

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Кафедра радиотехнических систем (РТС)

А.А. Савин

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ
СРЕДСТВАМИ MATLAB / SIMULINK**

Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ

Томск – 2012

Савин А.А. Синтез и исследование цифровых устройств средствами Matlab / Simulink. Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ. – Томск: ТУСУР, 2012.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Цифровые устройства и микропроцессоры». Лабораторные работы ориентированы на проведение синтеза и исследования цифровых устройств средствами пакета Matlab и встроенного приложения Simulink. Пособие будет полезным при дипломном проектировании.

Рекомендовано кафедрой радиотехнических систем ТУСУР для студентов специальностей 210300.62 «Радиотехника», 210304.65 «Радиоэлектронные системы», 210403.65 «Защищенные системы связи» и 090106.65 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Содержание

Введение.....	4
1. Краткие сведения о пакете Matlab и Simulink.....	5
2. Этапы синтеза цифровых устройств.....	5
3. Исследование цифровых устройств.....	6
4. Задания на выполнение лабораторных работ.....	7
4.1 Лабораторная работа № 1.....	7
4.2 Лабораторная работа № 2.....	7
4.3 Лабораторная работа № 3.....	9
4.4 Лабораторная работа № 4.....	12
4.5 Лабораторная работа № 5.....	13
4.6 Лабораторная работа № 6.....	13
5. Требования к оформлению отчета.....	14
Рекомендуемая литература.....	15

Введение

Целью цикла лабораторных работ является освоение методов синтеза и анализа цифровых устройств, получение навыков работы в пакете Matlab и его приложении для визуального моделирования Simulink.

Цифровые устройства различной сложности являются неотъемлемой частью практически любой радиотехнической системы. Для закрепления теоретического материала, полученного в рамках курса «Цифровые устройства и микропроцессоры», предлагается выполнить ряд заданий. Специфика заданий заключается в разработке некоторого цифрового логического устройства, моделировании его работы и тестировании путем подачи на входы всевозможных комбинаций сигналов. Трудоемкость работ возрастает по мере их выполнения.

Использование среды Matlab в лабораторном практикуме оправдано по многим причинам, в том числе и потому, что Matlab имеет хорошо структурированную по разделам систему помощи (Help), которую, несомненно, необходимо использовать при выполнении лабораторных работ. Для общего знакомства с возможностями Matlab и его приложениями полезно воспользоваться демонстрационными примерами (Demos). Большинство примеров используют специальный графический интерфейс (GUI) и показывают не только результаты, но и фрагменты программ, с помощью которых получены эти результаты.

1. Краткие сведения о пакете Matlab и Simulink

Пакет Matlab и приложение Simulink [1, 2] предназначены для проведения инженерных расчетов и математического моделирования в различных областях науки и техники. Пакет обладает широкими возможностями, развитой системой приложений и хорошей графикой, работает с программами, написанными на языке C++, и может использоваться в системах обработки результатов эксперимента.

2. Этапы синтеза цифровых устройств

Цифровое устройство (ЦУ) выполняет операцию преобразования

$$Y = f(X), \quad (1)$$

где Y – выходной сигнал; f – некоторая функция, реализующая логику работы устройства; X – входной сигнал.

В общем случае вход X и выход Y могут быть скалярными или векторными, то есть содержать одну или несколько компонент. Каждый выходной сигнал ЦУ является «мгновенной» комбинацией входных [3, 4]. Можно выделить следующие этапы синтеза ЦУ:

1. Составление таблицы истинности синтезируемого узла на основе его назначения и словесного описания принципа работы.
2. Составление структурной формулы, логического уравнения по таблице истинности.
3. Минимизация уравнения, как правило, с помощью карт Карно. Преобразование минимизированного уравнения в заданный базис логических элементов.
4. Составление функциональной логической схемы узла.
5. Составление принципиальной схемы устройства на основе промышленных базовых логических элементов с учетом: коэффициента

нагрузки, помехоустойчивости, напряжения питания, потребляемой мощности, быстродействия и стоимости.

В лабораторных работах предполагается выполнения этапов №№ 1 – 3, последующее моделирование и исследование работы ЦУ.

3. Исследование цифровых устройств

Исследование работы ЦУ предполагает подачу на вход различных (всевозможных) комбинаций входных сигналов и последующий анализ отклика (выходного сигнала) путем сравнения его с ожидаемым сигналом Y . При этом допустимо использовать разные представления набора входных и выходных сигналов (в двоичном виде, в виде десятичного представления и т.д.).

4. Задания на выполнение лабораторных работ

4.1 Лабораторная работа № 1. Знакомство с Matlab и Simulink

Цель лабораторной работы – изучение среды Matlab и встроенного приложения Simulink для моделирования и исследования работы цифровых устройств. Для ознакомления с данным программным пакетом следует пользоваться справочной литературой, например книгами [1, 2]. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо в файле Simulink собрать произвольную схему трех входных аргументов и одним выходным сигналом. Выполнить ее моделирование и сравнить результат с расчетом, выполненным вручную. Кроме этого необходимо в m-файле создать сценарий работы и исследования данного ЦУ. Результаты вычислений должны быть выведены в рабочую область среды Matlab.

Контрольные вопросы:

- 1) Какие библиотеки Simulink были использованы для выполнения работы?
- 2) Какие элементы и блоки были использованы для построения схемы ЦУ и для демонстрации ее работы?
- 3) Назовите основные особенности синтаксиса m-языка.
- 4) Сформулируйте этапы синтеза полученного ЦУ.

4.2 Лабораторная работа № 2. Логические схемы

Цель лабораторной работы – выполнить синтез и исследование цифрового устройства в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ), совершенной конъюнктивной нормальной форме (СКНФ), а также после минимизации с помощью карт Карно. Собрать все три схемы и получить тождественно равные результаты по выходу. Варианты заданий приведены в табл. 1 (N – десятичный эквивалент комбинации входных сигналов).

Варианты заданий

N	Входные сигналы				Вариант функции $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$									
	x_1	x_2	x_3	x_4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
4	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
9	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
10	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
11	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0
12	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
13	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1
14	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
15	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1

Продолжение табл. 1

N	Входные сигналы				Вариант функции $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$									
	x_1	x_2	x_3	x_4	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
3	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
4	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
6	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
9	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
10	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
11	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
12	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
13	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
15	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1

Контрольные вопросы:

- 1) Поясните суть названий СДНФ и СКНФ.
- 2) В каких случаях и почему минимизация выполняется по нулевым значениям выходной функции, а в каких по единичным?
- 3) Перечислите этапы минимизации функций при помощи карт Карно.
- 4) Пояснить порядок нумерации карт Карно.

4.3 Лабораторная работа № 3. Комбинационные ЦУ

Цель лабораторной работы – выполнить синтез и исследование цифрового логического устройства в соответствии с исходными данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Вариант	Функция $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$	Базис	Среда
<i>Задания стандартной сложности</i>			
1	$\sum_{\text{обязат.}} (1,2,3,12,14) + \sum_{\text{факульт.}} (0,7,13).$ Сигнал $x_5 = 1$ инвертирует вход.	И-НЕ	Simulink
2	$\sum_{\text{обязат.}} (1,2,12,14) + \sum_{\text{факульт.}} (0,7,10,13).$ Сигнал $x_5 = 1$ сдвигает вход влево.	Любой	Simulink и m-сценарий
3	$\sum (0,1,2,10,11,12,15).$ Сигнал $x_5 = 1$ сдвигает вход вправо.	Любой	m-сценарий
4	$\sum (3,4,5,13,14,15).$ Сигнал $x_5 = 0$ сдвигает вход влево.	ИЛИ-НЕ	по выбору
5	$\sum_{\text{обязат.}} (8,9,10,13,15) + \sum_{\text{факульт.}} (1,11).$ Сигнал $x_5 = 0$ сдвигает вход вправо.	И, ИЛИ, НЕ	Simulink
6	$\sum_{\text{обязат.}} (1,2,3,4,8,12,14) + \sum_{\text{факульт.}} (0,2,7,10,13).$ Сигнал $x_5 = 1$ инвертирует вход.	И-НЕ	Simulink и m-сценарий

7	$\sum(0,1,10,12,15).$ Сигнал $x_5 = 1$ инвертирует вход.	ИЛИ-НЕ	Simulink и m-сценарий
8	$\sum_{\text{обязат.}} (0,2,7,12,13,15) + \sum_{\text{факульт.}} (1,4,11).$ Сигнал $x_5 = 0$ сдвигает вход влево.	И, ИЛИ, НЕ	Simulink и m-сценарий
9	$\sum(1,2,3,4,5,9,10,13,15).$ Сигнал $x_5 = 1$ сдвигает вход вправо.	И, ИЛИ, НЕ	Simulink и m-сценарий
10	$\sum_{\text{обязат.}} (1,7,12,13,14,15) + \sum_{\text{факульт.}} (8,10,11).$ Сигнал $x_5 = 1$ сдвигает вход влево.	ИЛИ-НЕ	m-сценарий
11	$\sum(1,2,7,11,12,14,15).$ Сигнал $x_5 = 0$ сдвигает вход вправо.	И-НЕ	Simulink
12	$\sum_{\text{обязат.}} (1,3,8,10,12,14) + \sum_{\text{факульт.}} (0,2,7,11,13).$ Сигнал $x_5 = 1$ инвертирует вход.	И-НЕ	по выбору
13	$\sum(0,1,2,3,8,9,10,12,15).$ Сигнал $x_5 = 1$ инвертирует вход.	ИЛИ-НЕ	Simulink и m-сценарий
14	$\sum_{\text{обязат.}} (0,2,7,12,13,15) + \sum_{\text{факульт.}} (1,4,8,10,11).$ Сигнал $x_5 = 0$ сдвигает вход влево.	И, ИЛИ, НЕ	m-сценарий
15	$\sum(1,2,3,4,6,9,10,14,15).$ Сигнал $x_5 = 1$ сдвигает вход вправо.	И, ИЛИ, НЕ	Simulink и m-сценарий
16	$\sum_{\text{обязат.}} (1,7,12,13,14) + \sum_{\text{факульт.}} (0,2,8,10,11).$ Сигнал $x_5 = 1$ сдвигает вход влево.	ИЛИ-НЕ	по выбору
17	$\sum(1,7,11,13,14,15).$	И-НЕ	Simulink и m-сценарий

	Сигнал $x_5 = 0$ сдвигает вход вправо.		
18	$\sum(6,9,10,14,15)$. Сигнал $x_5 = 1$ инвертирует вход.	Любой	Simulink
19	$\sum_{\text{обязат.}}(12,13,14) + \sum_{\text{факульт.}}(8,10,11)$. Сигнал $x_5 = 0$ инвертирует вход.	Любой	Simulink и m-сценарий
20	$\sum(1,2,3,4,6,9)$. Сигнал $x_5 = 1$ инвертирует вход.	Любой	по выбору
<i>Задания повышенной сложности</i>			
21	Дешифратор 4/16. Сигнал $x_5 = 1$ переключает активную 1 на активный 0.	Любой	Simulink и m-сценарий
22	Сумматор двух двухразрядных чисел. Сигнал x_5 – перенос из предыдущего разряда.	Любой	m-сценарий
23	Сумматор двух двухразрядных чисел. Сигнал $x_5 = 1$ преобразует второе число в дополнительный код (сумматор работает как вычитатель).	Любой	по выбору
24	Компаратор двух двухразрядных чисел. Сигнал $x_5 = 1$ инвертирует второй вход.	Любой	Simulink
25	Дешифратор 4/16 на основе дешифраторов 2/4. Сигнал $x_5 = 1$ переключает активную 1 на активный 0.	Любой	Simulink
26	Двоично-десятичный сумматор. Параметры устройства и назначение сигнала x_5 определяет исполнитель.	Любой	m-сценарий
27	Мультиплексор. Параметры устройства и назначение сигнала x_5 определяет исполнитель.	Любой	по выбору
28	Сумматор двух двухразрядных чисел. Сигнал x_5 – перенос из предыдущего разряда.	Любой	Simulink
29	Компаратор двух двухразрядных чисел. Сигнал $x_5 = 1$ инвертирует второй вход.	Любой	m-сценарий
30	Дешифратор 3/8. Сигнал $x_5 = 1$ переключает активную 1 на активный 0.	Любой	Simulink и m-сценарий

Контрольные вопросы:

- 1) Приведите формы записи закона де Моргана.
- 2) Каким образом выбираются значения факультативов?
- 3) Изобразите схему управления выбором тракта передачи данных. Поясните принцип действия.
- 4) Прокомментируйте влияние сигнала x_5 на выходной сигнал ЦУ.

4.4 Лабораторная работа № 4. Последовательные ЦУ

Цель лабораторной работы – реализовать в Simulink цифровое логическое устройство последовательного типа и выполнить моделирование его работы и исследование. Примеры заданий и варианты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Вариант	Тип триггера	Тип последовательного ЦУ
1	D-триггер	Делитель на 8
2	D-триггер	Делитель на 16
3	D-триггер	Делитель на 32
4	D-триггер	Делитель на 64
5	D-триггер	Суммирующий счетчик до 8
6	D-триггер	Суммирующий счетчик до 16
7	D-триггер	Суммирующий счетчик до 32
8	D-триггер	Вычитающий счетчик с 8
9	D-триггер	Вычитающий счетчик с 16
10	D-триггер	Вычитающий счетчик с 32
11	JK-триггер	Делитель на 8
12	JK-триггер	Делитель на 16
13	JK-триггер	Делитель на 32
14	JK-триггер	Делитель на 64
15	JK-триггер	Суммирующий счетчик до 8
16	JK-триггер	Суммирующий счетчик до 16
17	JK-триггер	Суммирующий счетчик до 32
18	JK-триггер	Вычитающий счетчик с 8
19	JK-триггер	Вычитающий счетчик с 16
20	JK-триггер	Вычитающий счетчик с 32

Контрольные вопросы:

- 1) Как определяется необходимое число триггеров при построении счетчика?
- 2) Запишите выражение для расчета количества триггеров при известном коэффициенте деления частоты входных импульсов.
- 3) Почему при работе с триггерами необходимо использовать блок Memory?
- 4) Перечислите известные вам комбинационные цифровые устройства. Дайте краткую характеристику.

4.5 Лабораторная работа № 5. Архитектура МП

Цель работы – изучение архитектуры микропроцессоров (МП) [5, 6]. В результате выполнения работы необходимо собрать в Simulink и исследовать схему гипотетического одноразрядного МП, которая приведена в [7].

Контрольные вопросы:

- 1) Объясните принцип работы схемы открытия/закрытия тракта передачи данных и схемы управления выбором тракта передачи данных.
- 2) Поясните назначение регистров МП.
- 3) Назначение и принцип действия логического устройства?
- 4) Принцип работы блока управления и функции вырабатываемых сигналов?

4.6 Лабораторная работа № 6. Программирование МП

Цель лабораторной работы – получить навык программирования простейшего одноразрядного МП, синтезированного в ходе предыдущей работы. Система команд и все необходимые пояснения приведены в [7].

Контрольные вопросы:

- 1) Объясните назначение битов машинного кода операции.
- 2) Для чего необходим операнд команды МП?
- 3) Возможно ли построение дешифратора команд на ПЗУ? Поясните.
- 4) Поясните принцип действия схемы последовательной выборки команд.

5. Требования к оформлению отчета

Отчет о проделанной работе должен содержать:

- титульный лист;
- введение с указанием целей и задач выполнения работы;
- все схемы и коды программ, необходимые для выполнения всех пунктов задания на лабораторную работу;
- эюры сигналов, подтверждающие правильность работы разработанной схемы цифрового устройства;
- заключение с подробными выводами о результатах работы.

При оформлении отчета следует пользоваться стандартом вуза ОС ТУСУР 6.1-97 [8].

Перед защитой работы необходимо представить отчет, программы моделирования и предварительно изучить контрольные вопросы по выполняемой работе.

Рекомендуемая литература

1. Лазарев Ю.С. Моделирование процессов и систем в MatLab. Учебный курс. – М.: СПб.: Питер, Киев: Издательская группа ВНУ, 2005. – 512 с.
2. Половко А.М., Бутусов П.Н. MatLab для студента. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 320 с.
3. Безуглов Д.А. Цифровые устройства и микропроцессоры / Д.А. Безуглов, И.В. Калиенко. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 468, [1] с: ил. – (Высшее образование).
4. Браммер Ю.А. Цифровые устройства: Учеб. пособие для вузов / Ю.А. Браммер, И.Н. Пащук. – М.: Высш. шк., 2004. – 229 с.: ил.
5. Гивоне Д., Россер Р. Микропроцессоры и микрокомпьютеры: Вводный курс: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 464 с., ил.
6. Горюнов А.Г. Ливенцов С.Н. Микропроцессоры: Учеб. пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 89 с.
7. Клингман Э. Проектирование специализированных микропроцессорных систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 363 с., ил.
8. А.А. Чернышев ОС ТУСУР 6.1-97 «Работы студенческие учебные и выпускные квалификационные. Общие требования и правила оформления». Томск, 2002.