Y-q=S-2^n=<S>$ , Таким образом, имеет место соотношение

$$Z=(X+Y)q= \begin{cases} <S+q>, \text{ если } s_{n+1}=0 \\ <S>, \text{ если } s_{n+1}=1. \end{cases} \quad (2)$$

На основании соотношения (2) может быть построена схема сумматора по модулю q, где q — любое простое число. На рис. 1 показана схема сумматора для случаев, когда число q можно представить не более чем четырьмя разрядами ( $q=3, 5, 7, 11, 13$ ). Двоичный сумматор D1 производит

вычисление суммы чисел  $X = (x_4, \dots, x_1)$  и  $Y = (y_4, \dots, y_1)$ , двоичный сумматор D2 вычисляет сумму  $S$ , определяемую соотношением (1), поскольку  $2^n - q = (\bar{q}_n, \dots, \bar{q}_1) + (0, 0, \dots, 1)$  - дополнение числа  $q$  до числа  $2^n$ . Разряд  $s_{n+1} = S_5$  суммы (1) формируется с помощью ЛЭ ИЛИ. Если  $S_5 = 0$ , то ЛЭ ИЛИ—НЕ выдают число  $q = (q_4, \dots, q_1)$ , поступающее на входы двоичного сумматора D3, который и вычисляет сумму  $Z = (X+Y)q$ . Если же  $S_5 = 1$ , то ЛЭ ИЛИ—НЕ выдают число  $0 = (0, 0, 0, 0)$ . Таким же способом могут быть построены сумматоры по модулю  $q$  для любого  $q = (q_n, \dots, q_1)$ , где  $n > 4$ .

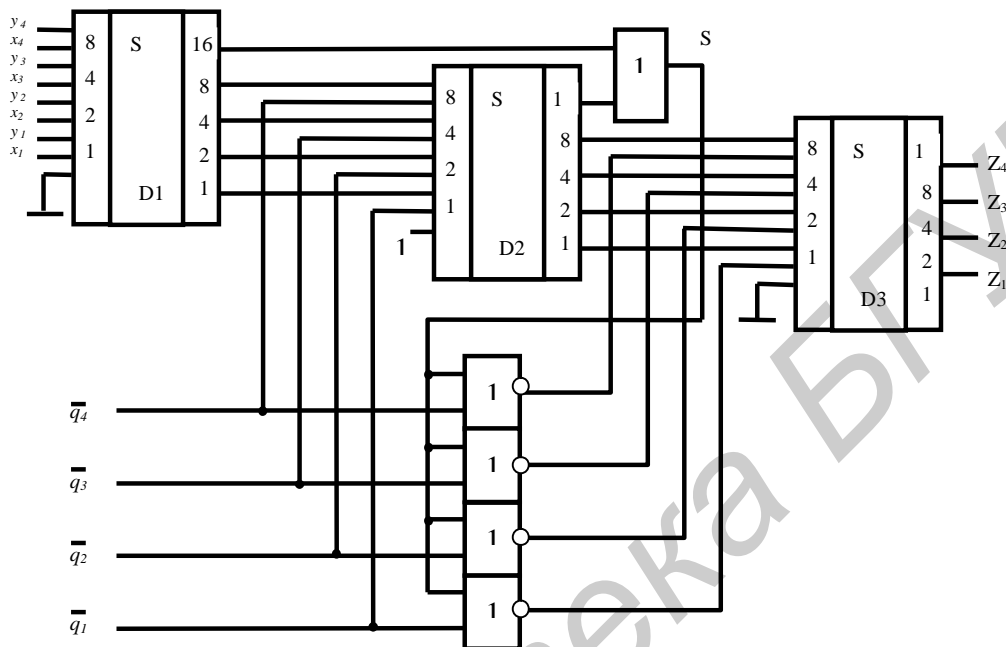


Рис. 1

Если  $q = 2^n - 1$  (при  $n = 2, 3, 5, 7, 13, 17, 19, 31$  числа  $q$  — простые), то схема сумматора по модулю  $q$  упрощается, так как  $2^n - q = 1$  и сумма (1) вычисляется с помощью одного двоичного сумматора (число 1 подается на вход сумматора D1, а сумматор D2 и ЛЭ ИЛИ исключаются). При ( $q = \text{const}$  схема сумматора по модулю  $q$  может быть упрощена за счет исключения ЛЭ ИЛИ—НЕ. В этом случае следует получить сигнал  $\bar{s}_{n+1}$  и подать его на входы двоичного сумматора D3, соответствующие числу  $q$ . На рис. 2 показана схема сумматора по модулю 7 ( $7 = 2^3 - 1$ ), выполненная на основе 4-разрядных двоичных сумматоров (здесь достаточно было бы использовать 3-разрядные двоичные сумматоры).



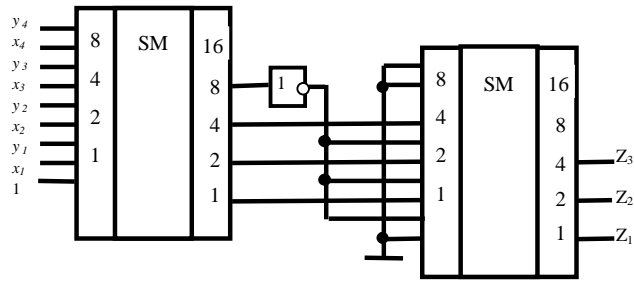


Рис. 2

#### 4. Подготовка к выполнению работы

- 4.1. По рекомендуемой литературе [1-3] уточнить работу многоразрядных двоичных сумматоров.
- 4.2. По [3] уточнить понятия прямого, обратного и дополнительного кодов.
- 4.3. Изучить контрольные вопросы.
- 4.4. Сделать заготовку отчета по лабораторной работе (см. п. 7)

#### 5. Лабораторное задание

- 5.1. Получить у преподавателя значение модуля  $q$  для построения сумматора  $(X+Y)_q$ .
- 5.2. Синтезировать схему сумматора по модулю  $q$ .
- 5.3. Проверить правильность работы сумматора  $(X+Y)_q$  с помощью пакета Electronics Workbench, подав на вход сначала  $X+Y < (q-1)$ , а затем  $X+Y > (q-1)$ .
- 5.4. Нарисовать реализацию сумматора по заданному модулю  $q$  на АЛУ КР1533ИПЗ ( в режиме суммирования).

#### 6. Контрольные вопросы

- 6.1. Как представить целое число в прямом, обратном и дополнительном коде?
- 6.2. Как выглядит схема трехразрядного двоичного сумматора с последовательным переносом на базе полных одноразрядных сумматоров?
- 6.3. В каком диапазоне находятся значения суммируемых чисел  $X$  и  $Y$ , подаваемых на сумматор по модулю  $q$ ?
- 6.4. Чему равен результат суммирования в сумматоре  $(X+Y)_q$ ?

## 7. Содержание отчета

В отчете привести: цель лабораторной работы, выражения (1) и (2), рис.1, рис.2, функциональную схему разработанного сумматора по заданному преподавателем модулю  $q$ , результат проверки правильности функционирования разработанного сумматора с помощью пакета Electronics Workbench.

### Литература

1. Пухальский Г.И., Новосельцева Т.Ф. Проектирование дискретных устройств на интегральных микросхемах: Справочник.- М.: Радио и связь, 1990.-304с.
2. Пухальский Г.И., Новосельцева Т.Ф. Цифровые устройства: Учеб. пособие для втузов.- СПб: Политехника, 1996.-885 с.
3. МикроЭВМ, микропроцессоры и основы программирования. Учеб. пособие /А.Н.Морозевич, А.Н. Дмитриев, В.Н.Мухаметов и др. Под общ. ред. А.Н.Морозевича.- Мн.: Выш. шк., 1990. – 352 с.

*Учебное издание*

**Таранов** Геннадий Васильевич,  
**Клюс** Владимир Борисович,  
**Качинский** Михаил Вячеславович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ  
С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ELECTRONICS WORKBENCH**

Методические указания  
к лабораторной работе № 7  
для студентов специальности 40 02 02  
“Электронные вычислительные средства”  
дневной формы обучения

Редактор Т.Н. Крюкова  
Компьютерная верстка А.Б. Иванов

---

Подписано в печать 3. 02. 04.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman.	Печать ризографическая.	Усл. печ. л.
Уч.- изд. л. 0,7.	Тираж 200 экз.	Заказ 569.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
Лицензия ЛП № 156 от 30.12.2002.  
Лицензия ЛВ № 509 от 03.08. 2001.  
220013, Минск, П. Бровки, 6.