Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра вычислительных машин, систем и сетей

Дисциплина: Арифметические и логические основы

цифровых устройств

К ЗАЩИТЕ ДОПУСТИТЬ

Ю. А. Луцик

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе

на тему

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СУММАТОРА-

УМНОЖИТЕЛЯ ДВОИЧНО-ЧЕТВЕРИЧНЫХ ЧИСЕЛ

БГУИР КР 1-40 02 01 202 ПЗ

Студент М. А. Бекетова

Руководитель Ю. А. Луцик

МИНСК 2023

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Арифметические и логические основы

цифровых устройств

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭВМ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Б. В. Никульшин

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_г.

ЗАДАНИЕ

по курсовой работе студента

Бекетовой Марии Александровны

1. Тема работы: «Проектирование и логический синтез сумматора- умножителя двоично-десятичных чисел»
2. Срок сдачи студентом законченной работы: до 20 мая 2023г.
3. Исходные данные к работе:
   1. Исходные сомножители: Мн = 61,47; Мт = 74,34;
   2. Алгоритм умножения: В;
   3. Метод умножения: умножение закодированного двоично-четверичного множимого на два разряда двоичного множителя одновременно в дополнительных кодах;
   4. Коды четверичных цифр множимого для перехода к двоично- четверичной системе кодирования: 04 – 00, 14 – 01, 24 – 11, 34 – 10;
   5. Тип синтезируемого умножителя: 2;
   6. Логический базис для реализации ОЧС: ИЛИ, Сумма по модулю 2, Тождественная единица; метод минимизации – карты Карно-Вейча;
   7. Логический базис для реализации ОЧУС: И, Сумма по модулю 2, Тождественная единица; метод минимизации – алгоритм Рота, карты Карно-Вейча.
4. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

Введение. 1. Разработка алгоритма умножения. 2. Разработка структурной схемы сумматора-умножителя. 3. Разработка функциональных схем основных узлов сумматора-умножителя. 4. Синтез комбинационных схем устройств на основе мультиплексоров. 5. Оценка результатов разработки. Заключение. Список литературы.

1. Перечень графического материала:
   1. Умножитель-сумматор 2 типа. Схема электрическая структурная.
   2. Однозарядный четверичный умножитель-сумматор. Схема электрическая функциональная.
   3. Однозарядный четверичный сумматор. Схема электричская функциональная.
   4. Однозарядный четверичный сумматор. Реализация на мультиплексорах. Схема электрическая функциональная.
   5. Преобразователь множителя. Схема электрическая функциональная.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование этапов  курсовой работы | Объем этапа,  % | Срок выполнения этапа | Примечания |
| Разработка алгоритма умножения | 10 | 10.02–20.02 |  |
| Разработка структурной схемы сумматора-умножителя | 10 | 21.02–09.03 | С выполнением  чертежа |
| Разработка функциональных схем основных узлов сумматора- умножителя | 50 | 10.03–30.04 | С выполнением чертежей |
| Синтез комбинационных схем устройств на основе мультиплексоров | 10 | 01.05–15.05 | С выполнением чертежа |
| Завершение оформления пояснительной записки | 20 | 15.05–20.05 |  |

Дата выдачи задания: 10 февраля 2022г.

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_ Луцик Ю.А.

ЗАДАНИЕ ПРИНЯЛ К ИСПОЛНЕНИЮ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ Бекетова М.А.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ …........................................................................................................ 4

1. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УМНОЖЕНИЯ ............................................... 5

2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СУММАТОРА-УМНОЖИТЕЛЯ ….............................................................................................................................. 8

3. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ СУММАТОРА-УМНОЖИТЕЛЯ ......................................................................... 9

3.1. Логический синтез одноразрядного четверичного умножителя ................. 9

3.2. Логический синтез одноразрядного четверичного сумматора-умножителя ................................................................................................................................ 28

3.3. Логический синтез преобразователя множителя ........................................ 31

4. СИНТЕЗ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ ....................................................................................... 33

5. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗРАБОТКИ .................................................... 35

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .................................................................................................... 36

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .................................................................................... 37

ПРИЛОЖЕНИЕ А ................................................................................................ 38

ПРИЛОЖЕНИЕ Б ................................................................................................. 39

ПРИЛОЖЕНИЕ В ................................................................................................ 40

ПРИЛОЖЕНИЕ Г ................................................................................................. 41

ПРИЛОЖЕНИЕ Д ................................................................................................ 42

ПРИЛОЖЕНИЕ Е ................................................................................................. 43

**ВВЕДЕНИЕ**

Курсовое проектирование является обязательным элементом подготовки специалиста с высшим образованием и одной из форм текущей аттестации студента по учебной дисциплине. Для студентов это первая работа такого рода и объёма. Она содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований по дисциплине “Арифметические и логические основы вычислительной техники”, включает совокупность аналитических, расчётных, экспериментальных заданий и предполагает выполнение конструкторских работ и разработку графической документации.

Целью данной курсовой работы является проектирование такого цифрового устройства, как двоично-четверичный сумматор-умножитель (СУ). Сумматор является одним из центральных узлов арифметико-логического устройства (АЛУ) вычислительной машины, поэтому глубокое понимание принципов его работы критически важно для современного инженера. Для того чтобы спроектировать данное устройство, необходимо пройти несколько последовательных этапов разработки:

* Разработка алгоритма умножения чисел, по которому работает СУ
* Разработка структурной схемы СУ
* Разработка функциональной схемы основных узлов структурной схемы СУ
* Оценка результатов проделанной работы
* Оформление документации по проделанной работе

В ходе выполнения курсовой работы автором были пройдены все эти этапы. В настоящей пояснительной записке изложено краткое описание процесса проектирования и приведена разработанная автором графическая документация по структурной схеме и функциональным схемам основных её узлов.

**1. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УМНОЖЕНИЯ**

1. Перевод сомножителей из десятичной системы счисления в четверичную.

**Множимое**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| \_ 61 | 4 |  |  |  |  | 0,47 |
| 60 | \_ 15 | 4 |  |  | \* | 4 |
| 1 | 12 | 3 |  |  |  | 1,88 |
|  | 3 |  |  |  | \* | 4 |
|  |  |  |  |  |  | 3,52 |
|  |  |  |  |  | \* | 4 |
|  |  |  |  |  |  | 2,08 |

Мн4 = 331,132.

В соответствии с заданной кодировкой множимого:

Мн2/4 = 101001,011011.

**Множитель**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| \_ 74 | 4 |  |  |  |  |  | 0,34 |
| 72 | \_ 18 | 4 |  |  |  | \* | 4 |
| 2 | 16 | \_ 4 | 4 |  |  |  | 1,36 |
|  | 2 | 4 | 1 |  |  | \* | 4 |
|  |  | 0 |  |  |  |  | 1,44 |

Мт4 = 1022,11.

В соответствии с обычной весомозначной кодировкой множителя:

Мт2/4 = 01001010,0101

2. Запишем сомножители в форме с плавающей запятой в дополнительном коде:

Мн = 0,101001011011 РМн = 0.0010 +0310 – закодировано по заданию,

Мт = 0,010010100101 РМт = 0.0100 +0410 – закодировано традиционно.

3. Умножение двух чисел с плавающей запятой на два разряда множителя одновременно в дополнительных кодах. Сложение порядков, формирование знака произведения, преобразование разрядов множителя согласно алгоритму и перемножение мантисс сомножителей.

Порядок произведения:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| РМн | = | 0.0010 | 034 |
| РМт | = | 0.0100 | 104 |
| РМн∙Мт | = | 0.0110 | 134 |

Знак произведения определяется суммой по модулю два знаков сомножителей:

зн Мн ⊕ зн Мт = 0 ⊕ 0 = 0.

При умножении чисел в дополнительных кодах диада 11(34) заменяется на триаду , диада 10(24) заменяется на триаду Преобразованный множитель имеет вид М = .

Перемножение мантисс по алгоритму «В» представлено в таблице 1.1

Таблица 1.1 — Перемножение мантисс

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Четверичная С/С** | | **Двоично-четверичная С/C** | | **Комментарии** |
| **1** | | **2** | | **3** |
| 0, | 000000000000 | 00, | 000000000000000000000000 | ∑0ч |
| 0, | 000000331132 | 00, | 000000000000101001011011 | П1ч = [Мн]д |
| 0,  0, | 000000331132  000003311320 | 00,  00, | 000000000000101001011011  000000000010100101101100 | ∑1ч  ∑1ч \* 41 |
| 0, | 000000331132 | 00, | 000000000000101001011011 | П2ч = [Мн]д |
| 0,  0, | 000010303112  000103031120 | 00,  00, | 000000000100100010010111  000000010010001001011100 | ∑2ч  ∑2ч \* 41 |
| 3, | 333333002202 | 10, | 101010101010000011110011 | П3ч = [-Мн]д |
| 0,  0, | 000102033322  001020333220 | 00,  00, | 000000010011001010101111  000001001100101010111100 | ∑3ч  ∑3ч \* 41 |
| 3, | 333332011010 | 10, | 101010101011000101000100 | П4ч = [-2Мн]д |
| 0,  0, | 001013010230  010130102300 | 00,  00, | 000001000110000100111000  000100011000010011100000 | ∑4ч  ∑4ч \* 41 |
| 0, | 000000331132 | 00, | 000000000000101001011011 | П5ч = [Мн]д |
| 0,  0, | 010131100032  101311000320 | 00,  00, | 000100011001010000001011  010001100101000000101100 | ∑5ч  ∑5ч \* 41 |
| 0, | 000000331132 | 00, | 000000000000101001011011 | П6ч = [Мн]д |
| 0, | 101311332112 | 00, | 010001100101101011010111 | ∑6ч |

После окончания умножения необходимо оценить погрешность вычислений. Для этого полученное произведение (Мн4 ∙ Мт4 = 0,101311332112, РМн ∙ Мт = 7) приводится к нулевому порядку, а затем переводится в десятичную систему счисления:

Мн4 ∙ Мт4 = 1013113,32112 РМн ∙ Мт = 0;  
Мн10 ∙ Мт10 = 4567,8964.

Результат прямого перемножения операндов дает следующее:

Мн10 ∙ Мт10 = 61,47 \* 74,34 = 4569,6798.

Абсолютная погрешность:

Δ = 4569,6798 – 4567,8964 = 1,7834.

Относительная погрешность:

Эта погрешность получена за счёт приближённого перевода из десятичной системы счисления в четверичную обоих сомножителей, а также за счёт округления полученного результата произведения.

**2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СУММАТОРА-УМНОЖИТЕЛЯ**

Структурная схема сумматора-умножителя второго типа для алгоритма умножения «В» представлена в приложении А.

Структурная схема второго типа строится на базе заданных узлов ОЧУС, ОЧС, формирователя дополнительного кода и регистра результата. Управление режимами работы схемы осуществляется внешним сигналом Mul/sum, который определяет вид текущей арифметической операции (умножение или суммирование).

Если устройство работает как сумматор, то оба слагаемых последовательно (за два такта) заносятся в регистр множимого, а на управляющий вход формирователя дополнительного кода F2 поступает «1».

Если устройство работает как умножитель, то множимое и множитель помещаются в соответствующие регистры, а на управляющий вход ФДК F2 поступает «0».

Принцип работы ФДК, в зависимости от управляющих сигналов, приведён в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Режимы работы формирователя дополнительного кода

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Сигналы на входах ФДК** | | **Результат на выходах ФДК** |
| *F1* | *F2* |
| 0 | 0 | Дополнительный код множимого |
| 0 | 1 | Дополнительный код слагаемого |
| 1 | 0 | Меняется знак Мн |
| 1 | 1 | Меняется знак слагаемого |

**3. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ СУММАТОРА-УМНОЖИТЕЛЯ**

**3.1 Логический синтез одноразрядного четверичного сумматора-умножителя**

ОЧУС – это комбинационное устройство, имеющее 6 входов (2 разряда из регистра Мн, 2 разряда из регистра Мт, вход переноса и управляющий вход *H*) и 3 выхода.

Разряды множимого закодированы: 0 – 00, 1 – 01, 2 – 11, 3 – 10;

Разряды множителя закодированы: 0 – 00, 1 – 01, 2 – 10, 3 – 11;

Управляющий вход *H* определяет тип операции: «0» – умножение закодированных цифр, поступивших на информационные входы, и добавление переноса; «1» – вывод на выходы без изменения значений разрядов, поступивших из регистра Мн.

В таблице 3.1.1 выделено 36 безразличных наборов, т.к. на входы ОЧУС из разрядов Мт не может поступить код «11», при работе ОЧУС как сумматора на вход переноса не может поступить 1, а при умножении на 0 или 1 на вход переноса также не может поступить 1.

Таблица 3.1.1 — Таблица истинности ОЧУС

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Пер.** | **Мн.** | | **Мт.** | | **Упр.** | **Перенос** | **Результат** | | **Пример операции в четверичной с/с** |
| ***p*** | ***x1*** | ***x2*** | ***y1*** | ***y2*** | ***H*** | ***P*** | ***Q1*** | ***Q2*** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 \* 0 + 0 = 00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | Выход – код «00» |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 \* 1 + 0 = 00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | Выход – код «00» |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 \* 2 + 0 = 00 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | Выход – код «00» |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 0 \* 3 + 0 = 00 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «00» |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 \* 0 + 0= 00 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | Выход – код «01» |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 \* 1 + 0 = 01 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | Выход – код «01» |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 \* 2 + 0 = 02 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | Выход – код «01» |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 1 \* 3 + 0 = 03 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «01» |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 \* 0 + 0 = 00 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | Выход – код «03» |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 \* 1 + 0 = 03 |

Продолжение таблицы 3.1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | Выход – код «03» |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 \* 2 + 0 = 12 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | Выход – код «03» |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 3 \* 3 + 0 = 21 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «03» |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 \* 0 + 0 = 00 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | Выход – код «02» |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 \* 1 + 0 = 02 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | Выход – код «02» |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 \* 2 + 0 = 10 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | Выход – код «02» |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 2 \* 3 + 0 = 12 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «02» |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | х | х | х | 0 \* 0 + 1 = 01 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | х | х | х | Выход – код «00» |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | х | х | х | 0 \* 1 + 1 = 01 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | х | х | х | Выход – код «00» |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 \* 2 + 1 = 01 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | х | х | х | Выход – код «00» |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 0 \* 3 + 1 = 01 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «00» |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | х | х | х | 1 \* 0 + 1 = 01 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | х | х | х | Выход – код «01» |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | х | х | х | 1 \* 1 + 1 = 02 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | х | х | х | Выход – код «01» |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 \* 2 + 1 = 03 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | х | х | х | Выход – код «01» |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 1 \* 3 + 1 = 10 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «01» |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | х | х | х | 3 \* 0 + 1 = 01 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | х | х | х | Выход – к од «03» |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | х | х | х | 3 \* 1 + 1 = 10 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | х | х | х | Выход – код «03» |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 \* 2 + 1 = 13 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | х | х | х | Выход – код «03» |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 3 \* 3 + 1 = 22 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «03» |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | х | х | х | 2 \* 0 + 1 = 01 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | х | х | х | Выход – код «02» |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | х | х | х | 2 \* 1 + 1 = 03 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «02» |

Продолжение таблицы 3.1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 \* 2 + 1 = 11 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | х | х | х | Выход – код «02» |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 2 \* 3 + 1 = 13 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «02» |

**Минимизация функции *P*:**

Минимизацию функции *P* проведем с помощью карт Вейча. Для функции *Р* заполненная карта приведена на рисунке 3.1.1. В рисунках 3.1.1 – 3.1.3 символом «х» отмечены наборы, на которых функция может принимать произвольное значение (безразличные наборы).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | x1 | | | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| p |  | x | x | x | x | x | x | x | x |  |  |  |
|  | x | x | x | x | x | x | x | x |  |  | H |
|  | x | x | x | x | x | x | x | x |  |  |  |
|  | 1 | x | x | 1 | 0 | x | x | 0 |  | y1 |  |
|  |  | 1 | x | x | 1 | 0 | x | x | 0 |  |  |  |
|  |  | 0 | x | x | 0 | 0 | x | x | 0 |  |  | H |
|  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |
|  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | x2 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | y2 | |  |  | y2 | |  |  |  |  |

Рисунок 3.1.1 — Минимизация функции *Р* картой Вейча

Следовательно:

*P* =

Запишем результат базисе И – Тождественная единица – Сумма по модулю 2:

*P* =

Эффективность минимизации можно оценить отношением числа входов схем, реализующих переключательную функцию до и после минимизации:

*K = =* 7,5

**Минимизация функции *Q1*:**

Определим множество единичных кубов:

Определим множество безразличных кубов:

После предварительного склеивания в исходных множествах кубов получим:

Сформируем множество С0 = L ⋃ N:

C0 = {}

Первым этапом алгоритма Рота является нахождение множества простых импликант.

Для реализации этого этапа будем использовать операцию умножения (\*) над множествами *С0, С1* и т. д., пока в результате операции будут образовываться новые кубы большей размерности.

Первый шаг умножения (С0\*С0) приведён в таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2 – Поиск простых импликант (С0\*С0)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С0\*С0 | 011101 | 110100 | x01100 | 01x010 | 01010x | 01x0x1 | 1xx110 | 0xx11x | 1xx1x1 | 1xx0xx |
| 011101 | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 110100 |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x01100 |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 01x010 |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |
| 01010x | 01y101 | y10100 |  |  | - |  |  |  |  |  |
| 01x0x1 | 011y01 |  |  | 01x01y | 010y01 | - |  |  |  |  |
| 1xx110 |  | 1101y0 | 1011y0 |  |  |  | - |  |  |  |
| 0xx11x | 0111y1 |  | 0011y0 | 01xy10 | 0101yx | 01xy11 | yxx110 | - |  |  |
| 1xx1x1 | y11101 | 11010y | 10110y |  | y10101 |  | 1xx11y | yxx111 | - |  |
| 1xx0xx |  | 110y00 | 101y00 | y1x010 |  | y1x0x1 | 1xxy10 |  | 1xxyx1 | - |
| A1 | 01x101  011x01  0111x1  x11101 | x10100  1101x0  11010x  110x00 | 1011x0  0011x0  10110x  101x00 | 01x01x  01xx10  x1x010 | 010x01  0101xx  x10101 | 01xx11  x1x0x1 | xxx110  1xx11x  1xxx10 | xxx111 | 1xxxx1 | Ø |

Множество *Z*0 кубов, не участвовавших в образовании новых кубов, пустое.

B1 = C0 = { 011101, 110100, x01100, 01x010, 01010x, 01x0x1, 1xx110, 0xx11x, 1xx1x1, 1xx0xx }

В результате этой операции сформируется новое множество кубов:

C1 = { 01x101, 011x01, 0111x1, x11101, x10100, 1101x0, 11010x, 110x00, 1011x0, 0011x0, 10110x, 101x00, 01x01x, 01xx10, x1x010, 010x01, 0101xx, x10101, 01xx11, x1x0x1, xxx110, 1xx11x, 1xxx10, xxx111, 1xxxx1, x01100, 0xx11x, 1xx0xx }

В таблице 3.1.3 приведён следующий шаг поиска простых импликант с помощью операции С1\*С1.

Таблица 3.1.3 – Поиск простых импликант (С1\*С1)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С1\*С1 | 01x101 | 011x01 | 0111x1 | x11101 | x10100 | 1101x0 | 11010x | 110x00 | 1011x0 | 0011x0 | 10110x | 11x00 | 01x01x |
| 01x101 | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 011x01 |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0111x1 |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x11101 |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x10100 |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1101x0 |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 11010x |  |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |
| 110x00 |  |  |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |
| 1011x0 |  |  |  |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |
| 0011x0 |  |  |  |  |  |  |  |  | y011x0 | - |  |  |  |
| 10110x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | - |  |  |
| 101x00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | - |  |
| 01x01x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | - |
| 01xx10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x010 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 010x01 |  | 01yx01 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0101xx |  |  | 01y1x1 |  |  | y101x0 | y1010x |  |  |  |  |  | 010y1x |
| x10101 |  |  |  | x1y101 | x1010y |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01xx11 | 01x1y1 | 011xy1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x0x1 | 01xy01 |  | 011yx1 | x11y01 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| xxx110 |  |  |  |  | x101y0 |  |  |  |  |  |  |  | 01xy10 |
| 1xx11x |  |  |  |  |  |  | 1101yx |  |  |  | 1011yx |  |  |
| 1xxx10 |  |  |  |  |  |  |  | 110xy0 |  |  |  | 101xy0 | y1x010 |
| xxx111 | 01x1y1 |  |  | x111y1 |  |  |  |  |  |  |  |  | 01xy11 |
| 1xxxx1 | y1x101 | y11x01 | y111x1 |  |  | 1101xy |  | 110x0y | 1011xy |  |  | 101x0y | y1x011 |
| x01100 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0xx11x | 01x1y1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 01xy1x |
| 1xx0xx |  |  |  |  |  | 110yx0 | 110y0x |  | 101yx0 |  | 101y0x |  | y1x01x |
| A2 | 01x1x1  01xx01  01x1x1  x1x101  01x1x1 | 01xx01  011xx1  x11x01 | 01x1x1  011xx1  x111x1 | x1x101  x11x01  x111x1 | x1010x  x101x0 | x101x0  1101xx  110xx0 | x1010x  1101xx  110x0x | 110xx0  110x0x | x011x0  1011xx  101xx0 | Ø | 1011xx  101x0x | 101xx0  101x0x | 010x1x  01xx10  x1x010  01xx11  x1x011  01xx1x  x1x01x |

Продолжение таблицы 3.1.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С1\*С1 | 01xx10 | x1x010 | 010x01 | 0101xx | x10101 | 01xx11 | x1x0x1 | xxx110 | 1xx11x | 1xxx10 | xxx111 | 1xxxx1 |
| 01x101 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 011x01 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0111x1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x11101 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x10100 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1101x0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11010x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 110x00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1011x0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0011x0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10110x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 101x00 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01x01x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01xx10 | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x010 |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 010x01 |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0101xx |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x10101 |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |
| 01xx11 | 01xx1y | 01x01y | 010xy1 |  |  | - |  |  |  |  |  |  |
| x1x0x1 | 01x01y | x1x01y |  | 010yx1 | x10y01 |  | - |  |  |  |  |  |
| xxx110 |  | x1xy10 |  |  |  | 01x11y |  | - |  |  |  |  |
| 1xx11x | y1x110 | 11xy10 |  | y1011x |  | y1x111 | 11xy11 |  | - |  |  |  |
| 1xxx10 | y1xx10 |  |  |  |  |  | 11x01y |  |  | - |  |  |
| xxx111 | 01x11y |  |  |  | x101y1 |  | x1xy11 | xxx11y |  | 1xx11y | - |  |
| 1xxxx1 |  | 11x01y | y10x01 | y101x1 |  | y1xx11 |  | 1xx11y |  | 1xxx1y |  | - |
| x01100 |  |  |  |  |  |  |  | x011y0 |  |  |  |  |
| 0xx11x |  | 01xy10 |  |  |  |  | 01xy11 |  | yxx11x | yxx110 |  | yxx111 |
| 1xx0xx | y1x010 |  |  |  |  | y1x011 |  | 1xxy10 | 1xxy1x |  | 1xxy11 |  |
| A2 | 01xx1x  01x01x  x1x110  x1xx10  01x11x  x1x010 | 01x01x  x1x01x  x1xx10  11xx10  11x01x  01xx10 | 010xx1  x10x01 | 010xx1  x1011x  x101x1 | x10x01  x101x1 | 01x11x  x1x111  x1xx11  x1x011 | 11xx11  11x01x  x1xx11  01xx11 | xxx11x  1xx11x  x011x0  1xxx10 | xxx11x  1xxx1x | 1xx11x  1xxx1x  xxx110 | 1xxx11 | xxx111 |

Множество *Z*1 кубов, не участвовавших в образовании новых кубов, пустое.

B2 = C1 = { 01x101, 011x01, 0111x1, x11101, x10100, 1101x0, 11010x, 110x00, 1011x0, 0011x0, 10110x, 101x00, 01x01x, 01xx10, x1x010, 010x01, 0101xx, x10101, 01xx11, x1x0x1, xxx110, 1xx11x, 1xxx10, xxx111, 1xxxx1, x01100, 0xx11x, 1xx0xx }

В результате образовалось множество С*2*:

C2 = { 01x1x1; 01xx01; x1x101; 011xx1; x11x01; x111x1; x1010x; x101x0; 1101xx; 110xx0; 110x0x; x011x0; 1011xx; 101xx0; 101x0x; 01xx1x; x1x01x; x1xx10; 010xx1; x10x01; x101x1; x1xx11; xxx11x; 1xxx1x; 0101xx; x1x0x1; 1xxxx1; 1xx0xx }

В таблице 3.1.4 приведён следующий шаг поиска простых импликант – операция С2\*C2.

Таблица 3.1.4 – Поиск простых импликант (С2\*С2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С2\*С2 | 01x1x1 | 01xx01 | x1x101 | 011xx1 | x11x01 | x111x1 | x1010x | x101x0 | 1101xx | 110xx0 | 110x0x | x011x0 |
| 01x1x1 | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01xx01 |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x101 |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 011xx1 |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x11x01 |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |
| x111x1 |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |
| x1010x |  |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |
| x101x0 |  |  |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |
| 1101xx |  |  |  |  |  |  |  |  | - |  |  |  |
| 110xx0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | - |  |  |
| 110x0x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | - |  |
| x011x0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | - |
| 1011xx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 101xx0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 101x0x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01xx1x |  | 01xxy1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x01x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1xx10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 010xx1 |  |  |  | 01yxx1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x10x01 |  |  |  |  | x1yx01 |  |  |  |  |  |  |  |
| x101x1 |  |  |  |  |  | x1y1x1 |  | x101xy |  |  |  |  |
| x1xx11 |  | 01xxy1 | x1x1y1 |  | x11xy1 |  |  |  |  |  |  |  |
| xxx11x |  |  | x1x1y1 |  |  |  | x101yx |  |  |  |  |  |
| 1xxx1x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 110xyx |  |
| 0101xx |  |  |  |  |  |  |  |  | y101xx |  |  |  |
| x1x0x1 | 01xyx1 |  | x1xy01 |  |  | x11yx1 |  |  |  |  |  |  |
| 1xxxx1 | y1x1x1 | y1xx01 |  | y11xx1 |  |  |  |  |  | 110xxy |  |  |
| 1xx0xx |  |  |  |  |  |  |  |  | 110yxx |  |  |  |
| A3 | 01xxx1  x1x1x1 | 01xxx1  01xxx1  x1xx01 | x1x1x1  x1x1x1  x1xx01 | 01xxx1  x11xx1 | x1xx01  x11xx1 | x1x1x1  x11xx1 | x101xx | x101xx | x101xx  110xxx | 110xxx | 110xxx | Ø |

Продолжение таблицы 3.1.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С2\*С2 | 1011xx | 101xx0 | 101x0x | 01xx1x | x1x01x | x1xx10 | 010xx1 | x10x01 | x101x1 | x1xx11 | xxx11x | 1xxx1x |
| 01x1x1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01xx01 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x101 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 011xx1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x11x01 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x111x1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1010x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x101x0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1101xx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 110xx0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 110x0x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x011x0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1011xx | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 101xx0 |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 101x0x |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01xx1x |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x01x |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |  |
| x1xx10 |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |  |
| 010xx1 |  |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |  |
| x10x01 |  |  |  |  |  |  |  | - |  |  |  |  |
| x101x1 |  |  |  |  |  |  |  |  | - |  |  |  |
| x1xx11 |  |  |  |  |  | x1xx1y |  | x10xy1 |  | - |  |  |
| xxx11x |  |  |  |  | x1xy1x |  |  |  |  |  | - |  |
| 1xxx1x |  |  | 101xyx | y1xx1x |  |  |  |  |  |  |  | - |
| 0101xx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x0x1 |  |  |  |  |  | x1x01y |  |  | x10yx1 |  | x1xy11 |  |
| 1xxxx1 |  | 101xxy |  | y1xx11 |  | 11xx1y | y10xx1 |  |  |  |  |  |
| 1xx0xx | 101yxx |  |  | y1x01x |  |  |  |  |  |  | 1xxy1x |  |
| A3 | 110xxx | 110xxx | 110xxx | x1xx1x  x1xx11  x1x01x | x1xx1x | x1xx1x  x1x01x  11xx1x | x10xx1 | x10xx1 | x10xx1 | Ø | x1xx11  1xxx1x­­ | Ø |

Получено множество Z2*=*{x011x0}*.*

B3 = { 01x1x1, 01xx01, x1x101, 011xx1, x11x01, x111x1, x1010x, x101x0, 1101xx, 110xx0, 110x0x, 1011xx, 101xx0, 101x0x, 01xx1x, x1x01x, x1xx10, 010xx1, x10x01, x101x1, x1xx11, xxx11x, 1xxx1x, 0101xx, x1x0x1, 1xxxx1, 1xx0xx }

В результате образовалось множество *С*3:

C3 = { 01xxx1, x1x1x1, x1xx01, x11xx1, x101xx, 110xxx, 101xxx, x1xx1x, x10xx1, 1xxx1x, xxx11x, x1x0x1, 1xxxx1, 1xx0xx }

В таблице 3.1.5 приведён следующий шаг поиска простых импликант – операция *С*3*\*С*3.

Таблица 3.1.5 – Поиск простых импликант (С3\*С3)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С3\*С3 | 01xxx1 | x1x1x1 | x1xx01 | x11xx1 | x101xx | 110xxx | 101xxx | x1xx1x | x10xx1 |
| 01xxx1 | - |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x1x1 |  | - |  |  |  |  |  |  |  |
| x1xx01 |  |  | - |  |  |  |  |  |  |
| x11xx1 |  |  |  | - |  |  |  |  |  |
| x101xx |  |  |  |  | - |  |  |  |  |
| 110xxx |  |  |  |  |  | - |  |  |  |
| 101xxx |  |  |  |  |  |  | - |  |  |
| x1xx1x |  |  | x1xxy1 |  |  |  |  | - |  |
| x10xx1 |  |  |  | x1yxx1 |  |  |  |  | - |
| 1xxx1x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| xx11x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| x1x0x1 |  | x1xyx1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1xxxx1 | y1xxx1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1xx0xx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| A4 | x1xxx1 | x1xxx1 | x1xxx1 | x1xxx1 | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø |

Получено множество Z3 *=* { x011x0, x101xx, 110xxx, 101xxx, 1xxx1x, xxx11x, 1xx0xx }

B4 = { 01xxx1, x1x1x1, x1xx01, x11xx1, x1xx1x, x10xx1, x1x0x1,1xxxx1 }

В результате образовалось множество С*4*:

C4 = { x1xxx1, x1xx1x, 1xxxx1 }

В таблице 3.1.6 приведён следующий шаг поиска простых импликант – операция *С*4*\*С*4.

Таблица 3.1.6 – Поиск простых импликант (С4\*С4)

|  |  |
| --- | --- |
| С4\*С4 | x1xxx1 |
| x1xxx1 | - |
| x1xx1x |  |
| 1xxxx1 |  |
| A5 | Ø |

Новых кубов не образовалось.

Получено множество Z4*=* { x1xxx1, x1xx1x, 1xxxx1}

На этом заканчивается этап поиска простых импликант.

Конечное множество простых импликант:

Z = { x011x0, x101xx, 110xxx, 101xxx, 1xxx1x, xxx11x, 1xx0xx, x1xxx1, x1xx1x, 1xxxx1 }

Следующий этап – поиск L-экстремалей на множестве простых импликант (таблица 3.1.7). Для этого используется операция # (вычитание).

Таблица 3.1.7 – Поиск L-экстремалей (*Z#(Z-z))*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z#(Z-z) | x011x0 | x101xx | 110xxx | 101xxx | 1xxx1x | xxx11x | 1xx0xx | x1xxx1 | x1xx1x | 1xxxx1 |
| x011x0 | - | zyyzz1  x101xx | zyy0z1  110xxx | zzz0z1  1010xx  101xx1 | z100z1  11xx1x  1x0x1x  1xx01x  1xxx11 | z10zz1  x1x11x  xx011x  xxx111 | z10yz1  1xx0xx | zy00zy  x1xxx1 | zy00z1  x1xx1x | z100zy  1xxxx1 |
| x101xx | zyyzzz  x011x0 | - | zzz0zz  1100xx | zyyyzz  zyy0zz  1010xx  101xx1 | zz10zz  z0z0zz  z01yzz  z010zz  111x1x  11x01x  100x1x  1x001x  1xx01x  10xx11  1x1x11  1xx011 | zz1zzz  z0zzzz  z01zzz  x1111x  x0011x  x0x111  xx1111 | z01yzz  1xx0xx | zz10zz  x11xx1  x1x0x1 | zz10zz  x11x1x  x1x01x | z010zz  10xxx1  1x1xx1  1xx0x1 |
| 110xxx | 0yyzzz  x011x0 | 0zzzzz  0101xx | - | zyyzzz  zyyzzz  1010xx  101xx1 | zzyzzz  zz1zzz  zyzzzz  z0zzzz  z01zzz  zy1zzz  z0yzzz  z01zzz  111x1x | 0zyzzz  0yzzzz  0y1zzz  00yzzz  x1111x  x0011x  x0x111  xx1111 | z01zzz  10x0xx  1x10xx | 0zyzzz  0z1zzz  x11xx1  01x0x1  x110x1 | 0zyzzz  0z1zzz  x11x1x  01x01x  x1101x | zy1zzz  z0yzzz  z01zzz  10xxx1  1x1xx1  10x0x1  1x10x1 |

Продолжение таблицы 3.1.7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | 11101x  100x1x  10001x  10x01x  1x101x  10xx11  1x1x11  10x011  1x1011 |  |  |  |  |  |
| 101xxx | 0zzzzz  0011x0 | yyyzzz  0101xx | zyyzzz  1100xx | - | zyzzzz  zyzzzz  zzyzzz  zzyzzz  zz0zzz  z1zzzz  zz0zzz  z1zzzz  zz0zzz  z0zzzz  111x1x  11101x  100x1x  10001x  10001x  11101x  100x11  111x11  100011  111011 | 0yzzzz  0zyzzz  0z0zzz  01zzzz  x1111x  x0011x  00x111  x00111  0x1111  x11111 | zz0zzz  z1zzzz  1000xx  1110xx | 0yzzzz  yy0zzz  0yzzzz  x11xx1  01x0x1  x110x1 | 0yzzzz  yy0zzz  0yzzzz  x11x1x  01x01x  x1101x | zz0zzz  z1zzzz  zz0zzz  z1zzzz  100xx1  111xx1  1000x1  1110x1 |
| 1xxx1x | yzzz0z  0011x0 | yzzz0z  0101xx | zzzz0z  11000x | zzzz0z  zzzz0z  10100x  101x01 | - | 0zzzzz  0zzzzz  yzzzzz  0zzzzz  yzzzzz  0zzzzz  01111x  00011x  00x111  000111  0x1111  011111 | zzzz0z  zzzz0z  10000x  11100x | 0zzz0z  yzzz0z  0zzz0z  011xx1  x11x01  01x0x1  0110x1  x11001 | 0zzzzz  yzzzzz  0zzzzz  011x1x  01x01x  01101x | zzzz0z  zzzz0z  zzzz0z  zzzz0z  100x01  111x01  100001  111001 |
| xxx11x | zzzz0z  001100 | zzzz0z  01010x | zzzyyz  11000x | zzzyyz  zzz0yz  10100x  101x01 | zzz0zz  zzzyzz  zzz0zz  zzzyzz  zzzyzz  zzzyzz  zzz0zz  zzz0zz  zzzyzz  zzzyzz  11101x  11101x  10001x  10001x  10001x  11101x  100011  111011  100011  111011 | - | zzzyyz  zzzyyz  10000x  11100x | zzz00z  zzz0yz  zzzy0z  zzzy0z  zzzyyz  0110x1  011x01  x11x01  01x0x1  0110x1  x11001 | zzz0zz  zzzyzz  zzzyzz  01101x  01x01x  01101x | zzz0yz  zzz0yz  zzzyyz  zzzyyz  100x01  111x01  100001  111001 |

Продолжение таблицы 3.1.7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1xx0xx | yzzyzz  001100 | yzzyzz  01010x | zzzzzz  Ø | zzzzzz  zzz1zz  101101 | zzzzzz zzzzzz  zzzzzz  zzzzzz  zzzzzz  zzzzzz  zzzzzz  zzzzzz  zzzzzz  zzzzzz  Ø | yzzyzz  yzzyzz  yzzyzz  yzzyzz  yzzyzz  yzzyzz  01111x  00011x  00x111  000111  0x1111  011111 | - | yzzyzzyzz1zz  0zz1zz  yzzzzz  yzzzzz0zzzzz  0110x1  011x01  011x01  x11101  01x0x1  0110x1  011001 | yzzzzz  yzzzzz  yzzzzz  01101x  01x01x  01101x | zzz1zz  zzz1zz  zzzzzz  zzzzzz  100101  111101 |
| x1xxx1 | zyzzzy  001100 | zzzzz0  010100 | Ø | zyzzzz  101101 | Ø | zzzzz0  zyzzz0  zyzzzz  zyzzzz  z0zzzz  zzzzzz  011110  00011x  00x111  000111  001111 | zyzzz0  zzzzz0  10000x  111000 | - | zzzzz0  zzzzz0  zzzzz0  011010  01x010  011010 | zyzzzz  zzzzzz  100101 |
| x1xx1x | zyzzyz  001100 | zzzzyz  010100 | Ø | zyzzyz  101101 | Ø | zzzzzz  zyzzzz  zyzzzz  zyzzzz  zyzzzz  00011x  00x111  000111  001111 | zyzzyz  zzzzyz  10000x  111000 | zzzz0z  zzzzyz  zzzzyz  zzzzyz  zzzz0z  zzzz0z  zzzzyz  011001  011x01  011x01  x11101  01x001  011001  011001 | - | zyzzyz  100101 |
| 1xxxx1 | yzzzzy  001100 | yzzzzy  010100 | Ø | zzzzzz  Ø | Ø | yzzzz0  yzzzzz  yzzzzz  yzzzzz  yzzzzz  00011x  00x111  000111  001111 | zzzzz0  zzzzzy  100000  111000 | yzzzzz  yzzzzz  yzzzzz  0zzzzz  yzzzzz  yzzzzz  yzzzzz  011001  011x01  011x01  011101  01x001  011001  011001 | yzzzzy  yzzzzy  yzzzzy  011010  01x010  011010 | - |
| Остаток | 001100 | 010100 | Ø | Ø | Ø | 00011x  00x111  000111  001111 | 100000  111000 | 011001  011x01  011x01  011101  01x001  011001  011001 | 011010  01x010  011010 | 100101 |

В таблице 3.1.7 из каждой простой импликанты поочерёдно вычитаются все остальные простые импликанты *Z#(Z-z)*.

Результат операции (последняя строка таблицы) указывает на то, что *L*-экстремалями стали следующие простые импликанты:

{x011x0, x101xx, xxx11x, 1xx0xx, x1xxx1, x1xx1x, 1xxxx1}.

Необходимо проверить, нет ли среди полученных *L*-экстремалей таких, которые стали *L*-экстремалями за счёт безразличных кубов. Для этого в таблице 3.1.8 из кубов множества *L* вычитаются остатки простых импликант, полученные в таблице 3.1.7 (результат выполнения операции *Z#(Z-z))*.

По результатам таблицы 3.1.8 *L*-экстремалями, не связанными с безразличными наборами, стали кубы x011x0, x101xx, x1xxx1, x1xx1x (остаток от вычитания из них всех остальных простых импликант – 001100, 010100, 011001, 011101, 010001, 011010 и 010010 соответственно – относятся к множеству единичных наборов *L* исходного задания функции). Эти кубы обязательно должны войти в минимальное покрытие.

Таблица 3.1.8 – Проверка L-экстремалей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| z#(Z-z)  ∩ L | 001100 | 010001 | 010010 | 010011 | 010100 | 010101 | 011001 | 011010 | 011011 | 011101 | 101100 | 110100 |
| 001100 | 001100 | 0yyy0y  Ø | 0yyyy0  Ø | 0yyyyy  Ø | 0yy100  Ø | 0yy10y  Ø | 0y1y0y  Ø | 0y1yy0  Ø | 0y1yyy  Ø | 0y110y  Ø | y01100  Ø | yyy100  Ø |
| 010100 | 0yy100  Ø | 010y0y  Ø | 010yy0  Ø | 010yyy  Ø | 010100 | 01010y  Ø | 01yy0y  Ø | 01yyy0  Ø | 01yyyy  Ø | 01y10y  Ø | yyy100  Ø | y10100  Ø |
| 00011x | 00y1y0  Ø | 0y0yy1  Ø | 0y0y10  Ø | 0y0y11  Ø | 0y01y0  Ø | 0y01y1  Ø | 0yyyy1  Ø | 0yyy10  Ø | 0yyy11  Ø | 0yy1y1  Ø | y0y1y0  Ø | yy01y0  Ø |
| 00x111 | 0011yy  Ø | 0y0yy1  Ø | 0y0y1y  Ø | 0y0y11  Ø | 0y01yy  Ø | 0y01y1  Ø | 0y1yy1  Ø | 0y1y1y  Ø | 0y1y11  Ø | 0y11y1  Ø | y011yy  Ø | yy01yy  Ø |
| 000111 | 00y1yy  Ø | 0y0yy1  Ø | 0y0y1y  Ø | 0y0y11  Ø | 0y01yy  Ø | 0y01y1  Ø | 0yyyy1  Ø | 0yyy1y  Ø | 0yyy11  Ø | 0yy1y1  Ø | y0y1yy  Ø | yy01yy  Ø |
| 001111 | 0011yy  Ø | 0yyyy1  Ø | 0yyy1y  Ø | 0yyy11  Ø | 0yy1yy  Ø | 0yy1y1  Ø | 0y1yy1  Ø | 0y1y1y  Ø | 0y1y11  Ø | 0y11y1  Ø | y011yy  Ø | yyy1yy  Ø |
| 100000 | y0yy00  Ø | yy000y  Ø | yy00y0  Ø | yy00yy  Ø | yy0y00  Ø | yy0y0y  Ø | yyy00y  Ø | yyy0y0  Ø | yyy0yy  Ø | yyyy0y  Ø | 10yy00  Ø | 1y0y00  Ø |
| 111000 | yy1y00  Ø | y1y00y  Ø | y1y0y0  Ø | y1y0yy  Ø | y1yy00  Ø | y1yy0y  Ø | y1100y  Ø | y110y0  Ø | y110yy  Ø | y11y0y  Ø | 1y1y00  Ø | 11yy00  Ø |
| 011001 | 0y1y0y  Ø | 01y001  Ø | 01y0yy  Ø | 01y0y1  Ø | 01yy0y  Ø | 01yy01  Ø | 011001 | 0110yy  Ø | 0110y1  Ø | 011y01  Ø | yy1y0y  Ø | y1yy0y  Ø |
| 011x01 | 0y110y  Ø | 01y001  Ø | 01y0yy  Ø | 01y0y1  Ø | 01y10y  Ø | 01y101  Ø | 011001 | 0110yy  Ø | 0110y1  Ø | 011101 | yy110y  Ø | y1y10y  Ø |
| 011101 | 0y110y  Ø | 01yy01  Ø | 01yyyy  Ø | 01yyy1  Ø | 01y10y  Ø | 01y101  Ø | 011y01  Ø | 011yyy  Ø | 011yy1  Ø | 011101 | yy110y  Ø | y1y10y  Ø |
| 01x001 | 0y1y0y  Ø | 010001 | 0100yy  Ø | 0100y1  Ø | 010y0y  Ø | 010y01  Ø | 011001 | 0110yy  Ø | 0110y1  Ø | 011y01  Ø | yy1y0y  Ø | y10y0y  Ø |
| 011010 | 0y1yy0  Ø | 01y0yy  Ø | 01y010  Ø | 01y01y  Ø | 01yyy0  Ø | 01yyyy  Ø | 0110yy  Ø | 011010 | 01101y  Ø | 011yyy  Ø | yy1yy0  Ø | y1yyy0  Ø |
| 01x010 | 0y1yy0  Ø | 0100yy  Ø | 010010 | 01001y  Ø | 010yy0  Ø | 010yyy  Ø | 0110yy  Ø | 011010 | 01101y  Ø | 011yyy  Ø | yy1yy0  Ø | y10yy0  Ø |
| 100101 | y0y10y  Ø | yy0y01  Ø | yy0yyy  Ø | yy0yy1  Ø | yy010y  Ø | yy0101  Ø | yyyy01  Ø | yyyyyy  Ø | yyyyy1  Ø | yyy101  Ø | 10y10y  Ø | 1y010y  Ø |

Таблица 3.1.9 – Поиск непокрытых исходных наборов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L#E | 001100 | 010001 | 010010 | 010011 | 010100 | 010101 |
| x011x0 | Ø | 010001 | 010010 | 010011 | 010100 | 010101 |
| x101xx | Ø | 010001 | 010010 | 010011 | Ø | Ø |
| x1xxx1 | Ø | Ø | 010010 | Ø | Ø | Ø |
| x1xx1x | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø |
| Остаток | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø |
| L#E | 011001 | 011010 | 011011 | 011101 | 101100 | 110100 |
| x011x0 | 011001 | 011010 | 011011 | 011101 | Ø | 110100 |
| x101xx | 011001 | 011010 | 011011 | 011101 | Ø | Ø |
| x1xxx1 | Ø | 011010 | Ø | Ø | Ø | Ø |
| x1xx1x | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø |
| Остаток | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø | Ø |

Из таблицы 3.1 .9 видно, что *L*-экстремалью покрываются все кубы.

Минимальное покрытие - множество L-экстремалей E = { x011x0; x101xx; x1xxx1; x1xx1x }

Следовательно:

Q1=

Запишем результат базисе И – Тождественная единица – Сумма по модулю 2:

Q1 =

**Минимизация функции Q1:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | x1 | | | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| p |  | x | x | x | x | x | x | x | x |  |  |  |
|  | x | x | x | x | x | x | x | x |  |  | H |
|  | x | x | x | x | x | x | x | x |  |  |  |
|  | 1 | x | x |  | 1 | x | x |  |  | y1 |  |
|  |  | 1 | x | x |  | 1 | x | x |  |  |  |  |
|  |  | 1 | x | x | 1 |  | x | x |  |  |  | H |
|  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | x2 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | y2 | |  |  | y2 | |  |  |  |  |

Рисунок 3.1.2 — Минимизация функции Q1 картой Вейча

Следовательно:

Q1=

Запишем результат базисе И – Тождественная единица – Сумма по модулю 2:

Q1 = [

Эффективность минимизации:

K = = 5

**Минимизация функции Q2:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | x1 | | | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| p |  | x | x | x | x | x | x | x | x |  |  |  |
|  | x | x | x | x | x | x | x | x |  |  | H |
|  | x | x | x | x | x | x | x | x |  |  |  |
|  |  | x | x | 1 |  | x | x | 1 |  | y1 |  |
|  |  | 1 | x | x |  | 1 | x | x |  |  |  |  |
|  |  |  | x | x | 1 | 1 | x | x |  |  |  | H |
|  |  |  |  | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 1 |  |  | 1 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | x2 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | y2 | |  |  | y2 | |  |  |  |  |

Рисунок 3.1.3 — Минимизация функции Q2 картой Вейча

Следовательно:

Q2 = + + +

Запишем результат базисе И – Тождественная единица – Сумма по модулю 2:

Q2 = [ ( (*(* (

Эффективность минимизации:

K = = 3,1

Функциональная схема ОЧУС приведена в приложении Б.

**3.2 Логический синтез одноразрядного четверичного сумматора**

Одноразрядный четверичный сумматор – это комбинационное устройство, имеющее 5 двоичных входов (2 разряда одного слагаемого, 2 разряда второго слагаемого и вход переноса) и 3 двоичных выхода.

Принцип работы ОЧС представлен с помощью таблицы истинности (таблица 3.2.1)

Кодировка слагаемых обоих разрядов: 0 – 00, 1 – 01, 2 – 11, 3 – 10;

Таблица 3.2.1 — Таблица истинности ОЧС

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***а1*** | ***а2*** | ***b1*** | ***b2*** | ***p*** | ***П*** | ***S1*** | ***S2*** | ***Пример операции в четверичной с/с*** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 + 0 + 0 = 00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 + 0 + 1 = 01 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 + 1 + 0 = 01 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 + 1 + 1 = 02 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 + 3 + 0 = 03 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 + 3 + 1 = 10 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 + 2 + 0 = 02 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 + 2 + 1 = 03 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 + 0 + 0 = 01 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 + 0 + 1 = 02 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 + 1 + 0 = 02 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 + 1 + 1 = 03 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 + 3 + 0 = 10 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 + 3 + 1 = 11 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 + 2 + 0 = 03 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 + 2 + 1 = 10 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 + 0 + 0 = 03 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 + 0 + 1 = 10 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 + 1 + 0 = 10 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 + 1 + 1 = 11 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 + 3 + 0 = 12 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 + 3 + 1 = 13 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 + 2 + 0 = 11 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 + 2 + 1 = 12 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 + 0 + 0 = 02 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 + 0 + 1 = 03 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 + 1 + 0 = 03 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 + 1 + 1 = 10 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 + 3 + 0 = 11 |

Продолжение таблицы 3.2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 + 3 + 1 = 12 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 + 2 + 0 = 10 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 + 2 + 1 = 11 |

**Минимизация функции П:**

a1a2

b1b2p

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| 00 |  |  |  |  |  |  | 1 |  |
| 01 |  |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 |
| 11 |  |  | 1 |  | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 |  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Рисунок 3.2.1 — Минимизация функции П картой Карно

Следовательно:

П =

Запишем результат в базисе ИЛИ - Тождественная единица - Сумма по модулю 2:

П = )

Эффективность минимизации:

K = = 3,5

**Минимизация функции S**1

a1a2

b1b2p

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| 00 |  |  | 1 |  | 1 | 1 |  | 1 |
| 01 |  | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |  |
| 11 | 1 | 1 |  | 1 |  |  | 1 |  |
| 10 | 1 |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 |

Рисунок 3.2.2 — Минимизация функции S1 картой Карно

Следовательно:   
S1= a112 + a212p + 112p + a212 + 112 + 112p + 212p + 212

Запишем результат в базисе ИЛИ - Тождественная единица - Сумма по модулю 2:

S1= {((a112+p) + {((a212+(p + {(a112+(p + {((a212+p) + {(a112+p) + {(a112+(p + {(a212+(p + {(a212+ p)

Эффективность минимизации:

K = = 2,24

**Минимизация функции S2**

a1a2

b1b2p

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| 00 |  | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |  |
| 01 | 1 | 1 |  | 1 |  |  | 1 |  |
| 11 | 1 |  |  |  |  | 1 | 1 | 1 |
| 10 |  |  | 1 |  | 1 | 1 |  | 1 |

Рисунок 3.2.3 — Минимизация функции S2 картой Карно

Следовательно:

S2= a212 + 112p + 212p + 112 + 212 + a212p + a112p + a112

Запишем результат в базисе ИЛИ - Тождественная единица - Сумма по модулю 2:

S2= {((a212+p) + {(a112+(p + {(a212+(p + {(a112+p) + {(a212+p) + {((a212+(p + {((a112+(p + {(a112+ p)

Эффективность минимизации:

K = = 2,24

Функциональная схема ОЧС приведена в приложении В.

**3.3. Логический синтез преобразователя множителя**

Преобразователь множителя (ПМ) – это устройство, которое преобразовывает диады множителя в соответствии с методом умножения.

При умножении в дополнительных кодах ПМ заменяет диады 11 (34) и 10 (24) на триады и соответственно.

Принцип работы ПМ представлен с помощью таблицы истинности (таблица 3.3.1).

Таблица 3.3.1 – Таблица истинности ПМ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Входная диада** | | **Младшй разряд** | **Знак** | **Выходная диада** | |
| ***a*1** | ***a*2** | ***p*** | ***Q*** | ***S*1** | ***S*2** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Минимизацию переключательных функций произведём с помощью карт Карно, карт Вейча и реализуем их в базисе И, ИЛИ, НЕ.

**Функция Q**

Для функции Q заполненная карта приведена на рисунке 3.3.1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | p | |  |
|  |  | a1 | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| a2 |  | 1 |  |  |  |
|  |  | 1 | 1 |  |  |

Рисунок 3.3.1 - Минимизация функции Q картой Вейча

Следовательно:

Q = =

**Функция S1**

Для функции S1 заполненная карта приведена на рисунке 3.3.2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | a1a2 |  |  |  |  |
| p |  | 00 | 01 | 11 | 10 |
|  | 0 |  |  |  | 1 |
|  | 1 |  | 1 |  |  |

Рисунок 3.3.2 - Минимизация функции S1 картой Карно

Следовательно:

S1 =

**Функция S2**

Для функции S2 заполненная карта приведена на рисунке 3.3.3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | a1a2 |  |  |  |  |
| p |  | 00 | 01 | 11 | 10 |
|  | 0 |  | 1 | 1 |  |
|  | 1 | 1 |  |  | 1 |

Рисунок 3.3.3 - Минимизация функции S2 картой Карно

Следовательно:

S2 =

Функциональная схема ПМ приведена в приложении Д.

# **4. Синтез комбинационных схем устройств**

# **на основе мультиплексоров**

*Мультиплексор* – это логическая схема, которая имеет *n* информационных входов, *m* управляющих входов и один выход. При этом должно выполнятся условие .

На выход мультиплексора может быть пропущен без изменений один любой логический сигнал, поступающий на один из информационных входов. Порядковый номер информационного входа, значение которого в данный момент должно быть передано на выход, определяется двоичным кодом, подаваемым на управляющие входы.

Переключательные функции (ПФ) от пяти переменных (как, например, ОЧС) можно реализовать на мультиплексоре «один из восьми». Управляющее поле такого мультиплексора будет определяться тремя переменными, следовательно, число групп с одинаковыми значениями этих переменных будет равно восьми. Также, реализация нескольких ПФ требует для каждой ПФ отдельного мультиплексора.

Для определения управляющего поля мультиплексора возьмём переменные *a*1, *a*2 и *b*1.

Таблица истинности для синтеза ПФ ОЧС приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Таблица истинности для синтеза ПФ ОЧС

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **a1** | **a2** | **b1** | **b2** | **p** | **П** | **Функция** | **S1** | **Функция** | **S2** | **Функция** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | b**2** p | 0 | b**2 +** p |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | p | 1 | b**2** + | 0 | b**2** |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | b**2 +** p | 1 | **+** |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |  | 0 | b**2** | 0 | p |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | b**2 +** p | 1 |  | 0 | b**2** p |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Продолжение таблицы 4.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |  | 0 |  | 0 |  |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |  | 1 | b**2** + |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | b**2** p | 1 | **+** | 1 |  |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | p | 1 |  |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

При синтезе ОЧС на основе мультиплексоров получается более эффективная схема (если считать, что количество входов мультиплексора =   
= n + 2n, не включая входы элементов, из которых он состоит).

Функциональная схема ОЧС на основе мультиплексоров представлена в приложении Г.

**5. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗРАБОТКИ**

Формула расчёта временных затрат на умножение:

Т = 𝑛 ∗ (𝑇ПМ + 𝑇ФДК + m \* 𝑇ОЧУC + (n + 2) \* 𝑇ОЧС + 𝑇сдвига), где

𝑇ПМ – время преобразования множителя;

𝑇ФДК – время формирования дополнительного кода множимого;

𝑇ОЧУC – время умножения на ОЧУC;

𝑇ОЧС – время формирования единицы переноса в ОЧС;

𝑇сдвига – время сдвига в регистрах;

n – количество разрядов множителя;

m – количество разрядов множимого.

Минимизация функций позволила в несколько раз удешевить схему сумматора-умножителя и уменьшить затраты времени на выполнение за счет уменьшения количества элементов.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе выполнения курсовой работы была разработана структурная схема сумматора-умножителя второго типа, а также функциональные схемы основных узлов данного устройства. Для уменьшения стоимости логических схем были выполнены минимизации переключательных функций различными способами. Такой подход позволил выявить достоинства и недостатки этих алгоритмов.

В качестве главного достоинства минимизации картами Карно-Вейча можно выделить простоту и минимальные затраты времени. Однако применение данного способа для функций многих переменных будет затруднительно. Для минимизации функций многих переменных удобно использовать алгоритм Рота, который полностью формализует алгоритмы минимизации и делает минимизацию доступной для выполнения компьютерной программой.

Функциональные схемы были построены в различных логических базисах. Это позволило закрепить теоретические знания основных законов булевой алгебры, например, правило де Моргана.

Реализация переключательных функций на основе мультиплексоров позволила облегчить процесс минимизации этих функций и упростить функциональную схему одноразрядного четверичного сумматора.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Луцик, Ю. А. Учебное пособие по курсу «Арифметические и логические основы вычислительной техники» / Ю. А. Луцик, И. В. Лукьянова. - Минск : БГУиР, 2014. – 76с.

Искра, Н. А. Арифметические и логические основы вычислительной техники : пособие / Н. А. Искра, И. В. Лукьянова, Ю. А. Луцик. – Минск : БГУИР, 2016. – 75 с.

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) : справ. пособие / С. С. Борушек [и др.]. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 352 с.

Лысиков, Б. Г. Цифровая вычислительная техника / Б. Г. Лысиков. – Минск : Выш. шк., 2003. – 242 с.

Савельев, А. Я. Прикладная теория цифровых автоматов / А. Я. Савельев. – М. : Высш. шк., 1987. – 272 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**(**обязательное**)**

Сумматор-умножитель второго типа. Схема электрическая структурная

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**(**обязательное**)**

Одноразрядный четверичный сумматор-умножитель. Схема электрическая функциональная

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**

**(**обязательное**)**

Одноразрядный четверичный сумматор. Схема электрическая функциональная

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

**(**обязательное**)**

Однозарядный четверичный сумматор. Схема электрическая функциональная на основе мультиплексоров

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**

**(**обязательное**)**

Преобразователь множителя. Схема электрическая функциональная

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**

**(**обязательное**)**

Ведомость документов