# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

# Кировоградский национальный технический университет

# Кафедра ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

# Прикладная теория цифровых автоматов

# лабораторные работы

# утвержден

# на заседании кафедры

# программного обеспечения

# Кировоград 2013

# Прикладная теория цифровых автоматов. Лабораторные работы.

# / Савеленко А.К., Сидоренко В.В., Якименко Н.М.

# - Кировоград: КНТУ, 2013. -20С.

# Под общей редакцией:

# Сидоренко Владимир Владимирович, д.т.н., заведующий кафедрой ПО

# авторы:

# Якименко Н.М., к.ф.-м.н., доцент кафедры ПО

# Савеленко О.К., преподаватель кафедры ПО.

# Для студентов дневной и заочной формы обучения, изучающих дисциплину

# "Прикладная теория цифровых автоматов".

# В сжатой форме освещены основы проектирования цифровых автоматов с использованием булевой алгебры для минимизации ФАЛ, описывающих функционирование автоматов.

# Представленные решения примеров для лучшего освоения материала, изучаемого приведены варианты заданий для приобретения практических навыков.

# © / Якименко Н.М., Савеленко О.К., В.В.Сидоренко 2013

# © / КНТУ, кафедра "ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ"

# 

# содержание

# Лабораторная работа № 1 ........................................................................................... 3

# Основные понятия функции алгебры логики (ФАЛ)

# Лабораторная работа № 2 ........................................................................................... 5

Минимизация ФАЛ методом неопределенных коэффициентов для базиса I-ИЛИ-НЕ

# Лабораторная работа № 3 ........................................................................................... 7

Минимизация функций алгебры логики методом минимизируя карт

# Лабораторная работа № 4 ........................................................................................... 9

Проектирование комбинационных автоматов

# Лабораторная работа № 5 ........................................................................................... 13

Проектирование конечного автомата

# Требования к оформлению отчетов лабораторных работ. .................................................... 17

Рекомендуемая литература ................................................................................. .. .... 18

# Содержание ... .. .................................................................................................................. 19

# Лабораторная работа №1

# Основные понятия функций алгебры логики (ФАЛ)

# теоретические сведения

# 1. Способы задания комбинационных функций

# ФАЛ могут быть заданы словесным описанием, табличным, аналитическим, числовым или графическим способом.

# аналитический способ задания ФАЛ заключается в том, что логическая функция F задается в виде алгебраической равенства, в которой переменные xj связаны между собой символами логических операций И, ИЛИ, НЕ.

# Существует две основные формы записи логических функций в алгебраической виде, называемые нормальными.

# Первая - дизъюнктивная нормальная форма (ДНФ), которая является логической суммой элементарных и неэлементарных логических произведений (дизъюнкцией конъюнкций). При этом в каждую из конъюнкций аргумент или его отрицание входит не более одного раза. К примеру:

# F (x1, x2, x3) = x1 2 + X2 x3 + x1 2 x3.

# Вторая - конъюнктивная нормальная форма (КНФ), которая представляет собой логическое произведение элементарных и неэлементарных логических сумм (конъюнкция дизъюнкций):

# F (x1, x2, x3) = (x1 + x2) (x1 + 2 + X3) (x2 + x3).

# элементарными называются такие дизъюнкции или конъюнкции, где число переменных меньше полного числа переменных, от которых зависит функция. Те конъюнкции и дизъюнкции, включающие полное число переменных, называются неэлементарных.

# F (x1, x2, x3) = 1 x2 x3 + x1 2 x3 + x1 x2 3 + X1 x2 x3.

# Данная функция состоит из конъюнкций, объединенных знаками дизъюнкции и включают в свой состав полный набор переменных (или их отрицание), то есть состоит из дизъюнкции неэлементарных конъюнкций.

# Запись ФАЛ в виде суммы конъюнкций, состоящих из полного набора переменных, на которых функция равна единице, называется полной дизъюнктивной нормальной форме (ПДНФ).

# Таким образом, аналитический способ задания функций алгебры логики состоит в изображении их формулами алгебры логики. В результате, любая функция, заданная таблично, может быть представлена ​​в аналитической форме посредством использования операций И, ИЛИ, НЕ, то есть может быть изображена в виде ФАЛ.

# В некоторых случаях для задания ФАЛ используется так называемый числовой способ. При этом ФАЛ записывается в виде логической суммы десятичных номеров наборов, на которых функция равна единице. К примеру:

х3

х2

# F (x1, x2, x3) = 3 5 6 7 = Σ (3, 5, 6, 7).

**1**

011

# или

# F = ki3, при i = 3, 5, 6, 7

**1**

111

101

# где 3 - указатель на количество аргументов ФАЛ.

х1

# Графический способ задания ФАЛ заключается в задании функции в виде n-мерного единичного куба, вершинами которого являются его значение на соответствующих наборах.

110

**1**

# 2. Основные базисы функций

# Среди полных систем наибольшее практическое значение имеет булево базис функций И, ИЛИ, НЕ, базис функции Шеффера И-НЕ и базис функции Вебба (Пирса) ИЛИ-НЕ.

# Свойства функций базиса И, ИЛИ, НЕ соответствуют аксиомам и законам булевой алгебры.

# ;

# ;

# х + 1 = 1;

# х1 = х;

# х + 0 = х;

# х0 = 0

Правила двойственности де Моргана:

Функция Шеффера имеет вид:

F (x1, x2) =  = X1 / x2

Данная функция обладает следующими свойствами.

Для конъюнкции двух переменных справедливо соотношение:

x1 x2 =  =  = (X1 / x2) / 1

Для дизъюнкции двух переменных справедливо соотношение:

x1  x2 =  =  = ****1 / ****2 = (X1 / 1) / (x2 / 1)

В современной микросхемотехници широко применяются логические элементы, реализующие функцию Уэбба.

Функция Уэбба может быть записана в виде:

F (x1, x2) =  = ****1 ****2 = x1  x2

Для данной функции справедливы следующие соотношения.

Связь функции Вебба с конъюнкцией двух переменных:

x1 x2 = ****1  ****2

Связь функции Вебба с дизъюнкцией двух переменных:

x1  x2 =  =  = (X1  x2)  0

Функции Шеффера и Уэбба связаны между собой соотношениями:

x1 / x2 =  = (****1  ****2)  0

x1  x2 =  = (****1 / ****2) / 1

**Задание**

1. Функцию Y (x1, x2, x3) представленную табличным способом, подать в:

а) аналитическом виде;

б) числовом виде;

в) графическом виде.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № набора | x1 | x2 | x3 | Y (x1, x2, x3) для варианта: | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

# 2. Функцию в (x1, x2, x3), заданную аналитическим выражением, представить:

# а) в базисе И-НЕ;

# б) в базисе ИЛИ-НЕ.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | в (x1, x2, x3) | № вар. | в (x1, x2, x3) | № вар. | в (x1, x2, x3) |
| 1 | 1 x2 + 1 x3 + x2 x3 | 6 | x1 1 + x3 2 + X1 x3 | 11 | 1 x2 + x2 x3 + 1 3 |
| 2 | x1 x2 + x2 3 + x1 3 | 7 | x2 x1 + x3 2 + X1 x3 | 12 | 1 x2 + x2 x3 + 1 3 |
| 3 | x1 3 + x3 2 + x3 1 | 8 | x2 x1 + x3 2 + 1 x3 | 13 | 1 x3 + 2 x3 + 1 3 |
| 4 | x1 2 + x3 1 + X2 x3 | 9 | x1 x2 + x2 x3 + 1 x3 | 14 | x1 2 + 2 x3 + 1 3 |
| 5 | x2 1 + x3 2 + X1 x3 | 10 | x1 x2 + x2 x3 + x1 3 | 15 | x1 2 + x2 3 + 1 3 |

# 

Контрольные вопросы:

1. Как можно задать комбинационную функцию?
2. В чем разница между ДНФ и ПДНФ?
3. Какие базисы можно применить для записи логических функций?
4. Сформулировать аксиомы алгебры логики.
5. Сформулировать правило де Моргана для трех переменных.
6. Какая функция называется комбинационной?

# Лабораторная работа №2

# Минимизация ФАЛ методом неопределенных коэффициентов

# для базиса I-ИЛИ-НЕ.

# теоретические сведения

# Согласно теореме Жегалкина, любую логическую функцию можно представить в нормальной форме, например, в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ):

# F (x1, x2, ..., xn) = x1 + 1 + x2 + 2 + ... + xn + n + x1 x2 +

# + x1 2 + 1 x2 + 1 2 + ... + x1 xn + x1 n + 1 n + ... + x2 xn +

# + x2 n + 2 n + ... + x1 x2 xn + x1 x2n + x1 2 n +

# + 1 2 n + ... + x1 x2 · ... · xn + x1 x2 · ... ·n + ...

# где - неопределенные коэффициенты, принимающие значения 0 или 1 и так, чтобы полученная результатом ДНФ была минимальной. коэффициенты находятся из системы уравнений, получаемой путем подстановки значений x1, x2, ..., xn в приведенную выше ДНФ.

# Алгоритм поиска неопределенных коэффициентов следующий:

# 1. Выбрать очередную строку, в котором Fi = 0, и все коэффициенты этой строки определить нулем (вычеркнуть).

# 2. Если все нулевые строки пересмотрены, то перейти к п. 3, если нет, то п. 1.

# 3. Посмотреть строки, в которых Fi ​​= 1, и вычеркнуть из них все коэффициенты, встречающиеся в строках, где Fi = 0.

# 4. Переписать все модифицированные уравнения.

# 5. Выбрать очередную строку Fi = 1 и вычеркнуть максимально возможное количество коэффициентов так, чтобы ранг членов, остаются, был минимальным.

# Метод неопределенных коэффициентов наиболее применим для дизъюнктивной формы и практически непригоден для конъюнктивные формы.

# Рассмотрим пример: Найти минимальную форму для функции F (x1, x2, x3) = Σ (0,2,4,7)

# решение:

# На основании теоремы Жегалкина логическую функцию трех переменных представим в НДФ:

# F (x1, x2, x3) = x1 + 1 + x2 + 2 + x3 + 3 + x1 x2 + x1 2 +

# + 1 x2 + 1 2 + x1 x3 + x1 3 + 1 x3 +13+ x2 x3 + x23 +

# +2 x3 + 2 3 + x1 x2 x3 + x1 x23 + x1 2 3 + x1 2 x3 + 12x3 +

# + 1 x 2 3 + 1 x2 x3 + 1 2 3

# Составим систему уравнений, и запишем ее в виде таблицы:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  | F0 | 1 |
|  |  |  |  |  |  |  | F1 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  | F2 | 1 |
|  |  |  |  |  |  |  | F3 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  | F4 | 1 |
|  |  |  |  |  |  |  | F5 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  | F6 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  | F7 | 1 |

# Согласно алгоритму вычеркиваем коэффициенты для Fi = 0 (\ наклон). Затем вычеркиваем совпадающие коэффициенты для Fi = 1 (/ наклон). Получаем модифицированную систему уравнений. Коэффициенты, удовлетворяющие пункт 5, выделяем, описав их по периметру утолщенной линией.

# Таким образом, имеем = 1 = 1, = 1, а все остальные коэффициенты равны 0.

# В результате минимизации находим искомую функцию:

# F (x1, x2, x3) = 1 3 + 2 3 + X1 x2 x3

# Задание

# Согласно варианту, минимизировать ФАЛ F (x1, x2, x3, x4) методом неопределенных коэффициентов для базиса I-ИЛИ-НЕ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № набора | x1 | x2 | x3 | x4 | F (x1, x2, x3, x4) для варианта: | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

# Примечание: функции четырех переменных система уравнений в виде таблицы следующая:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F0 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F2 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F4 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F5 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F9 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F10 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F11 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F12 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F13 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F14 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F15 |

Контрольные вопросы:

1. Что называют базисом?
2. Сформулировать определение дизъюнктивной нормальной формы логической функции.
3. Что называют рангом терма?
4. Сформулировать теорему Жегалкина.
5. Сформулировать алгоритм метода неопределенных коэффициентов для минимизации логической функции.

# Лабораторная работа №3

# Минимизация функций алгебры логики методом минимизируя карт.

# теоретические сведения

# Полученный аналитическое выражение функции алгебры логики (ФАЛ) в ПДНФ или ПКНФ является не единственно возможным, и как правило, не лучшим с точки зрения экономичности.

# Осуществление упрощения ФАЛ называется минимизацией. Минимизация, осуществлена ​​с использованием законов алгебры логики (законы де Моргана, поглощения, склеивания), называется скобочной, потому что каждый раз к упрощению приводим выводом за скобки общих аргументов в конъюнкции. Данный способ используется только при небольшом количестве переменных, а иногда, как заключительный, при минимизации ФАЛ другими методами.

# Рассмотрим пример 1: Используя законы алгебры логики минимизировать функцию

Х1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 12 | 14 | 6 | 4 |
| 13 | 15 | 7 | 5 |
| 9 | 11 | 3 | 1 |
| 8 | 10 | 2 | 0 |

Рис. 3. Вид карты Вейча для четырех переменных.

# Y (x1, x2, x3) = x1 (1 + X2) + 2(X2 + x1) + x3

# Решение.

Х2

# Y (x1, x2, x3) = x1 (1 + X2) + 2(X2 + x1) + x3 =

Х4

# = x1 1 + X1 x2 + x2 2 + x1 2 + x3

# Учитывая, что x1 1 = 0, x2 2 = 0, x1 x2 + x1 2 = X1 (x2 + 2) = X1.

# Есть Y (x1, x2, x3) = x1 + x3.

# Минимизация - это процесс отыскания для заданной ФАЛ такой формы, которая должна минимальное число входных переменных. Это означает, что при инженерном проектировании цифровых устройств из двух форм, которые отражают заданную ФАЛ, следует выбрать ту, которая реализуется с помощью меньшего количества логических элементов, а при одинаковом числе элементов - ту, в которой меньше суммарное число входных отдельных переменных.

Х3

# Широкое практическое применение благодаря своей простоте нашли методы минимизации, которые используют карты Вейча.

# Этими картами являются таблицы соответствий, преобразованы таким образом, что в функции, которая нанесена на такую ​​карту, соседние конъюнкции находятся рядом или на конкретных местах.

# Цифры в ячейках - это десятичные номера соответствующих конъюнкций максимальной длины. Клетки карты Вейча, не обведены скобками как по вертикали так и по горизонтали соответствуют значениям инверсий переменных.

# При минимизации ФАЛ с помощью карт Вейча их лучше записывать в ПДНФ.

# Для минимизации прежде всего нужно найти соседние конъюнкции. Соседними клетками и соответственно им соседними конъюнкции максимальной длины на картах необходимо считать те, которые находятся непосредственно рядом по горизонтали или вертикали, а также те, что расположены на противоположных сторонах карты.

# Для отыскания соседних конъюнкций, то есть для минимизации ФАЛ необходимо нанести ее на соответствующую карту, то есть на места, соответствующие десятичной наборам конъюнкций, поставить единицы, а в других клетках - нули. Часто, чтобы не затенять карту, нулевые значения не проставляют.

# Склеивания соседних констант на картах Вейча выполняются их геометрическим объединением в группы, состоящие из прямоугольников с площадью 2n (n = 1, 2, ...), где под площадью подразумевается количество ячеек, которые входят в прямоугольник.

# Такое объединение называется покрытием, а прямоугольник с площадью 2n правильным. Результат записывается в виде конъюнкций, входящих в покрытие.

# Чем больше площадь покрытия, тем меньше переменных входит в результат, и чем меньше число покрытий, тем меньше конъюнкций в результате. Поэтому необходимо стремиться объединить все единицы минимальным числом покрытий максимальной площади.

# На основании вышеизложенного можно сформулировать порядок операций минимизации ФАЛ с помощью карт Вейча:

# 1. на карту наносятся все единичные значения функции;

# 2. выполняется покрытия всех единичных значений функции минимальным числом максимальных по площади правильных прямоугольников;

# 3. записывается результат в виде дизъюнкции конъюнкций, которые охватывают каждое отдельное покрытия.

# Рассмотрим пример 2: Используя метод минимизируя карт, минимизировать функцию Y (x1, x2, x3, x4) = Σ (2,3,4,5,8,10,11).

Х1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | 1 |
|  |  |  | 1 |
|  | 1 | 1 |  |
| 1 | 1 | 1 |  |

Рис.3.2. Карта Вейча для функции на примере 2

# Решение.

# Нанесем значение ФАЛ на карту Вейча.

Х2

# Выполняем покрытия всех единичных значений ФАЛ минимальным

Х4

# числом максимальных по площади правильных прямоугольников - утолщенный линия объединяет значение в карте. (10-й набор принадлежит двум прямоугольникам - на карте оттененный).

# Прямоугольник, покрывающий наборы 4 и 5, описывается термо 1 x2 3. Прямоугольник, покров наборы 8 и 10 - x12 4. Прямоугольник, который покрыл наборы 2, 3, 10 и 11 -2 x3.

Х3

# Таким образом, представим рассматриваемую ФАЛ в виде дизъюнкции конъюнкций: Y (x1, x2, x3, x4) = Σ (2,3,4,5,8,10,11) = 1 x2 3 + x1 2 4 +

# + 2 x3.

# Задание:

# Согласно варианту, минимизировать функцию:

# 1. Используя законы алгебры логики

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Y (x1, x2, x3) | № вар. | Y (x1, x2, x3) | № вар. | Y (x1, x2, x3) |
| 1 | x1 x2 + x3 + x1 | 6 | x1 (x1 + 2) + X1 3 | 11 | 12 + x12 + x12 x3 |
| 2 | x3 (2 x1 + x2 x1) | 7 | (X1 + x2) (x1 + 2 x3) | 12 | 12 x3 + 1 x2 x3 |
| 3 | x2 + x2 x1 + x3 | 8 | (X3 x2 x1 + 3 x1) x2 | 13 | x1 2 + 21 + x3 |
| 4 | 1 2 + 2 x1 + x3 | 9 | 1 + x2 1 + 3 x2 | 14 | 1 x23 + 1 x2 x3 + x1 x23 |
| 5 | x1 (3 + X2) + 2(X1 + x3) | 10 | x1 3 + 2 x1 + x2 x1 | 15 | x1 2 + X1 x2 + x1 x3 |

# 2. Используя метод минимизируя карт

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № набора | x1 | x2 | x3 | x4 | F (x1, x2, x3, x4) для варианта: | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |

# Контрольные вопросы:

1. Для чего выполнять минимизацию ФАЛ?
2. В чем суть "Скобочный" метода минимизации ФАЛ?
3. Как применить метод карт Вейча для минимизации ФАЛ?
4. Почему нужно пытаться объединить единичные значения ФАЛ покрытиями максимальной площади?
5. Сколько раз можно объединять одну ячейку с другими соседними в составе различных покрытий?
6. Какие клетки карты Вейча считаются соседними?

# Лабораторная работа №4

# Проектирование комбинационных автоматов

# теоретические сведения

# Методика проектирования комбинационного автомата с одним выходом состоит из следующих этапов:

# 1) Согласно таблице истинности записываем функцию алгебры логики в ПДНФ или ПКНФ.

# 2) Минимизация ПДНФ (ПКНФ) любым доступным методом.

# 3) Построение логической схемы комбинационного автомата в базисе заданной серии элементов.

# 4) Оценка двойственного (дуального) варианта логической схемы с учетом количества входных и выходных инверторов.

# В чем заключается двойственность логических схем? Если логические схемы разрабатываются в базисе И-НЕ и ИЛИ-НЕ, то каждая схема может быть представлена ​​в двух вариантах: основном и двойственном. Последний по конфигурации схемы ничем не отличается от основного, только в нем элементы и заменены на ИЛИ и наоборот, а все входы и выходы проинвертовани. Однако соотношение числа элементов в прямом и двойственном вариантах разное. А еще нужно учитывать, что в большинстве серий элементов входы И и ИЛИ не эквивалентны по расходам оборудования, а количество необходимых инверторов на входах и выходах прямого и двойственного вариантов также различна, а следовательно, почти всегда варианты отличаются как по количеству затраченного оборудования, так и по количеству последовательно включенных элементов. Поэтому при разработке комбинационного автомата необходимо оценивать оба варианта и выбрать лучший.

# 5) Попробовать найти такую ​​декомпозицию исходной функции, чтобы каждый фрагмент полученного расписания зависел от меньшего, чем начальная исходная функция, числа аргументов.

# 6) Выбрать из полученных на этапах 4,5 вариант, наиболее подходящий с точки зрения поставленной цели.

# Рассмотрим пример.

# Построить схему цифрового автомата S, функционирование которого описывается функцией алгебры логики Y (x1, x2, x3, x4) = Σ (1, 2, 3, 9, 11, 14, 15)

# Решение.

# Запишем ФАЛ, что описывает функционирование цифрового автомата в ПДНФ:

# Y (x1, x2, x3, x4) = Σ (1, 2, 3, 9, 11, 14, 15) =

# = 123 x4 + 12 x34 + 12 x3 x4 + x123 x4 + x12 x3 x4 + x1 x2 x34 + X1 x2 x3 x4

# Проведем минимизацию Y (x1, x2, x3, x4) используя карту Вейча для четырех переменных, рис.4.1.

# Прямоугольник, который покрыл наборы 1, 3, 9 и 11 описывается термо 2 x4.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | x1 | |  |  |  |  |  | |
|  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |
|  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  | |
| x2 |  |  | 0 1 | 1 | 0 | 0 |  |  |  | |
|  | 0 1 | 1 1 | 0 1 | 0 |  |  | х4 | |
|  |  | 1 | 1 | 1 1 | 1 | 1 |  |
|  |  |  | 0 | 0 | 1 | 0 |  |  |  | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
|  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |
|  |  |  |  | x3 | |  |  |  |  | |
| Рис.4.1. Вид карты Вейча для четырех переменных. | | | | | | | | | |

# Прямоугольник, который покрыл наборы 2 и 3 - 12 x3.

# Прямоугольник, покров наборы 14 и 15 - x1 x2 x3.

# После оптимизации рассмотрена ФАЛ принимает следующий вид:

# Y (x1, x2, x3, x4) = Σ (1, 2, 3, 9, 11, 14, 15) = 2 x4 + 12 x3 + x1 x2 x3.

# По полученной ФАЛ составим логическую схему комбинационного автомата, рис.4.2. (Вариант А)

# Таким образом, комбинационный автомат в базисе серии К555 можно составить из: DA1 - К555ЛН1, DA2 - К555ЛИ3, DA3 - К555ЛЛ1, рис.4.3.

# Оценим другие варианты логической схемы конечного автомата.

# Представим ФАЛ в базисе И-НЕ

# Y (x1, x2, x3, x4) =

# Согласно ФАЛ строим логическую схему варианта B комбинационного автомата, рис.4.4. Используя DA4, DA5 - К555ЛА4 строим логическую схему варианта B комбинационного автомата в базисе серии К555, рис.4.5.

# Представим ФАЛ в базисе ИЛИ-НЕ

# Y (x1, x2, x3, x4) =

Согласно ФАЛ строим логическую схему варианта C комбинационного автомата, рис.4.6. Используя DA6 - К555ЛН1, DA7 - К555ЛЕ1, DA8 - К555ЛЛ1, строим логическую схему варианта C комбинационного автомата в базисе серии К555, рис.4.7

\_

\_

\_

\_

DA3.1

DA1.1

DA2.1

x1

x2

x3

x4

Y

x2 x4

1

&

x2 x4

x1

x2

x3

x4

&

x2

\_

\_

\_

\_

x1 x2 x3 v x1 x2 x3

\_

\_

x2

1

Y

1

x1 x2 x3

\_

x1 x2 x3

x1 x2 x3

1

\_

DA2.2

DA1.2

&

&

1

x1

x1

DA3.2

1

1

x1 x2 x3

DA2.3

&

&

# F =2 x4 +12 x3 + x1 x2 x3

Рис.4.3. Логическая схема комбинационного автомата в базисе серии К555 (вариант А)

Рис.4.2. Логическая схема комбинационного автомата (вариант А)

\_\_\_

\_

\_

x1

x2

x3

x4

x2 x4

x2 x4

\_

1

&

x2

\_

x1

\_

\_\_\_\_

x1 x2 x3

\_\_\_\_

\_

\_

\_

x2 x4 v x1x2 x3 v x1 x2 x3

\_\_

x1 x2 x3

\_

\_

\_\_\_\_

x1 x2 x3

&

\_

\_

x1 x2 x3

&

\_

x1

DA4.2

DA5.1

DA5.2

DA5.3

\_

\_

\_\_\_\_\_

x2 x4

DA4.1

DA4.3

\_\_\_\_

x1 x2 x3

x2

# F =

Рис.4.5. Логическая схема комбинационного автомата в базисе серии К555 (вариант B)

x1 x2 x3

\_

\_\_\_

Y

&

&

&

&

&

&

x1

x2

x3

x4

Y

\_\_\_\_

Рис.4.4. Логическая схема комбинационного автомата (вариант B)

1

1

1

&

1

1

\_

\_\_\_\_\_

\_

\_

x2 v x4

x2 v x4

x4

1

1

1

x1

x2

x3

x4

\_

\_

\_\_\_\_\_\_\_\_

Y

1

x1 v x2 v x3

x1 v x2 v x3

1

1

\_

x3

1

\_

\_

\_

\_

# F =

\_\_\_\_\_\_\_\_

\_

\_

\_

x1 v x2 v x3

x1 v x2 v x3

x1

1

1

1

\_

x2

\_

\_\_\_\_\_

x1

x2

x3

x4

1

x2 v x4

Y

\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_

\_

\_

\_

\_

\_

1

1

x1 v x2 v x3 v x1 v x2v x3

x4

1

\_

\_\_\_\_\_\_\_\_

Рис.4.6. Логическая схема комбинационного автомата (вариант C)

x1 v x2 v x3

x1 v x2

1

1

1

\_

\_

\_

\_

\_\_\_\_\_\_\_

x3

1

x1 v x2 v x3

\_

\_

\_

1

x1

x1 v x2

1

1

\_

x2

Рис.4.7. Логическая схема комбинационного автомата в базисе серии К555 (вариант C)

1

# Оценивая полученные варианты комбинационного автомата по расходам оборудование (микросхем), наиболее подходящим вариантом является вариант B, который и принимается как решение. Следует отметить, что вариант В лучший с точки зрения того, что схема собрана на двух одинаковых микросхемах - К555ЛА4.

# Задание

# Построить схему цифрового автомата.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № набора | x1 | x2 | x3 | x4 | F (x1, x2, x3, x4) для варианта: | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |

# Примечание. Для составления логической схемы комбинационного автомата может использоваться серия К555.

# Состав серии К555 (тип логики ТТЛ).

|  |  |
| --- | --- |
| К555ЛА1 | два элемента 4 и - НЕ |
| К555ЛА2 | элемент 8 и - НЕ |
| К555ЛАЗ | четыре элемента 2 и - НЕ |
| К555ЛА4 | три элемента С И - НЕ |
| К555ЛА9 | четыре элемента 2 и - НЕ с открытым коллектором |
| К555ЛЕ1 | четыре элемента 2 ИЛИ - НЕ |
| К555ЛИ1 | четыре элемента 2 и |
| К555ЛИ6 | два элемента 4 и |
| К555ЛЛ1 | четыре элемента 2 ИЛИ |
| К555ЛН1 | шесть элементов НЕ |
| К555ЛН2 | шесть элементов НЕ |
| К555ЛР11 | два элемента 2 - 2 И - 2 ИЛИ - НЕ и 3 - с I - 2 ИЛИ - НЕ |
| К555ТВ6 | два JK - триггеры со сбросом |
| К555КП12 | 2 - разрядный 4 - канальный коммутатор с тремя состояниями |
| К555ИД4 | сдвоенный дешифратор 2 входа - 4 выхода. |
| К555ИД7 | двоичный дешифратор на 8 направлений. |
| К555СП1 | схема сравнения двух 4 - разрядных чисел. |
| К555ИЕ7 | реверсивный 4 - разрядный двоичный счетчик. |
| К555ИР16 | универсальный 4 - разрядный регистр с сдвигом |

# Микросхемы, которые вероятнее всего смогут войти в состав комбинационного автомата.

1

1

1

2

4

5

9

10

12

13

6

11

**К555ЛЛ1**

1

1

3

8

&

&

1

2

4

5

9

10

12

13

6

8

**К555ЛА1**

&

&

1

2

4

5

9

10

12

13

6

11

**К555ЛИ1**

&

&

3

8

1

1

2

3

5

6

8

9

11

12

4

13

**К555ЛЕ1**

1

1

1

10

&

&

1

2

13

3

4

5

10

11

6

8

**К555ЛА4**

&

12

9

&

&

1

2

13

3

4

5

10

11

6

8

**К555ЛИ3**

&

12

9

&

&

1

2

4

5

9

10

12

13

6

11

**К555ЛА3**

&

&

3

8

&

&

1

2

4

5

9

10

12

13

6

8

**К555ЛИ6**

1

1

3

5

9

11

13

8

12

**К555ЛН1, К555ЛН2**

2

10

1

1

1

1

1

4

6

Контрольные вопросы:

1. Какой автомат называется комбинационным?
2. Какая функция называется комбинационной?
3. Почему нужно рассматривать дуальные варианты логических схем?
4. Какие критерии следует учитывать, выбирая вариант логической схемы для воплощения в практику?

# Лабораторная работа №5

# Проектирование конечного автомата

# Цель работы: Освоение этапов и методов проектирования логических схем третьего типа с использованием элементов памяти.

# Необходимо спроектировать логическую схему цифрового устройства. которая упорядочит заданную последовательность (согласно варианту) с неупорядоченной последовательности из трех деталей А, В, С, что в одиночку движутся по конвейерной линии и появляются в "поле зрения" устройства в тактовые моменты времени.

# Рассмотрим выполнение задачи на примере.

# Пусть задана последовательность ВАВСВ.

# Из условия задачи видно, что работа такого устройства заключается в выполнении последовательности операций определенного цикла и для того, чтобы была выполнена очередная операция, само устройство должно находиться в строго определенном состоянии. Такие устройства относятся к конечных автоматов.

# Состояние конечных автоматов определяется состоянием памяти. В связи с тем, что упорядоченная последовательность состоит из пяти букв, память автомата должна состоять из пяти состояний. Обозначим их S0, S1, S2, S3, S4, или в двоичной системе S000, S001, S010, S011, S100.

# В соответствии с заданной последовательности ВАВСВ, которую должен сформулировать автомат, состояние S000 считается начальным состоянием или состоянием ожидания первой детали В, а другие S001 - состояние ожидания детали А; S010 - состояние ожидания второй детали В; S011 - состояние ожидания детали С; S100 - состояние ожидания третьей детали В.

# Рассмотрим работу автомата и построим его граф и функциональную схему.

# В исходном состоянии S000 при появлении в "Поле зрения" автомата детали А или С он должен их "отбросить", то есть выработать на выходе сигнал (T) и оставаться в том же состоянии S000. Если в некоторый момент в"Поле зрения" автомата появилась деталь В, он должен ее пропустить, то есть выработать на выходе управляющий сигнал Y (t) и перейти в состояние S001. Для этого автомат должен выработать один из сигналов совокупности Q (t), чтобы сформулировать состояние памяти для последующего [t + 1] такта.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  | память | | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | T1 | < |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | T2 | < |  |  |  |  |  |  |  |
| S (t + 1) | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Q (t) | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | T3 | < |  |  |  |  |  |  |  |
|  | S1 | | S2 | | S3 | |  |  |  | q3 | q2 | q1 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| A |  | ▼ | | ▼ | | ▼ | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| > | комбинационная схема | | | | | | | | | | | | | |  |  |
| B | Y (t) |  |
| > | > |
| C |  |
| > |  |  |
|  |  |  |
| Рис.5.1 - Функциональная схема конечного автомата. | | | | | | | | | | | | | | | | | |

# Память автомата реализовывать с помощью триггеров со счетными входами.

# Такой триггер имеет два устойчивых состояния 1 и 0, что меняются каждый раз, когда на его вход приходит единичный сигнал. Количество состояний памяти, реализуемой с помощью триггеров, определяется числом 2n где n - количество триггеров. Это означает, что с помощью одного триггера можно получить два состояния памяти, двух триггеров - 4, а трех триггеров - 8 состояний памяти. В нашем случае необходимо иметь пять состояний памяти, следовательно их можно получить с помощью трех триггеров. При этом три состояния будут избыточными.

# Построим функциональную схему конечного автомата (рис.5.1).

# Состояние автомата, как видно с рис.5.1, будет обеспечиваться совокупностью S1, S2, S3. Поэтому, для обеспечения состояния S000 необходимо, чтобы в предыдущий [t-1] такт на входы триггеров поступила такая совокупность сигналов q1, q2, q3, чтобы на их входах сформулировать S1 = 0, S2 = 0, S3 = 0.

# Если автомат в настоящее тактовый момент [t] находится в начальном состоянии S000 и на его вход поступил сигнал о наличии детали B, то ее комбинационная схема, кроме конкретного сигнала Y, обязана выработать и подать на вход триггера Т3 сигнал q3 = 1. такой сигнал переведет триггер Т3 в состояние 1 и обеспечит на выходе из памяти совокупность S1 = 0, S2 = 0, S3 = 1, то есть состояние S001.

# Если в тактовый момент [t] автомат находится в состоянии S001, то с появлением в его "поле зрения" детали B или C он должен сформулировать сигнал - отбросить, а с появлением детали A сформулировать сигнал Y - пропустить и сигналы - q2 = 1 и q3 = 1 Сигнал q2 = 1 обеспечивает на выходе триггера Т2 - S2 = 1, а сигнал q3 = 1 на выходе триггера Т3 - S3 = 0, то есть состояние S010.

# В дальнейшем при появлении в "поле зрения" автомата, который находится в состоянии S010, деталей A или C он вырабатывает сигнал - отбросить, а при появлении детали B - формирует сигнал Y - пропустить и сигнал q3 = 1, то есть сформулировать состояние S011. Все другие состояния автомата можно описать на основе аналогичных соображений.

# Построим граф работы автомата (рис.5.2). На графе вершинам соответствует состояние автомата.

# После построения графа и функциональной схемы перейдем к составлению таблицы функционирования автомата для выходных сигналов Y и сигналов Q (табл.5). При этом будем считать, что каждый раз в конкретном состоянии последовательно задаются совокупности: A = 1, B = 0, C = 0 A = 0, B = 1, C = 0; A = 0, B = 0, C = 1.

q3

B, Y

BC,

AC,

AB,

AC,

AC,

q1

B, Y

C, Y

q1, q2, q3

q3

q2, q3

A, Y

B, Y

Рис.5.2. Граф конечного автомата

# Таблица 5 - таблица функционирования автомата

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| состояниекомбинационного автомата | Входные сигналы КС | | | | | | № набора | Выходы из КС | | | сигналуправленияY |
| внешние | | | Из памяти | | |
| A | B | C | S1 | S2 | S3 | q1 | q2 | q3 |
| S000 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S001 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 33 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S010 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 18 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S011 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| S100 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 20 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |

# 

# Из таблицы функционирования для всех входных переменных запишем ФАЛ в ПДНФ:

# Y = B123 + A12 S3 + B1 S2 3 + C1 S2 S3 + BS1 23

# q1 = C1 S2 S3 + BS1 23

# q2 = A12 S3 + C1 S2 S3

# q3 =B123 + A12 S3 + B1 S2 3 + C1 S2 S3

# Используя числовой способ задания ФАЛ можно записать так:

# Y = Σ (11, 16, 18, 20, 33)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | X5 | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | X1 | |  |  |  | X1 | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| X6 |  | X2 |  |  | 51 | 59 | 27 | 19 |  | 49 | 57 | 25 | 17 |  |  |  |
|  |  |  | 55 | 63 | 31 | 23 |  | 53 | 61 | 29 | 21 |  |  | X4 |
|  |  |  |  | 39 | 47 | 15 | 7 |  | 37 | 45 | 13 | 5 |  |  |
|  |  |  |  | 35 | 43 | 11 | 3 |  | 33 | 41 | 9 | 1 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | X2 |  |  | 50 | 58 | 26 | 18 |  | 48 | 56 | 24 | 16 |  |  |  |
|  |  |  |  | 54 | 62 | 30 | 22 |  | 52 | 60 | 28 | 20 |  |  | X4 |
|  |  |  |  |  | 38 | 46 | 14 | 6 |  | 36 | 44 | 12 | 4 |  |  |
|  |  |  |  |  | 34 | 42 | 10 | 2 |  | 32 | 40 | 8 | 0 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | X3 | |  |  |  | X3 | |  |  |  |  |
| Рис.5.3. Шестиместная карта Вейча. | | | | | | | | | | | | | | | | |

q1 = Σ (11, 20)

q2 = Σ (11, 33)

q3 = Σ (11, 16, 18, 33)

Поскольку на входе комбинационной схемы шесть переменных (A, B, C, S1, S2, S3) то минимизацию ФАЛ осуществим с помощью шестиместной карты Вейча (рис.5.3). Поскольку такая карта состоит из нескольких пидкарт, то в каждой пидкарти соседними является конъюнкции, которые расположены рядом или на противоположных сторонах пидкарты.

В отдельных же пидкартах соседними будут те клетки конъюнкций, расположенных на соответствующих местах, то есть те, которые совпадают, если пидкарты наложили друг на друга. Например, ячейке 15 соседними является клетки 7, 11, 31, 47 в своей пидкарти и клетки 12, 13 и 14 в других пидкартах.

Согласно табл.1 автомат определен на 15-ти наборах: 32, 16, 8, 33, 17, 9, 34, 18, 10, 35, 19, 11, 36, 20, 12. На остальных наборов выходы автомата безразличны , то есть они могут быть "к определенному" так. чтобы при минимизации увеличивалась площадь покрытия, то есть количество "склеиваемых" клеток карт Вейча. На картах Вейча все ячейки, на которых значения выходов автомата не определен, обозначаем символом \*.

Карта Вейча для минимизации функции выхода изображена на рис.5.7. На ней клетки наборов 11, 16, 18, 20, 33 обозначены символом 1. Это наборы, на которых функция Y принимает соответствующее значение.

# Клетки наборов 8, 9, 10, 12, 17, 19, 32, 34, 35, 36 принимают значения 0 Все остальные ячейки наборов, на которых автомат неопределенный - обозначим символом \* (чтобы не затемнить карту 0 или \* можно не ставить , то есть для одного из значений ячейки можно оставить пустыми - незаполненными, но при этом следует помнить значение ФАЛ).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | S2 | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | S2 | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | A | |  |  |  | A | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | A | |  |  |  | А |  | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| S3 |  | B |  |  | \* | \* | **\*** | 0 |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  |  |  |  | S3 |  | B |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  |  |  |
|  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  |  | S1 |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  |  | S1 |
|  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  |  |  |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  |  |
|  |  |  |  | 0 | \* | 1 | **\*** |  | 1 | \* | 0 | **\*** |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 | \* | 1 | **\*** |  | 0 | \* | 0 | **\*** |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | B |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | 1 |  | **\*** | **\*** | **\*** | 1 |  |  |  |  |  |  | B |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  |  |  |
|  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | 1 |  |  | S1 |  |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | 1 |  |  | S1 |
|  |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | 0 | **\*** | 0 | **\*** |  |  |  |  |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | 0 | **\*** | 0 | **\*** |  |  |
|  |  |  |  |  | 0 | \* | 0 | **\*** |  | 0 | **\*** | 0 | **\*** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 | \* | 0 | **\*** |  | 0 | **\*** | 0 | **\*** |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | C | |  |  |  | C | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | C | |  |  |  | C | |  |  |  |  |
| Рис.5.7. Карта Вейча дляминимизации функции Y | | | | | | | | | | | | | | | | |  | Рис.5.4. Карта Вейча дляминимизации функции q1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  | S2 | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | S2 | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | A | |  |  |  | A | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | A | |  |  |  |  | A | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| S3 |  | B |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  |  |  |  | S3 |  | B |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  |  |  |
|  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  |  | S1 |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  |  | S1 |
|  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  |  |  |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  |  |
|  |  |  |  | 0 | \* | 1 | **\*** |  | 1 | \* | 0 | **\*** |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 | \* | 1 | **\*** |  | 1 | \* | 0 | **\*** |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | B |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  |  |  |  |  |  | B |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | 1 |  | **\*** | **\*** | **\*** | 1 |  |  |  |
|  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  |  | S1 |  |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | **\*** | **\*** | **\*** | 0 |  |  | S1 |
|  |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | 0 | **\*** | 0 | **\*** |  |  |  |  |  |  |  |  | **\*** | **\*** | **\*** | **\*** |  | 0 | **\*** | 0 | **\*** |  |  |
|  |  |  |  |  | 0 | \* | 0 | **\*** |  | 0 | **\*** | 0 | **\*** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 | \* | 0 | **\*** |  | 0 | **\*** | 0 | **\*** |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | C | |  |  |  | C | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | C | |  |  |  | C | |  |  |  |  |
| Рис.5.5. Карта Вейча для минимизации функции q2 | | | | | | | | | | | | | | | | |  | Рис.5.6. Карта Вейча для минимизации функции q3 | | | | | | | | | | | | | | | | |

# Аналогично проводим минимизацию функций q1 (рис.5.4), q2 (рис.5.5) и q3 (рис5.6).

# После минимизации ПДНФ имеют вид:

# Y = A2 S3 + C S2 S3 + BS13+ B13

# q1 = C S2 S3 + BS13

# q2 = A2 S3 + C S2 S3

# q3 = A2 S3 + B13+ C S2 S3

На основе полученных формул в базисе элементов И, ИЛИ, НЕ и с использованием триггеров со счетным входом строим логическую схему конечного автомата, рис.5.8.

A

B

C

S1

S1

S2

S2

S3

S3

Y

CS2S3

1

1

1

1

&

BS1S3

q1

S1

TT

TT

TT

&

S1

AS2S3

q2

S2

&

&

S2

q3

S3

BS1S3

S3

# Рис. 5.8. Логическая схема конечного автомата

# Задание

# Согласно варианту построить функциональную схему, граф и таблицу функционирования конечного автомата, провести минимизацию функций выхода и на основе полученных формул в базисе элементов И, ИЛИ, НЕ и используя триггеры со счетным входом построить логическую схему конечного автомата.

|  |  |
| --- | --- |
| № вар. | последовательность |
| 1 | ААВСВ |
| 2 | АВСВ |
| 3 | ВАСАВ |
| 4 | СВАВС |
| 5 | ВСААВ |
| 6 | ССВВА |
| 7 | вался |
| 8 | САСАВ |
| 9 | АСАВВ Контрольные вопросы:Что такое триггер?Сколько состояний памяти можно реализовать с помощью 1 или n триггеров?Как выполнять минимизацию полностью не определенных функций?Сколько пидкарт нужно для минимизации функции от n переменных методом минимизируя карт?Какие функции называют временными? |
| 10 | всасе |
| 11 | ААСВВ |
| 12 | ВВАВС |
| 13 | ВАВАС |
| 14 | ВАСВС |
| 15 | ВСВС |

# литература

1. Баранов С.И.

Синтез микропрограммных автоматов.

- Ленинград; Энергия, 1974г.

2.Жабин В.И. и др.

Логические основы и схемотехника ЗТМ Практикум.

-К.: ВЕК +, 1991.

3.Майоров С.А. И ДР.

Проектирование цифровых вычислительных машин.

-М .: В.Ш., 1972г.

4. Поспелов Д.А.

Логические методы анализа и синтеза схем.

- М.: Энергия, 1974г.

5.Самофалов К.Г. и др.

Прикладная теория цифровых автоматов.

- М .: В.Ш., 1987г.

6. Самофалов К. др.

Цифровые ЭВМ. Практикум.

-К .. В.Ш., 1989

7. Скляров В.А.

Синтез автоматов на матричных бис.

- Минск Наука и техника, 1984г.

8. Шауман А.М.

Основы машинной арифметики.

Л. "Издательство Ленинградский ун-та", 1979.

9. Савельев А.Я.

Прикладная теория цифровых автоматов.

-М. : В.Ш. 1987.

10 Обнаружение и исправление ошибок в дискретных устройствах.

Под ред. В.С.Толстякова.

-М .: Совр. Радио, 1972.

11 Блейсклы Т.

Проектирование цифровых устройств с малыми и большими интегральнымы схемам.

М .: В.Ш., 1981г.

12.Хоуп Г.

Проектирование цифровых вычислительных машин и интегральных схем.

- М .: Мир, 1984г.

13. Поспелов Д.А.

Арифметические основы вычислительных машин дискретного действия.

- М .: В.Ш., 1970г.