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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСТИТЬ

Е. И. Ковшер

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе

на тему   
  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СУММАТОРА-

УМНОЖИТЕЛЯ ДВОИЧНО-ЧЕТВЕРИЧНЫХ ЧИСЕЛ

БГУИР КР 6-05-0611-05 616 ПЗ

Студент Я. К. Морозов

Руководитель Е. И. Ковшер

МИНСК 2024  
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

« » 2024г.

ЗАДАНИЕ

по курсовой работе студента

Морозова Ярослава Константиновича

1. Тема работы: «Проектирование и логический синтез сумматора- умножителя двоично-четверичных чисел»
2. Срок сдачи студентом законченной работы: 10 мая 2024
3. Исходные данные к работе:
   1. Исходные сомножители: Мн = 52,34; Мт = 38,63;
   2. Алгоритм умножения: B;
   3. Метод умножения: умножение закодированного двоично- четверичного множимого на два разряда двоичного множителя одновременно в прямых кодах;
   4. Коды четверичных цифр множимого для перехода к двоично-четверичной системе кодирования: 04 – 11, 14 – 10, 24 – 01, 34 – 00;
   5. Тип синтезируемого умножителя – 2;
   6. Логический базис для реализации ОЧС: ИЛИ-НЕ; Метод минимизации – алгоритм Рота;
   7. Логический базис для реализации ОЧУС: И, сложение по модулю 2, «константа 1»; Метод минимизации – 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.
5. Перечень графического материала:
   1. Сумматор-умножитель второго типа. Схема электрическая структурная.
   2. Одноразрядный четверичный сумматор. Схема электрическая функциональная.
   3. Одноразрядный четверичный умножитель-сумматор. Схема электрическая функциональная.
   4. Преобразователь множителя. Схема электрическая функциональная.
   5. Одноразрядный четверичный сумматор. Реализация на мультиплексорах. Схема электрическая функциональная.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование этапов курсовой работы | Объём этапа,  % | Срок выполнения этапа | Примечания |
| Разработка алгоритма умножения | 10 | 10.02-29.02 |  |
| Разработка структурной схемы сумматора-умножителя | 10 | 29.02-29.03 | С выполнением чертежа |
| Разработка функциональных схем основных узлов сумматора-умножителя | 50 | 29.03-29.04 | С выполнением чертежей |
| Схема комбинационных схем устройств на основе мультиплексоров | 10 | 29.03-29.04 | С выполнением чертежа |
| Завершение оформления пояснительной записки | 20 | 29.04-10.05 |  |

Дата выдачи задания: 9 февраля 2024

Руководитель Ковшер Е. И.

ЗАДАНИЕ ПРИНЯЛ К ИСПОЛНЕНИЮ Морозов Я. К.

**СОДЕРЖАНИЕ**

[1 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УМНОЖЕНИЯ 6](#_Toc166011382)

[2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СУММАТОРА – УМНОЖИТЕЛЯ 9](#_Toc166011383)

[3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ СУММАТОРА-УМНОЖИТЕЛЯ……………………………………...10](#_Toc166011384)

[4.СИНТЕЗ КОМБИНАЦИИОНЫХ СХЕМ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИПЛЕКОРОВ 23](#_Toc166011385)

[5.ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗРАБОТКИ 25](#_Toc166011386)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 26](#_Toc166011387)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 28](#_Toc166011388)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б 29](#_Toc166011389)

[ПРИЛОЖЕНИЕ В 30](#_Toc166011390)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Г 31](#_Toc166011391)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Д 32](#_Toc166011392)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Ж 33](#_Toc166011393)

[ПРИЛОЖЕНИЕ И 34](#_Toc166011394)

**ВВЕДЕНИЕ**

Современный мир невозможно представить без постоянных вычислений. Каждый день огромное количество суперкомпьютеров по всему миру выполняют огромное количество вычислительных операций. Именно поэтому изучение "Арифметических и логических основ цифровых устройств" становится неотъемлемой частью повседневной жизни. Новые вычислительные системы постоянно создаются, и для квалифицированных специалистов необходимо полное понимание принципов их работы.

Выбор темы проектирования не случаен. Основные арифметические операции - сложение и умножение - являются базовыми элементами вычислительных систем. Эта тема не только доступна для понимания студенту, но и имеет важное значение для его будущей карьеры.

Цель данной курсовой работы заключается не только в проектировании, но и в решении сложных задач с использованием методов, изученных в рамках курса. Эти задачи помогут студенту продемонстрировать свои знания.

В заключение, курсовая работа представляет собой важное звено между теорией и практикой. Студент получит возможность выявить и исправить неточности в своих знаниях, что будет полезно для его будущей профессиональной деятельности.

# 

# **1 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УМНОЖЕНИЯ**

Исходные данные:   
 - исходные сомножители: Мн = 52,34; Мт = 38,63;

- алгоритм умножения: В;

- метод умножения: умножение закодированного двоично-четверичного множимого на два разряда двоичного множителя одновременно в прямых кодах;

- кодирование четверичных цифр множимого для перехода к двоично- четверичной системе кодирования: 04 – 11, 14 – 10, 24 – 01, 34 – 00;

- тип синтезируемого умножителя: 2-й;

1. Перевод сомножителей из десятичной системы счисления в четверичную

|  |  |
| --- | --- |
|  | 0,34 |
| \* | 4 |
|  | 1,36 |
| \* | 4 |
|  | 1,44 |
| \* | 4 |
|  | 1,76 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 52 | 4 |  |
| 52 | 13 | 4 |
| 0 | 12 | 3 |
|  | 1 |  |

Мн4 = 310,111.

В соответствии с заданной кодировкой множимого:

Мн2/4 = 001011,101010

|  |  |
| --- | --- |
|  | 0,63 |
| \* | 4 |
|  | 2,52 |
| \* | 4 |
|  | 2,08 |
| \* | 4 |
|  | 0,32 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 38 | 4 |  |
| 36 | 9 | 4 |
| 2 | 8 | 2 |
|  | 1 |  |

Мт4 = 212,220.

В соответствие с обычной весомозначной кодировкой Мт:  
 Мт2/4 = 110111,111100

1. Запишем сомножители в форме с плавающей запятой в прямом коде:

Мн = 0,001011101010 PМн = 0.1100 +0310

Мт = 0,110111111100 PМт = 0.0011 +0310

Порядок произведения будет такой:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| РМн | = | 0.1100 (+034) |
| РМт | = | 0.0011 (+034) |
| РМн∙Мт | = | 0.1001 (+124) |

Результат соответствует кодировке множимого по заданию. Знак определяется суммой по модулю 2 знаков сомножителей:  
  
 знМн ⊕ зн Мт = 0 ⊕ 0 = 0.   
   
 При умножении в прямом коде диада 11(34) заменяется 1, а 10(24) заменяется в 10 После преобразования для умножения в прямом коде М = 120, а М = 1000. Умножение по алгоритму «В» представлено в таблице 1.1. Так как 2Мн выходит за знаковый разряд нужно увеличить РМн∙Мт увеличить на один. И будет РМн∙Мт = 0.1000(+134).

Таблица 1.1 – Умножение мантисс

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Четверичная с/с** | | | **Двоично-четверичная с/с** | | | **Комментарии** |
| 0. | 0000000 | 000000 | 11. | 11111111111111 | 111111111111 | 0 |
| 0. | 0000000 | 310111 | 11. | 11111111111111 | 001011101010 | [Мн]д |
| 0. | 0000000 | 310111 | 11. | 11111111111111 | 001011101010 |  |
| 0. | 0000003 | 101110 | 11. | 11111111111100 | 101110101011 | · 4 |
| 3. | 3333332 | 113112 | 00. | 00000000000001 | 101000101001 | [Мн ·-2]д |
| 0. | 0000001 | 220222 | 11. | 11111111111110 | 010111010101 |  |
| 0. | 0000012 | 202220 | 11. | 11111111111001 | 011101010111 | · 4 |
| 0. | 0000001 | 220222 | 11. | 11111111111110 | 010111010101 | [Мн · 2]д |
| 0. | 0000020 | 023102 | 11. | 11111111110111 | 110100101101 |  |
| 0. | 0000200 | 231020 | 11. | 11111111011111 | 010010110111 | · 4 |
| 3. | 3333333 | 023223 | 00. | 00000000000000 | 110100010100 | [Мн · -1]д |
| 0. | 0000133 | 320303 | 11. | 11111111100000 | 000111001100 |  |
| 0. | 0001333 | 203030 | 11. | 11111110000000 | 011100110011 | · 4 |
| 3. | 3333333 | 023223 | 00. | 00000000000000 | 110100010100 | [Мн · -1]д |
| 0. | 0001332 | 232313 | 11. | 11111110000001 | 010001001000 |  |
| 0. | 0013322 | 323130 | 11. | 11111000000101 | 000100100011 | · 4 |
| 3. | 3333332 | 113112 | 00. | 00000000000001 | 101000101001 | [Мн ·-2] |
| 0. | 0013321 | 102302 | 11. | 11111000000110 | 101101001101 |  |
| 0. | 0133211 | 023020 | 11. | 11100000011010 | 110100110111 | · 4( |

После умножения результат оценивается на погрешность. Сначала надо привести к нулевому порядку и перевести в десятичную с/с.

Мн4 ∙ Мт4 = 133211,023020

(Мн ∙ Мт)10 = 2021,1738

Результат умножения в десятичной с/с без перехода в другую с/с равен

Мн10∙Мт10=52,34·38,63=2 021,8942  
  
 Абсолютная погрешность при этом:

Δ = 2 021,8942 – 2021,1738 = 0,7204

Относительная погрешность:

Эта погрешность получается за счёт округления и приближенного перевода из одной с/с в другую.

# **2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СУММАТОРА – УМНОЖИТЕЛЯ**

Структурная схема сумматора умножителя представлена для заданного алгоритма умножения представлена в приложении А.

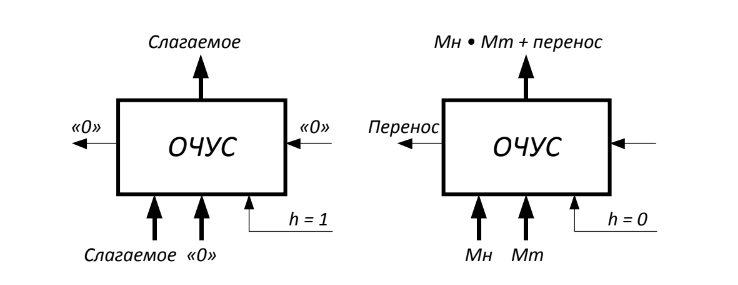
 Структурная схема второго типа строится на базе узлов ОЧУС и ОЧС, формирования дополнительного кода и результата регистра. Режим работы определяется сигналом *Mul/Sum*, определяющую текущую операцию суммы или умножения.   
 Если устройство работает как сумматор, то оба слагаемых последовательно (за два такта) заносятся в регистр множимого. На управляющий вход формирователя дополнительного кода F2 поступает 1.

Рисунок 2.1 – Схема работы ОЧУС

Если же устройство работает как умножитель, то множимое и множитель поступает в соответствующие регистры. На управляющий вход ФДК поступает 0.

Таблица 2.2 - Режимы работы ФДК

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сигналы на входах ФДК | | Результат на выходах ФДК |
| F1 | F2 |
| 0 | 0 | Дополнительный код Мн |
| 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** Принцип работы ОЧС представлен с помощью таблицы истинности (таблица 3.1). Разряды обоих слагаемых закодированы: 0 – 11; 1 – 10; 2 – 01; 3 – 00.

Если ОЧС синтезируется для схемы второго типа, то безразличные наборы в таблице истинности отсутствуют.

Таблица 3.1 – Таблица истинности ОЧС

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **a1** | **a2** | **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 | 1 | 0 | 1 | 3+3+0=12 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3+3+1=13 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3+2+0=11 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3+2+1=12 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3+1+0=10 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3+1+1=11 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3+0+0=03 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3+0+1=10 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2+3+0=11 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2+3+1=12 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2+2+0=10 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2+2+1=11 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2+1+0=03 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2+1+1=10 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2+0+0=02 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2+0+1=03 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1+3+0=10 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1+3+1=11 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1+2+0=03 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1+2+1=10 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1+1+0=02 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1+1+1=03 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1+0+0=01 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1+0+1=02 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0+3+0=03 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0+3+1=10 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0+2+0=02 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0+2+1=03 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0+1+0=01 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0+1+1=02 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0+0+0=00 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0+0+1=01 |

Продолжение таблицы 3.1

**Минимизация функции П:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **b1b2p  a1 a2** | **000** | **001** | **011** | **010** | **110** | **111** | **101** | **100** |
| **00** |  |  |  |  | 0 |  |  |  |
| **01** |  |  |  |  | 0 | 0 |  | 0 |
| **11** | 0 |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **10** |  |  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | Рисунок 3.1 - Минимизация функции  при помощи карты Карно | | | | | | | |

Следовательно:  
П = (1+2+p)(2+1+p)(2+1+2)(1+2+p)(1+1)(1+2+p)

(1+2+2)  
  
Приведём результат к базису ИЛИ-НЕ:  
  
П=   
  
Эффективность минимизации:

K = = 3,26

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | b2 | | | | |  |  |
|  | 0 | 0 | 0 |  | 0 |  |  |  |
|  |  | 0 |  |  | 0 | 0 |  | 0 |
| a1 | 0 |  | 0 | 0 |  |  | 0 |  |
|  |  |  | 0 |  | 0 | 0 | 0 |
|  |  |  |  |  | b1 | | | |
|  |  | p | |  |  | p | |  |
|  | Рисунок 3.2 - Минимизация функции  при помощи карты Карно | | | | | | | |

**Минимизация функции** **S1:**

Следовательно:  
  
S1 = (a1+a2+b1+b2)(a1+a2+b1+)(a1+1+2 +p)

(a1+b1+b2+)(a1+2+1+p)(a1+2+1+2)(1+b1+2+p)(1+a2+1+b2)

(1+a2+1+)(1+2+b1+p)(1+2+b1+2)(1+1+b2+)  
  
Приведём к базису ИЛИ-НЕ:  
S1 =

Эффективность минимизации:  
  
K = = 1,56

**Минимизация функции S2:**

Минимизация функции S2 будет производиться с помощью алгоритма Рота:   
  
 Определим множество единичных кубов:

L =

Множества безразличных наборов в ОЧС нет, потому N ≡ Ø.

Множество C0 = L.

C0 = L =

Первым этапом алгоритма Рота является нахождение множества простых импликант.

Для нахождения будем выполнять операцию умножения над множествами С0, С1 и т.д. Эта операция поможет склеить кубы большей размерности из ныне полученных.

Первый шаг операции умножения приведён в таблице 3.2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 3.2 – Поиск простых импликант С0\*С0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C0\*C0 | 00000 | 00011 | 00100 | 00111 | 01001 | 01010 | 01101 | 01110 | 10000 | 10011 | 10100 | 10111 | 11001 | 11010 | 11101 | 11110 |
| 00000 | — |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 00011 |  | — |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 00100 | 00y00 |  | — |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 00111 |  | 00y11 |  | — |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01001 |  |  |  |  | — |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01010 |  |  |  |  |  | — |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01101 |  |  |  |  | 01y01 |  | — |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01110 |  |  |  |  |  | 01y10 |  | — |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10000 | y0000 |  |  |  |  |  |  |  | — |  |  |  |  |  |  |  |
| 10011 |  | y0011 |  |  |  |  |  |  |  | — |  |  |  |  |  |  |
| 10100 |  |  | y0100 |  |  |  |  |  | 10y00 |  | — |  |  |  |  |  |
| 10111 |  |  |  | y0111 |  |  |  |  |  | 10y11 |  | — |  |  |  |  |
| 11001 |  |  |  |  | y1001 |  |  |  |  |  |  |  | — |  |  |  |
| 11010 |  |  |  |  |  | y1010 |  |  |  |  |  |  |  | — |  |  |
| 11101 |  |  |  |  |  |  | y1101 |  |  |  |  |  | 11y01 |  | — |  |
| 11110 |  |  |  |  |  |  |  | y1110 |  |  |  |  |  | 11y10 |  | — |
| A1 | 00x00 x0000 | 00x11 x0011 | x0100 | x0111 | 01x01 x1001 | 01x10 x1010 | x1101 | x1110 | 10x00 | 10x11 | Ø | Ø | 11x01 | 11x10 | Ø | Ø |
|  |

В результате этой операции сформируется новое множество кубов:

С1 =

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

В приложении Б приведён следующий шаг поиска простых импликант с помощью операции С1\*С1.

В результате образовалось множество С*2* кубов второй размерности:

С2 =

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| В таблице 3.4 приведён следующий шаг поиска простых импликант – операция С2\*C2:  Таблица 3.4 - Поиск простых импликант С1\*С1 | | | | |
| C2\*C2 | x0x00 | x0x11 | x1x01 | x1x10 |
| x0x00 | — |  |  |  |
| x0x11 |  | — |  |  |
| x1x01 |  |  | — |  |
| x1x10 |  |  |  | — |
| A3 | Ø | Ø | Ø | Ø |

Новых кубов не образовалось.

Получено множество Z2*=*

Поиск простых импликант закончен. Следующим этапом будет поиск L-экстремалей на множестве простых импликант. Для этого используется операция вычитания (#). Результат приведён в таблице 3.5.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 3.5 – Поиск L-экстремалей | | | | |
| z#(Z-z) ∩ L | x0x00 | x0x11 | x1x01 | x1x10 |
| 00000 | 00000 | 000yy Ø | 0y00y Ø | 0y0y0 Ø |
| 00011 | 000yy Ø | 00011 | 0y0y1 Ø | 0y01y Ø |
| 00100 | 00100 | 001yy Ø | 0y10y Ø | 0y1y0 Ø |
| Продолжение таблицы 3.5 | | | | |
| 00111 | 001yy Ø | 00111 | 0y1y1 Ø | 0y11y Ø |
| 01001 | 0y00y Ø | 0y0y1 Ø | 01001 | 010yy Ø |
| 01010 | 0y0y0 Ø | 0y01y Ø | 010yy Ø | 01010 |
| 01101 | 0y10y Ø | 0y1y1 Ø | 01101 | 011yy Ø |
| 01110 | 0y1y0 Ø | 0y11y Ø | 011yy Ø | 01110 |
| 10000 | 10000 | 100yy Ø | 1y00y Ø | 1y0y0 Ø |
| 10011 | 100yy Ø | 10011 | 1y0y1 Ø | 1y01y Ø |
| 10100 | 10100 | 101yy Ø | 1y10y Ø | 1y1y0 Ø |
| 10111 | 101yy Ø | 10111 | 1y1y1 Ø | 1y11y Ø |
| 11001 | 1y00y Ø | 1y0y1 Ø | 11001 | 110yy Ø |
| 11010 | 1y0y0 Ø | 1y01y Ø | 110yy Ø | 11010 |
| 11101 | 1y10y Ø | 1y1y1 Ø | 11101 | 111yy Ø |
| 11110 | 1y1y0 Ø | 1y11y Ø | 111yy Ø | 11110 |

В таблице из каждой простой импликанты поочерёдно вычитаются другие простые импликанты. L-экстремалями стали следующие импликанты:

E={x0x00,x0x11,x1x01,x1x10}.

Минимальное покрытие – множество L-экстремалей E. Следовательно:

S2=(a2+b2+)(a2+2+p)(2+b2+p)(2+2+p)  
  
Приведём результат к базису ИЛИ-НЕ:  
  
S2=  
  
Эффективность минимизации:

K = = 5,36

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

Принцип работы ОЧУС представлен с помощью таблицы истинности(таблица 3.6).

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

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

Таблица 3.6 – Таблица истинности ОЧУС

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Пер.** | **Мн** | | **Мт** | | **Упр** | **Перенос** | **Результат** | | **Результат операции в четверичной с/с** |
| ***P1*** | ***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 | 1 | 1 | 3·0+0=00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | Выход – код «03» |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3·1+0=03 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | Выход – код «03» |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3·2+0=12 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | Выход – код «03» |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 3·3+0=21 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «03» |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2·0+0=00 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | Выход – код «02» |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2·1+0=02 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | Выход – код «02» |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2·2+0=10 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | Выход – код «02» |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 2·3+0=12 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «02» |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1·0+0=00 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | Выход – код «01» |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1·1+0=01 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | Выход – код «01» |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1·2+0=02 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | Выход – код «01» |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 1·3+0=03 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «01» |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0·0+0=00 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | Выход – код «00» |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0·1+0=00 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | Выход – код «00» |

Продолжение таблицы 3.6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0·2+0=00 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | Выход – код «00» |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 0·3+0=00 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «00» |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | x | x | x | 3·0+1=01 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | x | x | x | Выход – код «03» |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | x | x | x | 3·1+1=10 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «03» |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3·2+1=13 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | x | x | x | Выход – код «03» |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 3·3+1=22 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «03» |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | x | x | x | 2·0+1=01 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | x | x | x | Выход – код «02» |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | x | x | x | 2·1+1=03 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «02» |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2·2+1=11 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | x | x | x | Выход – код «02» |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 2·3+1=13 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «02» |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | x | x | x | 1·0+1=01 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | x | x | x | Выход – код «01» |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | x | x | x | 1·1+1=02 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «01» |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1·2+1=03 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | x | x | x | Выход – код «01» |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 1·3+1=10 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «01» |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | x | x | x | 0·0+1=01 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | x | x | x | Выход – код «00» |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | x | x | x | 0·1+1=01 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «00» |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0·2+1=01 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | x | x | x | Выход – код «00» |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 0·3+1=01 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | Выход – код «00» |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | y2 | | | | | |  |  |
| P1 |  |  |  |  | x | x |  | 1 | x2  x1  x2 |
|  |  |  |  | x | x |  | 1 |
|  |  |  |  | x | x |  |  |
|  |  |  |  | x | x |  |  |
| x | x | x | x | x | x | x |  |
| x | x | x | x | x | x | x |  |
| x | x | x | x | x | x | x | 1 |
| x | x | x | x | x | x | x | 1 |
|  |  | h | |  | y1  h | | | |  |
|  |  | Рисунок 3.3 - Минимизация функции  при помощи карты Вейча | | | | | | |  |

**Минимизация функции P:**

Следовательно:  
  
P = 1y1

Приведём функцию к базису И, сумма по модулю два, константная единица:  
  
 P = (x1  1)y1(h 1)  
  
 Эффективность минимизации:  
  
 K = = 4,25

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **y**1 **y**2 **h**  **P**1**x**1**x**2 | **000** | **001** | **011** | **010** | **110** | **111** | **101** | **100** |
| **000** |  | 0 | 0 | 0 | x | x | 0 | 0 |
| **001** |  | 0 | 0 | 0 | x | x | 0 |  |
| **011** |  |  |  |  | x | x |  |  |
| **010** |  |  |  |  | x | x |  | 0 |
| **110** | x | x | x | x | x | x | x | 0 |
| **111** | x | x | x | x | x | x | x |  |
| **101** | x | x | x | x | x | x | x |  |
| **100** | x | x | x | x | x | x | x | 0 |
|  |  | Рисунок 3.4 - Минимизация функции  при помощи карты Карно | | | | | | |

**Минимизация функции Q1:**

Следовательно:  
  
 Q1 = (x1+)(x1+2)(x2+1+h)(x1+2)  
  
 Приведём результат к базису И, сумма по модулю два, константная единица:  
  
 Q1 = ((x1 )x1)((x1 2)x12)((x2 1h)x21h)((x1 2)x12)  
  
 Эффективность минимизации:  
  
 K = = 6,92

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | y2 | | | | | |  |  |
| P1 | 1 |  |  |  | x | x |  | 1 | x2  x1  x2 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | x | x | 1 | 1 |
| 1 |  |  |  | x | x |  | 1 |
| x | x | x | x | x | x | x |  |
| x | x | x | x | x | x | x |  |
| x | x | x | x | x | x | x |  |
| x | x | x | x | x | x | x |  |
|  |  | h | |  | y1  h | | | |  |
|  |  | Рисунок 3.5 - Минимизация функции   при помощи карты Вейча | | | | | | |  |

**Минимизация функции Q2:**

Следовательно:  
  
Q2 = 12 + 1x2

Приведём к базису И, сумма по модулю два, константная единица:  
  
Q2 = ((P1 1)(y2 1)(h 1) (P1 1)x2)((P­1 1)x2(y2 1)(h 1))

Эффективность минимизации:

K = = 11,8

**3.3. Логический синтез преобразователя множителя**

Преобразователь множителя (ПМ) – это устройство, преобразующее диады множителя в зависимости от метода умножения.

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

Принцип работы показан в таблице истинности(таблица 3.7):

Таблица 3.7 – Таблица истинности ПМ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Входная диада** | | **Младший разряд** | **Знак** | **Выходная диада** | |
| **Q1** | **Q2** | **p** | **Z** | **S1** | **S2** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Продолжение таблицы 3.7 | | | | | |
| 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 |

Минимизация представлена с помощью карт Карно-Вейча:

**Минимизация функции Z:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Q2p** |  |  |  |  |
| **Q1** |  | **00** | **01** | **11** | **10** |
|  | **0** | 1 | \* | 1 | 1 |
|  | **1** |  |  |  |  |

Рисунок 3.6 - Минимизация функции Z картой Карно

Следовательно:

Z = Q1

**Минимизация функции S1:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | p | |  |
|  |  | Q2 | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| Q1 |  |  |  |  | 1 |
|  |  |  | 1 |  |  |

Рисунок 3.7 - Минимизация функции S1 картой Вейча

Следовательно:

S1 =

**Минимизация функции S2:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Q2p |  |  |  |  |
| Q1 |  | 00 | 01 | 11 | 10 |
|  | 0 |  | 1 |  | 1 |
|  | 1 |  | 1 |  | 1 |

Рисунок 3.8 - Минимизация функции S2 картой Карно

Следовательно:

S2 =

# **4.СИНТЕЗ КОМБИНАЦИИОНЫХ СХЕМ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИПЛЕКОРОВ**

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 любой

один 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, поданным на управляющие входы.

Переключательные функции (ПФ) от пяти переменных можно реализовать на мультиплексоре «один из восьми».

Управляющее поле мультиплексора определяется тремя переменными, значит, число групп с одинаковыми значениями этих переменных будет равно восьми.

Для определения управляющего поля мультиплексора возьмём переменные *a*1, *a*2 и *b*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 | 1 | 1 | 0 | b2\* | 1 |  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2+p | 1 | 2+p | 1 |  |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | b2+ | 0 | b2⊕p |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2\*p | 0 | 2\*p | 0 | b2⊕p |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2+p | 1 | 2+p | 1 |  |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Продолжение таблицы 4.1 | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | b2\* | 1 |  |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2\*p | 0 | 2\*p | 0 | b2⊕p |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | b2+ | 0 | b2⊕p |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

При синтезе ОЧС на основе мультиплексоров схема получается более эффективной и менее затратной.

# **5.ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗРАБОТКИ**

Формула расчёта временных затрат на умножение:

Т=(𝑛 + 1) ∗ (𝑇ПМ + 𝑇ФДК + 𝑇ОЧУC + (m + n + 1) \* 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.

# **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе выполнения курсовой работы был разработан сумматор умножитель второго типа вместе со структурной схемой, функциональной схемой основных узлов данного устройства. Для уменьшения стоимости логических схем были выполнены минимизации различными способами.

Карты Карно-Вейча позволили минимизировать функции очень просто, но только на функции немногих переменных. Для многих же используется алгоритм Рота.

Функциональные схемы были построены в различных базисах, это позволило закрепить знания булевой алгебры. Также это показывает, каким грамотным образом можно задать булеву функцию.

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

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

[1] Искра, Н. А. Арифметические и логические основы вычислительной

техники : пособие / Н. А. Искра, И. В. Лукьянова, Ю. А. Луцик. – Минск :

БГУИР, 2016. – 75 с.

[2] Луцик, Ю. А. Методические указания к курсовому проекту по курсу

“Арифметические и логические основы вычислительной техники” / Ю. А.

Луцик, И. В. Лукьянова – Минск : БГУИР, 2004 г – 35 с.

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

# **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**(**обязательное**)**

Сумматор-умножитель второго типа. Схема электрическая структурная

# **ПРИЛОЖЕНИЕ Б** (необязательное**)**

Алгоритм Рота таблица поиска простых импликант С1\*С1

# **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

**(**обязательное**)**

Одноразрядный четверичный сумматор-умножитель. Схема электрическая функциональная

# **ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

**(**обязательное**)**

Одноразрядный четверичный сумматор. Схема электрическая функциональная

# **ПРИЛОЖЕНИЕ Д**

**(**обязательное**)**

Однозарядный четверичный сумматор. Схема электрическая функциональная на основе мультиплексоров

# **ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**

**(**обязательное**)**

Преобразователь множителя. Схема электрическая функциональная

# **ПРИЛОЖЕНИЕ И**

**(**обязательное**)**

Ведомость документов