МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

Высшего образования

«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электронных вычислительных машин

Допускаю к защите

Руководитель проекта

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Мельцов В.Ю\_

подпись фамилия, инициалы

«­\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_\_г.

«СИНТЕЗ МИКРОПРОГРАММНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ АВТОМАТОВ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

по дисциплине «Теория автоматов»

ТПЖА. 09.03.01.066 ПЗ

Студент Группы ИВТ-21 ­­\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_Захарова Д.А.\_\_\_\_\_

подпись фамилия, инициалы

Руководитель \_­­­­­­\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_Мельцов В.Ю.\_\_\_\_\_

подпись фамилия, инициалы

Оценка \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

дата защиты

Комиссия \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Мельцов В.Ю.\_\_)

подпись фамилия, инициалы

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Исупов К.С.\_\_\_)

подпись фамилия, инициалы

Киров 2016

УДК 004.4

Реферат

Захарова Д.А. СИНТЕЗ МИКРОПРОГРАММНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ АВТОМАТОВ: ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ: Курс. проект / ВятГУ, каф. ЭВМ; рук. В.Ю. Мельцов - Киров, 2016. – Гр. ч. 4 л. ф.А2; ПЗ 47 с., 13 табл., 1 источник, 6 прил.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

ТПЖА.09.03.01.066

Разраб.

Захарова Д.А.

Провер.

Мельцов В.Ю.

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

Синтез микропрограммных управляющих автоматов

Лит.

Кафедра ЭВМ

Группа ИВТ-21

Групгр

Реценз.

Лист

Листов

1

47

СИНТЕЗ АВТОМАТА, МИКРОПРОГРАММНЫЙ АВТОМАТ, ДЕЛЕНИЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ, ПОРЯДОК, УПРАВЛЯЮЩИЙ АВТОМАТ, ОПЕРАЦИОННЫЙ АВТОМАТ.

Объект исследования и разработки – микропрограммный автомат, выполняющий деление I способом с плавающей запятой с порядками в прямом коде с использованием обратного кода при вычитании без восстановления остатков.

Цель курсового проекта – синтез микропрограммного автомата, выполняющего деление I способом с плавающей запятой с порядками в прямом коде, с использованием обратного кода при вычитании, без восстановления остатков в основном логическом базисе.

Синтезированный автомат позволяет выполнять деление чисел с плавающей запятой с порядками.

Содержание

Введение……………………………………………………………………...……4

1 Постановка задачи………………………………………………………………5

2 Описание используемого алгоритма деления…..……………………………..5

3 Численные примеры…………………………………………………………….6

3.1 Операция деления без исключительных ситуаций…………………………6

3.2 Операция деления с возникновением устранимой временной ПМР………7

3.3 Операция деления с возникновением неустранимой временной ПМР……9

3.4 Операция деления с возникновением ПРС при вычитании порядков…….9

3.5 Операция деления с возникновением ПРС при денормализации делимого ………………………………………………………………………………….....10

4 Выбор функциональной схемы операционной части устройства и определение списка микроопераций и логических условий………………….......................................................................................10

4.1 Состав операционного автомата……………………………………………10

4.2 Описание операционного автомата………………………………………...11

4.3 Управляющие и осведомительные сигналы……………………………….12

5 Разработка содержательной граф-схемы…………………………………….13

6 Построение отмеченной граф-схемы алгоритма…………………………….15

7 Построение графов автоматов Мили и Мура и выбор структурной схемы управляющего автомата…………………………………………………………17

8 Кодирование внутренних состояний для модели Мили…………………….17

8.1 Кодирование внутренних состояний для модели Мили на D-триггерах...17

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

8.2 Кодирование внутренних состояний для модели Мили на RS-триггерах.20

8.3 Кодирование внутренних состояний для модели Мили на счётчике…….26

9 Кодирование внутренних состояний для модели Мили…………………….29

9.1 Кодирование внутренних состояний для модели Мура на D-триггерах…29

10 Построение схемы управляющего микропрограммного автомата..………33

11 Заключение……………………………………………………………………34

Перечень сокращений…………………………………………………………...35

Список литературы………………………………………………………………36

Приложение А……………………………………………………………………37

Приложение Б……………………………………………………………………38

Приложение В……………………………………………………………………39

Приложение Г……………………………………………………………………40

Приложение Д……………………………………………………………………41

Приложение Е……………………………………………………………………42



Введение

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

В последнее время объемы вычислений возросли настолько, что выполнять их все вручную стало невозможно. В связи с этим были придуманы различные автоматические вычислительные устройства, выполняющие данные вычисления. Такие автоматы реализуются в виде самостоятельных устройств специального назначения или в виде блоков, входящих в системы управления и системы обработки информации. При этом работа ведется с математическими моделями, предназначенными для приближенного отображения физических моделей.

Основной целью данного курсового проекта является получение навыков синтеза управляющего МПА с жесткой логикой на основе разработки машинных алгоритмов одной из заданных арифметических операций. Основным требованием является минимизация аппаратурных затрат как управляющего, так и операционного автомата.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

1 Постановка задачи

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Синтезировать микропрограммный автомат, управляющий выполнением деления чисел в двоичной системе счисления с плавающей запятой (ПЗ) в прямом коде (ПК) первым способом без восстановления остатков (ВО) с использованием обратного кода (ОК) при вычитании мантисс, в основном логическом базисе.

2 Описание используемого алгоритма деления

1. Считать делимое;
2. Считать делитель;
3. Заполнить частное единицами;
4. Проверить делитель на равенство нулю:

* если делитель равен нулю, то выдать сообщение о делении на ноль и завершить операцию деления;
* если делитель не равен нулю, то перейти к п.5;

1. Проверить делимое на равенство нулю:

* если делимое равно нулю, то выдать 0 как результат деления;
* если делимое не равно нулю, то перейти к п.6;

1. Сложением по модулю 2 знаков операндов определить знак частного;
2. Произвести вычитание порядков в ДК;3
3. Проверить на ПРС:

* если до вычитания в знаковых разрядах обеих чисел был 0, а в результате вычитания в знаковом разряде результата оказалась 1, то произошло ПРС. Выдать сигнал о ПРС и завершить операцию деления;
* иначе перейти к п.9;

1. Проверить на ПМР:

* если в знаковых разрядах обеих чисел была 1, а после вычитания в знаковом разряде результата оказалась 1 и в остальных разрядах 0, то произошла временная ПМР. В этом случае перейти к п.10 и продолжить деление;
* если в знаковых разрядах обеих чисел была 1, а после вычитания в знаковом разряде результата оказался 0, то произошла ПМР. Выдать 0 как результат деления;

1. Выполнить первое вычитание делителя из делимого в ОК и запомнить знак результата:

* если знак 0, то сдвинуть делимое на 1 разряд вправо и увеличить порядок частного на 1. Проверить порядок на ПРС и устранение временной ПМР. В случае ПРС выдать сигнал о ПРС и завершить операцию деления. В случае, если временная ПМР не была устранена, выдать 0 как результат деления;
* если знак 1, то перейти к п.11;

1. Занести инвертированный знак результата в младший разряд частного;
2. Сдвинуть остаток и частное на 1 разряд влево;
3. Если знак остатка до сдвига 1 – прибавить делитель к остатку; если 0 – вычесть делитель из остатка
4. Повторять п.11-13 пока в старшем разряде частного не встретится 0
5. Присвоить результату знак из п.6

3 Численные примеры

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

3.1 Операция деления без исключительных ситуаций

А=12,75

Мантисса: 0,1100112

Порядок: 0.00102

В=228

Мантисса: 0.1110012

Порядок: 0.10002

Вычитание порядков:

0.010 (ПК)

1.000 (ДК)

1.010 (ДК) = 0110 (ПК)

Деление мантисс операндов представлено в таблице 1

Таблица 1 – Деление мантисс операндов

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Остаток | Частное | Пояснения |
| 0.110011  1.000111  1.111010 | ……0 | Первое вычитание делителя из делимого  Знак 1 – продолжение деления  Инвертированный знак в частное |
| 1.110100  0.111001  0.101101 | …..01 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  Знак остатка до сдвига 1 – сложение остатка и делителя  Инвертированный знак в частное |
| 1.011010  1.000111  0.100001 | ….011 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  Знак остатка до сдвига 0 – вычитание из остатка делителя  Инвертированный знак в частное |
| 1.000010  1.000111  0.001001 | …0111 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  Знак остатка до сдвига 0 – вычитание из остатка делителя  Инвертированный знак в частное |
| 0.010010  1.000111  1.011001 | ..01110 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  Знак остатка до сдвига 0 – вычитание из остатка делителя  Инвертированный знак в частное |
| 0.110010  0.111010  1.101011 | .011101 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  Знак остатка до сдвига 1 – сложение остатка и делителя  Инвертированный знак в частное |
| 1.010110  0.111001  0.001111 | 0.111010 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  Знак остатка до сдвига 1 – сложение остатка и делителя  Инвертированный знак в частное |

Знак частного:

Ответ:

Проверка: 47 / 102 = 0.0559210526315789

3.2 Операция деления с возникновением устранимой временной ПМР

А=0.015380859375

Мантисса: 0.1111112

Порядок: 1.1102

В=2.185

Мантисса: 0.1000112

Порядок: 0.0102

Вычитание порядков:

1.010 (ДК)

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

1.110 (ДК)

1.000 (ДК) – Временное ПМР

При вычитании порядков произошла временная ПМР. Продолжаем операцию деления. Устранение временной ПМР представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Устранение временной ПМР

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Остаток | Частное | Примечание |
| 0.111111  1.011100  0.011011 | - | Первый остаток положительный – сдвигаем делитель вправо и увеличиваем порядок на 1 |

Увеличение порядка:

1.000

0.001

1.001 (ДК) = 1111 (ПК)

Временная ПМР устранена. Продолжение операции деления представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Деление мантисс после устранения временной ПМР

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Остаток | Частное | Пояснения |
| 0.011111  1.011100  1.111011 | …..0 | Первое вычитание делителя из остатка  Знак отрицательный – продолжение операции  Инвертированный знак в частное |
| 1.110110  0.100011  0.011001 | …..01 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  До сдвига знак остатка 1 – прибавляем к остатку делитель  Инвертированный знак в частное |
| 0.110011  1.011100  0.001111 | ….011 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  До сдвига знак остатка 0 – вычитаем из остатка делитель  Инвертированный знак в частное |
| 0.011111  1.011100  1.111011 | ...0110 | Сдвиг остатка  Сдвиг остатка  Сдвиг частного  До сдвига знак остатка 0 – вычитаем из остатка делитель  Инвертированный знак в частное |
| 1.110110  0.100011  0.011001 | ..01101 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  До сдвига знак остатка 1 – прибавляем к остатку делитель  Инвертированный знак в частное |
| 0.110011  1.011100  0.001111 | .011011 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  До сдвига знак остатка 0 – вычитаем из остатка делитель  Инвертированный знак в частное |
| 0.011111  1.011100  1.111011 | 0.110110 | Сдвиг остатка  Сдвиг частного  До сдвига знак остатка 0 – вычитаем из остатка делитель  Инвертированный знак в частное |

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Знак частного:

Ответ:

Проверка: 0.015380859375 / 2.185 = 0.0070392

3.3 Операция деления с возникновением неустранимой временной ПМР

А= 0.011474609375

Мантисса: 0.1011112

Порядок: 1.1102

В=3.185

Мантисса: 0.1100112

Порядок: 0.0102

Вычитание порядков:

1.010 (ДК)

1.110 (ДК)

1.000 (ДК) – Временная ПМР

Произошла временная ПМР. Продолжаем операцию деления. Деление мантисс операндов представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Деление мантисс операндов

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Остаток | Частное |  |
| 0.101111  1.001100  1.111011 | - | Первый остаток отрицательный, временная ПМР не исправилась |

Временная ПМР не была устранена. Результат деления: 0.

3.4 Операция деления с возникновением ПРС при вычитании порядков

А= 47

Мантисса: 0.1011112

Порядок: 0.1102

В=0.199

Мантисса: 0.1100112

Порядок: 1.0102

Вычитание порядков:

0.110 (ПК)

0.010 (ПК)

1.000 (ПК) – ПРС

Произошло ПРС. Прекращаем операцию деления.

3.5 Операция деления с возникновением ПРС при денормализации делимого

А= 63

Мантисса: 0.1111112

Порядок: 0.1102

В=1.09375

Мантисса: 0.1000112

Порядок: 0.0012

Вычитание порядков:

0.110 (ПК)

0.001 (ПК)

0.111 (ПК)

Деление мантисс операндов представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Деление мантисс операндов

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| СЧП | Частное |  |
| 0.111111  1.011100  0.011011 | - | Первый остаток положительный – сдвигаем делитель вправо и увеличиваем порядок на 1 |

Увеличение порядка:

0.111 (ПК)

0.001 (ПК)

1.000 (ПК) - ПРС

При увеличении порядка произошло ПРС. Прекращаем операцию деления.

4 Выбор функциональной схемы операционной части устройства и определение списка микроопераций и логических условий

4.1 Состав операционного автомата

Операционный автомат должен содержать следующие элементы:

* 24-х разрядный не сдвиговый регистр RG1 для хранения делителя и делимого;
* 24-х разрядный реверсивный сдвиговый регистр RG2 для хранения остатка;
* 24-х разрядный сдвиговый влево регистр RG3 для хранения частного;
* 8-разрядный не сдвиговый регистр RG4 для хранения порядка делителя и делимого;
* 24-х разрядный управляемый инвертор для инвертирования делителя;
* 8-разрядный управляемый инвертор для инвертирования порядков;
* 7-разрядный управляемый инвертор для инвертирования порядка частного при выдаче на шину;
* 24-х разрядный сумматор SM1 для сложения или вычитания делителя из остатка;
* 8-разрядный сумматор SM2 для вычитания порядков;
* 8-разрядный счетчик СТ1 для хранения порядка частного;
* D-триггер T3 для хранения знакового разряда делимого;
* D-триггер T1 для хранения единицы переноса из сумматора SM1;
* D-триггер T2 для хранения знака остатка;
* D-триггер T6 для хранения знака порядка делимого;
* один элемент сложения «по модулю два» для получения знака результата;

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

* один элемент «не» для записи знака остатка в частное;
* 4 элемента «не», 7 элементов «и», 1 элемент «или», 7-входовой элемент «или» для проверки на ПМР, ПРС, временную ПМР;
* 2 RS-триггера для выдачи сигналов о делении на 0 и ПРС;
* усилитель-формирователь для выдачи результата на выходную шину.

4.2 Описание операционного автомата

Операнды разрядностью 4 байта поступают по входной шине в прямом коде, результат в прямом коде выводится по выходной шине.

В регистр RG1 поступает мантисса операнда со знаковым разрядом. Поэтому не сдвиговый регистр RG1 имеет 24 разряда.

Регистр RG2 имеет 24 разряда и является сдвиговым в обе стороны, поскольку может потребоваться денормализация делимого путем сдвига вправо, а в самом процессе деления выполняются сдвиги влево. В данном регистре хранится остаток.

Сдвиговый регистр RG3 имеет 24 разряда, так как в нем хранится частное. В каждом такте деления производится сдвиг данного регистра влево. В начале операции деления в него записываются единицы.

Регистр RG4 имеет 8 разрядов, так как в нем сначала хранится порядок делимого, а потом делителя.

Счетчик СТ1 имеет 8 разрядов, так как в нем сначала хранится порядок делимого, а потом порядок частного.

Сумматор SM1 имеет 24 разряда на входах и выходе, вход CR и выход CRP переноса. На плечо А сумматора поступает содержимое выхода 24-разрядного управляемого инвертора, на плечо В – содержимое регистра RG2, на вход CR – содержимое триггера T1. Поскольку при вычитании используется ОК, единица переноса из старшего разряда записывается с выхода CRP в триггер Т1 и подается оттуда на вход CR. С выхода S данные записываются в регистр RG2. Старший разряд выхода S записывается в триггер T2 для дальнейшего анализа знака остатка.

Из триггера Т2 данные проходят через инвертор и записываются в специальный разряд регистра RG3.

Сумматор SM2 имеет 8 разрядов на входе и выходе, вход переноса CR. На плечо А записываются данные с выхода 8-разрядного управляемого инвертора, на вход В – данные из счетчика СТ1. На вход CR подается единица, если были инвертированы данные, поступающие из регистра RG4. С выхода S данные подаются на счетчик СТ1.

На выходную шину данные из счетчика СТ1 поступают через 8-разрядный управляемый инвертор, который инвертирует данные в случае, если в старшем разряде счетчика СТ1 хранится единица.

Знак результата получается с помощью сложения «по модулю два» знаковых разрядов двух операндов (делителя и делимого), которые заносятся в триггер T3 и старший разряд регистра RG1.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Разработанный операционный автомат представлен в приложении А.

4.3 Управляющие и осведомительные сигналы

Для выполнения операции сложения из управляющего автомата в операционный автомат необходимо подать управляющие сигналы, реализующие следующие микрооперации:

* y0 – сброс триггеров T1, Т4, Т5, занесение знака делимого в триггер Т3, сброс регистра RG2, занесение в регистр RG3 единиц;
* y1 – запись в регистры RG1 и RG4;
* y2 – очищение счётчика CT1 и D-триггера T3;
* y3 – инверсия содержимого регистра RG4, подача единицы на вход CR сумматора SM2;
* y4 – запись в счётчик CT1;
* y5 – запись в D-триггер Т6;
* y6 – запись в регистр RG2;
* y7 – переключение в 1 триггера Т5 для выдачи сигнала о ПРС;
* y8 – переключение в 1 триггера Т4 для выдачи сигнала о ДНН;
* y9 – инверсия содержимого регистра RG1;
* y10 – запись в триггеры Т1 и Т2;
* y11 – сдвиг регистра RG2 вправо, прибавление 1 к счетчику CT1;
* y12 – вычитание 1 из счетчика СТ1;
* y13 - выдача результата на шину;
* y14 - сброс регистров RG1 и RG3;
* y15 – сдвиг регистров RG2 и RG3 влево.

Из операционного автомата в управляющий автомат необходимо передать осведомительные сигналы о состоянии устройств ОА, определяемые списком следующих логических условий:

* X – ожидание операндов;
* p1 – проверка делителя на 0;
* p2 – проверка делимого на 0;
* p3 – определение следующей операции – сложение или вычитание делителя из остатка;
* p4 – проверка на окончание цикла деления;
* p5 – проверка знака порядка;
* p6 – проверка на ПРС;
* p7 – проверка на истинную ПМР;
* p8 – проверка на временную ПМР;
* p9 – проверка знака порядка частного;
* Z – проверка возможности выдачи результата на выходную шину.

Таким образом, управляющий МПА должен вырабатывать 15 управляющих сигналов и посылать их в ОА в нужные такты машинного времени в соответствии с алгоритмом выполнения операции деления, ориентируясь на 11 осведомительных сигналов, поступающих из ОА.

5 Разработка содержательной граф-схемы алгоритма

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

В первом такте производится проверка наличия на входной шине делимого. При поступлении делимого его мантисса заносится в регистр RG1, порядок – в регистр RG4. Знак делимого заносится в триггер Т3. Так же в данном такте происходит обнуление триггеров Т1, Т4, Т5, обнуление регистра RG2 и занесение единиц в регистр RG3.

Во втором такте происходит проверка знака порядка делимого, запись самого порядка в счетчик СТ1 и запись мантиссы делимого в регистр RG2. Если порядок положительный (p5=0), то на плечо А сумматора SM2 подаются не инвертированные данные с 7 младших разрядов регистра RG4, в 8 разряд записывается ноль, на плечо В – содержимое счетчика СТ1, результат с выхода S сумматора записывается в счетчик СТ1. В триггер Т6 записывается содержимое старшего разряда регистра RG4. Так же на плечо А сумматора SM1 подаются данные 23 младших разрядов регистра RG1, в 24 разряд записывается ноль, на плечо В – содержимое регистра RG2. Результат с выхода S записывается в регистр RG2. Если порядок отрицательный (p5=1), то на плечо А сумматора SМ2 подаются инвертированные 7 младших разрядов RG4, в 8 разряд записывается единица, на вход CR подается единица. Остальные действия совпадают с действиями, выполняющимися при положительном порядке.

В третьем такте производится проверка наличия на входной шине делителя. При его поступлении мантисса делителя записывается в младшие разряды RG1, в старший 24 разряд записывается знак делителя. Порядок записывается в регистр RG4.

В четвертом такте производится проверка делителя на равенство нулю. Если он равен нулю (p1=0), то в триггер Т5 записывается единица, символизирующая ДНН, и операция деления прекращается. Если делимое не равно нулю (p1=1), то производится проверка делимого на равенство нулю. Если оно равно нулю (p2=0), то сбрасываются регистры RG1, RG3, счетчик СТ1, триггер Т3, тем самым формируя на выходной шине 0 как результат деления. Если делимое не равно нулю (p2=1), то производится проверка знака порядка делителя. Если знак отрицательный (p5=1), то на плечо А сумматора SM2 подаются не инвертированные данные с 7 младших разрядов регистра RG4, в 8 разряд записывается ноль, на плечо В – содержимое счетчика СТ1, результат с выхода S сумматора записывается в счетчик СТ1. Если знак положительный (p5=0), то на плечо А сумматора SМ2 подаются инвертированные 7 младших разрядов RG4, в 8 разряд записывается единица, на вход CR подается единица.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

В пятом такте производится проверка на ПРС и ПМР. Если произошло ПРС (p6=1), то триггер Т4 переключается в 1 и операция деления прекращается. Если ПРС не произошло, то проверяется ПМР. Если ПМР возникло (p7=1), то сбрасываются регистры RG1, RG3, счетчик СТ1, триггер Т3, тем самым формируя на выходной шине 0 как результат деления. Если ПМР не произошло, то выполняется первое вычитание делителя из делимого. Для этого на 23 младших разряда плеча А сумматора SM1 подаются инвертированные данные 23 младших разрядов регистра RG1, в старший разряд записывается единица. На плечо В подаются данные с регистра RG2. Данные с 23 разряда выхода S записываются в триггер Т2.

В следующем такте выполняется проверка на необходимость денормализации делимого. Для этого анализируется знак остатка, полученного при предыдущем вычитании. Если он положительный (p3=0), то выполняется логический сдвиг регистра RG2 вправо и увеличение счетчика СТ1 на 1. Далее выполняется проверка на ПРС. Если оно произошло (p6=1), то триггер Т4 переключается в 1 и операция деления прекращается. Если оно не произошло, то выполняется вычитание делителя из делимого с занесением результата в регистр RG2. Для этого на 23 младших разряда плеча А сумматора SM1 подаются инвертированные данные 23 младших разрядов регистра RG1, в старший разряд записывается единица. На плечо В подаются данные с регистра RG2. На вход CR записываются данные из триггера Т1. Данные с выхода S записываются в RG2. В триггер Т2 записываются данные 23 разряда выхода S сумматора, в триггер Т1 – данные с выхода CRP. Если знак остатка первого вычитания был отрицательный (p3=1), то выполняется проверка на наличие временной ПМР. Если она присутствует (p8=1), то сбрасываются регистры RG1, RG3, счетчик СТ1, триггер Т3, тем самым формируя на выходной шине 0 как результат деления. Если ее нет (р8=0), то выполняется вычитание делителя из делимого с занесением результата в RG2.

Далее начинается цикл деления. В первом его такте выполняется сдвиг регистров RG3 и RG2 влево. В младший разряд регистра RG3 заносится инвертированное содержимое триггера Т2, в младший разряд регистра RG2 – 0. Далее выполняется проверка завершения цикла деления. Если цикл не завершен (p4=1), производится проверка знака остатка. Если он был отрицательным (p3=1), то выполняется сложение остатка и делителя. Для этого на плечо А сумматора SM1 подаются данные 23 младших разрядов регистра RG1, в 24 разряд записывается ноль, на плечо В – содержимое регистра RG2. На вход CR подаются данные с триггера Т1. Результат с выхода S записывается в регистр RG2. С 23 разряда выхода S данные записываются в триггер Т2. В триггер Т1 записываются данные с выхода CRP. Если остаток был положительным (p3=0), то на 23 младших разряда плеча А сумматора SM1 подаются инвертированные данные 23 младших разрядов регистра RG1, в старший разряд записывается единица. Остальные действия такие же, как и при отрицательном порядке. Далее цикл начинается сначала.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Если цикл деления был завершен (p4=0), то выполняется проверка знака порядка частного. Если порядок отрицательный (p9=1), то из счетчика СТ1 вычитается единица и на выходную шину поступает инвертированное содержимое 6 младших разрядов счетчика СТ1 и не инвертированный 7 разряд. Если порядок положительный (p9=0), то на выходную шину поступает не инвертированное содержимое регистра СТ1. Так же на выходную шину подается знак результата с выхода элемента XOR, на входы которого подаются данные из триггера Т3 и 23 разряда регистра RG1, данные из 23 младших разрядов регистра RG3 (мантисса).

Разработанная содержательная граф-схема представлена в приложении Б.

6 Построение отмеченной граф-схемы алгоритма

Для разметки граф-схемы алгоритма каждой совокупности микроопераций, находящихся в операторных вершинах содержательной граф-схемы, ставятся в соответствие управляющие сигналы y0…y15. Эти управляющие сигналы являются выходными сигналами управляющего автомата и обеспечивают выполнение требуемых действий в соответствии со списком микроопераций операционного автомата. Совокупности микроопераций для каждой операторной вершины образуют микрокоманды, список которых представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Совокупности микроопераций и соответствующие им

микрокоманды

|  |  |
| --- | --- |
| Микрокоманда | Совокупность микроопераций |
| Y1 | y0,y1,y2 |
| Y2 | y3,y4,y5,y6 |
| Y3 | y4,y5,y6 |
| Y4 | y1 |
| Y5 | y7 |
| Y6 | y4 |
| Y7 | y3,y4 |
| Y8 | y8 |
| Y9 | y9,y10 |
| Y10 | y11 |
| Y11 | y6,y9,y10 |
| Y12 | y15 |
| Y13 | y6,y10 |
| Y14 | y14,y2 |
| Y15 | y12 |
| Y16 | y13 |

Каждой условной вершине содержательной граф схемы алгоритма ставится в соответствие один из входных сигналов управляющего автомата Х1…Х11, список которых представлен в таблице 7.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Таблица 7 – Список входных сигналов

|  |  |
| --- | --- |
| Входной сигнал УА | Логическое условие ОА |
| X1 | P1 |
| X2 | P2 |
| X3 | P3 |
| X4 | P4 |
| X5 | P5 |
| X6 | P6 |
| X7 | P7 |
| X8 | P8 |
| X9 | P9 |
| X10 | X |
| X11 | Z |

Далее в полном соответствии с содержательной ГСА строится отмеченная ГСА, условным вершинам которой приписывается один из входных сигналов УА, а операторным вершинам – одна из микрокоманд.

В приложении В приведена размеченная граф-схема алгоритма для автоматов Мили и Мура, в которой a0..a9 – состояния для автомата Мили, b0..b19 – состояния для автомата Мура.

7 Построение графов автоматов Мили и Мура и выбор структурной схемы управляющего автомата

Графы автомата для модели Мили и для модели Мура, построенные в соответствии с отмеченной ГСА, представлены в приложениях Г и Д.

Граф автомата Мили имеет 10 вершин, соответствующих состояниям автомата а0…a9. Дуги его отмечены входными сигналами, действующими на каждом переходе, и набором выходных сигналов, вырабатываемых управляющим автоматом на данном переходе.

Граф автомата Мура имеет 20 вершин, соответствующих состояниям автомата b0…b19. Каждое состояние определяет наборы выходных сигналов y0…y15 управляющего автомата, а дуги графа отмечены входными сигналами, действующими на данном переходе.

В управляющем автомате в качестве элементов памяти (ЭП) могут быть использованы D-триггеры, RS-триггеры, счетчик, сдвиговый регистр и т.д.

Основываясь на том виде, который принимает граф автомата Мили (значительное число нестандартных переходов), можно сделать вывод, что кодирование с использованием счетчика и сдвигового регистра будет 

неэффективным. Поэтому при кодировании будем использовать D-триггеры и RS-триггеры.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

При использовании D-триггеров в качестве ЭП при переходе из одного состояния в другое сигналы возбуждения должны быть поданы только на те триггеры, которые в коде состояния содержат единицу. Отсюда следует, что для получения комбинационной схемы меньшей сложности необходимо соблюдать основное требование: чем больше переходов в какое-либо состояние, тем меньше единиц должен содержать код этого состояния.

Для RS-триггеров лучше использовать соседнее кодирование, так как именно этот способ минимизирует число переключений ЭП.

Для реализации автомата по модели Мура так же следует использовать D или RS-триггеры, так как граф имеет большое количество нестандартных переходов.

В результате, управляющий автомат будет реализован на тех элементах памяти, на которых стоимость по Квайну получится меньше.

8 Кодирование внутренних состояний для модели Мили

8.1 Кодирование внутренних состояний для модели Мили на D-триггерах

Для кодирования 10 состояний (a0…a9) графа автомата Мили, представленного в приложении Г, минимально необходимо четыре элемента памяти. Так как при кодировании состояний автомата на D-триггерах следует кодировать состояния по количеству переходов в них (чем больше переходов, тем меньше единиц в коде), то нужно вначале построить таблицу, содержащую число переходов в каждое состояние и в соответствии с ней закодировать состояния. Данная таблица представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Число переходов в каждое из состояний

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | a0 | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 | a8 | a9 |
| Число переходов | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 6 |
| Код | 0001 | 0110 | 0100 | 0011 | 1000 | 0101 | 1100 | 0010 | 1001 | 0000 |

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили и формируются логические выражения для функций возбуждения. Прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Прямая структурная таблица переходов и выходов

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние am | Код am | Состояние перехода as | Код as | Входной сигнал (am, as) | Выходной сигнал (am, as) | Функции возбуждения |
| a0 | 0001 | a0  a1 | 0001  0110 | ¬x10  x10 | -  y0y1y2 | D1  D3D2 |
| a1 | 0110 | a2  a2 | 0100  0100 | x5  ¬x5 | y3y4y5y6  y4y5y6 | D3  D3 |
| a2 | 0100 | a2  a3 | 0100  0011 | ¬x10  x10 | -  y1 | D3  D2D1 |
| a3 | 0011 | a0  a4  a4  a9 | 0001  1000  1000  0000 | ¬x1  x1x2x5  x1x2¬x5  x1¬x2 | y7  y4  y3y4  y2y14 | D1  D4  D4  - |
| a4 | 1000 | a0  a5  a9 | 0001  0101  0000 | x6  ¬x6¬x7  ¬x6x7 | y8  y9y10  y2y14 | D1  D3D1  - |
| a5 | 0101 | a6  a7  a9 | 1100  0010  0000 | ¬x3  x3¬x8  x3x8 | y11  y6y9y10  y2y14 | D4D3  D2  - |
| a6 | 1100 | a7  a0 | 0010  0001 | ¬x6  x6 | y6y9y10  y8 | D2  D1 |
| a7 | 0010 | a8 | 1001 | 1 | y15 | D4D1 |
| a8 | 1001 | a7  a7  a9  a9 | 0010  0010  0000  0000 | x4x3  x4¬x3 ¬x4x9  ¬x4¬x9 | y6y10  y6y9y10  y12  - | D2  D2  -  - |
| a9 | 0000 | a0 | 0001 | x11 | y13 | D1 |

Логические выражения для каждой функции возбуждения D-триггера получают по таблице как конъюнкции соответствующих исходных состояний am и входных сигналов, которые объединены знаками дизъюнкции для всех строк, содержащих данную функцию возбуждения:

D1=a0¬x10 **v** a3¬x1 **v** a4x6 **v** a7 **v** a6x6 **v** a4¬x6¬x7 **v** a2x10 **v** a9x11

D2=a0x10 **v** a2x10 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4

D3=a0x10 **v** a1 **v** a2¬x10 **v** a4¬x6¬x7 **v** a5¬x3

D4=a3x1x2 **v** a5¬x3 **v** a7

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов:

y0=a0x10

y1=a0x10 **v** a2x10

y2=a0x10 **v** a3x1¬x2 **v** a4¬x6x7 **v** a5x3x8

y3=a1x5 **v** a3x1x2¬x5

y4=a1 **v** a3x1¬x2

y5=a1

y6=a1 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4

y7=a3¬x1

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

y8=a4x6 **v** a6x6

y9=a4¬x6¬x7 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4¬x3

y10=a4¬x6¬x7 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4

y11=a5¬x3

y12=a8¬x4x9 v a9x11

y13=a9x11

y14=a3x1¬x2 **v** a4¬x6x7 **v** a5x3x8

y15=a7

После выделения общих частей в логических выражениях и некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы управляющего автомата.

f=a0x10 (2)

g=a3¬x1 (2)

i=a9x11 (2)

k=a2x10 (2)

m=a5x3¬x8 (3)

n=a6¬x6 (2)

p=a4¬x6¬x7 (3)

q=a5¬x3 (2)

u=a3x1¬x2 **v** p **v** a5x3x8 (9)

w=a3x1x2 (3)

e=f v k (2)

L=m v n (2)

o=L v p (2)

z=a4x6 v a6x6 (6)

d=p v L (2)

s= a8x4 (2)

D1=a0¬x10 **v** g **v** z **v** a7 **v** i **v** p **v** k (9)

D2=e **v** L **v** s (3)

D3=f **v** a1 **v** a2¬x10 **v** p **v** q (7)

D4=w **v** q **v** a7 (3)

y0=f

y1=e

y2=f **v** u (2)

y3=a1x5 **v** w¬ x5 (6)

y4=a1 **v** w (2)

y5=a1

y6=a1 **v** L **v** s (3)

y7=g

y8=z

y9=d **v** s¬x3 (4)

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

y10=d **v** s (2)

y11=q

y12=a8¬x4x9 (3)

y13=i

y14=u

y15=a7

Инверторы: ¬x1; ¬x2; ¬x3; ¬x4; ¬x5; ¬x6; ¬x7; ¬x8; ¬x10 (9)

Цена комбинационной схемы по Квайну для автомата Мили при использовании графа, построенного на основе ГСА, который представлен в приложении Г, с использованием в качестве элементов памяти 4 D-триггеров:

8.2 Кодирование внутренних состояний для модели Мили на RS-триггерах

Для кодирования 10 состояний автомата Мили на RS-триггерах так же потребуется 4 триггера. При кодировании, если возможно, следует придерживаться принципа соседнего кодирования для минимизации числа переключений триггеров при переходе из одного состояния в другое. Данный граф не получится закодировать по принципу соседнего кодирования, так как в нем присутствуют циклы с нечетным числом вершин. Поэтому мы используем эвристический метод кодирования.

Закодируем первые 2 состояния:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Получившиеся коды состояний представлены в таблице 10.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

Таблица 10 – Коды состояний

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | a0 | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 | a8 | a9 |
| Код | 0000 | 0001 | 0101 | 0100 | 1000 | 1010 | 0010 | 0110 | 1110 | 1100 |

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили и по известному правилу формируются логические выражения для функций возбуждения. Прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Прямая структурная таблица переходов и выходов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние am | Код am | Состояние перехода as | Код as | Входной сигнал (am, as) | Выходной сигнал (am, as) | Функции возбуждения |
| a0 | 0000 | a0  a1 | 0000  0001 | ¬x10  x10 | -  y0y1y2 | -  S1 |
| a1 | 0001 | a2  a2 | 0101  0101 | x5  ¬x5 | y3y4y5y6  y4y5y6 | S3  S3 |
| a2 | 0101 | a2  a3 | 0101  0100 | ¬x10  x10 | -  y1 | -  R1 |
| a3 | 0100 | a0  a4  a4  a10 | 0000  1000  1000  1100 | ¬x1  x1x2x5  x1x2¬x5  x1¬x2 | y7  y4  y3y4  y2y14 | R3  S4R3  S4R3  S4 |
| a4 | 1000 | a0  a5  a10 | 0000  1010  1100 | x6  ¬x6¬x7  ¬x6x7 | y8  y9y10  y2y14 | R4  S2  S3 |
| a5 | 1010 | a6  a7  a10 | 0010  0110  1100 | ¬x3  x3¬x8  x3x8 | y11  y6y9y10  y2y14 | S4  R4S3  S3R2 |
| a6 | 0010 | a7  a0 | 0110  0000 | ¬x6  x6 | y6y9y10  y8 | S2  R2 |
| a7 | 0110 | a8 | 0111 | 1 | y15 | S1 |
| a8 | 1110 | a7  a7  a9  a9 | 0110  0110  1100  1100 | x4x3  x4¬x3  ¬x4x9  ¬x4¬x9 | y6y10  y6y9y10  y12  - | R4  R4  R2  R2 |
| a9 | 1100 | a0 | 0000 | x11 | y13 | R4R3 |

Логические выражения для каждой функции возбуждения RS-триггера получают по таблице как конъюнкции соответствующих исходных состояний am и входных сигналов, которые объединены знаками дизъюнкции для всех строк, содержащих данную функцию возбуждения:

S1=a0x10 **v** a7

S2=a4¬x6¬x7 **v** a6¬x6

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

S3=a1 **v** a4¬x6x7 **v** a5x3

S4=a3x1 **v** a5¬x3

R1=a2x10

R2=a5x3x8 **v** a6x6 **v** a8¬x4

R3=a3x2 **v** a9x11

R4=a5x3¬x8 **v** a4x6 **v** a8x4 **v** a9x11

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов:

y0=a0x10

y1=a0x10 **v** a2x10

y2=a0x10 **v** a3x1¬x2 **v** a4¬x6x7 **v** a5x3x8

y3=a1x5 **v** a3x1x2¬x5

y4=a1 **v** a3x1¬x2

y5=a1

y6=a1 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4

y7=a3¬x1

y8=a4x6 **v** a6x6

y9=a4¬x6¬x7 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4¬x3

y10=a4¬x6¬x7 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4

y11=a5¬x3

y12=a8¬x4x9

y13=a9x11

y14=a3x1¬x2 **v** a4¬x6x7 **v** a5x3x8

y15=a7

После выделения общих частей в логических выражениях и некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы управляющего автомата.

f=a0x10 (2)

g=a3¬x1 (2)

h=g¬x2 (2)

i=a4x6 (2)

j=a9x11 (2)

k=a6x6 (2)

m=a2x10 (2)

n=ff **v** q**v** gg (3)

r=a5¬x3 (2)

s=a4¬x6x7 (3)

t=a5x3x8 (3)

w=a3x1x2 (3)

e=a8¬x4 (2)

o=h v s v t (3)

p=a8x4 (2)

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

q=a4¬x6¬x7 (3)

ff=a5x3¬x8 (3)

gg=a6¬x6 (2)

S1=f **v** a7 (2)

S2=q **v** gg (2)

S3=a1 **v** q **v** a5x3 (5)

S4=a3x1 **v** r (4)

R1=m

R2 = t **v** k **v** e (3)

R3=a3x2 **v** j (4)

R4=ff **v** I **v** p **v** j (4)

y0=f

y1=f **v** m (2)

y2=f **v** o (2)

y3=a1x5 **v** w¬x5 (6)

y4=a1 **v** w (2)

y5=a1

y6=a1 **v** ff **v** gg **v** p (4)

y7=g (2)

y8=i **v** k (2)

y9=n **v** p¬x3 (4)

y10=n **v** p (2)

y11=r

y12=ex9 (2)

y13=j

y14=a3x1¬x2 **v** t **v** s (6)

y15=a7 (2)

Инверторы: ¬x1; ¬x2; ¬x3; ¬x4; ¬x5; ¬x6; ¬x7; ¬x8 (8)

Цена комбинационной схемы по Квайну для автомата Мили при использовании графа, построенного на основе ГСА, который представлен в приложении Г, с использованием в качестве элементов памяти 4 RS-триггеров:

8.3 Кодирование внутренних состояний для модели Мили на счётчике

Для кодирования 10 состояний (a0…a9) графа автомата Мили, представленного в приложении Г, минимально необходимо четыре элемента памяти. При кодировании состояний автомата на счётчике следует кодировать по кругу. Таблица кодов состояний представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Число переходов в каждое из состояний

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | a0 | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 | a8 | a9 |
| Код | 0000 | 0001 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 | 1000 | 1001 |

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили и формируются логические выражения для функций возбуждения. Прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Прямая структурная таблица переходов и выходов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние am | Код am | Состояние перехода as | Код as | Входной сигнал (am, as) | Выходной сигнал (am, as) | Функции возбуждения |
| a0 | 0000 | a0  a1 | 0000  0001 | ¬x10  x10 | -  y0y1y2 | -  E+1 |
| a1 | 0001 | a2  a2 | 0010  0010 | x5  ¬x5 | y3y4y5y6  y4y5y6 | E+1  E+1 |
| a2 | 0010 | a2  a3 | 0010  0011 | ¬x10  x10 | -  y1 | -  E+1 |
| a3 | 0011 | a0  a4  a4  a9 | 0000  0100  0100  1001 | ¬x1  x1x2x5  x1x2¬x5  x1¬x2 | y7  y4  y3y4  y2y14 | R  E+1  E+1  D4D1WR |
| a4 | 0100 | a0  a5  a9 | 0000  0101  1001 | x6  ¬x6¬x7  ¬x6x7 | y8  y9y10  y2y14 | R  E+1  D4D1WR |
| a5 | 0101 | a6  a7  a9 | 0110  0111  1001 | ¬x3  x3¬x8  x3x8 | y11  y6y9y10  y2y14 | E+1  D3D2D1WR  D4D1WR |
| a6 | 0110 | a7  a0 | 0111  0000 | ¬x6  x6 | y6y9y10  y8 | E+1  R |
| a7 | 0111 | a8 | 1000 | 1 | y15 | E+1 |
| a8 | 1000 | a7  a7  a9  a9 | 0111  0111  1001  1001 | x4x3  x4¬x3 ¬x4x9  ¬x4¬x9 | y6y10  y6y9y10  y12  - | E-1  E-1  E+1  E+1 |
| a9 | 1001 | a0  a9 | 0000  1001 | x11  ¬x11 | y13  - | R  - |

Логические выражения для каждой функции возбуждения счётчика получают по таблице как конъюнкции соответствующих исходных состояний am и входных сигналов, которые объединены знаками дизъюнкции для всех строк, содержащих данную функцию возбуждения:

E+1=a0x10 v a1 v a2x10 v a3x1x2 v a4¬x6¬x7 v a5¬x3 v a6¬x6 v a7 v a8¬x4

E-1= a8x4

D4=a3x1¬x2 v a4¬x6x7

D3=a5x3¬x8

D2=a5x3¬x8

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

D1=a3x1¬x2 v a4¬x6x7 v a5x3

WR=a3x1¬x2 v a4¬x6x7 v a5x3

R=a3¬x1 v a4x6 v a6x6 v a9x11

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов:

y0=a0x10

y1=a0x10 **v** a2x10

y2=a0x10 **v** a3x1¬x2 **v** a4¬x6x7 **v** a5x3x8

y3=a1x5 **v** a3x1x2¬x5

y4=a1 **v** a3x1¬x2

y5=a1

y6=a1 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4

y7=a3¬x1

y8=a4x6 **v** a6x6

y9=a4¬x6¬x7 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4¬x3

y10=a4¬x6¬x7 **v** a5x3¬x8 **v** a6¬x6 **v** a8x4

y11=a5¬~x3

y12=a8¬x4x9 v a9x11

y13=a9x11

y14=a3x1¬x2 **v** a4¬x6x7 **v** a5x3x8

y15=a7

После выделения общих частей в логических выражениях и некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы управляющего автомата.

f=a0x10 (2)

g=a3¬x1 (2)

i=a9x11 (2)

k=a2x10 (2)

m=a5x3¬x8 (3)

n=a6¬x6 (2)

p=a4¬x6¬x7 (3)

q=a5¬x3 (2)

u=a3x1¬x2 **v** p  (5)

w=a3x1x2 (3)

e=f v k (2)

L=m v n (2)

o=L v p (2)

z=a4x6 v a6x6 (6)

s= a8x4 (2)

d=a3x1¬x2 (3)

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

E+1=e v a1 v w v p v q v n v a7 v s (9)

E-1=s

D4=d

D3=m

D2=m

D1=d v a4¬x6x7 v a5x3 (10)

y0=f

y1=e

y2=f **v** u (2)

y3=a1x5 **v** w¬ x5 (7)

y4=a1 **v** w (2)

y5=a1

y6=a1 **v** L **v** s (3)

y7=g

y8=z

y9=d **v** s¬x3 (4)

y10=d **v** s (2)

y11=q

y12=a8¬x4x9 (3)

y13=i

y14=u

y15=a7

Инверторы: ¬x1; ¬x2; ¬x3; ¬x4; ¬x5; ¬x6; ¬x7; ¬x8; ¬x10 (9)

Цена комбинационной схемы по Квайну для автомата Мили при использовании графа, построенного на основе ГСА, который представлен в приложении Г, с использованием в качестве элементов памяти 4 D-триггеров:

9 Кодирование внутренних состояний для модели Мура

9.1 Кодирование внутренних состояний для модели Мура на D-триггерах

Для кодирования 20 состояний (b0…b19) графа автомата Мура, представленного в приложении Д, минимально необходимо пять элементов памяти. Как и в случае с автоматом Мили, построим таблицу, содержащую число переходов в каждое состояние и в соответствии с ней закодировать состояния. Данная таблица представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Число переходов в каждое из состояний

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | b0 | b1 | b2 | b3 | b4 | b5 | b6 | b7 | b8 | b9 | b10 |
| Число переходов | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| Код | 10000 | 01010 | 01100 | 10001 | 00011 | 11000 | 10010 | 10100 | 11000 | 01000 | 00101 |
| Состояние | b11 | b12 | b13 | b14 | b15 | b16 | b17 | b18 | b19 |  |  |
| Число переходов | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 |  |  |
| Код | 00111 | 00110 | 00100 | 01011 | 01110 | 01001 | 00010 | 00001 | 00000 |  |  |

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов и формируются логические выражения для функций возбуждения. Прямая структурная таблица переходов и выходов представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Прямая структурная таблица переходов и выходов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние bs | Выходные сигналы | Код bs | Состояние перехода bm | Код состояния перехода bm | Входной сигнал | Функции возбуждения D-триггеров |
| b0 | - | 10000 | b0  b1 | 10000  01010 | ¬x10  x10 | D5  D4D2 |
| b1 | y0y1y2 | 01010 | b2  b3 | 01100  10001 | x5  ¬x5 | D4D3  D5D4 |
| b2 | y3y4y5y6 | 01100 | b4  b5 | 00011  11000 | ¬x10  x10 | D2D1  D5D4 |
| b3 | y4y5y6 | 10001 | b4  b5 | 00011  11000 | ¬x10  x10 | D2D1  D5D4 |
| b4 | - | 00011 | b4  b5 | 00011  11000 | ¬x10  x10 | D2D1  D5D4 |
| b5 | y1 | 11000 | b6  b7  b8  b17 | 10010  10100  11000  00010 | ¬x1  x1x2x5  x1x2¬x5  x1¬x2 | D5D2  D5D3  D5D4  D2 |
| b6 | y7 | 10010 | b0 | 10000 | 1 | D5 |
| b7 | y4 | 10100 | b9  b10  b17 | 01000  00101  00010 | x6  ¬x6¬x7  ¬x6x7 | D4  D3D1  D2 |
| b8 | y3y4 | 11000 | b9  b10  b17 | 01000  00101  00010 | x6  ¬x6¬x7  ¬x6x7 | D4  D3D1  D2 |
| b9 | y8 | 01000 | b0 | 10000 | 1 | D5 |
| b10 | y9y10 | 00101 | b11  b12  b17 | 00111  00110  00010 | ¬x3  x3¬x8  x3x8 | D3D2D1  D3D2  D2 |
| b11 | y11 | 00111 | b9  b12 | 01000  00110 | x6  ¬x6 | D2  D3D2 |
| b12 | y6y9y10 | 00110 | b13 | 00100 | 1 | D3 |
| b13 | y15 | 00100 | b14  b15  b16  b19  b18 | 01011  01110  01001  00000  00001 | x3  ¬x3  ¬x4x9  ¬x4¬x9¬x11  ¬x4¬x9x11 | D4D2D1  D4D3D2  D4D1  -  D1 |
| b14 | y6y10 | 01011 | b13 | 00100 | x4 | D3 |
| b15 | y6y9y10 | 01110 | b13 | 00100 | x4 | D3 |
| b16 | y12 | 01001 | b18  b19 | 00001  00000 | ¬x11  x11 | D1  - |
| b17 | y2y14 | 00010 | b18  b19 | 00001  00000 | ¬x11  x11 | D1  - |
| b18 | - | 00001 | b19 | 00000 | x11 | - |
| b19 | y13 | 00000 | b0 | 10000 | 1 | D5 |

Логические выражения для каждой функции возбуждения D-триггера получают по таблице как конъюнкции соответствующих исходных состояний am и входных сигналов, которые объединены знаками дизъюнкции для всех строк, содержащих данную функцию возбуждения:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

D1=b1¬x5 **v** b2¬x10 **v** b3¬x10 **v** b4¬x10 **v** b7¬x6¬x7 **v** b8¬x6¬x7 **v** b10¬x3 **v** b13x3 **v** b13¬x4x9 **v** b13¬x4¬x9¬x11

D2=b0x10 **v** b12¬x10 **v** b3¬x10 **v** b4¬x10 **v** b5¬x1 **v** b5x1¬x2 **v** b7¬x6x7 **v** b8¬x6x7 **v** b10x3 **v** b11¬x6 **v** b13

D3=b1x5 **v** b5x1x2x5 **v** b7¬x6¬x7 **v** b8¬x6¬x7 **v** b10¬x8 **v** b11¬x6 **v** b12 **v** b13¬x3 **v** b14x4 **v** b15x4

D4=b0x10 **v** b1x5 **v** b2x10 **v** b3x10 **v** b4x10 **v** b5x1x2¬x5 **v** b7x6 **v** b8x6 **v** b11x6 v b13 **v** b13¬x4x9

D5=b0¬x10 **v** b1¬x5 **v** b2x10 **v** b3x10 **v** b4x10 **v** b5x2 **v** b5¬x1 **v** b6 **v** b9 **v** b19

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов:

y0=b1

y1=b1 **v** b5

y2=b1 **v** b17

y3=b2 **v** b8

y4=b2 **v** b3 **v** b7 **v** b8

y5=b2 **v** b3

y6=b2 **v** b3 **v** b12 **v** b14 **v** b15

y7=b6

y8=b9

b9=b10 **v** b12 **v** b15

y10=b12 **v** b14 **v** b15

y11=b11

y12=b16

b13=b19

b14=b17

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

y15=b13

После выделения общих частей в логических выражениях и некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы управляющего автомата.

f=b1¬x5 (2)

g=b1x5 (2)

h=b2¬x10 **v** b3¬x10 **v** b4¬x10 (9)

j=b7¬x6¬x7 (3)

k=b8¬x6¬x7 (3)

L=¬x4x9 (2)

n=x4¬x9¬x12 (3)

o=b0x10 (2)

p=b5¬x10

q=b5x1x2 (3)

r=b2x10 **v** b3x10 **v** b4x10 (9)

s=b12 **v** b14 **v** b15 (3)

t=b2 **v** b3 (2)

u=b13¬x4x9 (3)

D1= f **v** h **v** j **v** k **v** b10~x3 **v** b13x3 **v** u **v** b13¬x4¬x9¬x11 (15)

D2=o **v** h **v** p **v** b5x1¬x2 **v** b7¬x6x7 **v** b8¬x6x7 **v** b10x3 **v** b11¬x6 **v** b13 (22)

D3=g **v** qx5 **v** k **v** l **v** b10¬x8 **v** b11¬x6 **v** b12 **v** b13¬x3 **v** b14x4 **v**

**v** b15x4 (9)

D4=o **v** g **v** r **v** g¬x5 **v** b7x6 **v** b8x6 **v** b11x6 **v** b13 **v** u (17)

D5=b0¬x10 **v** f **v** r **v** b5x2 **v** b5¬x1 **v** b6 **v** b9 **v** b19 (14)

y0=b1

y1=b1 **v** b5 (2)

y2=b1 **v** b17 (2)

y3=b2 **v** b8 (2)

y4=t **v** b7 **v** b8 (3)

y5=t

y6=t **v** s (2)

y7=b6

y8=b9

b9=b10 **v** b12 **v** b15 (3)

y10=s

y11=b11

y12=b16

b13=b19

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

b14=b17

y15=b13

Инверторы: ¬x1; ¬x2; ¬x3; ¬x4; ¬x5; ¬x6; ¬x7; ¬x8; ¬x9; ¬x10; ¬~x11 (11)

Цена комбинационной схемы по Квайну для автомата Мура при использовании графа, построенного на основе ГСА, которая представлена в приложении Д, с использованием в качестве элементов памяти 5 D-триггеров:

Цена по Квайну автомата Мура на D-триггерах получилась значительно большей, чем цена по Квайну автомата Мили на D-триггерах. Отсюда можно сделать вывод, что цена по Квайну автомата Мура на RS-триггерах не будет минимальной.

10 Построение схемы управляющего микропрограммного автомата

Наиболее оптимальной ценой по Квайну обладает модель автомата Мили на D-триггерах, поэтому микропрограммный автомат будет строиться для этой модели. В приложении Е приведенафункциональная схема проектируемого управляющего автомата, выполняющего операцию деления чисел в двоичной системе счисления с ПЗ в ПК первым способом без ВО с использованием ОК при вычитании мантисс. Функциональная схема построена в основном логическом базисе И, ИЛИ, НЕ в полном соответствии с приведенной для модели Мили системой логических уравнений для функций возбуждения элементов памяти.

11 Заключение

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

В ходе курсовой работы был синтезирован автомат, выполняющий деление I способом в двоичной системе счисления с плавающей запятой с порядками с использованием обратного кода при вычитании в основном логическом базисе. Управляющий автомат был синтезирован по модели Мили с использованием D-триггеров, так как цена по Квайну данного автомата получилась наименьшей и равной 119. В ходе построения автомата с целью минимизации аппаратурных затрат была частично снижена точность вычислений, в результате чего автомат выдает результат с небольшой погрешностью.

Перечень сокращений

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

ПЗ – плавающая запятая

ОК – обратный код

ВО – восстановление остатков

ГСА – граф-схема алгоритма

УА – управляющий автомат

ОА – операционный автомат

МПА – микропрограммный автомат

МК – микрокоманда

МО – микрооперация

Список литературы

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

1

ТПЖА.09.03.01.066 ПЗ

1. Мельцов, В.Ю. Синтез микропрограммных управляющих автоматов [Текст]: Учеб. пособие / В. Ю. Мельцов, Т. Р. Фадеева – ВятГУ, ФАВТ, каф. ЭВМ. - Киров : [б. и.], 2010. - 61с.

Приложение А

(Обязательное)

Схема операционного автомата



Приложение Б

(Обязательное)

Содержательная граф-схема алгоритма



Приложение В

(Обязательное)

Отмеченная граф-схема алгоритма



Приложение Г

(Обязательное)

Граф автомата Мили 

Приложение Д

(Обязательное)

Граф автомата Мура 

Приложение Е

(Обязательное)

Функциональная схема управляющего автомата

