

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем

Утверждено
научно-методическим советом
университета

Теория цифровых автоматов

*Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»*

Белгород
2017

УДК 519.7
ББК 32.965.6
Т33

Составитель доц. *Ю.Д. Рязанов*

Теория цифровых автоматов: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» / сост. Ю.Д. Рязанов. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. — 30 с.

В методических указаниях представлены задания к лабораторным работам, охватывающим весь курс дисциплины «Теория цифровых автоматов».

Издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Методические указания публикуются в авторской редакции.

УДК 519.7
ББК 32.965.6

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г.Шухова, 2017

Оглавление

Лабораторная работа № 1 Синтез и анализ комбинационных схем с одним выходом в базисе И-ИЛИ-НЕ ...	4
Лабораторная работа № 2 Синтез и анализ комбинационных схем с одним выходом в монофункциональных базисах	7
Лабораторная работа № 3 Синтез и анализ комбинационных схем с одним выходом с учетом неопределенностей	9
Лабораторная работа № 4 Диагностика неисправностей комбинационных схем с одним выходом	12
Лабораторная работа № 5 Синтез и анализ многовыходных комбинационных схем в базисе И-ИЛИ-НЕ ...	14
Лабораторная работа № 6 Синтез и анализ многовыходных комбинационных схем в базисе И-ИЛИ-НЕ с учетом неопределенностей	16
Лабораторная работа № 7 Диагностика неисправностей многовыходных комбинационных схем	18
Лабораторная работа № 8 Синтез и анализ цифровых автоматов с памятью	20

Лабораторная работа № 1
Синтез и анализ комбинационных схем с одним
выходом в базисе И-ИЛИ-НЕ

Цель работы: научиться строить эффективные по быстродействию и затратам оборудования комбинационные схемы.

З а д а н и е

1. Составить таблицу истинности заданной булевой функции (см. варианты заданий в таблице 1). Булева функция здесь задана условием, зависящим от значений аргументов булевой функции. Значение булевой функции на наборе аргументов равно значению условия на этом наборе аргументов. В условии значение аргумента отождествляется с двоичной цифрой, а последовательность аргументов — с двоичным числом.

Для составления таблицы истинности рекомендуется написать программу.

2. Получить минимальную дизъюнктивную нормальную форму булевой функции.

3. Применить факторизационный метод синтеза многоярусной комбинационной схемы в базисе И-ИЛИ-НЕ с двухвходовыми элементами И и ИЛИ по минимальной дизъюнктивной нормальной форме булевой функции.

4. Получить минимальную конъюнктивную нормальную форму булевой функции.

5. Применить факторизационный метод синтеза многоярусной комбинационной схемы в базисе И-ИЛИ-НЕ с двухвходовыми элементами И и ИЛИ по минимальной конъюнктивной нормальной форме булевой функции.

6. Написать программы, моделирующие работу схем, полученных в пунктах 3 и 5, на всех входных наборах и строящие таблицу истинности каждой схемы. Сравнить полученные таблицы истинности с таблицей истинности исходной функции.

7. Сравнить полученные в пунктах 3 и 5 схемы по Квайну и по быстродействию.

Таблица 1

Варианты заданий

Номер варианта	Условие
1.	$5 \leq (x_1 x_2 + x_3 x_4 x_5) < 9$
2.	$-2 \leq (x_4 x_5 - x_1 x_2 x_3) < 1$
3.	$(x_4 x_5 + x_1 x_2 x_3) = 0, 5, 8, 10$
4.	$2 \leq x_1 x_2 x_5 - x_3 x_4 \leq 4$
5.	$2 < x_2 x_{10} - x_3 x_4 x_5 \leq 5$
6.	$0 < x_1 x_2 x_4 - x_3 x_5 \leq 2$
7.	$3 < (x_1 x_2 x_3 + x_4 x_5) < 8$
8.	$2 \leq x_1 x_2 - x_3 x_4 x_5 \leq 4$
9.	$3 < (x_4 x_5 + x_1 x_2 x_3) < 8$
10.	$4 \leq (x_1 x_2 x_3 + x_4 x_5) \leq 6$
11.	$5 \leq (x_2 x_3 + x_4 x_5 x_1) \leq 8$
12.	$-2 \leq (x_1 x_2 - x_3 x_4 x_5) \leq 1$
13.	$-2 < (x_2 x_{30} - x_4 x_5 x_1) \leq 3$
14.	$-2 \leq (x_4 x_{50} - x_1 x_2 x_3) < 2$
15.	$2 \leq x_4 x_5 x_1 - x_2 x_3 \leq 5$
16.	$-2 \leq (x_1 x_{20} - x_3 x_4 x_5) < 3$
17.	$(x_2 x_3 + x_1) > x_4 x_5 \quad (x_2 x_4 x_5)$
18.	$2 \leq x_1 x_2 - x_3 x_4 x_5 \leq 4$
19.	$-3 \leq (x_3 x_4 - x_1 x_2 x_5) \leq 0$
20.	$5 \leq (x_1 x_2 x_3 + x_4 x_5) < 9$
21.	$1 < x_3 x_4 x_5 - x_1 x_2 < 4$
22.	$-4 \leq (x_2 x_3 - x_1 x_4 x_5) \leq 0$
23.	$2 \leq x_{30} x_4 - x_5 x_1 x_2 \leq 4$
24.	$5 < (x_1 x_2 + x_3 x_4 x_5) \leq 9$
25.	$1 < x_1 x_2 x_5 - x_3 x_4 \leq 4$
26.	$-2 \leq (x_4 x_5 - x_1 x_2 x_3) < 1$
27.	$(x_4 x_5 + x_1 x_2 x_3) = 2, 5, 8, 10$
28.	$3 \leq x_2 x_{10} - x_3 x_4 x_5 \leq 6$
29.	$2 \leq x_2 x_3 x_4 - x_5 x_1 \leq 4$
30.	$(x_1 x_{21} + x_3 x_4 x_5) = 5, 8, 10, 11, 12$

Контрольные вопросы

1. Что называется комбинационной схемой?
2. Что является функциональной моделью комбинационной схемы?
3. Что является структурной моделью комбинационной схемы?
4. В чем заключается задача синтеза комбинационной схемы?
5. В чем заключается задача анализа комбинационной схемы?
6. Что называется логическим элементом?
7. Какие булевы функции называются элементарными?
8. Сколько существует различных элементарных булевых функций?
9. Что называется функционально полным набором булевых функций?
10. Что называется операцией суперпозиции?
11. Дайте определение классу булевых функций, функционально замкнутого по операции суперпозиции.
12. Сколько существует различных классов булевых функций, функционально замкнутого по операции суперпозиции?
13. Дайте определение функционально полному набору (базису) булевых функций.
14. Сформулируйте необходимые и достаточные условия функциональной полноты набора булевых функций.
15. Дайте определение дизъюнктивной (конъюнктивной) нормальной формы булевой функции.
16. В чем заключается задача минимизации булевых функций в классе нормальных форм?
17. В чем заключается факторизационный метод синтеза комбинационных схем по нормальным формам булевых функций при ограничении на количество входов элементов?
18. Что называется ценой схемы по Квайну?
19. Чем определяется быстроедействие комбинационной схемы?
20. Что называется логическим моделированием комбинационной схемы?
21. Какие модели сигналов используются в логическом моделировании комбинационной схемы?
22. Чем различаются компиляционные и интерпретационные методы построения алгоритмов логического моделирования комбинационных схем?

Лабораторная работа № 2

Синтез и анализ комбинационных схем с одним выходом в монофункциональных базисах

Цель работы: научиться строить эффективные по быстродействию и затратам оборудования комбинационные схемы в монофункциональных базисах.

З а д а н и е

1. Преобразовать минимальную дизъюнктивную нормальную форму булевой функции (см. лабораторную работу №1, п. 2) в аналитическое выражение, содержащее только операции И-НЕ и НЕ.

2. По полученному выражению построить схему из элементов И-НЕ. Операцию НЕ реализовывать элементом И-НЕ с запараллеленными входами.

3. Комбинационную схему, полученную в лабораторной работе № 1, п. 3, преобразовать в комбинационную схему, состоящую только из элементов И-НЕ, путем замены элементов И, ИЛИ, НЕ на их логические эквиваленты, состоящие только из элементов И-НЕ. После формального построения комбинационной схемы исключить из нее пары последовательных элементов И-НЕ с запараллеленными входами.

4. Преобразовать минимальную конъюнктивную нормальную форму булевой функции (см. лабораторную работу №1, п. 4) в аналитическое выражение, содержащее только операции ИЛИ-НЕ и НЕ.

5. По полученному выражению построить схему из элементов И-НЕ. Операцию НЕ реализовывать элементом ИЛИ-НЕ с запараллеленными входами.

6. Комбинационную схему, полученную в лабораторной работе № 1, п. 5, преобразовать в комбинационную схему, состоящую только из элементов ИЛИ-НЕ, путем замены элементов И, ИЛИ, НЕ на их логические эквиваленты, состоящие только из элементов ИЛИ-НЕ. После формального построения комбинационной схемы исключить из нее пары последовательных элементов ИЛИ-НЕ с запараллеленными входами.

7. Написать программы, моделирующие работу схем, полученных в пунктах 2, 3, 5 и 6, на всех входных наборах и строящие таблицу истинности каждой схемы. Сравнить полученные таблицы истинности с таблицей истинности исходной функции в лабораторной работе № 1.

8. Сравнить схемы, построенные в лабораторных работах № 1 и № 2 по Квайну и по быстродействию.

Контрольные вопросы и задания

1. Какой базис называется монофункциональным?
2. Докажите, что базис И-НЕ является функционально полным.
3. Докажите, что базис ИЛИ-НЕ является функционально полным.
4. Представьте функции И, ИЛИ, НЕ аналитическим выражением, в котором используется только операция И-НЕ.
5. Представьте функции И, ИЛИ, НЕ аналитическим выражением, в котором используется только операция ИЛИ-НЕ.
6. Постройте схему из элементов И-НЕ, реализующую функцию И.
7. Постройте схему из элементов И-НЕ, реализующую функцию ИЛИ.
8. Постройте схему из элементов И-НЕ, реализующую функцию НЕ.
9. Постройте схему из элементов ИЛИ-НЕ, реализующую функцию И.
10. Постройте схему из элементов ИЛИ-НЕ, реализующую функцию ИЛИ.
11. Постройте схему из элементов ИЛИ-НЕ, реализующую функцию НЕ.
12. Опишите различные подходы к синтезу комбинационных схем в монофункциональных базисах.

Лабораторная работа № 3

Синтез и анализ комбинационных схем с одним выходом с учетом неопределенностей

Цель работы: научиться строить эффективные по быстродействию и затратам оборудования комбинационные схемы с учетом неопределенностей.

З а д а н и е

1. Составить таблицу истинности заданной частично определенной булевой функции (см. варианты заданий в таблице 2). Булева функция здесь задана двумя условиями (условие 1 и условие 2), зависящими от значений аргументов. Если на наборе аргументов условие 2 истинно, то значение функции на этом наборе не определено. Если же на наборе аргументов условие 2 ложно, то значение функции на этом наборе равно значению условия 1 на этом наборе аргументов. В условии значение аргумента отождествляется с двоичной цифрой, а последовательность аргументов — с двоичным числом.

Для составления таблицы истинности рекомендуется написать программу.

2. Решить задачу минимизации частично определенной булевой функции в классе дизъюнктивных нормальных форм.

3. Написать программу, строящую таблицу истинности булевой функции, полученной при выполнении п. 2. Сравнить полученную таблицу с таблицей истинности исходной частично определенной булевой функции.

4. Применить факторизационный метод синтеза многоярусной комбинационной схемы в базисе И-ИЛИ-НЕ с двухвходовыми элементами И и ИЛИ по полученной при выполнении п. 2 минимальной дизъюнктивной нормальной форме булевой функции.

5. Решить задачу минимизации частично определенной булевой функции в классе конъюнктивных нормальных форм.

6. Написать программу, строящую таблицу истинности булевой функции, полученной при выполнении п. 5. Сравнить полученную таблицу с таблицей истинности исходной частично определенной булевой функции.

7. Применить факторизационный метод синтеза многоярусной комбинационной схемы в базисе И-ИЛИ-НЕ с двухвходовыми элементами И и ИЛИ по полученной при выполнении п. 5 минимальной конъюнктивной нормальной форме булевой функции.

8. Написать программы, моделирующие работу схем, полученных в пунктах 4 и 7, на всех входных наборах и строящие таблицу истинности каждой схемы. Сравнить полученные таблицы истинности с таблицей истинности исходной частично определенной функции.

9. Сравнить схемы, построенные в лабораторных работах №1 и №3 по Квайну и по быстродействию.

Таблица 2

Варианты заданий

Номер варианта	Условие 1	Условие 2
1.	$5 \leq (x_1x_2 + x_3x_4x_5) < 9$	$(x_1x_2 + x_3x_4x_5) = 3$
2.	$-2 \leq (x_4x_5 - x_1x_2x_3) < 1$	$(x_4x_5 - x_1x_2x_3) = -5$
3.	$(x_4x_5 + x_1x_2x_3) = 0, 5, 8, 10$	$(x_1x_2x_4) = 1$
4.	$2 \leq x_1x_2x_5 - x_3x_4 \leq 4$	$ x_1x_2x_5 - x_3x_4 = 5$
5.	$2 < x_2x_{10} - x_3x_4x_5 \leq 5$	$x_2x_{10} - x_3x_4x_5 = 1$
6.	$0 < x_1x_2x_4 - x_3x_5 \leq 2$	$ x_1x_2x_4 - x_3x_5 = 5$
7.	$3 < (x_1x_2x_3 + x_4x_5) < 8$	$(x_3x_4) = 0$
8.	$2 \leq x_1x_2 - x_3x_4x_5 \leq 4$	$ x_1x_2 - x_3x_4x_5 = 5$
9.	$3 < (x_4x_5 + x_1x_2x_3) < 8$	$(x_1x_2x_3) = 1$
10.	$4 \leq (x_1x_2x_3 + x_4x_5) \leq 6$	$(x_1x_2x_3 + x_4x_5) = 7$
11.	$5 \leq (x_2x_3 + x_4x_5x_1) \leq 8$	$(x_4x_5x_1) = 1$
12.	$-2 \leq (x_1x_2 - x_3x_4x_5) \leq 1$	$(x_1x_2 - x_3x_4x_5) = -3$
13.	$-2 < (x_2x_{30} - x_4x_5x_1) \leq 3$	$(x_2x_{30} - x_4x_5x_1) = -2$
14.	$-2 \leq (x_4x_{50} - x_1x_2x_3) < 2$	$(x_4x_2x_3) = 2$
15.	$2 \leq x_4x_5x_1 - x_2x_3 \leq 5$	$ x_4x_5x_1 - x_2x_3 = 0$
16.	$-2 \leq (x_1x_{20} - x_3x_4x_5) < 3$	$(x_1x_{20} - x_3x_4x_5) = -3$
17.	$(x_2x_3 + x_1) > x_4x_5 (x_2x_4x_5)$	$(x_2x_4x_5) = 3$
18.	$2 \leq x_1x_2 - x_3x_4x_5 \leq 4$	$ x_1x_2 - x_3x_4x_5 = 1$
19.	$-3 \leq (x_3x_4 - x_1x_2x_5) \leq 0$	$(x_3x_4 - x_1x_2x_5) = -4$
20.	$5 \leq (x_1x_2x_3 + x_4x_5) < 9$	$(x_3x_4x_5) = 7$
21.	$1 < x_3x_4x_5 - x_1x_2 < 4$	$ x_3x_4x_5 - x_1x_2 = 6, 7$
22.	$-4 \leq (x_2x_3 - x_1x_4x_5) \leq 0$	$(x_2x_3 - x_1x_4x_5) = -3$
23.	$2 \leq x_{30}x_4 - x_5x_1x_2 \leq 4$	$ x_{30}x_4 - x_5x_1x_2 = 1$
24.	$5 < (x_1x_2 + x_3x_4x_5) \leq 9$	$(x_1x_2 + x_3x_4x_5) = 4$
25.	$1 < x_1x_2x_5 - x_3x_4 \leq 4$	$ x_1x_2x_5 - x_3x_4 = 2$
26.	$-2 \leq (x_4x_5 - x_1x_2x_3) < 1$	$-4 \leq (x_4x_5 - x_1x_2x_3) \leq -3$
27.	$(x_4x_5 + x_1x_2x_3) = 2, 5, 8, 10$	$(x_1x_2x_3) = 0$
28.	$3 \leq x_2x_{10} - x_3x_4x_5 \leq 6$	$ x_2x_{10} - x_3x_4x_5 = 2$
29.	$2 \leq x_2x_3x_4 - x_5x_1 \leq 4$	$(x_2x_3x_4) = 1$
30.	$(x_1x_{21} + x_3x_4x_5) = 5, 8, 10, 11, 12$	$(x_1x_3x_4) = 0$

Контрольные вопросы

1. Какая булева функция называется полностью определенной?
2. Какая булева функция называется частично определенной?
3. Дайте определение полностью определенной булевой функции, реализующей заданную частично определенную булеву функцию.
4. Сколько существует различных полностью определенных булевых функций, реализующих заданную частично определенную булеву функцию?
5. В чем заключается задача минимизации частично определенной булевой функции в классе нормальных форм?
6. Каким способом можно решить задачу минимизации частично определенной булевой функции, используя алгоритм минимизации полностью определенной булевой функции?
7. Что называется простой импликантой частично определенной булевой функции?
8. Как найти все простые импликанты частично определенной булевой функции?
9. Как модифицировать метод Квайна — Мак-Класки для решения задачи минимизации частично определенной булевой функции в классе дизъюнктивных нормальных форм?
10. Что называется простой имплицентой частично определенной булевой функции?
11. Как найти все простые имплиценты частично определенной булевой функции?
12. Как модифицировать метод Квайна — Мак-Класки для решения задачи минимизации частично определенной булевой функции в классе конъюнктивных нормальных форм?

Лабораторная работа № 4

Диагностика неисправностей комбинационных схем с одним выходом

Цель работы: научиться строить диагностические тесты и алгоритмы распознавания неисправностей комбинационных схем с одним выходом.

При выполнении лабораторной работы нужно решить следующую задачу.

Дано:

- 1) комбинационная схема с одним выходом, построенная при выполнении лабораторной работы № 3;
- 2) множество одиночных неисправностей, состоящее из неисправностей «константа 0» и «константа 1» на каждом входе схемы.

Найти: диагностический тест для заданного множества неисправностей.

Построить: алгоритм распознавания неисправностей.

Для решения задачи нужно выполнить следующие задания.

1. Написать программу моделирования исправной схемы и построить таблицу истинности булевой функции, реализуемой исправной комбинационной схемой.
2. Для каждой неисправности написать программу моделирования схемы с этой неисправностью и построить таблицу истинности функции неисправности.
3. Определить, существуют ли в множестве неисправностей необнаружимые и неразличимые неисправности.
4. Составить матрицу функций неисправностей, содержащей попарно различные строки. Столбцы матрицы соответствуют наборам входных сигналов, а строки — векторам-значений функций неисправности. Каждой строке матрицы поставить в соответствие множество подозреваемых неисправностей.
5. Составить диагностическую матрицу, заменив в матрице функций неисправностей каждую функцию неисправности соответствующей разностной функцией.
6. По диагностической матрице найти минимальный диагностический тест.

7. В матрице функций неисправностей (см. п. 4) оставить только столбцы, соответствующие наборам входных сигналов, принадлежащим диагностическому тесту.

8. По полученной в п. 7 матрице построить алгоритм распознавания неисправностей в виде диагностического дерева.

9. Используя программу моделирования комбинационной схемы с неисправностью и алгоритм распознавания неисправностей написать программу для проведения диагностического эксперимента.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Что называется неисправностью комбинационной схемы? Какие виды неисправностей комбинационных схем существуют?

2. В чем различие проверки и диагностики комбинационных схем?

3. Что представляет собой проверяющий тест (для неисправности, для множества неисправностей)?

4. Что представляет собой диагностический тест (для неисправности, для множества неисправностей)?

5. В чем заключается тестовый эксперимент над комбинационной схемой?

6. В чем состоит задача построения теста?

7. Что называется функцией неисправности?

8. Какие неисправности называются обнаружимыми, а какие — не-обнаружимыми?

9. Какие неисправности называются неразличимыми?

10. Как определяется разностная функция неисправности?

11. Что такое диагностическая матрица?

12. Как по диагностической матрице получить минимальный проверяющий тест?

13. Как определить, является ли проверяющий тест диагностическим?

14. Как по диагностической матрице получить минимальный диагностический тест?

15. Как построить алгоритм распознавания неисправностей?

Лабораторная работа № 5
Синтез и анализ многовыходных комбинационных схем
в базисе И-ИЛИ-НЕ

Цель работы: научиться строить эффективные по быстродействию и затратам оборудования многовыходные комбинационные схемы.

З а д а н и е

1. Составить таблицу истинности системы булевых функций, которая состоит из трех функций $f_1(X)$, $f_2(X)$ и $f_3(X)$, где $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$. Булева функция $f_i(X)$ для k -го варианта определяется как $f_i(X) = g_{k+i-1}(X) \wedge g_{k+3}(X)$, где $g_j(X)$ — булева функция, представленная в таблице 1 (см. лабораторную работу № 1) в строке j .

Для составления таблицы истинности рекомендуется написать программу.

2. Получить систему минимальных дизъюнктивных нормальных форм булевых функций $f_1(X)$, $f_2(X)$ и $f_3(X)$.

3. Применить факторизационный метод синтеза многоярусной комбинационной схемы в базисе И-ИЛИ-НЕ с двухвходовыми элементами И и ИЛИ по системе минимальных дизъюнктивных нормальных форм булевых функций $f_1(X)$, $f_2(X)$ и $f_3(X)$.

4. Получить минимальную дизъюнктивную нормальную форму системы булевых функций $f_1(X)$, $f_2(X)$ и $f_3(X)$.

5. Применить факторизационный метод синтеза многоярусной комбинационной схемы в базисе И-ИЛИ-НЕ с двухвходовыми элементами И и ИЛИ по минимальной дизъюнктивной нормальной форме системы булевых функций $f_1(X)$, $f_2(X)$ и $f_3(X)$.

6. Написать программы, моделирующие работу схем, полученных в пунктах 3 и 5, на всех входных наборах и строящие таблицу истинности каждой схемы. Сравнить полученные таблицы истинности с таблицей истинности исходной системы булевых функций.

7. Сравнить полученные в пунктах 3 и 5 схемы по Квайну и по быстродействию.

Контрольные вопросы

1. Что называется полным множеством элементарных конъюнкций системы булевых функций?
2. Какая система дизъюнктивных нормальных форм булевых функций называется минимальной?
3. Как получить простые импликанты системы булевых функций?
4. Чем различаются импликантные матрицы Квайна булевой функции и системы булевых функций?

Лабораторная работа № 6

Синтез и анализ многовыходных комбинационных схем в базисе И-ИЛИ-НЕ с учетом неопределенностей

Цель работы: научиться строить эффективные по быстродействию и затратам оборудования многовыходные комбинационные схемы с учетом неопределенностей.

З а д а н и е

1. Составить таблицу истинности системы частично определенных булевых функций, которая состоит из трех функций $f_1(X)$, $f_2(X)$ и $f_3(X)$, где $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$. Булева функция $f_i(X)$ для k -го варианта определена на тех наборах, на которых функция $g_{k+3}(X)$ принимает истинное значение, и равна значению функции $g_{k+i-1}(X)$, где $g_j(X)$ — булева функция, представленная в таблице 1 (см. лабораторную работу № 1) в строке j .

Для составления таблицы истинности рекомендуется написать программу.

2. Решить задачу минимизации системы частично определенных булевых функций $f_1(X)$, $f_2(X)$ и $f_3(X)$ в классе дизъюнктивных нормальных форм.

3. Написать программу, строящую таблицу истинности системы булевых функций, полученной при выполнении п. 2. Сравнить полученную таблицу с таблицей истинности исходной частично определенной системы булевых функций.

4. Применить факторизационный метод синтеза многоярусной комбинационной схемы в базисе И-ИЛИ-НЕ с двухходовыми элементами И и ИЛИ по минимальной системе дизъюнктивных нормальных форм булевых функций, полученной при выполнении п. 2.

5. Написать программу, моделирующую работу схемы, полученной в п. 4, на всех входных наборах и строящую таблицу истинности схемы. Сравнить эту таблицу истинности с таблицами истинности, полученными при выполнении пунктов 1 и 3.

6. Сравнить исходные системы булевых функций в лабораторных работах № 5 и № 6. Сравнить схемы, полученные при выполнении лабораторных работ № 5 и № 6, по Квайну и по быстродействию.

Контрольные вопросы

1. Какая система булевых функций называется системой, реализующей заданную частично определенную булеву функцию?
2. Сколько существует различных систем полностью определенных булевых функций, реализующих заданную частично определенную булеву функцию?
3. Сколько существует различных систем булевых функций, реализующих заданную частично определенную булеву функцию?
4. В чем заключается задача минимизации системы частично определенных булевых функций?
5. Что называется простой импликантой системы частично определенных булевых функций?
6. Как применить метод минимизации систем полностью определенных булевых функций для решения задачи минимизации системы частично определенных булевых функций?
7. Как модифицировать метод Квайна — Мак-Класки минимизации систем полностью определенных булевых функций для решения задачи минимизации систем частично определенных булевых функций?

Лабораторная работа № 7
Диагностика неисправностей многовыходных
комбинационных схем

Цель работы: научиться строить диагностические тесты и алгоритмы распознавания неисправностей многовыходных комбинационных схем.

При выполнении лабораторной работы нужно решить следующую задачу.

Дано:

- 3) *многовыходная комбинационная схема, построенная при выполнении лабораторной работы № 6;*
- 4) *множество одиночных неисправностей, состоящее из неисправностей «константа 0» и «константа 1» на каждом входе схемы.*

Найти: диагностический тест для заданного множества неисправностей.

Построить: алгоритм распознавания неисправностей.

Для решения задачи нужно выполнить следующие задания.

1. Представить в аналитической форме систему булевых функций, реализуемую исправной комбинационной схемой.
2. Представить в аналитической форме систему булевых функций для каждой неисправности.
3. Представить в аналитической форме разностные функции для каждой неисправности.
4. Написать программу, которая строит диагностическую матрицу на основе аналитического представления разностных функций.
5. По диагностической матрице найти минимальный диагностический тест.
6. Написать программу, которая по аналитическому представлению систем булевых функций неисправностей строит таблицу их значений на тестовых наборах. Для компактного представления таблицы рекомендуется значение системы булевых функций неисправности представлять не двоичным вектором, а десятичным числом.
7. По полученной в п. 6 таблице построить алгоритм распознавания неисправностей в виде диагностического дерева.
8. Определить неисправность, которая распознается дольше других, написать программу, которая моделирует схему с этой неисправностью, провести диагностический эксперимент.

Контрольные вопросы

1. Что называется неисправностью комбинационной схемы? Какие виды неисправностей комбинационных схем существуют?
2. В чем различие проверки и диагностики комбинационных схем?
3. Что представляет собой проверяющий тест (для неисправности, для множества неисправностей)?
4. Что представляет собой диагностический тест (для неисправности, для множества неисправностей)?
5. В чем заключается тестовый эксперимент над комбинационной схемой?
6. В чем состоит задача построения теста?
7. Что называется функцией неисправности?
8. Какие неисправности называются обнаружимыми, а какие — не обнаружимыми?
9. Какие неисправности называются неразличимыми?
10. Как определяется разностная функция неисправности?
11. Что такое диагностическая матрица?
12. Как по диагностической матрице получить минимальный проверяющий тест?
13. Как определить, является ли проверяющий тест диагностическим?
14. Как по диагностической матрице получить минимальный диагностический тест?
15. Как построить алгоритм распознавания неисправностей?

Лабораторная работа № 8

Синтез и анализ цифровых автоматов с памятью

Цель работы: научиться строить эффективные по быстродействию и затратам оборудования цифровые автоматы с памятью.

З а д а н и е

1. Построить граф абстрактного автомата Мили, заданного таблицами переходов и выходов (см. варианты заданий)
2. Минимизировать исходный абстрактный автомат. Построить граф минимального автомата.
3. Определить количество входов, выходов структурного автомата. Закодировать входные и выходные сигналы абстрактного автомата.
4. Закодировать состояния абстрактного автомата. Определить количество и тип триггеров для реализации памяти структурного автомата.
5. Представить структурный автомат в виде памяти и комбинационной схемы.
6. Определить систему функций выходов и переходов.
7. Минимизировать полученную в п. 6 систему булевых функций в классе дизъюнктивных нормальных форм.
8. Построить комбинационную схему в базисе И-ИЛИ-НЕ.
9. Используя аналитическое представление системы функций выходов и переходов, реализуемой комбинационной схемой, написать программу, которая для заданного состояния и входных сигналов определяет значения выходных сигналов и состояние перехода.
10. Используя программу, написанную при выполнении п. 9, определить, реализует ли построенная схема автомат, полученный при выполнении п. 2.

Варианты заданий**Вариант 1.****Таблица переходов**

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
z_1	a_7	a_3	a_1	a_6	a_1	a_5	a_2
z_2	a_4	a_5	a_5	a_4	a_3	a_3	a_4

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
z_1	w_1	w_2	w_1	w_1	w_1	w_2	w_1
z_2	w_2	w_2	w_2	w_2	w_2	w_2	w_2

Вариант 2.**Таблица переходов**

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
z_1	a_3	a_6	a_4	a_7	a_4	a_5	a_1
z_2	a_5	a_2	a_5	a_2	a_3	a_3	a_2

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
z_1	w_2	w_1	w_1	w_1	w_1	w_2	w_1
z_2	w_2	w_2	w_2	w_2	w_2	w_2	w_2

Вариант 3.**Таблица переходов**

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
z_1	a_2	a_5	a_6	a_6	a_1	a_1	a_5
z_2	a_6	a_7	a_4	a_4	a_3	a_3	a_4

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
z_1	w_1	w_2	w_2	w_1	w_1	w_1	w_1
z_2	w_2	w_2	w_1	w_2	w_2	w_2	w_2

Вариант 4.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
z_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_4
z_2	a_3	a_5	a_1	a_3	a_1

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
z_1	w_1	w_2	w_1	w_2	w_1
z_2	w_2	w_1	w_1	w_1	w_1

Вариант 5.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_2	a_1	a_5	a_3	a_3	a_1
z_2	a_4	a_4	a_6	a_5	a_2	a_5

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_1	w_2	w_1	w_2	w_2	w_1
z_2	w_2	w_1	w_2	w_1	w_1	w_1

Вариант 6.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_5	a_5	a_5	a_5	a_2	a_2
z_2	a_3	a_4	a_6	a_6	a_1	a_3

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_2	w_2	w_1	w_2	w_2	w_1
z_2	w_1	w_2	w_1	w_1	w_2	w_1

Вариант 7.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_3	a_1	a_2	a_5	a_3	a_1
z_2	a_2	a_4	a_5	a_6	a_2	a_6

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_1	w_2	w_2	w_2	w_1	w_2
z_2	w_2	w_1	w_2	w_1	w_2	w_1

Вариант 8.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_3	a_3	a_3	a_6	a_3	a_2
z_2	a_2	a_1	a_5	a_1	a_4	a_5

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_2	w_1	w_2	w_1	w_2	w_2
z_2	w_1	w_2	w_1	w_2	w_1	w_1

Вариант 9.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_2	a_2	a_2	a_1	a_2	a_2
z_2	a_5	a_5	a_6	a_3	a_4	a_3

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_2	w_2	w_2	w_1	w_2	w_1
z_2	w_1	w_1	w_1	w_2	w_1	w_2

Вариант 13.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
z_1	a_2	a_5	a_6	a_6	a_1	a_1	a_5
z_2	a_6	a_7	a_4	a_4	a_3	a_3	a_4

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
z_1	w_1	w_2	w_2	w_1	w_1	w_1	w_1
z_2	w_2	w_2	w_1	w_2	w_2	w_2	w_2

Вариант 14.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
z_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_4
z_2	a_3	a_5	a_1	a_3	a_1

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
z_1	w_1	w_2	w_1	w_2	w_1
z_2	w_2	w_1	w_1	w_1	w_1

Вариант 15.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_2	a_1	a_5	a_3	a_3	a_1
z_2	a_4	a_4	a_6	a_5	a_2	a_5

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_1	w_2	w_1	w_2	w_2	w_1
z_2	w_2	w_1	w_2	w_1	w_1	w_1

Вариант 16.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_5	a_5	a_5	a_5	a_2	a_2
z_2	a_3	a_4	a_6	a_6	a_1	a_3

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_2	w_2	w_1	w_2	w_2	w_1
z_2	w_1	w_2	w_1	w_1	w_2	w_1

Вариант 17.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_3	a_1	a_2	a_5	a_3	a_1
z_2	a_2	a_4	a_5	a_6	a_2	a_6

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_1	w_2	w_2	w_2	w_1	w_2
z_2	w_2	w_1	w_2	w_1	w_2	w_1

Вариант 18.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_3	a_3	a_3	a_6	a_3	a_2
z_2	a_2	a_1	a_5	a_1	a_4	a_5

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_2	w_1	w_2	w_1	w_2	w_2
z_2	w_1	w_2	w_1	w_2	w_1	w_1

Вариант 19.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_2	a_2	a_2	a_1	a_2	a_2
z_2	a_5	a_5	a_6	a_3	a_4	a_3

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_2	w_2	w_2	w_1	w_2	w_1
z_2	w_1	w_1	w_1	w_2	w_1	w_2

Вариант 20.

Таблица переходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	a_6	a_6	a_6	a_1	a_6	a_6
z_2	a_3	a_5	a_4	a_2	a_2	a_3

Таблица выходов

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
z_1	w_2	w_2	w_2	w_1	w_1	w_2
z_2	w_1	w_1	w_1	w_2	w_2	w_1

Контрольные вопросы

1. В чем заключается работа автомата?
2. В чем различие автоматов Мили и автоматов Мура?
3. Какие автоматы называются эквивалентными?
4. Как проверить эквивалентность автоматов?
5. Какой автомат называется минимальным?
6. Как определить, является ли заданный автомат минимальным?
7. Как получить минимальный автомат, эквивалентный заданному?
8. В чем различие абстрактных и структурных автоматов?
9. В чем заключается канонический метод синтеза структурного автомата?
10. Как определить минимальное количество триггеров для реализации заданного автомата?
11. Влияет ли кодирование состояний на сложность комбинационной схемы?

Библиографический список

1. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов (граф-схемы и автоматы) / С.И. Баранов — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1979. — 232 с.
2. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов/ В.М. Глушков — М: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. — 476 с.
3. Горбатов В.А. Теория автоматов: Учебник для студентов вузов / В.А.Горбатов, А.В.Горбатов, М.В.Горбатова — М.: АСТ: Астрель, 2008. — 559с.
4. Гузик В.Ф. Теория цифровых автоматов : учебное пособие / В.Ф. Гузик, В.Н. Пуховский, Е.Р. Мунтян, О.А. Мунтян - Инженерно-технологическая академия, Министерство образования и науки РФ, Южный федеральный университет. - Ростов на Дону : Издательство Южного федерального университета, 2015. - 147 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9275-1856-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461909> (30.08.2017).
5. Довгий П.С. Синтез комбинационных схем. Учебное пособие к курсовой работе по дисциплине "Дискретная математика" / П.С. Довгий, В.И. Поляков — СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. — 64 с.
6. Закревский А.Д. Логические основы проектирования дискретных устройств [Электронный ресурс]/ Закревский А.Д., Потто-син Ю.В., Черемисинова Л.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 590 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17309>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
7. Моисеев Н.Г. Теория автоматов : учебное пособие по курсовому проектированию / Н.Г. Моисеев ; Поволжский государственный технологический университет. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2015. — 127 с. : табл., схем. — ISBN 978-5-8158-1526-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439263> (30.08.2017).
8. Ожиганов А.А. Теория автоматов [Электронный ресурс] — Электрон. текстовые данные. — СПбНИУ ИТМО, 2013. — 84 с. — Режим доступа:

- http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=40714 — ЭБС издательства «Лань», по паролю.
9. Рязанов Ю.Д. Теория вычислительных процессов [Электронный ресурс]: лабораторный практикум. Учебное пособие/ Ю.Д. Рязанов— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011.— 100 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28402.html>.— ЭБС «IPRbooks»
 - 10.Рязанов Ю. Д. Дискретная математика [Электронный ресурс] : учеб. изд. / Ю. Д. Рязанов. — 2-е изд., доп. — Электрон. текстовые дан. — Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016. — 298 с.— Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2016041412413209800000656808>
 - 11.Сперанский Д.В. Моделирование, тестирование и диагностика цифровых устройств / Д.В. Сперанский, Ю.А. Скобцов, В.Ю. Скобцов. - 2-е изд., испр. - М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 535 с. : ил., схем. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429075\(30.08.2017\)](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429075(30.08.2017)).
 - 12.Сперанский Д.В. Моделирование, тестирование и диагностика цифровых устройств [Электронный ресурс] / Д.В. Сперанский, Ю.А. Скобцов, В.Ю. Скобцов — Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 529 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62817.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Учебное издание

Теория цифровых автоматов

*Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»*

Составитель Рязанов Юрий Дмитриевич

Подписано в печать	Формат 60x84/16. Усл.печ.л. 1,6. Уч.-изд.л. 1,7.
Тираж экз.	Заказ № Цена
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г.Шухова 308012, г.Белгород, Костюкова, 46	