

Библиографический список

1. Новоселов В.Г. Прикладная теория цифровых автоматов. Часть 1. Проектирование комбинационных схем: учебное пособие./ В.Г.Новоселов, Т.А. Новоселова, В.И.Островский – К.: УМК ВО, 1993. –74с.
2. Новоселов В.Г. Прикладная теория цифровых автоматов. Часть 2. Диагностика схем: учебное пособие./В.Г.Новоселов – Севастополь: Сев ГТУ,1998. –78с.
3. Новоселов В.Г. Прикладная теория цифровых автоматов. Части 3–4. Синхронные и асинхронные цифровые автоматы с памятью: учебное пособие./ В.Г. Новоселов – К.: ИСИО, 1993. –144с.
4. Новоселов В.Г. Прикладная математика для инженеров–системотехников. Дискретная математика в задачах и примерах: учебное пособие. / В.Г. Новоселов, А.В. Скатков – К.: УМК ВО, 1992. –200с.
5. Новоселов В.Г. Дискретная математика в задачах и примерах. Часть 2: учебное пособие./В.Г. Новоселов, А.В.Скатков–Севастополь: изд-во СевГТУ, 2002. –124 с.



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет

Методические указания

к выполнению лабораторных работ
по дисциплине

«ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ЦИФРОВЫХ АВТОМАТОВ»

Для студентов дневной и заочной форм обучения
направления 6.050101, специальности 7.091501
“Компьютерные системы и сети”

Севастополь

2008

Заказ № _____ от «____» _____ 2008 _____ Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Прикладная теория цифровых автоматов»/ В.Г.Новоселов, Е.М. Шалимова. - Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008.—32с.

Цель методических указаний – оказание помощи студентам в выполнении лабораторных работ по дисциплине. Методические указания содержат описание лабораторных работ, задания на лабораторные работы, ссылки на страницы учебных пособий и примеры выполнения заданий.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры кибернетики и вычислительной техники, протокол № 9 от 28 мая 2008 года.

Рецензент:
Краснодубец Л.А., доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической кибернетики.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Ответственный за выпуск:
заведующий кафедрой кибернетики и вычислительной техники профессор Скатков А.В.

Неисправности $x_1 \neg x_4 \neg x_5$ и $\neg x_2 \neg x_3 \neg x_4 \neg x_5$ различаются на наборе 01000, если значение на выходе схемы будет равно нулю, то неисправность $\neg x_2 \neg x_3 \neg x_4 \neg x_5$, иначе различаем неисправности $x_1 \neg x_4 \neg x_5$ и $\neg x_1 x_3 \neg x_5$ набором 01010. Если на выходе комбинационной схемы появится сигнал 1, то «виноват» интервал $\neg x_1 x_3 \neg x_5$, иначе - интервалы $x_1 \neg x_4 \neg x_5$ и $\neg x_3 \neg x_4 x_5$, которые неразличимы.

7.2. Постановка задачи

1. Задана булева функция пяти переменных в матричной форме (п.6.4). Построить минимальный полный проверяющий тест.
2. Для одной из неисправностей (выбрать самостоятельно) построить дополнительные диагностические наборы.

7.3. Контрольные вопросы

1. Какой набор может быть тестовым для некоторой неисправности?
2. В чем состоит модель константных неисправностей?
3. Дать определение полного проверяющего теста.
4. Какой тест называется диагностирующим?
5. В чем состоит двухуровневая процедура построения диагностирующего теста?

7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7.

Анализ схемы с псевдослучайной неисправностью и построение диагностирующего теста

Цель работы: изучение основных понятий процесса диагностики схемы, проведение процедуры диагноза неисправности.

7.1. Теоретические сведения

Содержание лабораторной работы включает следующие этапы: вызов описания схемы; ввод полного проверяющего теста; его применение к схеме с введенной системой псевдослучайной однократной неисправностью; вычисление множества возможных неисправностей; создание дополнительного диагностического теста и выполнение процедуры диагноза.

Рассмотрим пример. Пусть задана функция пяти переменных в матричной форме (рисунок 7.1).

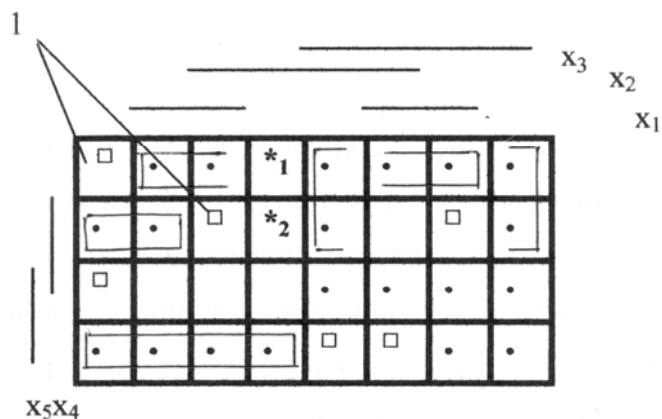


Рисунок 7.1- Матричная форма булевой функции

Содержание

1. Общие положения, порядок выполнения лабораторных работ и требования к отчетам.....	4
2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. Упрощение булевой функции алгебраическими преобразованиями.....	6
3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Матричная и интервальная формы представления булевой функции. Построение кратчайшей ДНФ методом Закревского.....	10
4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Применение операции вычитания интервалов.....	14
5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ № 4,5. Представление комбинационной схемы в ПЭВМ. Логическое и временное моделирование схемы	21
6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Построение проверяющего теста для двухуровневой схемы из элементов И-НЕ.....	26
7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7. Анализ схемы с псевдослучайной неисправностью и построение диагностирующего теста.....	30
Библиографический список.....	32

1. Общие положения, порядок выполнения лабораторных работ и требования к отчетам

В соответствии с программой дисциплины «Прикладная теория цифровых автоматов» студент должен выполнить 7 лабораторных работ.

По результатам выполнения каждой лабораторной работы оформляется и защищается отчет, который должен содержать следующие основные элементы: титульный лист, цель работы, постановку задачи с указанием варианта задания, описание алгоритма решения задачи, последовательность выполняемых преобразований и результаты, выводы.

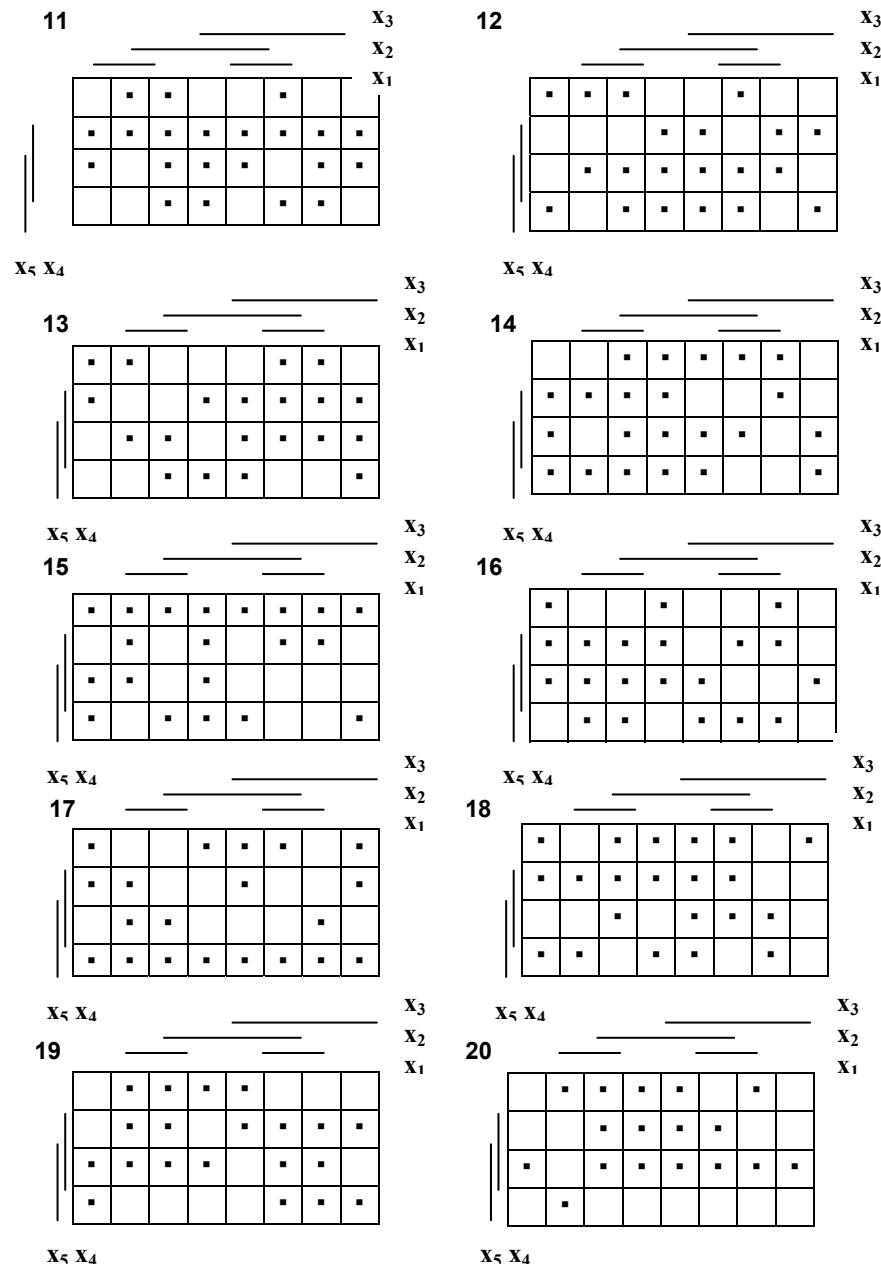
Отчёты по лабораторной работе оформляются и защищаются каждым студентом индивидуально. Студенты должны выполнять и защищать лабораторные работы в соответствии с графиком.

График выполнения лабораторных работ:

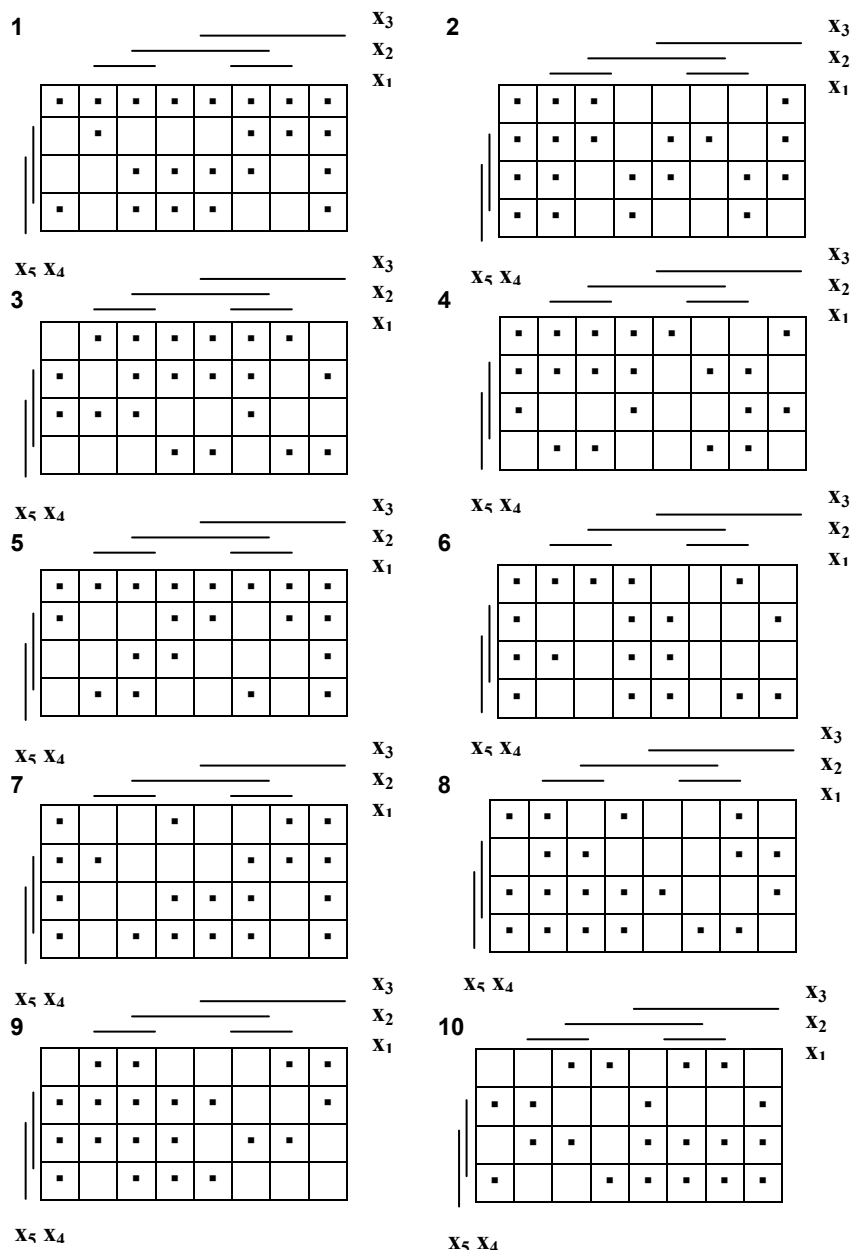
лабораторная работа №1 ... 1(2)-ая неделя семестра;
 лабораторная работа №2 ... 3(4)-ая неделя семестра;
 лабораторная работа №3 ... 5(6)-ая неделя семестра;
 лабораторная работа №4 ... 7(8)-ая неделя семестра;
 лабораторная работа №5 ... 9(10)-ая неделя семестра;
 лабораторная работа №6 ... 11(12)-ая неделя семестра;
 лабораторная работа №7 13(14) -ая неделя семестра.

Лабораторные работы выполняются на основе программного представления описаний булевых функций, комбинационных схем и их реализаций, моделирования и диагностики и, таким образом, способствуют приобретению первоначального опыта работы с САПР - системой автоматизации проектирования, моделирования и диагностики цифровых схем. Все программные реализации построены по идеологии системы ОККАМ (**Об**учение, **К**онтроль и **К**орректное **К**омментирование ошибок на основе **А**лгоритмического **М**етода) и оформлены как ее подсистемы.

Каждая подсистема является автоматизированным рабочим местом студента или тренажером для самостоятельной работы по освоению метода решения задачи. Подсистема контролирует и комментирует весь процесс решения задачи студентом и позволяет обнаружить ошибку непосредственно в момент и в месте ее возникновения. Таким образом, удается избежать закрепления у



6.4. Варианты задания



обучаемого ошибочных знаний и обеспечить формирование устойчивых навыков правильного решения задачи.

Система ОККАМ предоставляет студенту помощь в решении задач вплоть до выполнения отдельных этапов правильного решения и генерации, в этом случае, новых обязательных заданий по соответствующей теме. Сфера применения не ограничивается лабораторными занятиями, и может использоваться в качестве тренажера при выполнении домашних заданий, для организации самостоятельной работы студентов и для выполнения курсовых проектов, контрольных работ заочников ит.д.

Отдельные подсистемы созданы в разные годы студентами и магистрами Киселевым С., Чумак О., Колесниковым В., Борисовичем А., Бодровой И. и Ткаченко К. в рамках курсовых и дипломных проектов.

Порядок выполнения лабораторных работ:

1. Защита отчета по предыдущей лабораторной работе.
2. Вызов подсистемы ОККАМ по наименованию работы.
3. Изучение теоретического материала.
4. Выполнение практического задания в процессе диалога с системой.
5. Подготовка отчета по работе.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Упрощение булевой функции алгебраическими преобразованиями

Цель работы: изучение основных операций и теорем булевой алгебры, получение навыков упрощения ДНФ на основе операций склеивания, поглощения, неполного склеивания и обобщенного склеивания.

2.1. Теоретические сведения

Дизъюнктивные нормальные формы булевых функций (ДНФ) являются основным математическим аппаратом представления алгоритмов работы цифровых схем и часто используются проектировщиками для первоначального описания. Содержание работы - изучение определений четырех основных операций упрощения ДНФ: склеивание конъюнкций, поглощение, неполное склеивание и обобщенное склеивание в ограниченной интерпретации. Выбор этих операций обусловлен тем, что с их помощью можно упрощать ДНФ, и никакая из них не приводит к усложнению ДНФ, все операции сводятся к вычеркиванию отдельных букв из конъюнкций или удалению целых конъюнкций.

Определения обучающей системы сопровождаются примерами выполнения операций, элементарными заданиями по выполнению отдельных преобразований с контролем их выполнения и, наконец, комплексными заданиями, в которых обучаемый сам выбирает операции, последовательность их выполнения, участвующие операнды и формируемые результаты. После выполнения всех преобразований студент самостоятельно проверяет себя, нанося исходные интервалы и результирующую ДНФ на матричные формы и убеждаясь, что функции совпадают.

Рассмотрим пример выполнения преобразования ДНФ. Пусть задана произвольная ДНФ.

$$F = \underset{1}{x_2} \neg \underset{2}{x_4} \underset{3}{x_5} \vee \underset{2}{x_1} \neg \underset{5}{x_5} \vee \neg \underset{3}{x_1} \underset{2}{x_2} \neg \underset{5}{x_5} \vee \neg \underset{2}{x_2} \neg \underset{4}{x_4} \vee \underset{4}{x_4} \neg \underset{5}{x_5}.$$

Последовательность преобразований:

- 1). 2 и 3, операция неполного склеивания, $3 \rightarrow x_2 \neg x_5$.
- 2). 1 и 3, операция неполного склеивания, $1 \rightarrow x_2 \neg x_4$.
- 3). 1 и 4, операция склеивания, $1 \text{ и } 4 \rightarrow \neg x_4$.

6.2. Постановка задачи

1. Сформулировать особенности проявления неисправностей в двухуровневых схемах из элементов И-НЕ.
2. Задана булева функция пяти переменных в матричной форме (п.6.4). Построить минимальный полный проверяющий тест в предположении, что заданная функция реализована двухуровневой схемой из элементов И-НЕ.

6.3. Контрольные вопросы

1. Дать определение теста.
2. В чем сущность модели константных неисправностей?
3. Какой тест называется полным?
4. Какой тест называется минимальным?
5. Какой тест называется проверяющим?
6. Как проявляются неисправности в двухуровневой схеме из элементов И-НЕ?
7. В чем сущность маскирования неисправностей?
8. Как проверить интервал на исчезновение?
9. Как проверить интервал на расширение?

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.

Построение проверяющего теста для двухуровневой схемы из элементов И-НЕ

Цель работы: изучение методов анализа комбинационных схем и особенностей проявления неисправностей в двухуровневой схеме из элементов И-НЕ.

6.1. Теоретические сведения

В двухуровневой схеме из элементов И-НЕ при константных неисправностях типа $\equiv 0$ и $\equiv 1$ возможны расширения интервалов по внешним переменным или их исчезновения. Отметим, что возможны одновременные расширения и исчезновения различных интервалов.

Проверяющий тест для неисправностей типа $\equiv 0$ и $\equiv 1$ на полюсах элементов двухуровневой схемы из элементов И-НЕ строится по следующему алгоритму:

1) выбирается совокупность наборов множества M_0 возможно меньшей мощности, проверяющая на расширения все интервалы по всем их внешним переменным;

2) для каждого интервала покрытия выбирается один его элемент, не покрытый другими интервалами.

Содержание лабораторной работы составляет изучение особенностей проявления неисправностей в двухуровневой схеме из элементов И-НЕ и алгоритма построения проверяющего теста схемы по представлению на матричной форме интервального покрытия функции, обеспечение его полноты и минимальности. Решение этих задач выполняется в процессе диалога с обучающей системой.

Промежуточный результат: $F = x_1 \neg x_5 \vee x_2 \neg x_5 \vee \neg x_4 \vee x_4 \neg x_5$.

1 2 3 4

4). 3 и 4, операция неполного склеивания, $4 \rightarrow \neg x_5$.

5). 1 и 4, операция поглощения, $1 \rightarrow$ удаляется.

6). 2 и 4, операция поглощения, $2 \rightarrow$ удаляется.

Результат :

$F = \neg x_4 \vee \neg x_5$. Матричное представление приведено на рисунках 2.1 и 2.2.

Булевы функции совпадают.

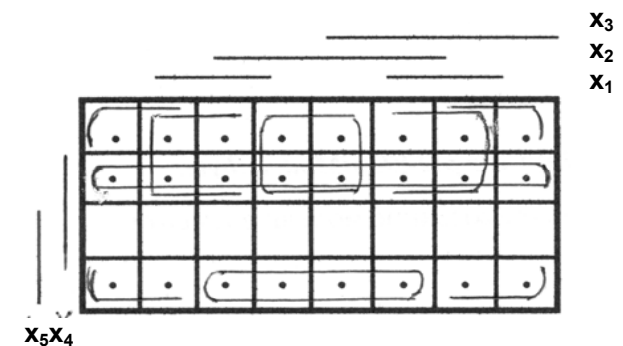


Рисунок 2.1 – Исходная интервальная форма

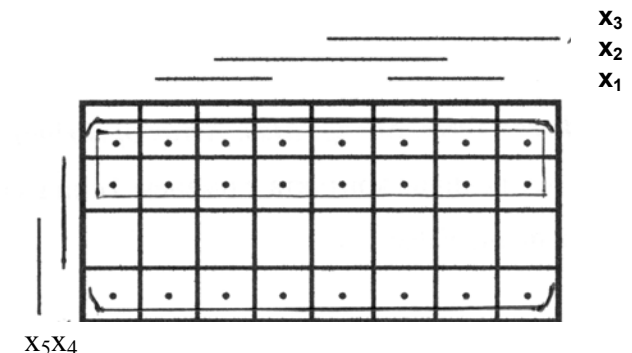


Рисунок 2.2 – Результирующая ДНФ

2.2. Постановка задачи

1. Задана булева функция четырех переменных в матричной форме (п.2.4). Построить совершенную ДНФ.
2. Упростить совершенную ДНФ. Результат представить в матричной форме.

2.3. Контрольные вопросы

1. Сформулировать теорему склеивания.
2. Сформулировать теорему неполного склеивания.
3. Сформулировать теорему поглощения.
4. Сформулировать теорему обобщенного склеивания для конъюнкций ранга 2.
5. Дать определение совершенной ДНФ булевой функции.
6. Какая ДНФ булевой функции называется кратчайшей?
7. Какая ДНФ булевой функции называется минимальной?
8. Сформулировать алгоритм построения совершенной ДНФ булевой функции.

5.4. Варианты задания

1 x_2 x_1

2 x_2 x_1

3 x_2 x_1

4 x_2 x_1

5 x_4 x_3 x_2 x_1

6 x_4 x_3 x_2 x_1

7 x_4 x_3 x_2 x_1

8 x_4 x_3 x_2 x_1

9 x_4 x_3 x_2 x_1

10 x_4 x_3 x_2 x_1

11 x_4 x_3 x_2 x_1

12 x_4 x_3 x_2 x_1

13 x_4 x_3 x_2 x_1

14 x_4 x_3 x_2 x_1

15 x_4 x_3 x_2 x_1

16 x_4 x_3 x_2 x_1

17 x_4 x_3 x_2 x_1

18 x_4 x_3 x_2 x_1

19 x_4 x_3 x_2 x_1

20 x_4 x_3 x_2 x_1

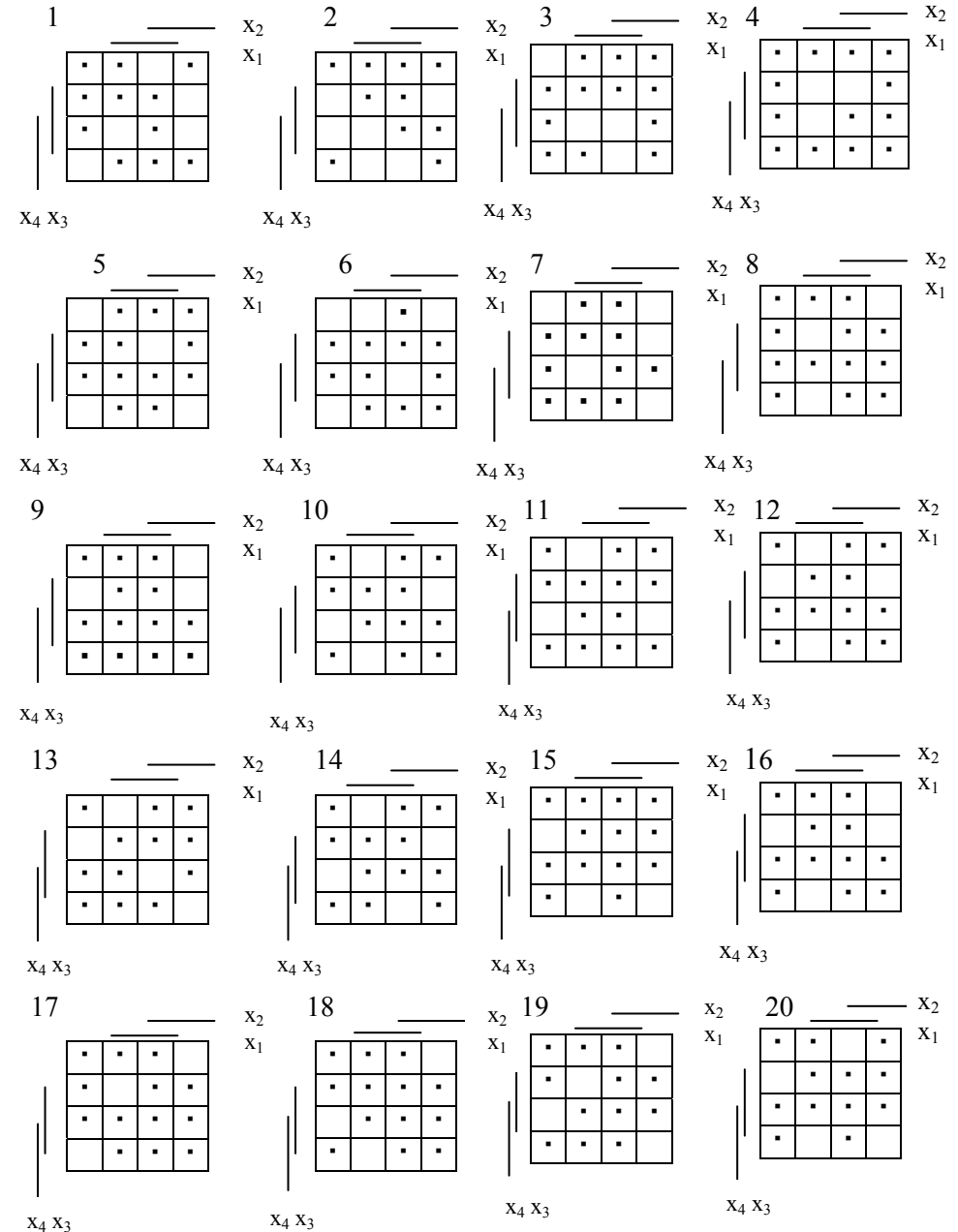
5.2. Постановка задачи

1. Задана булева функция четырех переменных в матричной форме (п.5.4). Методом допустимых конфигураций построить многоуровневую схему из элементов И-НЕ.
2. Ввести описание схемы в ПЭВМ и записать его в библиотеку схем для дальнейшего использования.
3. Для двух нулевых и двух единичных наборов (выбрать самостоятельно) выполнить логическое моделирование схемы.
4. Для двух единичных наборов выполнить временное моделирование схемы.
5. Для построенной схемы выполнить анализ (определить какую функцию она реализует).

5.3. Контрольные вопросы

1. Какая конфигурация называется правильной или простой?
2. Какая конфигурация называется допустимой?
3. Привести примеры простых и допустимых конфигураций.
4. Как связаны операция вычитания интервалов и операции булевой алгебры?
5. В чем заключается особенность метода допустимых конфигураций?
6. В чем состоит сущность логического моделирования схемы?
7. В чем состоит сущность временного моделирования схемы?
8. Как определяется задержка схемы?

2.4. Варианты задания



3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.

Матричная и интервальная формы представления булевой функции. Построение кратчайшей ДНФ методом Закревского

Цель работы: изучение свойств матричной формы представления булевых функций и метода упрощения булевой функции по матричной форме.

3.1. Теоретические сведения

Содержание работы включает в себя освоение ряда понятий и выполнение построений на основе матричной формы представления булевой функции:

- выписывание отдельных наборов;
- изучение понятия осей симметрии;
- подсчет для выделенной точки числа соседей и определение переменных, по осям симметрии которых расположены соседи;
- изучение понятия внешних и внутренних переменных интервала, выделение интервалов;
- выписывание конъюнкций для интервалов;
- нанесение на матрицу точек интервалов по конъюнкциям, построение максимальных интервалов по матричной форме для выделенной точки.

Выполнение этих заданий основывается на изучении определений, примеров и реализации заданий различного типа (отдельных и комплексных), предоставляемых обучающей системой.

Все этапы решения выполняются под контролем системы ОККАМ. В системе предусмотрена автоматическая реализация отдельных наиболее громоздких и трудоемких, но рутинных и не требующих интеллекта этапов решения задачи.

Предполагается, что использование тренажера позволит обучаемому неоднократно, с соответствующим контролем со стороны системы, решать различные примеры для приобретения устойчивых навыков.

Рассмотрим пример. Задана булева функция в матричной форме (рисунок 3.1).

Теперь переходим к логическому моделированию. Задаем соответствующее число наборов и собственно значения наборов.

x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	v ₁	v ₂	v ₃	v ₄	u ₁	u ₂	u ₃	u ₄	F	f
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0

Для выполнения временного моделирования задаем время начала моделирования, число и значения наборов.

На рисунке 5.3 приведен результат временного моделирования рассматриваемой схемы на наборах **1101** и **0111**.

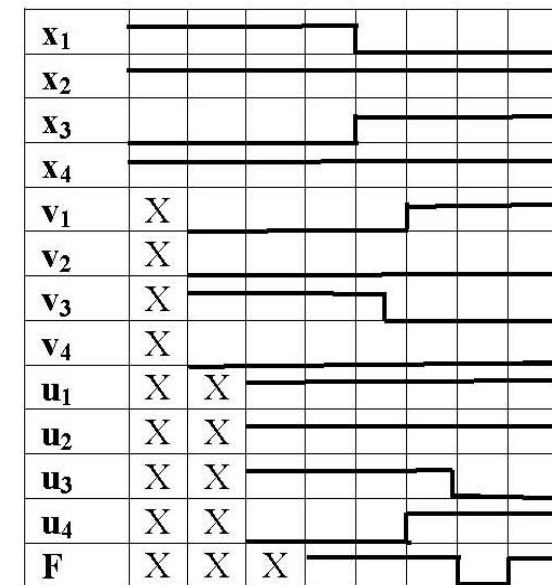


Рисунок 5.3- Временные диаграммы на наборах **1101** и **0111**

Получим интервальное представление:

		x_1	x_2	x_3	x_4
u_1		1	-	-	0
f	u_2	-	-	0	0
	u_3	0	1	-	1
	u_4	1	-	0	-

Для построения схемы сначала вводим инверторы, обозначая их как элементы v_i , и выходы этих элементов отмечаем как $\neg x_i$.

Затем вводим элементы первого яруса, обозначая их как u_j , затем, элемент второго яруса, обозначая его как F . Входы элементов обозначаем соответствующими им символами. Таким образом, ввод схемы закончен.

Схема для рассмотренного примера представлена на рисунке 5.2.

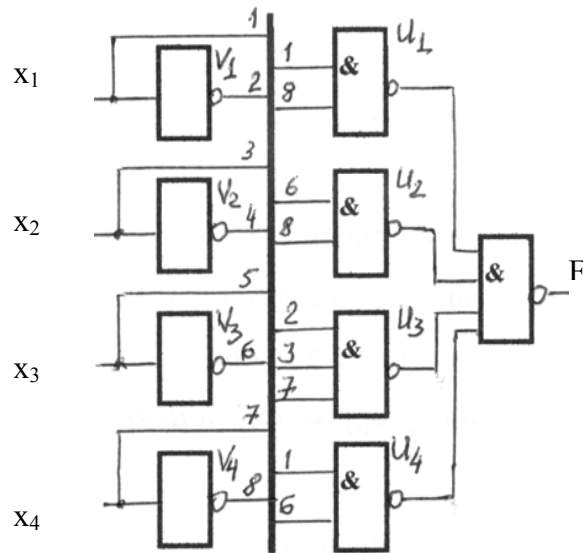


Рисунок 5.2- Схема из элементов И-НЕ

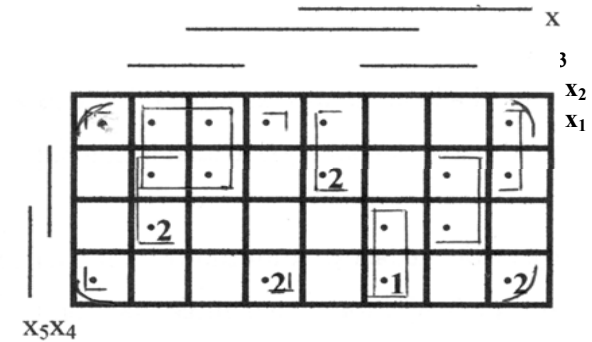


Рисунок 3.1 – Матричная форма булевой функции

Выделим точки, определяющие свойство принадлежности к ядру соответствующих интервалов, тогда

$$f = x_1 x_2 x_3 x_4 \vee x_1 \neg x_3 \neg x_5 \vee x_1 \neg x_2 x_4 \vee \neg x_1 x_3 \neg x_5 \vee \neg x_1 \neg x_3 \neg x_4 \vee \neg x_1 x_3 \neg x_4.$$

Все точки покрыты, соответствующая ДНФ – кратчайшая.

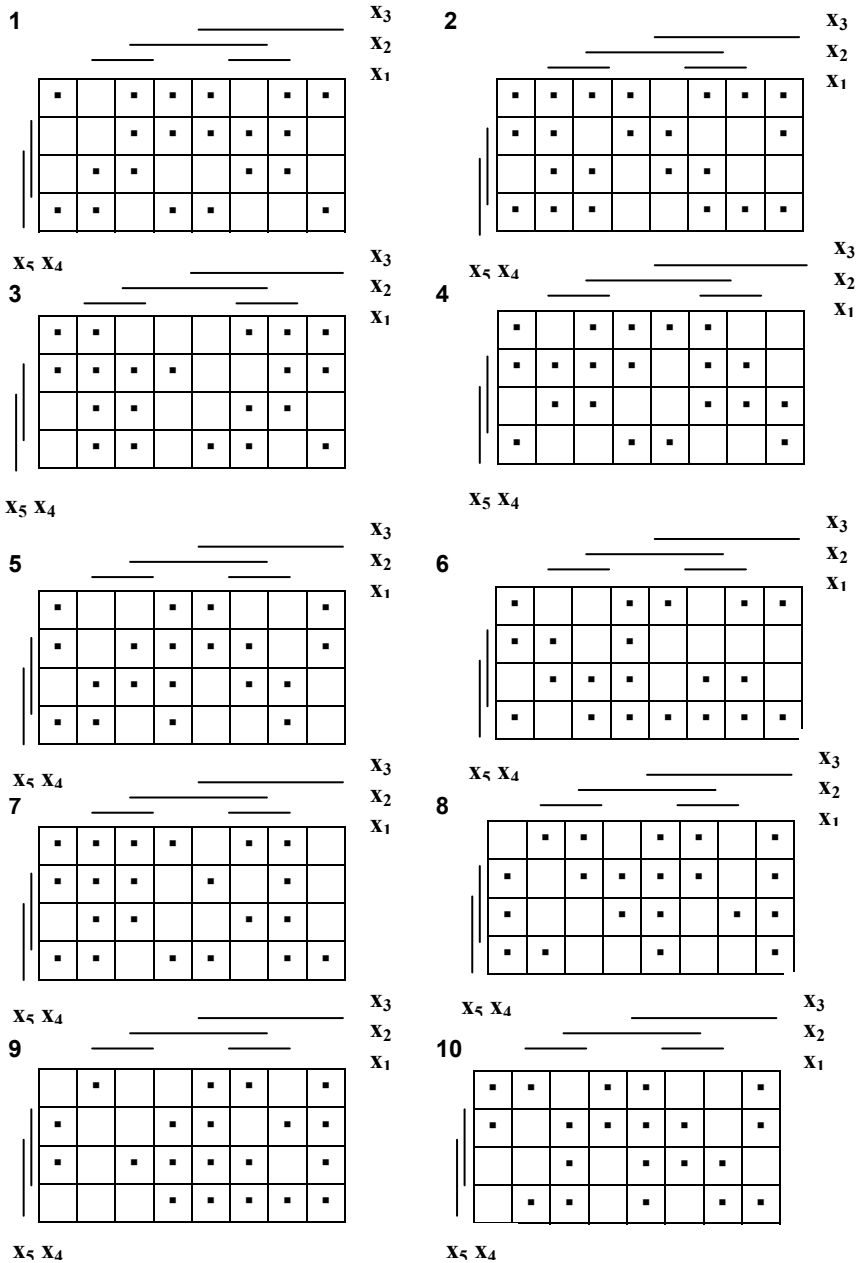
3.2. Постановка задачи

1. Задана булева функция пяти переменных в матричной форме (п.3.4). Для каждого набора подсчитать количество соседей, а для указанного набора определить имеющиеся соседние наборы и методом граничного перебора построить все максимальные интервалы.
2. Для заданной функции построить кратчайшую ДНФ. Результат представить в алгебраической и матричной формах.

3.3. Контрольные вопросы

1. Дать определение соседних наборов.
2. Дать определение оси симметрии по переменной.
3. Как расположены соседние наборы на матрице?
4. Дать определение максимального интервала.
5. Какие переменные называют внутренними переменными?
6. Какие переменные называют внешними переменными?

3.4. Варианты задания



5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ № 4,5. Представление комбинационной схемы в ПЭВМ. Логическое и временное моделирование схемы

Цель работы: изучение представления комбинационной схемы на экране дисплея и во внутреннем представлении в системах автоматизации проектирования; изучение логического и временного моделирования.

5.1. Теоретические сведения

Содержание лабораторной работы составляет выполнение следующих заданий:

- синтез комбинационной схемы по заданной булевой функции;
 - изучение описания схемы для ее ввода в САПР; ввод описания схемы в ПЭВМ;
 - вызов схемы на экран и проверка правильности ввода;
 - коррекция описания схемы в случае обнаружения ошибки;
 - вызов данных внутреннего представления схемы и ознакомление с ним;
 - запись описания схемы в библиотеку схем для дальнейшего использования;
 - выполнение логического моделирования схемы на заданных наборах множеств M_1 и M_0 ;
 - выполнение временного моделирования на заданных наборах.
- Рассмотрим пример. Задана булева функция четырех переменных в матричной форме (рисунок 5.1).

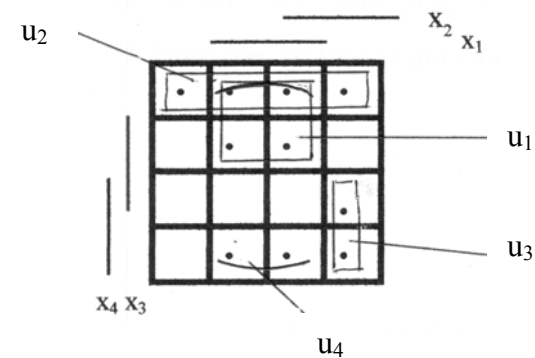
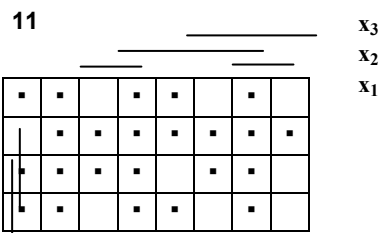
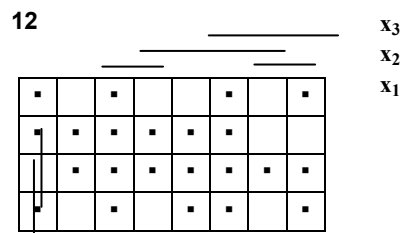


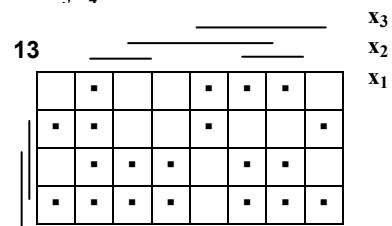
Рисунок 5.1- Матричная форма булевой функции



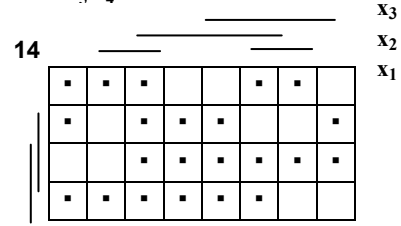
X5 X4



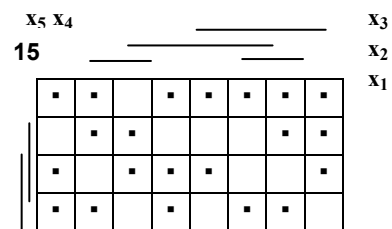
X5 X4



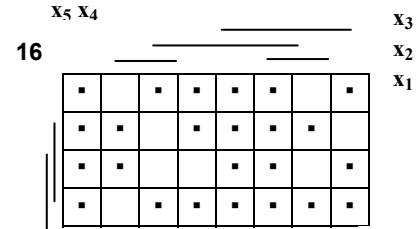
X5 X4



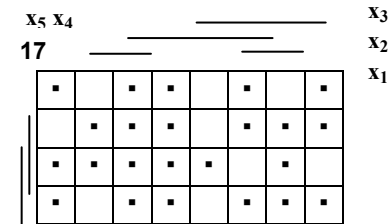
X5 X4



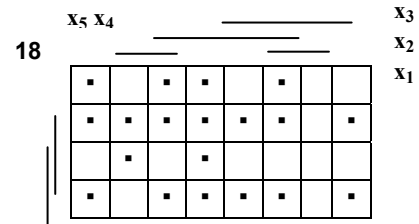
X5 X4



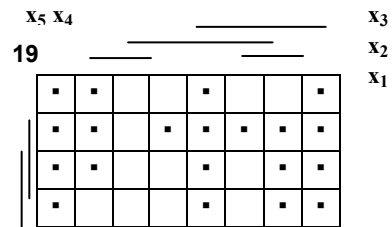
X5 X4



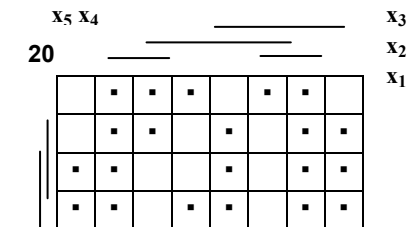
X5 X4



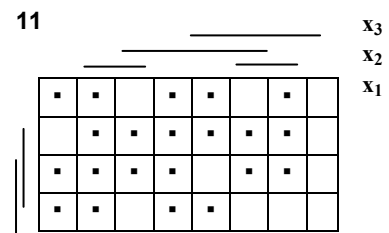
X5 X4



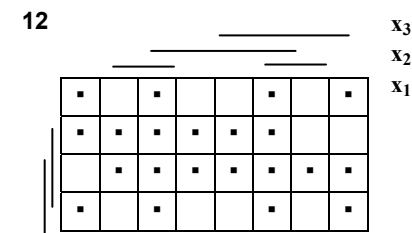
X5 X4



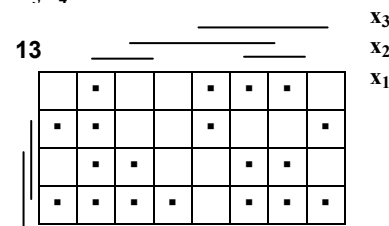
X5 X4



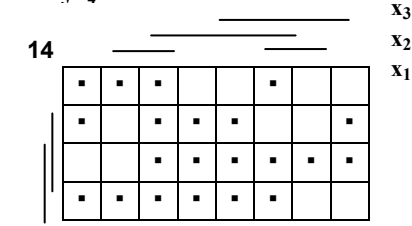
X5 X4



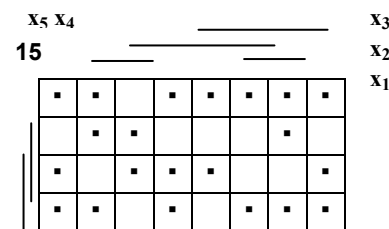
X5 X4



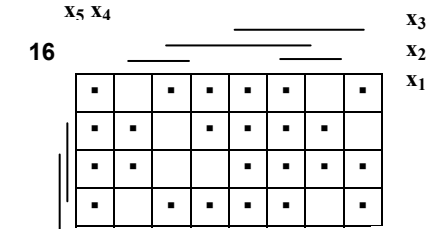
X5 X4



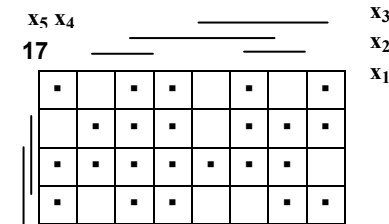
X5 X4



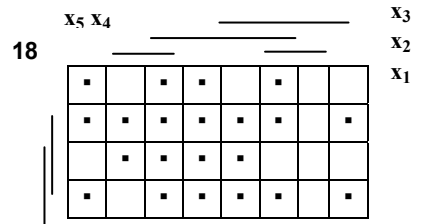
X5 X4



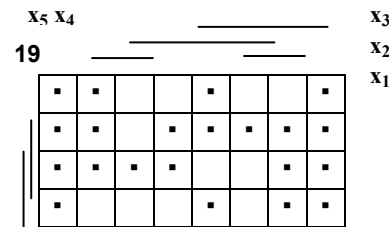
X5 X4



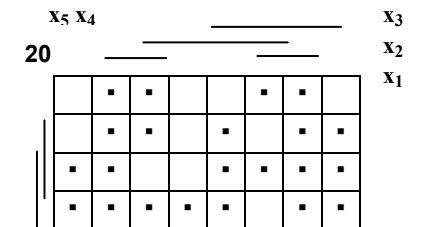
X5 X4



X5 X4



X5 X4



X5 X4

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.

Применение операции вычитания интервалов

Цель работы: изучение операции вычитания интервалов и ее применения для решения некоторых задач дискретной математики.

4.1. Теоретические сведения

Одной из эффективных и алгоритмически легко выполняемых операций преобразования интервальных форм представления булевых функций является операция вычитания интервалов. В САПР цифровых схем, в системах искусственного интеллекта на основе этой операции выполняются многие сложные преобразования:

сведение всех интервалов произвольной ДНФ к максимальным и самой ДНФ - к безызыбыточной;

построение полных проверяющих тестов цифровых схем;

вычисление дополнительных тестовых наборов при обнаружении неисправности для ее диагноза,

решение систем логических уравнений, проведение логического вывода, доказательство тождеств и т. д.

В то же время в связи с формальным определением этой операции изучение ее студентами наталкивается на определенные трудности, что в результате сказывается на широте ее использования в реальных разработках на практике. В данной работе студенту представляется возможность изучения определения и выполнения этой операции, а также ее использования при решении задач под контролем системы.

Выполнение операции вычитания - многоэтапный процесс преобразований, включающий контроль реализации в конкретных заданиях нескольких ситуаций, и построение нескольких составляющих ответа. Содержание работы включает изучение формального определения отдельных шагов выполнения операции вычитания и примеров их реализации, а также выполнение индивидуальных заданий под контролем обучающей системы.

Пример выполнения задания иллюстрируется следующим диалогом обучаемого с системой.

1) Проверка интервалов на пересечение: если интервалы ортогональны, то разность равна уменьшаемому:

4.4. Варианты задания

The diagrams illustrate the operation of interval subtraction. Each diagram consists of a 4x8 grid of squares. Above the grid, there are horizontal lines representing intervals. To the right of the grid, there are labels X_3 , X_2 , and X_1 . Below the grid, there are labels X_5 and X_4 . The diagrams show different patterns of squares being filled or removed, representing the result of subtracting one interval from another.

4.2. Постановка задачи

1. Задана булева функция пяти переменных в матричной форме (п.4.4). Получить интервальную форму представления булевой функции. Для одного из интервалов (выбрать самостоятельно) проверить, является ли он максимальным.
2. Проверить, является ли данное интервальное представление безызбыточным.
3. В полученное интервальное представление ввести еще один (лишний) интервал, поглощаемый сразу несколькими интервалами ДНФ, и с помощью операции вычитания доказать, что этот интервал – лишний.

4.3. Контрольные вопросы

1. Сформулировать правило выполнения операции вычитания интервалов вида #.
2. Сформулировать правило выполнения операции вычитания интервалов вида \.
3. Как определяется количество интервалов разности?
4. Дать определение максимального интервала.
5. Какая ДНФ булевой функции называется безызбыточной?
6. Дать определение ортогональных интервалов.
7. Каким свойством обладает двоичное представление ортогональных интервалов?
8. Каким свойством обладает двоичное представление поглощаемого и поглощающего интервалов?

	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
u ₁	0	--	0	0	--
# u ₂	0	--	--	1	0
u _p	0	--	0	0	--

2) Проверка поглощения вычитаемым уменьшаемого: разность пуста:

	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
u ₁	0	--	0	0	--
# u ₂	0	--	--	0	--
u _p = ∅					

3) Построение не пустой разности: если первые две ситуации не реализованы, то интервалы пересекаются, и разность не пуста и содержит k интервалов - число внутренних переменных уменьшаемого, которые являются внешними в вычитаемом: $k=3$,

	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
u ₁	0	--	--	1	--
# u ₂	0	1	0	1	0
u _{p1}	0	0	--	1	--
u _{p2}	0	1	1	1	--
u _{p3}	0	1	0	1	1

Рассмотрим применение операции вычитания в двух задачах: сведение заданного интервала к максимальному и проверка избыточности заданного интервала в ДНФ. Пусть задано следующее множество интервалов:

- u₁ x₁¬x₂x₃¬x₄
- u₂ x₁¬x₃¬x₄
- u₃ x₂x₄
- u₄ x₂x₃
- u₅ x₁x₂

Сначала нужно свести с помощью операции склеивания интервал u_1 к максимальному.

Инвертируем его по переменной x_1 :

$$u_1 \quad \neg x_1 \neg x_2 x_3 \neg x_4$$

Полученный интервал ортогонален ко всем остальным интервалам по переменной x_2 .

Переходим к следующей переменной. Инвертируем интервал по переменной x_2 :

$$u_1 \quad x_1 x_2 x_3 \neg x_4$$

Вычитаем интервал u_3 :

$$u_1 \quad x_1 x_2 x_3 \neg x_4$$

$$u_3 \quad \# \quad x_2 x_3$$

$$\hline \emptyset$$

Таким образом, интервал расширяется по переменной x_2 .

$$u_1 \quad x_1 x_3 \neg x_4.$$

Теперь проверим расширение интервала по переменной x_3 :

$$u_1 \quad x_1 \neg x_3 \neg x_4$$

$$\# \quad x_2 \neg x_3 \neg x_4$$

$$x_1 \neg x_2 \neg x_3 \neg x_4$$

Остальные интервалы ортогональны по x_2 . Следовательно, интервал не расширяется по x_3 .

Проверяем расширение по переменной x_4 .

$$u_2 \quad x_2 \neg x_3 x_4$$

$$\# \quad x_2 \quad x_4$$

$$\hline \emptyset$$

Таким образом, расширяем интервал по переменной x_4 .
Окончательно получаем.

$$u_1 \quad x_1 \neg x_3$$

$$u_2 \quad x_1 \neg x_3 \neg x_4$$

$$u_3 \quad x_2 x_4$$

$$u_4 \quad x_2 x_3$$

$$u_5 \quad x_1 x_2$$

Теперь приступаем ко второй задаче. Убедимся, что интервалы u_2 и u_5 избыточны. Вычитаем из u_2 интервал u_1 :

$$u_2 \quad x_1 \neg x_3 \neg x_4$$

$$\# \quad x_1 \neg x_3$$

$$\hline \emptyset$$

Интервал u_2 удаляем из ДНФ.

Теперь рассмотрим интервал u_5 .

$$u_5 \quad x_1 x_2$$

$$\# \quad x_1 \neg x_3$$

$$\hline x_1 x_2 x_3$$

Вычитаем u_4 :

$$x_1 x_2 x_3$$

$$\# \quad x_2 x_3$$

$$\hline \emptyset$$

Удаляем u_5 и окончательно получаем:

$$u_1 \quad x_1 \neg x_3$$

$$u_2 \quad x_2 x_4$$

$$u_3 \quad x_2 x_3$$