|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | Содержание Введение 4   1. Постановка задачи 5 2. Описание используемого алгоритма деления 6 3. Доказательство отсутствия необходимости в нормализации мантиссы частного 8 4. Численные примеры 9    1. Пример без возникновения исключительных ситуаций 9    2. Операция деления с возникновением ПРС порядков 10    3. Операция деления с возникновением истинной ПМР 11    4. Операция деления с возникновением устранимой временной ПМР 12    5. Операция деления с возникновением неустранимой временной ПМР 13 5. Выбор функциональной схемы операционной части устройства и определение списка микроопераций и логических условий 15    1. Состав операционного автомата 15    2. Описание операционного автомата 16    3. Управляющие и осведомительные сигналы 18 6. Разработка содержательной граф-схемы алгоритма 20 7. Построение отмеченной граф-схемы алгоритма 24 8. Построение графов автоматов моделей Мили и Мура и выбор структурной схемы управляющего автомата 26 9. Кодирование внутренних состояний для модели Мили 27    1. Кодирование внутренних состояний для модели Мили на D-триггерах 27    2. Кодирование внутренних состояний для модели Мили на RS-триггерах 32    3. Кодирование внутренних состояний для модели Мили на счетчике 44 10. Кодирование внутренних состояний для модели Мура 50 | | | | | | | | | | |
| *Подп. и дата* |  |
| *Инв. №* |  |
| *Взам. инв.* |  |
| *Подп. и дата* |  |
|  |  |  |  |  | ТПЖА 09.03.01.066 | | | | | |
|  |  |  |  |  |
| *Изм.* | *Лист* | *№ докум.* | *Подп.* | *Дата* |
| *Инв. №* |  | *Разраб.* | | *Рзаев А. Э.* |  |  | *Синтез микропрограммного управляющего автомата* | *Лит.* | | | *Лист* | *Листов* |
| *Пров.* | | *Исупов К. С.* |  |  |  |  |  | *2* | *67* |
|  | |  |  |  | *Кафедра ЭВМ Группа ИВТ-21* | | | | |
|  | |  |  |  |
|  | |  |  |  |

п

10.1 Кодирование внутренних состояний для модели Мура на D-триггерах 50

11 Построение схемы управляющего микропрограммного автомата 57

Заключение 58

Перечень сокращений 59

Приложение А (справочное) 60

Приложение Б (обязательное) 61

Приложение В (обязательное) 62

Приложение Г (обязательное) 63

Приложение Д (обязательное) 64

Приложение Е (обязательное) 66

Приложение Ж (обязательное) 67

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 3*

*Подп. и дата*

Введение

С каждым годом объемы вычислений возрастают и их все сложнее обрабатывать вручную, поэтому ведутся работы по созданию и применению различных автоматизированных систем для обработки информации. Такие автоматы реализуются в виде самостоятельных устройств 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 микропрограммного автомата (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 при приемлемом быстродействии.

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 4*

1. Постановка задачи

Синтезировать микропрограммный автомат, управляющий выполнением деления чисел в двоичной системе счисления с плавающей запятой в прямом коде с порядками первым способом с восстановлением остатков с использованием дополнительного кода при вычитании мантисс, в основном логическом базисе.

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 5*

*Подп. и дата*

1. Описание используемого алгоритма деления
2. Проверить делитель на равенство нулю: если равен нулю, операцию деления следует прекратить, т.к. возникла исключительная ситуация деления на нуль
3. Проверить делимое на равенство нулю: если равно нулю, операцию деления следует прекратить, т.к. результат будет также равным нулю
4. Определить порядок частного вычитанием порядка делителя из порядка делимого
5. Обработать нештатные случаи:
   * В результате вычитания порядков в знаковом разряде единица, но отсутствует единица переноса, прекратить операцию деления, т. к. произошло ПРС порядка результата
   * В результате вычитания порядков в знаковом разряде нуль, но присутствует единица переноса, прекратить операцию деления, ситуация ПМР, выдать нуль

*Подп. и дата*

* + В результате вычитания порядков в знаковом разряде единица, присутствует единица переноса, остальные разряды заполнены нулями, ситуация временной ПМР

1. Определить знак частного сложением по модулю 2 знаковых разрядов делимого и делителя. Далее использовать модули операндов

*Инв. №*

1. Вычесть из мантиссы делимого мантиссу делителя путем сложения в дополнительном коде

*Взам. инв.*

1. Обработать следующие случаи:
   1. Если остаток положительный:

*Подп. и дата*

* + - Если после увеличения порядка возникло ПРС, то операцию деления прекратить: неустранимое ПРС мантисс

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 6*

* + - Иначе восстановить остаток, прибавив к нему делитель, увеличить порядок частного на единицу, а мантиссу делимого сдвинуть вправо на один разряд (устраняется, если есть, временная ПМР), перейти к п. 6
  1. Если остаток отрицательный:
     + Если порядок частного на единицу меньше минимально возможного, то операцию деления прекратить и выдать в качестве ответа нуль
     + Иначе в младший разряд мантиссы частного занести «0» и восстановить остаток, прибавив к нему делитель, перейти к п. 8

1. Выполнить сдвиги: частного на один разряд влево и остатка на один разряд влево
2. Выполнить цикл деления n раз по следующим правилам:
   1. Найти разность мантисс делимого (остатка) и делителя
   2. Проанализировать знак полученного остатка:
      * Если остаток положителен, в частное занести «1»

*Подп. и дата*

* + - Если остаток отрицателен, в частное занести «0»
  1. Восстановить отрицательный остаток, сложив его с делителем
  2. Выполнить сдвиги частного и остатка на один разряд влево

1. Присвоить знак, определенный в п. 5 алгоритма

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 7*

*Подп. и дата*

1. Доказательство отсутствия необходимости в нормализации мантиссы частного

В операциях над числами с плавающей запятой в прямом коде с порядками мантиссы могут принимать значения в полуинтервале [0.5; 1) и ноль. Далее в качестве делимого и делителя будут использоваться их мантиссы. Если один из операндов равен нулю, то такие ситуации обрабатываются отдельно, иначе (значения операндов находятся в полуинтервале [0.5; 1)) необходимо рассмотреть случаи, когда делимое меньше делителя и делимое больше либо равно делителю.

Если делимое меньше делителя, то их частное будет меньше единицы, но не меньше 0.5, т. к. делитель не может превосходить делимое более, чем в два раза, иначе оно бы находилось в полуинтервале [1; 2). Поэтому частное будет принимать значения в том же диапазоне, что и делимое и делитель.

Если делимое не меньше делителя, то их частное будет не меньше единицы, но меньше двух, т. к. делимое не может превосходить делимое более, чем в два раза, иначе оно бы находилось в полуинтервале [1; 2). В таком случае, следуя алгоритму, необходимо уменьшить делимое в два раза (сдвиг на один разряд вправо). Но это также приведет к уменьшению частного в два раза. Следовательно, частное будет принимать значения из полуинтервала [0.5; 1), т. е. такие же, что и делимое и делитель.

*Инв. №*

*Подп. и дата*

Из этого следует, что мантисса частного после выполнения основного цикла деления будет уже нормализована.

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 8*

1. Численные примеры
   1. Пример без возникновения исключительных ситуаций Делимое: 5210 = 1101002 = 0.1101000 \* 26

Делитель: -5610 = -1110002 = -0.1110000 \* 26

Знак частного: 0 ⊕ 1 = 1

Порядок частного: 00.110

11.010

00.000 = 0

Деление мантисс операндов представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Деление мантисс операндов

*Подп. и дата*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Частное | Делимое (остатки) | Пояснения |
| 0.0000000 | 0.1101000 | Вычитание |
|  | 1.0010000 |  |
| 0.0000000 | 1.1111000 | 1 остаток, ПРС нет |
|  | 0.1110000 | Восстановление |
|  | 0.1101000 | Сдвиги |
| 0.0000001 | 1.1010000 | Вычитание |
|  | 1.0010000 |  |
|  | 0.1100000 | 2 остаток, сдвиги |
| 0.0000011 | 1.1000000 | Вычитание |
|  | 1.0010000 |  |
|  | 0.1010000 | 3 остаток, сдвиги |
| 0.0000111 | 1.0100000 | Вычитание |
|  | 1.0010000 |  |
|  | 0.0110000 | 4 остаток, сдвиги |
| 0.0001110 | 0.1100000 | Вычитание |
|  | 1.0010000 |  |
|  | 1.1110000 | 5 остаток |
|  | 1.1110000 | Восстановление |
|  | 0.1110000 |  |
|  | 0.1100000 | Сдвиги |
| 0.0011101 | 1.1000000 | Вычитание |
|  | 1.0010000 |  |
|  | 0.1010000 | 6 остаток, сдвиги |

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 9*

Продолжение таблицы 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 0.0111011 | 1.0100000 | Вычитание |
|  | 1.0010000 |  |
|  | 0.0110000 | 7 остаток, сдвиги |
| 0.1110110 |  | Результат |

Полученный результат: -0.11101102 \* 20 = -0.11101102 = -0.921875

Искомый результат: 52

–56

= −0.928571

Абсолютная погрешность: |−0.921875 − (−0.928571)| = 0.006696

Относительная погрешность: |–0.921875–(–0.928571)| ∗ 100% = 0.721%

–0.928571

* 1. Операция деления с возникновением ПРС порядков Делимое: 6410 = 10000002 = 0.1000000 \* 27

Делитель: 0.07812510 = 0.0001012 = 0.1010000 \* 2-3

Знак частного: 0 ⊕ 0 = 0

Порядок частного: 00.111

*Подп. и дата*

00.011

01.010 (возникло ПРС)

Прекращение операции деления с выдачей сигнала о ПРС.

*Инв. №*

* 1. Операция деления с возникновением истинной ПРС при денормализации делимого

*Взам. инв.*

Делимое: 1510 = 00011112 = 0.1111000 \* 24

Делитель: 0.07812510 = 0.0001012 = 0.1010000 \* 2-3

Знак частного: 0 ⊕ 0 = 0

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 10*

Порядок частного:

00.100

00.011

00.111 = 710

Деление мантисс операндов представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Деление мантисс операндов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Частное | Делимое (остатки) | Пояснения |
| 0.0000000 | 0.1111000 | Вычитание |
|  | 1.0110000 |  |
|  | 0.0101000 | Результат положительный, сдвигаем |
|  |  | делимое вправо и увеличиваем порядок |
|  |  | результата на единицу. |

Необходимо денормализовать мантиссу делимого и увеличить порядок результата на единицу.

Порядок результата:

00.111

00.001

*Подп. и дата*

01.000 (возникло ПРС)

Прекращение операции деления с выдачей сигнала о ПРС.

* 1. Операция деления с возникновением истинной ПМР. Делимое: 0.0312510 = 0.000012 = 0.1000000 \* 2-4

*Инв. №*

Делитель: 2010 = 0101002 = 0.1010000 \* 25

Знак частного: 0 ⊕ 0 = 0 Порядок частного:

*Взам. инв.*

11.100

11.011

*Подп. и дата*

10.111 (возникла истинная ПМР) Полученный результат деления: 0.

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 11*

Искомый результат: 0.03125 = 0.0015625

20

Абсолютная погрешность: |0 − 0.0015625 | = 0.0015625

ПМР

* 1. Операция деления с возникновением устранимой временной

Делимое: 0.0937510 = 0.000112 = 0.1100000 \* 2-3

Делитель: 2010 = 0101002 = 0.1010000 \* 25

Знак частного: 0 ⊕ 0 = 0

Порядок частного: 11.101

11.011

11.000 = -8 (временная ПМР)

Деление мантисс операндов представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Деление мантисс операндов

*Инв. №*

*Подп. и дата*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Частное | Делимое (остатки) | Пояснения |
| 0.0000000 | 0.1100000 | Вычитание |
|  | 1.0110000 |  |
| 0.0000000 | 0.0010000 | Положительный первый остаток. |
|  | 0.1010000 | Увеличить порядок частного на 1, |
|  | 0.1100000 | восстановить и сдвинуть делимое вправо |
| 0.0000000 | 0.0110000 | Вычитание |
|  | 1.0110000 |  |
|  | 1.1100000 | 1 остаток |
|  | 1.1100000 | Восстановление |
|  | 0.1010000 |  |
|  | 0.0110000 | Сдвиги |
| 0.0000001 | 0.1100000 | Вычитание |
|  | 1.0110000 |  |
|  | 0.0010000 | 2 остаток, сдвиги |
| 0.0000010 | 0.0100000 | Вычитание |
|  | 1.0110000 |  |
|  | 1.1010000 | 3 остаток |
|  | 1.1010000 | Восстановление |
|  | 0.1010000 |  |
|  | 0.0100000 | Сдвиги |

*Взам. инв.*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 12*

Продолжение таблицы 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 0.0000100 | 0.1000000 | Вычитание |
|  | 1.0110000 |  |
|  | 1.1110000 | 4 остаток |
|  | 1.1110000 | Восстановление |
|  | 0.1010000 |  |
|  | 0.1000000 | Сдвиги |
| 0.0001001 | 1.0000000 | Вычитание |
|  | 1.0110000 |  |
|  | 0.0110000 | 5 остаток, сдвиги |
| 0.0010011 | 0.1100000 | Вычитание |
|  | 1.0110000 |  |
|  | 0.0010000 | 6 остаток, сдвиги |
| 0.0100110 | 0.0100000 | Вычитание |
|  | 1.0110000 |  |
|  | 1.1010000 | 7 остаток |
|  | 1.1010000 | Восстановление |
|  | 0.1010000 |  |
|  | 0.0100000 | Сдвиги |
| 0.1001100 |  | Результат |

Полученный результат: 0.10011002 \* 2-7 = 0.0046386

Искомый результат: 0.09375 = 0.0046875

20

Абсолютная погрешность: |0.0046386 − 0.0046875 | = 4.89 ∗ 10–5

*Подп. и дата*

Относительная погрешность: |0.0046386–0.0046875| ∗ 100% = 1.043%

0.0046875

ПМР

*Взам. инв.*

*Инв. №*

4.6 Операция деления с возникновением неустранимой временной

Делимое: 0.07812510 = 0.0001012 = 0.1010000 \* 2-3

Делитель: 2810 = 0111002 = 0.1110000 \* 25

Знак частного: 0 ⊕ 0 = 0

Порядок частного: 11.101

11.011

11.000 = -8 (временное ПМР)

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 13*

При возникновении временной ПМР первое вычитание определяет будет ли продолжена операции деления с денормализацией делимого или прекращена с выдачей 0 в качестве результата деления. В таблице 4 представлено первое вычитание делителя из делимого.

Таблица 4 – Первое вычитание мантиссы делителя из мантиссы делимого

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Частное | Делимое (остатки) | Пояснения |
| 0.0000000 | 0.1010000 | Вычитание |
|  | 1.0010000 |  |
| 0.0000000 | 1.1100000 | Первое вычитание делителя из |
|  |  | делимого. Результат отрицательный, |
|  |  | временная ПМР не была устранена |

ПМР не было устранено. Полученный результат деления: 0. Искомый результат: 0.078125 = 0.0027902

28

Абсолютная погрешность: |0 − 0.0027902 | = 0.0027902

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 14*

1. Выбор функциональной схемы операционной части устройства и определение списка микроопераций и логических условий
   1. Состав операционного автомата

Операционный автомат (ОА) должен содержать следующие элементы:

* + - 24-разрядный сдвиговый регистр RG3 для хранения частного
    - 23-разрядный несдвиговый регистр RG2 для хранения мантисс делимого и делителя
    - 8-разрядный регистр RG4 для хранения порядка делимого и делителя
    - 24-разрядный управляемый инвертор KC1 для инвертирования мантиссы делителя
    - 7-разрядный управляемый инвертор KC2 для инвертирования порядков делимого и делителя
    - 7-разрядный управляемый инвертор KC3 для инвертирования отрицательного порядка результата

*Подп. и дата*

* + - 7-входовой элемент «или-не» для проверки на временную ПМР
    - 24-разрядный сумматор SM1 для вычитания делителя из остатка от делимого или для восстановления остатка
    - 9-разрядный сумматор SM2 для вычитания порядка делителя из порядка делимого

*Инв. №*

* + - 8-разрядный реверсивный счетчик CT1 для хранения порядка частного

*Взам. инв.*

* + - D-триггер T1 для хранения знакового разряда делимого
    - D-триггер T2 для хранения знакового разряда делителя
    - D-триггер T3 для хранения единицы переноса результата вычитания порядков

*Подп. и дата*

* + - RS-триггер T4 для хранения и выдачи сигнала ПРС

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 15*

* + - RS-триггер T5 для хранения и выдачи сигнала ДНН
    - D-триггер T6 для хранения знака остатка
    - Двухвходовой элемент «сложение по модулю 2» для получения знака результата
    - Двухвходовой элемент «сложение по модулю 2» для определения необходимости инверсии порядка при сложении на SM2
    - 2 элемента «не», 2 двухвходовых элемента «и», 1 трехвходовый элемент «и» для определения случаев ПРС, ПМР, временной ПМР
    - Усилитель-формирователь для выдачи результата на выходную шину
  1. Описание операционного автомата

Операнды разрядностью 4 байта поступают по входной шине в прямом коде, результат в прямом коде выводится по выходной шине. В регистр RG2 поступает мантисса операнда без знакового разряда. Поэтому несдвиговый регистр RG2 имеет 23 разряда.

*Подп. и дата*

Регистр RG1 имеет 24 разряда и является сдвиговым в обе стороны, поскольку может потребоваться денормализация множимого путем сдвига вправо, а в самом цикле деления выполняются сдвиги влево. В данном регистре хранится остаток.

*Инв. №*

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

*Взам. инв.*

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

*Подп. и дата*

Реверсивный счетчик СТ1 имеет 8 разрядов, так как в нем сначала

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 16*

хранится порядок делимого, а потом порядок частного. Необходимость реверсивного счетчика обусловлена необходимостью добавления единицы к порядку результата при денормализации делимого и вычитании единицы при переводе из ДК.

Сумматор SM1 имеет 24 разряда на входах и выходе, а также вход CRP переноса. На плечо А сумматора поступает содержимое регистра RG1, на плечо В – содержимое выхода 24-разрядного управляемого инвертора КС1, на вход CRP – единица, если были инвертированы данные, поступающие из регистра RG2. С выхода S данные подаются на регистр RG1. Инвертированный старший разряд выхода S подается на триггер T6 для дальнейшего анализа знака остатка.

Из триггера Т6 данные записываются в специальный разряд регистра

RG3.

Сумматор SM2 имеет 9 разрядов на входе и выходе, а также вход

переноса CRP. На плечо А в младшие разряды поступают данные с выхода 7- разрядного управляемого инвертора КС2, на плечо B в младшие разряды – данные из счетчика СТ1. На вход CRP и в 2 старших разряд плеча А подается единица, если были инвертированы данные, поступающие из регистра RG4, в старший разряд плеча A подается значение старшего разряда счетчика CT1. С младших разрядов выхода S данные подаются на счетчик СТ1. Со старшего разряда выхода S снимается единица переноса, которая поступает на триггер T3.

*Инв. №*

*Подп. и дата*

На выходную шину из счетчика СТ1 все разряды за исключением старшего поступают, проходя через управляемый инвертор КС3.

*Взам. инв.*

Сигналы ПРС и ДНН записываются в триггеры T4 и T5 соответственно.

*Подп. и дата*

Знак результата получается с помощью «сложения по модулю два» знаковых разрядов двух операндов (делителя и делимого), которые заносятся в триггеры T1 и T2.

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 17*

* 1. Управляющие и осведомительные сигналы

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

y0 – сброс триггеров T3, T4, T5, T6, запись в триггер T1, обнуление регистра RG1, занесение единиц в регистр RG3

y1 – запись в триггер T2, в регистры RG2 и RG4 y2 – обнуление счетчика CT1

y3 – запись в регистр RG1

y4 – запись в счетчик CT1 и триггер T3

y5 – сигнал о необходимости вычитания содержимого регистра RG4 y6 - прибавление единицы к счетчику СТ1

y7 – инверсия содержимого регистра RG2, подача единицы на вход CRP сумматора SM1

y8 – сдвиг влево регистров RG1 и RG3 y9 – запись в триггер T6

*Подп. и дата*

y10 – сдвиг вправо регистра RG1

y11 - вычитание единицы из счетчика CT1 y12 - выдача результата на шину

y13 – сброс триггеров T1 и T2, обнуление регистра RG3 y14 – переключить триггер T5 в единицу

*Инв. №*

y15 – переключить триггер T4 в единицу

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

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

X – проверка наличия операндов на входной шине p0 – проверка делителя на ноль

p1 – определение следующей операции – вычитание делителя или

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 18*

восстановление остатка

p2 – проверка на ПРС

p3 – проверка на истинную ПМР p4 – проверка на временную ПМР

p5 – проверка знака порядка результата

p6 – проверка на окончания цикла деления p7 – проверка делимого на ноль

Z – проверка возможности выдачи результата на выходную шину

Таким образом, управляющий МПА должен вырабатывать 16 управляющих сигналов и посылать их в ОА в нужные такты машинного времени в соответствии с алгоритмом выполнения операции деления, ориентируясь на 10 осведомительных сигналов, поступающих из ОА. Схема операционного автомата представлена в приложении Б.

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 19*

1. Разработка содержательной граф-схемы алгоритма

В первом такте производится проверка наличия на входной шине делимого. При поступлении делимого его мантисса заносится в RG2, порядок

– в RG4. Знак делимого заносится в триггеры T1 и T2. Также в данном такте происходит обнуление триггеров Т3, Т4, T5, T6, обнуление регистра RG1, счетчика CT1, занесение единиц в регистр RG3.

Во втором такте происходит запись делимого из RG2 в RG1 путем записи в RG1 данных с выхода S сумматора SM1, которые являются результатом сложения данных RG1 (обнуленного в первом такте), подающихся на плечо A сумматора SM1, с данными регистра RG2, подающихся на плечо B сумматора SM1. Данные из RG2 на плечо B сумматора SM1 поступают без инверсии. На вход переноса SM1 подается ноль. Порядок делимого из регистра RG4 записывается в счетчик CT1 путем записи в CT1 данных с выхода S сумматора SM2, которые являются результатом сложения данных RG4, подающихся в младшие разряды плеча A сумматора SM2, с данными счетчика CT1 (обнуленного в первом такте), подающимися в младшие разряды плеча B сумматора SM2. Данные из RG4 на плечо A сумматора SM2 подаются инвертированными или неинвертированными в зависимости от старшего разряда регистра RG4, на вход CRP и в 2 старших разряда плеча A подается значение старшего разряда регистра RG4, в старший разряд плеча B подается значение старшего разряда счетчика CT1. В триггер T3 записывается значение старшего разряда выхода S сумматора SM2.

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

В третьем такте производится проверка наличия на входной шине делителя. При поступлении делителя его мантисса заносится в регистр RG2, в триггер T2 заносится знаковый разряд делителя, а порядок – в регистр RG4.

*Подп. и дата*

В четвертом такте производится проверка делителя на равенство нулю. Если он равен нулю (p0 = 1), то триггер Т5 переключается в единицу,

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 20*

символизируя ДНН, и операция деления прекращается. Если делитель не равен нулю (p0 = 0), то производится проверка делимого на равенство нулю. Если оно равно нулю (p7 = 1), то сбрасывается регистр RG3, счетчик СТ1, триггеры T1, T2, тем самым формируя на выходной шине 0, как результат деления. Если делимое не равно нулю (p7 = 0), то производится вычитание порядка делителя из порядка делимого, путем подачи в младшие разряды плеча A сумматора SM2 данных RG4, инвертированных или неинвертированных в зависимости от результата сложения по модулю 2 сигнала необходимости инвертирования порядка и старшего разряда регистра RG4; подачи в младшие разряды плеча B сумматора SM2 порядка делимого из счетчика CT1. На вход переноса CRP и в 2 старших разряда плеча А сумматора SM2 подается инвертированное значение старшего разряда регистра RG4, в старший разряд плеча B подается значение старшего разряда счетчика CT1. Результат вычитания порядков записывается в счетчик CT1 с младших разрядов выхода S сумматора SM2. В триггер T3 записывается значение старшего разряда выхода S сумматора SM2.

*Подп. и дата*

В пятом такте производится проверка на ПРС и ИстПМР. Если произошло ПРС (p2 = 1), то триггер T4 переключается в 1, символизируя ПРС, и операция деления прекращается. Если возникла ИстПМР (p3 = 1), то сбрасывается регистр RG3, счетчик СТ1, триггеры T1, T2, тем самым формируя на выходной шине 0, как результат деления. Если ПМР не произошла, то выполняется вычитание делителя из делимого для определения знака первого вычитания и необходимости денормализации, для этого на плечо A сумматора SM1 подается содержимое регистра RG1 (делимое), на плечо B сумматора SM1 подается инвертированное значение регистра RG2 (делитель), на вход CRP сумматора SM1 подается сигнал инверсии содержимого регистра RG2, в старший разряд KC1 подается ноль. Результат вычитания делителя из делимого заносится в регистр RG1 с выхода S сумматора SM1.

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 21*

В следующем такте анализируется знак первого вычитания. Если знак первого вычитания положительный (p1 = 0), то выполняется восстановление остатка, увеличение результирующего порядка на единицу (увеличение значение счетчика CT1 на 1), тем самым происходит устранение временной ПМР, если она возникала. Восстановление остатка осуществляется путем сложения содержимого регистра RG1, подающегося на плечо A сумматора SM1, и неинвертированного содержимого регистра RG2 (на вход CRP сумматора подается ноль), подающегося на плечо B. Результат записывается в регистр RG1 с выхода S сумматора SM1. Далее осуществляется проверка на возникновение ПРС. Если оно произошло (p2 = 1), то триггер T4 переключается в 1 и операция деления прекращается, в противном случае (p2

= 0) происходит сдвиг вправо содержимого регистра RG1 с занесением в старший разряд нуля и переход к предыдущему такту. Если результат первого вычитания отрицательный (p1 = 1) и было выявлена временная ПМР (p4 = 1), то ВрПМР не устранилась, происходит сброс регистра RG3, счетчика СТ1, триггеров T1, T2, тем самым формируя на выходной шине 0, как результат деления. Если временная ПМР не возникла (p4 = 0), то происходит переход к следующему такту.

*Подп. и дата*

В седьмом такте выполняется восстановление первого остатка.

В восьмом такте выполняется сдвиг влево регистров RG1 и RG3 с занесением в младшие разряды нуля и содержимого триггера T6, сброшенного в первом такте, соответственно.

*Инв. №*

Далее выполняется цикл деления до тех пор, пока условие выхода из него не обратиться в единицу (p6 = 1). Для этого на плечо A сумматора SM1 подается содержимое регистра RG1 (делимое), на плечо B сумматора SM1 подается инвертированное значение регистра RG2 (в старший разряд KC1 заносится 0), на вход CPR сумматора SM1 подается сигнал инверсии содержимого регистра RG2. Инвертированный знак результата с выхода S сумматора SM1 записывается в триггер T6, результат вычитания

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 22*

записывается в RG1.

Далее происходит анализ старшего разряда частного, если он равен 1 (p1 = 1), то выполняется восстановление остатка. Если остаток был положительным (p1 = 1), то происходит переход к следующему такту.

В следующем такте производится сдвиг влево регистров RG1 и RG3 с занесением в младшие разряды нуля и содержимого триггера T6, соответственно и переход к первому такту цикла деления.

После завершения цикла деления происходит проверка знака порядка. Если он отрицательный (p5 = 1), то производится уменьшение порядка результата на единицу (уменьшение значения счетчика CT1 на 1), т.к. порядок в CT1 хранится в ДК, а на шине порядок результата должен быть выдан в ПК.

Далее происходит проверка возможности выдачи результата на выходную шину. При разрешении выдачи результата на выходную шину подается знак результата с выхода элемента «сложение по модулю 2», на который подаются данные T1 и T2, также подается знак порядка из старшего разряда CT1, инвертированный или неинвертированный (в зависимости от знака порядка) порядок результата с управляемого инвертора КС3, мантисса результата из 23 младших разрядов регистра RG3.

*Подп. и дата*

Содержательная граф-схема алгоритма представлена в приложении В.

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 23*

1. 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…Y14. 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 5.

Таблица 5 – Совокупность микроопераций и соответствующие им микрокоманды

*Подп. и дата*

|  |  |
| --- | --- |
| Y0 | y0, y1, y2 |
| Y1 | y3, y4 |
| Y2 | y1 |
| Y3 | y4, y5 |
| Y4 | y3, y7 |
| Y5 | y3, y6 |
| Y6 | y10 |
| Y7 | y3 |
| Y8 | y8 |
| Y9 | y3, y7, y9 |
| Y10 | y2, y13 |
| Y11 | y11 |
| Y12 | y12 |
| Y13 | y14 |
| Y14 | y15 |

Каждой условной вершине содержательной граф схемы алгоритма ставится в соответствие один из входных сигналов управляющего автомата Х0…Х9, список которых представлен в таблице 6.

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 24*

Таблица 6 – Список входных сигналов для УА

|  |  |
| --- | --- |
| X0 | X |
| X1 | p0 |
| X2 | p1 |
| X3 | p2 |
| X4 | p3 |
| X5 | p4 |
| X6 | p5 |
| X7 | p6 |
| X8 | p7 |
| X9 | 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. Отмеченная граф-схема алгоритма представлена в приложении Г.

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 25*

1. Построение графов автоматов моделей Мили и Мура и выбор структурной схемы управляющего автомата

Граф автомата модели Мили имеет 13 вершин, соответствующих состояниям автомата а0…a12. Дуги его отмечены входными сигналами X0...X9, действующими на каждом переходе, и набором выходных сигналов y0…y15, вырабатываемых управляющим автоматом на данном переходе. Граф автомата модели Мили представлен в приложении Д на рисунке Д.1. После построения графа в нем были обнаружены некоторые «пустые» переходы, которые снижали быстродействие МПА. Граф автомата модели Мили без данных «пустых» переходов изображен в приложении Д на рисунке Д.2.

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 X0...X9, действующими на данном переходе. Граф автомата модели Мура представлен в приложении Е.

*Подп. и дата*

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

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.

*Взам. инв.*

*Инв. №*

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

*Подп. и дата*

При использовании счетчика в качестве элемента памяти необходимо придерживаться последовательного кодирования.

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 26*

1. Кодирование внутренних состояний для модели Мили
   1. Кодирование внутренних состояний для модели Мили на D- триггерах

Для кодирования 13 состояний (a0…a12) графа автомата по модели Мили, минимально необходимо четыре элемента памяти.

С учетом особенностей работы D-триггера для кодирования состояний применяется эвристический метод. Он состоит в следующем:

1. Каждому состоянию ai ставится в соответствие целое число Ni, равное числу переходов в данное состояние;
2. Числа Ni сортируются в порядке убывания;
3. Состоянию, соответствующему первому Ni после сортировки, то есть наибольшему из Ni, присваивается код, состоящий только из нулей;
4. Следующему состоянию в порядке убывания Ni присваивается незанятый код, содержащий наименьшее количество единиц. Данный пункт повторяется до тех пор, пока все состояния не будут закодированы.

*Подп. и дата*

Кодирование состояний для модели Мили на D-триггерах представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Коды состояний для модели Мили на D-триггерах

*Взам. инв.*

*Инв. №*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние | a0 | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 | a8 | a9 | a10 | a11 | a12 |
| Состояния перехода | a0 a4 a6 a12 | a0 | a1 a2 | a2 | a3 | a4 a7 | a5 | a6 | a5 | a8 a10 a11 | a9 | a10 | a3 a4 a5  a9 a12 |
| Число переходов | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 5 |
| Код состояния | 0100 | 1101 | 0001 | 1110 | 0011 | 0010 | 0101 | 1001 | 0110 | 1000 | 1010 | 1100 | 0000 |

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата по модели Мили, результаты которой представлены в таблице 8, и

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 27*

формируются логические выражения для функций возбуждения.

Таблица 8 – Прямая структурная таблица переходов и выходов автомата модели Мили на D-триггерах

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние | Код am | Состояние перехода as | Код as | Входной сигнал  X(am, aS) | Выходные сигналы  Y(am, as) | Функции возбуждения D- триггеров |
| a0 | 0100 | a0 | 0100 | ¬X0 | - | D2 |
|  |  | a1 | 1101 | X0 | y0,y1,y2 | D3D2D0 |
| a1 | 1101 | a2 | 0001 | 1 | y3,y4 | D0 |
| a2 | 0001 | a2 | 0001 | ¬X0 | - | D0 |
|  |  | a3 | 1110 | X0 | y1 | D3D2D1 |
| a3 | 1110 | a0 | 0100 | X1 | y14 | D2 |
|  |  | a4 | 0011 | ¬X1¬X8 | y4,y5 | D1D0 |
|  |  | a12 | 0000 | ¬X1X8 | y2,y13 | - |
| a4 | 0011 | a0 | 0100 | X3 | y15 | D2 |
|  |  | a5 | 0010 | ¬X3¬X4 | y3,y7 | D1 |
|  |  | a12 | 0000 | ¬X3X4 | y2,y13 | - |
| a5 | 0010 | a6 | 0101 | ¬X2 | y3,y6 | D2D0 |
|  |  | a8 | 0110 | X2¬X5 | y3 | D2D1 |
|  |  | a12 | 0000 | X2X5 | y2,y13 | - |
| a6 | 0101 | a0 | 0100 | X3 | y15 | D2 |
|  |  | a7 | 1001 | ¬X3 | y10 | D3D0 |
| a7 | 1001 | a5 | 0010 | 1 | y3,y7 | D1 |
| a8 | 0110 | a9 | 1000 | 1 | y8 | D3 |
| a9 | 1000 | a10 | 1010 | ¬X7 | y3,y7,y9 | D3D1 |
|  |  | a12 | 0000 | X7¬X6 | - | - |
|  |  | a12 | 0000 | X7X6 | y11 | - |
| a10 | 1010 | a9 | 1000 | ¬X2 | y8 | D3 |
|  |  | a11 | 1100 | X2 | y3 | D3D2 |
| a11 | 1100 | a9 | 1000 | 1 | y8 | D3 |
| a12 | 0000 | a0 | 0100 | X9 | y12 | D2 |
|  |  | a12 | 0000 | ¬X9 | - | - |

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:

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

𝐷0 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎1 ∨ 𝑎2¬𝑋0 ∨ 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8 ∨ 𝑎5¬𝑋2 ∨ 𝑎6¬𝑋3

𝐷1 = 𝑎2 𝑋0 ∨ 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 ∨ 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎9¬𝑋7

*Подп. и дата*

𝐷2 = 𝑎0 ∨ 𝑎2 𝑋0 ∨ 𝑎3 𝑋1 ∨ 𝑎4 𝑋3 ∨ 𝑎5¬𝑋2 ∨ 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 ∨ 𝑎6 𝑋3

∨ 𝑎10 𝑋2 ∨ 𝑎12 𝑋9

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 28*

𝐷3 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎2 𝑋0 ∨ 𝑎6¬𝑋3 ∨ 𝑎8 ∨ 𝑎9¬𝑋7 ∨ 𝑎10 ∨ 𝑎11

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов:

𝑦0 = 𝑎0 𝑋0

𝑦1 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎2 𝑋0

𝑦2 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑎5 𝑋2 𝑋5

𝑦3 = 𝑎1 ∨ 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 ∨ 𝑎5¬𝑋2 ∨ 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎9¬𝑋7 ∨ 𝑎10 𝑋2

𝑦4 = 𝑎1 ∨ 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8

𝑦5 = 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8

𝑦6 = 𝑎5¬𝑋2

𝑦7 = 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎9¬𝑋7

𝑦8 = 𝑎8 ∨ 𝑎10¬𝑋2 ∨ 𝑎11

𝑦9 = 𝑎9¬𝑋7

𝑦10 = 𝑎6¬𝑋3

𝑦11 = 𝑎9 𝑋7 𝑋6

𝑦12 = 𝑎12 𝑋9

*Подп. и дата*

𝑦13 = 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑎5 𝑋2 𝑋5

𝑦14 = 𝑎3 𝑋1

𝑦15 = 𝑎4 𝑋3 ∨ 𝑎6 𝑋3

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

*Взам. инв.*

*Инв. №*

𝑒0 = 𝑎0 𝑋0 (2)

𝑒1 = 𝑎2 𝑋0 (2)

𝑒2 = 𝑎3¬𝑋1 (2)

*Подп. и дата*

𝑒3 = 𝑎3 𝑋1 (2)

𝑒4 = 𝑎4 𝑋3 (2)

𝑒5 = 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 (3)

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 29*

𝑒6 = 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 (3)

𝑒7 = 𝑎5¬𝑋2 (2)

𝑒8 = 𝑎5 𝑋2 𝑋5 (3)

𝑒9 = 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 (3)

𝑒10 = 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 (3)

𝑒11 = 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8 (3)

𝑒12 = 𝑎6 𝑋3 (2)

𝑒13 = 𝑎6¬𝑋3 (2)

𝑒14 = 𝑎9 𝑋7 𝑋6 (3)

𝑒15 = 𝑎9 𝑋7¬𝑋6 (3)

𝑒16 = 𝑎9¬𝑋7 (2)

𝑒17 = 𝑎12 𝑋9 (2)

𝑒18 = 𝑎10 𝑋2 (2)

𝑝0 = 𝑒0 ∨ 𝑒1 (2)

𝑝1 = 𝑒5 ∨ 𝑒8 ∨ 𝑒10 (3)

𝑝2 = 𝑒7 ∨ 𝑒9 ∨ 𝑒18 (3)

*Подп. и дата*

𝑝3 = 𝑎8 ∨ 𝑎11 (2)

𝑝4 = 𝑒6 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑒16 (3)

𝐷0 = 𝑒0 ∨ 𝑒7 ∨ 𝑒11 ∨ 𝑒13 ∨ 𝑎2¬𝑋0 ∨ 𝑎1 (8)

𝐷1 = 𝑝4 ∨ 𝑒1 ∨ 𝑒9 ∨ 𝑒11 ∨ 𝑎0 (5)

*Инв. №*

𝐷2 = 𝑝0 ∨ 𝑝2 ∨ 𝑒3 ∨ 𝑒4 ∨ 𝑒12 ∨ 𝑒17 (6)

𝐷3 = 𝑝0 ∨ 𝑝3 ∨ 𝑒13 ∨ 𝑒16 ∨ 𝑎10 (5)

𝑦0 = 𝑒0 (0)

*Взам. инв.*

𝑦1 = 𝑝0 (0)

𝑦2 = 𝑝1 ∨ 𝑒0 (2)

𝑦3 = 𝑝2 ∨ 𝑝4 ∨ 𝑎1 (3)

*Подп. и дата*

𝑦4 = 𝑒11 ∨ 𝑎1 (2)

𝑦5 = 𝑒11 (0)

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 30*

𝑦6 = 𝑒7 (0)

𝑦7 = 𝑝4 (0)

𝑦8 = 𝑝3 ∨ 𝑎10¬𝑋2 (4)

𝑦9 = 𝑒16 (0)

𝑦10 = 𝑒13 (0)

𝑦11 = 𝑒14 (0)

𝑦12 = 𝑒17 (0)

𝑦13 = 𝑝1 (0)

𝑦14 = 𝑒3 (0)

𝑦15 = 𝑒12 ∨ 𝑒4 (2)

Инверторы: ¬X0, ¬X1, ¬X2, ¬X3, ¬X4, ¬X5, ¬X6, ¬X7, ¬X8 (9)

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

*Подп. и дата*

Σ = КС + ИНВ + ЭП + НУ + DC = 96 + 9 + 16 + 0 + 4 = 125

Схема формирования начальной установки на D-триггерах представлена на рисунке 1.

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 31*

D3 b

R

D C

T0

S

R

D

C

T1

S

R

D

C

T2

S

R

D C

T3

S

D2

D1

D0 C

Рисунок 1 – Схема формирования начальной установки на D-

триггерах

* 1. Кодирование внутренних состояний для модели Мили на RS- триггерах

*Подп. и дата*

Для кодирования 13 состояний автомата Мили на RS-триггерах так же потребуется 4 триггера. При кодировании следует применить метод соседнего кодирования для минимизации числа переключений триггеров при переходе из одного состояния в другое. Данный граф не получится полностью закодировать по принципу соседнего кодирования, так как в нем присутствуют циклы с нечетным числом вершин. Следовательно, для минимизации числа переключений триггеров при переходе из одного состояния в другое необходимо применить эвристический метод кодирования. Данный метод минимизирует суммарное число переключений элементов памяти на всех переходах автомата. Уменьшение числа переключений триггеров приводит к уменьшению количества единиц соответствующих функций возбуждения, что однозначно приводит к упрощению комбинационной схемы автомата.

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 32*

Произведем кодирование состояний автомата эвристическим методом кодирования:

1. Строим матрицу |*М0*|, состоящую из всех пар переходов, где переключение триггеров в данном переходе отлично от 0 (числа в матрице соответствуют номеру состояния). Для каждой пары в матрице указываем ее вес, то есть количество появления данной пары в графе:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | (1) |
| 1 | 2 | (1) |
| 2 | 3 | (1) |
| 3 | 0 | (1) |
| 3 | 4 | (1) |
| 3 | 12 | (1) |
| 4 | 0 | (1) |
| 4 | 5 | (1) |
| 4 | 12 | (1) |
| 5 | 6 | (1) |
| 𝑀0 = | 5 | 8 | (1) |
|  | 5 | 12 | (1) |
|  | 6 | 0 | (1) |
|  | 6 | 7 | (1) |
|  | 7 | 5 | (1) |
|  | 8 | 9 | (1) |
|  | 9 | 10 | (2) |
|  | 9 | 12 | (2) |
|  | 10 | 11 | (1) |
|  | 11 | 9 | (1) |
|  | 12 | 0 | (1) |

1. Упорядочим строки матрицы |*M0*|, для чего строим матрицу |𝑀| следующим образом. В первую строку матрицы помещаем пару с наибольшим весом. Из всех пар, имеющих общий компонент с парой, помещенной в матрицу |𝑀| выбирается пара с наибольшим весом и заносится в следующую строку матрицы (в случае равенства весов пар вычисляются суммы весов компонентов пар, то есть количество появления элемента в матрице |*M0*| , на основании которых определяется следующая пара, которая будет занесена в таблицу), из всех пар, имеющих общий компонент с парами, помещенными в матрицу |𝑀| выбирается пара с наибольшим весом и

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 33*

заносится в следующую строку матрицы и т.д. Формирование матрицы |𝑀| заканчивается, когда все элементы матрицы |*M0*| размещены в матрице |𝑀|:

9 12

9 10

| 5 12|

12 0

3 0

| 3 12|

4 0

4 5

| 4 12|

3 4

𝑀 =

5 6

6 0

| 0 1 |

5 8

7 5

| 2 3 |

8 9

11 9

| 6 7 |

1 2

10 11

1. Закодируем первые 2 состояния:

𝑎9 = 0000, 𝑎12 = 0001

Для удобства кодирования будем иллюстрировать этот процесс

картой Карно, представленной в таблице 9, где k3-k0 разряды кода Kai, соответствующего состоянию ai.

*Подп. и дата*

Вычеркнем из матрицы |𝑀| первую строку, соответствующую закодированным состояниям *a*9 и *a*12. Получаем матрицу|𝑀1|. Выберем из первой строки матрицы |𝑀1| незакодированный элемент (*а*10), обозначив за элемент γ, построим для него матрицу 𝑀γ, выбрав из матрицы |𝑀1| строки, содержащие *а*10. Найдем множество 𝐷1, где элементами множества являются коды, соседние для уже закодированных состояний, которые присутствуют в 𝑀γ . Для каждого кода из 𝐷1 определим суммарное количество переключений триггера при кодировании состояния γ данным кодом. Код, который потребует минимальное число переключений

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

y

y

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 34*

назначается состоянию γ.

9 10

5 12

|12 0 |

3 0

3 12

| 4 0 |

4 5

4 12

| 3 4 |

5 6

9 10

1

𝛾 = 10

𝐵γ = {9}

𝐶1 = {0010,0100,1000}

9

𝐷1 = {00100100,1000}

𝑀1 =

6 0

| 0 1 |

5 8

7 5

| 2 3 |

8 9

11 9

| 6 7 |

1 2

10 11

𝑀γ = |10 1 |

γ

𝑊0010 = 3

𝑊0100 = 3

𝑊1000 = 3

𝑎10 = 0010

1. Повторяем выполнение кодирования, пока не все состояния имеют соответствующий им код

5 12

12 0

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| | 3 | 0 | |  |
| 3 | 12 |  |
| 4 | 0 |  |
| | 4  4 | 5 |  12 | γ = 5  𝐵y = {12} |

𝑀2 =

*Инв. №*

*Подп. и дата*

| 3 4 |

5 6

6 0

| 0 1 |

5 8

7 5

| 2 3 |

8 9

11 9

| 6 7 |

1 2

10 11

*Подп. и дата*

5 12

4 5

𝑀y = |5 6 |

5 8

7 5

𝐶1 = {0011,1001,0101}

𝐷1 = {0011,1001,0101}

y

12

𝑊0011 = 1

𝑊1001 = 1

𝑊0101 = 1

𝑎5 = 0011

*Взам. инв.*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 35*

12 0

3 0

| 3 12|

|  |  |
| --- | --- |
| 4 | 0 |
| 4 | 5 |
| | 4 | 12| |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |
| 6 | 0 |

12 0

3 0

𝑀3 = | 0 1 | 𝑀y = | 4 0| 5 8 6 0

7 5 0 1

| 2 3 |

8 9

11 9

| 6 7 |

1 2

10 11

γ = 0

𝐵y = {12}

𝐶1 = {1001,0101}

12

𝐷1 = {1001,0101}

y

𝑊1001 = 1

𝑊0101 = 1

𝑎0 = 0101

3 0

3 12

| 4 0 |

4 5

4 12

| 3 4 |

5 6

*Подп. и дата*

6 0

3 0

3 12

γ = 3

𝐵y = {0,12}

𝐶1 = {1101,0111,0100}

0

𝐶1 = {1001}

12

𝐷1 = {1101,0111,1001,0100}

𝑀4 = | 0 1 | 𝑀y = |3 4 | y

5 8

7 5 2 3

| 2 3 |

8 9

11 9

| 6 7 |

*Инв. №*

1 2

10 11

*Взам. инв.*

𝑊1101 = 3

𝑊0111 = 3

𝑊1001 = 3

𝑊0100 = 3

𝑎3 = 0100

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 36*

𝑀5 =

4 0

4 5

| 4 12|

|  |  |
| --- | --- |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |
| | 6 | 0 | |
| 0 | 1 |
| 5 | 8 |
| 7 | 5 |
| | 2 | 3 | |
| 8 | 9 |
| 11 | 9 |
| | 6 | 7 | |
| 1 | 2 |
| 10 | 11 |
| 5 | 6 |
| 6 | 0 |

| 0 1 |

5 8

7 5

4 0

𝑀 = |4 5 |

y

4 12

3 4

5 6

γ = 4

𝐵y = {0,3,5,12}

𝐶1 = {1101,0111}

0

𝐶1 = {1011,0111}

5

𝐶1 = {1001}

12

𝐶1 = {1100,0110}

3

𝐷1 = {1101,1011,0110,1100,0111,1001}

y

𝑊1101 = 8

𝑊1011 = 10

𝑊0110 = 8

𝑊1100 = 10

𝑊0111 = 6

𝑊1001 = 8

𝑎4 = 0111

γ = 6

𝐵y = {0,5}

𝐶1 = {1011}

5

𝐶1 = {1101}

𝑀6 = | 2 3 | 𝑀y = |6 0|

0

𝐷1 = {1011,1101}

8 9 6 7

11 9

| 6 7 |

*Подп. и дата*

1 2

10 11

y

𝑊1011 = 4

𝑊1101 = 4

𝑎6 = 1011

0 1

5 8

| 7 5 |

2 3 0 1

*Инв. №*

γ = 1

𝐵y = {0}

𝐶1 = {1101}

𝑀7 = | 8 9 | 𝑀y = | | 0

11 9 1 2

| 6 7 |

1 2

*Взам. инв.*

10 11

*Подп. и дата*

𝐷1 = {1101}

𝑊1101 = 1

y

𝑎1 = 1101

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 37*

𝑀8 =

𝑀y

γ = 8

𝐵y = {5,9}

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 5 | 8 |  | |
| 7 | 5 |
| 2 | 3 |
| 8 | 9 | = 5  | | 8  | |
| 11 | 9 | 8 | 9 |
| | 6  1 | 7 |  2 |  |  |
| 10 | 11 |  |  |

𝐶1 = ∅

5

𝐶1 = {1000}

9

𝐷1 = {1000}

y

𝑊1000 = 4

𝑎8 = 1000

7 5

2 3

11 9 7 5

γ = 7

𝐵y = {5,6}

𝐶1 = ∅

5

𝐶1 = {1010,1001,1111}

6

𝐷1 = {1010,1001,1111}

𝑀9 = 6 7 𝑀y = | | y

| | 6 7

1 2

10 11

𝑊1010 = 3

𝑊1001 = 3

𝑊1111 = 3

𝑎7 = 1001

𝑀10 = = |

*Подп. и дата*

γ = 2

𝐵y = {1,3}

𝐶1 = {1100,0110}

3

𝐶1 = {1100,1111}

1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 2 | 3 |  | |
| 11  | | 9 | 2 | 3  | |
| 1 | 2 | 𝑀y | 1 | 2 |
| 10 | 11 |  |  |

𝐷1 = {1100,0110,1111}

y

𝑊1100 = 2

𝑊0110 = 4

𝑊1111 = 4

𝑎2 = 1100

*Инв. №*

𝑀11 = |11 9

*Взам. инв.*

11 9

| 𝑀y = | |

γ = 11

𝐵y = {9,10}

𝐶1 = ∅

9

𝐶1 = {1010,0110}

10

𝐷1 = {1010,0110}

10 11

*Подп. и дата*

10 11

y

𝑊1010 = 3

𝑊0110 = 3

𝑎11 = 0110

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 38*

Таблица 9 – Карта Карно для кодирования состояний

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| k3 k2 k1 k0 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | a9 | a12 | a5 | a10 |
| 01 | a3 | a0 | a4 | a11 |
| 11 | a2 | a1 |  |  |
| 10 | a8 | a7 | a6 |  |

Для определения эффективности кодирования применяется коэффициент 𝑘, который является отношением минимального количества переключений (если бы состояния были закодированы соседним кодированием) к общему количеству переключений триггеров, где состояния закодированы с помощью эвристического метода кодирования:

Эффективность кодирования: 𝑘 = 31/22 = 1.41 Получившиеся коды состояний представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Коды состояний для модели Мили на RS-триггерах

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | a0 | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | а7 | а8 | а9 | а10 | а11 | а12 |
| Код | 0101 | 1101 | 1100 | 0100 | 0111 | 0011 | 1011 | 1001 | 1000 | 0000 | 0010 | 0110 | 0001 |

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

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 39*

*Подп. и дата*

Таблица 11 – Прямая структурная таблица переходов и выходов автомата модели Мили на RS-триггерах

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние  am | Код am | Состояние перехода as | Код as | Входной cигнал  X(am, as) | Выходной сигнал  Y(am, as) | Функции  возбуждения RS-триггера |
| a0 | 0101 | a0 | 0101 | ¬X0 | - | - |
|  |  | a1 | 1101 | X0 | y0,y1,y2 | S3 |
| a1 | 1101 | a2 | 1100 | 1 | y3,y4 | R0 |
| a2 | 1100 | a2 | 1100 | ¬X0 | - | - |
|  |  | a3 | 0100 | X0 | y1 | R3 |
| a3 | 0100 | a0 | 0101 | X1 | y14 | S0 |
|  |  | a4 | 0111 | ¬X1¬X8 | y4,y5 | S1S0 |
|  |  | a12 | 0001 | ¬X1X8 | y2,y13 | R2S0 |
| a4 | 0111 | a0 | 0101 | X3 | y15 | R1 |
|  |  | a5 | 0011 | ¬X3¬X4 | y3,y7 | R2 |
|  |  | a12 | 0001 | ¬X3X4 | y2,y13 | R2R1 |
| a5 | 0011 | a6 | 1011 | ¬X2 | y3,y6 | S3 |
|  |  | a8 | 1000 | X2¬X5 | y3 | S3R1R0 |
|  |  | a12 | 0001 | X2X5 | y2,y13 | R1 |
| a6 | 1011 | a0 | 0101 | X3 | y15 | S2R3R1 |
|  |  | a7 | 1001 | ¬X3 | y10 | R1 |
| a7 | 1001 | a5 | 0011 | 1 | y3,y7 | S1R3 |
| a8 | 1000 | a9 | 0000 | 1 | y8 | R3 |
| a9 | 0000 | a10 | 0010 | ¬X7 | y3,y7,y9 | S1 |
|  |  | a12 | 0001 | X7¬X6 | - | S0 |
|  |  | a12 | 0001 | X7X6 | y11 | S0 |
| a10 | 0010 | a9 | 0000 | ¬X2 | y8 | R1 |
|  |  | a11 | 0110 | X2 | y3 | S2 |
| a11 | 0110 | a9 | 0000 | 1 | y8 | R2R1 |
| a12 | 0001 | a0 | 0101 | X9 | y12 | S2 |
|  |  | a12 | 0001 | ¬X9 | - | - |

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:

*Инв. №*

*Подп. и дата*

𝑅0 = 𝑎1 ∨ 𝑎5 𝑋2¬𝑋5

*Взам. инв.*

𝑅1 = 𝑎4 𝑋3 ∨ 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑎5 𝑋2 ∨ 𝑎6 ∨ 𝑎10¬𝑋2 ∨ 𝑎11

𝑅2 = 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3 ∨ 𝑎11

𝑅3 = 𝑎2 𝑋0 ∨ 𝑎6 𝑋3 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎8

*Подп. и дата*

𝑆0 = 𝑎3 ∨ 𝑎9 𝑋7

𝑆1 = 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎9¬𝑋7

𝑆2 = 𝑎6 𝑋3 ∨ 𝑎10 𝑋2 ∨ 𝑎12 𝑋9

𝑆3 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎5¬𝑋2 ∨ 𝑎5 𝑋2¬𝑋5

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 40*

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов:

𝑦0 = 𝑎0 𝑋0

𝑦1 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎2 𝑋0

𝑦2 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑎5 𝑋2 𝑋5

𝑦3 = 𝑎1 ∨ 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 ∨ 𝑎5¬𝑋2 ∨ 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎9¬𝑋7 ∨ 𝑎10 𝑋2

𝑦4 = 𝑎1 ∨ 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8

𝑦5 = 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8

𝑦6 = 𝑎5¬𝑋2

𝑦7 = 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎9¬𝑋7

𝑦8 = 𝑎8 ∨ 𝑎10¬𝑋2 ∨ 𝑎11

𝑦9 = 𝑎9¬𝑋7

𝑦10 = 𝑎6¬𝑋3

𝑦11 = 𝑎9 𝑋7 𝑋6

𝑦12 = 𝑎12 𝑋9

𝑦13 = 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑎5 𝑋2 𝑋5

𝑦14 = 𝑎3 𝑋1

𝑦15 = 𝑎4 𝑋3 ∨ 𝑎6 𝑋3

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

*Подп. и дата*

𝑒0 = 𝑎0 𝑋0 (2)

𝑒1 = 𝑎2 𝑋0 (2)

𝑒2 = 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8 (3)

*Инв. №*

𝑒3 = 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 (3)

𝑒4 = 𝑎4 𝑋3 (2)

*Взам. инв.*

𝑒5 = 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 (3)

𝑒6 = 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 (3)

𝑒7 = 𝑎5¬𝑋2 (2)

*Подп. и дата*

𝑒8 = 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 (3)

𝑒9 = 𝑎5 𝑋2 𝑋2 (3)

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 41*

𝑒10 = 𝑎6 𝑋3 (2)

𝑒11 = 𝑎9¬𝑋7 (2)

𝑒12 = 𝑎10¬𝑋2 (2)

𝑒13 = 𝑎12 𝑋9 (2)

𝑝0 = 𝑒3 ∨ 𝑒6 ∨ 𝑒9 (3)

𝑝1 = 𝑒5 ∨ 𝑒11 ∨ 𝑎7 (3)

𝑝2 = 𝑒12 ∨ 𝑎11 (2)

𝑝3 = 𝑒8 ∨ 𝑎1 (2)

𝑅0 = 𝑝3 (0)

𝑅1 = 𝑝2 ∨ 𝑒4 ∨ 𝑒6 ∨ 𝑎5 𝑋2 ∨ 𝑎6 (7)

𝑅2 = 𝑒3 ∨ 𝑎4¬𝑋3 ∨ 𝑎11 (5)

𝑅3 = 𝑒1 ∨ 𝑒10 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎8 (4)

𝑆0 = 𝑎3 ∨ 𝑎9 𝑋7 (4)

𝑆1 = 𝑒2 ∨ 𝑒11 ∨ 𝑎7 (3)

𝑆2 = 𝑒10 ∨ 𝑒12 ∨ 𝑒13 (3)

𝑆3 = 𝑒0 ∨ 𝑒7 ∨ 𝑒8 (3)

*Подп. и дата*

𝑦0 = 𝑒0 (0)

𝑦1 = 𝑒0 ∨ 𝑒1 (2)

𝑦2 = 𝑝0 ∨ 𝑒0 (2)

𝑦3 = 𝑝1 ∨ 𝑝3 ∨ 𝑒7 ∨ 𝑎10 𝑋2 (6)

*Инв. №*

𝑦4 = 𝑒2 ∨ 𝑎1 (2)

𝑦5 = 𝑒2 (0)

𝑦6 = 𝑒7 (0)

*Взам. инв.*

𝑦7 = 𝑝1 (0)

𝑦8 = 𝑝2 ∨ 𝑎8 (2)

𝑦9 = 𝑒11 (0)

*Подп. и дата*

𝑦10 = 𝑎6¬𝑋3 (3)

𝑦11 = 𝑎9 𝑋7 𝑋6 (3)

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 42*

𝑦12 = 𝑒13 (0)

𝑦13 = 𝑝0 (0)

𝑦14 = 𝑎3 𝑋1 (2)

𝑦15 = 𝑒4 ∨ 𝑒10 (2)

Инверторы: ¬X1, ¬X2, ¬X3, ¬X4, ¬X5, ¬X7, ¬X8 (7)

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

Σ = КС + ИНВ + ЭП + НУ + DC = 97 + 7 + 12 + 17 + 4 = 137

Схема формирования начальной установки на RS-триггерах представлена на рисунке 2.

b

1

&

1

&

1

&

1

&

1

S3

*Подп. и дата*

R3

R

C

T0

S

R

C

T1

S

T2

S

T3

S

C

R2

R

C

S2

R

*Инв. №*

S1

R1

*Взам. инв.*

R0

S0 С

*Подп. и дата*

Рисунок 2 – Схема формирования начальной установки на RS- триггерах

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 43*

* 1. Кодирование внутренних состояний для модели Мили на счетчике

При кодировании состояний на счетчике необходимо стараться закодировать состояния таким образом, чтобы код состояния, отличающегося от предыдущего порядковым номером на единицу, был больше на единицу, так как счетчик имеет входные управляющие сигналы «+1», «-1», «Reset». Если при кодировании возникает ситуация, когда происходит переход в состояние отличное от предыдущего состояния более чем на единицу, необходимо заносить нестандартное состояние сразу же на элементы памяти счетчика. Для кодирования 13 состояний автомата по модели Мили потребуется 4-х разрядный счетчик. Получившиеся коды состояний представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Коды состояний для модели Мили на счетчике

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | a0 | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | а7 | а8 | а9 | а10 | а11 | а12 |
| Код | 0001 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 | 1000 | 1001 | 1010 | 1011 | 1100 | 0000 |

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили на счетчике, результаты которой представлены в таблице 13, и по известному правилу формируются логические выражения для функций возбуждения.

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 44*

Таблица 13 – Прямая структурная таблица переходов и выходов автомата модели Мили на счетчике

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние  am | Код am | Состояние перехода as | Код as | Входной сигнал  X(am, aS) | Выходные сигналы  Y(am, as) | Функции возбуждения |
| a0 | 0001 | a0 | 0001 | ¬X0 | - | - |
|  |  | a1 | 0010 | X0 | y0,y1,y2 | +1 |
| a1 | 0010 | a2 | 0011 | 1 | y3,y4 | +1 |
| a2 | 0011 | a2 | 0011 | ¬X0 | - | - |
|  |  | a3 | 0100 | X0 | y1 | +1 |
| a3 | 0100 | a0 | 0001 | X1 | y14 | D0, EWR |
|  |  | a4 | 0101 | ¬X1¬X8 | y4,y5 | +1 |
|  |  | a12 | 0000 | ¬X1X8 | y2,y13 | R |
| a4 | 0101 | a0 | 0001 | X3 | y15 | D0, EWR |
|  |  | a5 | 0110 | ¬X3¬X4 | y3,y7 | +1 |
|  |  | a12 | 0000 | ¬X3X4 | y2,y13 | R |
| a5 | 0110 | a6 | 0111 | ¬X2 | y3,y6 | +1 |
|  |  | a8 | 1001 | X2¬X5 | y3 | D3D0, EWR |
|  |  | a12 | 0000 | X2X5 | y2,y13 | R |
| a6 | 0111 | a0 | 0001 | X3 | y15 | D0, EWR |
|  |  | a7 | 1000 | ¬X3 | y10 | +1 |
| a7 | 1000 | a5 | 0110 | 1 | y3,y7 | D2D1, EWR |
| a8 | 1001 | a9 | 1010 | 1 | y8 | +1 |
| a9 | 1010 | a10 | 1011 | ¬X7 | y3,y7,y9 | +1 |
|  |  | a12 | 0000 | X7¬X6 | - | R |
|  |  | a12 | 0000 | X7X6 | y11 | R |
| a10 | 1011 | a9 | 1010 | ¬X2 | y8 | -1 |
|  |  | a11 | 1100 | X2 | y3 | +1 |
| a11 | 1100 | a9 | 1010 | 1 | y8 | D3D1, EWR |
| a12 | 0000 | a0 | 0001 | X9 | y12 | +1 |
|  |  | a12 | 0000 | ¬X9 | - | - |

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

*Инв. №*

*Подп. и дата*

𝐷0 = 𝑎3 𝑋1 ∨ 𝑎4 𝑋3 ∨ 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 ∨ 𝑎6 𝑋3

*Взам. инв.*

𝐷1 = 𝑎7 ∨ 𝑎11

𝐷2 = 𝑎7

𝐷3 = 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 ∨ 𝑎11

*Подп. и дата*

+1 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎1 ∨ 𝑎2 𝑋0 ∨ 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 ∨ 𝑎5¬𝑋2

∨ 𝑎6¬𝑋3 ∨ 𝑎8 ∨ 𝑎9¬𝑋7 ∨ 𝑎10 𝑋2 ∨ 𝑎12 𝑋9

−1 = 𝑎10¬𝑋2

𝑅 = 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑎5 𝑋2 𝑋5 ∨ 𝑎9 𝑋7

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 45*

𝐸𝑊𝑅 = 𝐷0 ∨ 𝐷1 ∨ 𝐷2 ∨ 𝐷3

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов:

𝑦0 = 𝑎0 𝑋0

𝑦1 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎2 𝑋0

𝑦2 = 𝑎0 𝑋0 ∨ 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑎5 𝑋2 𝑋5

𝑦3 = 𝑎1 ∨ 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 ∨ 𝑎5¬𝑋2 ∨ 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎9¬𝑋7 ∨ 𝑎10 𝑋2

𝑦4 = 𝑎1 ∨ 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8

𝑦5 = 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8

𝑦6 = 𝑎5¬𝑋2

𝑦7 = 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 ∨ 𝑎7 ∨ 𝑎9¬𝑋7

𝑦8 = 𝑎8 ∨ 𝑎10¬𝑋2 ∨ 𝑎11

𝑦9 = 𝑎9¬𝑋7

𝑦10 = 𝑎6¬𝑋3

𝑦11 = 𝑎9 𝑋7 𝑋6

𝑦12 = 𝑎12 𝑋9

𝑦13 = 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 ∨ 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑎5 𝑋2 𝑋5

𝑦14 = 𝑎3 𝑋1

𝑦15 = 𝑎4 𝑋3 ∨ 𝑎6 𝑋3

*Подп. и дата*

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

𝑒0 = 𝑎0 𝑋0 (2)

𝑒1 = 𝑎2 𝑋0 (2)

*Инв. №*

𝑒2 = 𝑎3 𝑋1 (2)

𝑒3 = 𝑎3¬𝑋1¬𝑋8 (3)

*Взам. инв.*

𝑒4 = 𝑎3¬𝑋1 𝑋8 (3)

𝑒5 = 𝑎4 𝑋3 (2)

𝑒6 = 𝑎4¬𝑋3¬𝑋4 (3)

*Подп. и дата*

𝑒7 = 𝑎4¬𝑋3 𝑋4 (3)

𝑒8 = 𝑎5¬𝑋2 (2)

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 46*

𝑒9 = 𝑎5 𝑋2¬𝑋5 (3)

𝑒10 = 𝑎5 𝑋2 𝑋5 (3)

𝑒11 = 𝑎6 𝑋3 (2)

𝑒12 = 𝑎6¬𝑋3 (2)

𝑒13 = 𝑎9¬𝑋7 (2)

𝑒14 = 𝑎9 𝑋7 (2)

𝑒15 = 𝑎10¬𝑋2 (2)

𝑒16 = 𝑎10 𝑋2 (2)

𝑒17 = 𝑎12 𝑋9 (2)

𝑝0 = 𝑒2 ∨ 𝑒5 ∨ 𝑒11 (3)

𝑝1 = 𝑎7 ∨ 𝑎11 (2)

𝑝2 = 𝑒9 ∨ 𝑎11 (2)

𝑝3 = 𝑒0 ∨ 𝑒1 (2)

𝑝4 = 𝑒6 ∨ 𝑒13 (2)

𝑝5 = 𝑒4 ∨ 𝑒7 ∨ 𝑒10 (3)

𝑝6 = 𝑒8 ∨ 𝑒16 ∨ 𝑎1 (3)

*Подп. и дата*

𝑞0 = 𝑝4 ∨ 𝑎7 (2)

𝐷0 = 𝑝0 ∨ 𝑒9 (2)

𝐷1 = 𝑝1 (0)

𝐷2 = 𝑎7 (0)

*Инв. №*

𝐷3 = 𝑝2 (0)

+1 = 𝑝3 ∨ 𝑝4 ∨ 𝑝6 ∨ 𝑒3 ∨ 𝑒12 ∨ 𝑒17 ∨ 𝑎8 (7)

−1 = 𝑒15 (0)

*Взам. инв.*

𝑅 = 𝑝5 ∨ 𝑒14 (2)

𝐸𝑊𝑅 = 𝑝0 ∨ 𝑝1 ∨ 𝑝2 (3)

𝑦0 = 𝑒0 (0)

*Подп. и дата*

𝑦1 = 𝑝3 (0)

𝑦2 = 𝑝5 ∨ 𝑒0 (2)

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 47*

𝑦3 = 𝑞0 ∨ 𝑝6 ∨ 𝑒9 (3)

𝑦4 = 𝑒3 ∨ 𝑎1 (2)

𝑦5 = 𝑒3 (0)

𝑦6 = 𝑒8 (0)

𝑦7 = 𝑞0 (0)

𝑦8 = 𝑒15 ∨ 𝑎8 ∨ 𝑎11 (3)

𝑦9 = 𝑒13 (0)

𝑦10 = 𝑒12 (0)

𝑦11 = 𝑒14 𝑋6 (2)

𝑦12 = 𝑒17 (0)

𝑦13 = 𝑝5 (0)

𝑦14 = 𝑒2 (0)

𝑦15 = 𝑒11 ∨ 𝑒5 (2)

Инверторы: ¬X1, ¬X2, ¬X3, ¬X4, ¬X5, ¬X7, ¬X8 (7)

Цена комбинационной схемы по Квайну автомата по модели Мили при использовании графа, построенного на основе ГСА, который представлен в приложении Д, с использованием в качестве элемента памяти 4-х разрядного счетчика:

*Подп. и дата*

Σ = КС + ИНВ + ЭП + НУ + DC = 89 + 7 + 9 + 2 + 4 = 111

Схема формирования начальной установки на счетчике представлена на рисунке 3.

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 48*

*Подп. и дата*

## p0

p1

## p2

p0

## e9

b

## +1

-1

R

D0 D1 D2

D3

+1

-1

EWR

C

1

1

2

4

8

CT

## C

D1

1

## D2 D3

R

Рисунок 3 – Схема формирования начальной установки на счетчике



*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 49*

*Подп. и дата*

1. Кодирование внутренних состояний для модели Мура
   1. Кодирование внутренних состояний для модели Мура на D- триггерах

Для кодирования 20 состояний (b0…b19) графа автомата Мура, представленного в приложении Е, минимально необходимо пять элементов памяти.

С учетом особенностей работы D-триггера для кодирования состояний применяется эвристический метод. Он состоит в следующем:

1. Каждому состоянию bi ставится в соответствие целое число Ni, равное числу переходов в данное состояние;
2. Числа Ni сортируются в порядке убывания;
3. Состоянию, соответствующему первому Ni после сортировки, то есть наибольшему из Ni, присваивается код, состоящий только из нулей;
4. Следующему состоянию в порядке убывания Ni присваивается незанятый код, содержащий наименьшее количество единиц. Данный пункт повторяется до тех пор, пока все состояния не будут закодированы.

*Подп. и дата*

Кодирование состояний для модели Мура на D-триггерах представлено в таблице 14.

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 50*

Таблица 14 – Коды состояний для модели Мура на D-триггерах

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние | b0 | b1 | b2 | b3 | b4 | b5 | b6 | b7 | b8 | b9 | b10 |
| Состояния перехода | b0, b16, b17,  b18 | b0 | b1 | b2, b3 | b2, b3 | b4 | b5, b8 | b6 | b7 | b6 | b9 |
| Число переходов | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Код состояния | 00010 | 01010 | 00110 | 01000 | 10000 | 10100 | 10001 | 01100 | 11000 | 11100 | 11010 |
| Исходное | b11 | b12 | b13 | b14 | b15 | b16 | b17 | b18 | b19 |  | |
| состояние |
|  |  |  |  |  |  | b10, |  |  | b10, |
| Состояния перехода | b10,  b15 | b4,  b5, b6 | b11 | b10,  b15 | b11,  b13 | b12, b14,  b15, | b4 | b5, b7 | b12, b14,  b15, |
|  |  |  |  |  |  | b19 |  |  | b19 |
| Число | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 5 | 1 | 2 | 5 |
| переходов |
| Код | 01001 | 00100 | 11001 | 00101 | 00011 | 00000 | 10110 | 10010 | 00001 |
| состояния |

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата модели Мура на D-триггерах, результаты которой представлены в таблице 15 и формируются логические выражения для функций возбуждения.

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 51*

Таблица 15 – Прямая структурная таблица переходов и выходов модели Мура на D-триггерах

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние bm | Код bm | Выходной сигнал  Y(bm) | Состояние перехода bs | Код bs | Входной сигнал X(bm,bs) | Функции возбуждения D-триггера |
| b0 | 00010 | - | b0 | 00010 | ¬X0 | D1 |
|  |  |  | b1 | 01010 | X0 | D3D1 |
| b1 | 01010 | y0,y1,y2 | b2 | 00110 | 1 | D2D1 |
| b2 | 00110 | y3,y4 | b3 | 01000 | ¬X0 | D3 |
|  |  |  | b4 | 10000 | X0 | D4 |
| b3 | 01000 | - | b3 | 01000 | ¬X0 | D3 |
|  |  |  | b4 | 10000 | X0 | D4 |
| b4 | 10000 | y1 | b5 | 10100 | ¬X1¬X8 | D4D2 |
|  |  |  | b12 | 00100 | ¬X1X8 | D2 |
|  |  |  | b17 | 10110 | X1 | D4D2D1 |
| b5 | 10100 | y4,y5 | b6 | 10001 | ¬X3¬X4 | D4D0 |
|  |  |  | b12 | 00100 | ¬X3X4 | D2 |
|  |  |  | b18 | 10010 | X3 | D4D1 |
| b6 | 10001 | y3,y7 | b7 | 01100 | ¬X2 | D3D2 |
|  |  |  | b9 | 11100 | X2¬X5 | D4D3D2 |
|  |  |  | b12 | 00100 | X2X5 | D2 |
| b7 | 01100 | y3,y6 | b8 | 11000 | ¬X3 | D4D3 |
|  |  |  | b18 | 10010 | X3 | D4D1 |
| b8 | 11000 | y10 | b6 | 10001 | 1 | D4D0 |
| b9 | 11100 | y3 | b10 | 11010 | 1 | D4D3D1 |
| b10 | 11010 | y8 | b11 | 01001 | ¬X7 | D3D0 |
|  |  |  | b14 | 00101 | X7X6 | D2D0 |
|  |  |  | b16 | 00000 | X7¬X6X9 | - |
|  |  |  | b19 | 00001 | X7¬X6¬X9 | D0 |
| b11 | 01001 | y3,y7,y9 | b13 | 11001 | X2 | D4D3D0 |
|  |  |  | b15 | 00011 | ¬X2 | D1D0 |
| b12 | 00100 | y2,y13 | b16 | 00000 | X9 | - |
|  |  |  | b19 | 00001 | ¬X9 | D0 |
| b13 | 11001 | y3 | b15 | 00011 | 1 | D1D0 |
| b14 | 00101 | y11 | b16 | 00000 | X9 | - |
|  |  |  | b19 | 00001 | ¬X9 | D0 |
| b15 | 00011 | y8 | b11 | 01001 | ¬X7 | D3D0 |
|  |  |  | b14 | 00101 | X7X6 | D2D0 |
|  |  |  | b16 | 00000 | X7¬X6X9 | - |
|  |  |  | b19 | 00001 | X7¬X6¬X9 | D0 |
| b16 | 00000 | y12 | b0 | 00010 | 1 | D1 |
| b17 | 10110 | y14 | b0 | 00010 | 1 | D1 |
| b18 | 10010 | y15 | b0 | 00010 | 1 | D1 |
| b19 | 00001 | - | b16 | 00000 | X9 | - |
|  |  |  | b19 | 00001 | ¬X9 | D0 |

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 52*

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

𝐷0 = 𝑏5¬𝑋3¬𝑋4 ∨ 𝑏8 ∨ 𝑏10¬𝑋7 ∨ 𝑏10 𝑋7¬𝑋6¬𝑋9 ∨ 𝑏10 𝑋7 𝑋6

∨ 𝑏11 ∨ 𝑏12¬𝑋9 ∨ 𝑏13 ∨ 𝑏14¬𝑋9 ∨ 𝑏15 𝑋7 𝑋6

∨ 𝑏15 𝑋7¬𝑋6¬𝑋9 ∨ 𝑏15¬𝑋7 ∨ 𝑏19¬𝑋9

𝐷1 = 𝑏0 ∨ 𝑏1 ∨ 𝑏4 𝑋1 ∨ 𝑏5 𝑋3 ∨ 𝑏7 𝑋3 ∨ 𝑏9 ∨ 𝑏11¬𝑋2 ∨ 𝑏13 ∨ 𝑏16

∨ 𝑏17 ∨ 𝑏18

𝐷2 = 𝑏1 ∨ 𝑏4 ∨ 𝑏5¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑏6 ∨ 𝑏10 𝑋7 𝑋6 ∨ 𝑏15 𝑋7 𝑋6

𝐷3 = 𝑏0 𝑋0 ∨ 𝑏2¬𝑋0 ∨ 𝑏3¬𝑋0 ∨ 𝑏6¬𝑋2 ∨ 𝑏6 𝑋2¬𝑋5 ∨ 𝑏7¬𝑋3 ∨ 𝑏9

∨ 𝑏10¬𝑋7 ∨ 𝑏11 𝑋2 ∨ 𝑏15¬𝑋7

𝐷4 = 𝑏2 𝑋0 ∨ 𝑏3 𝑋0 ∨ 𝑏4 𝑋1 ∨ 𝑏4¬𝑋1¬𝑋8 ∨ 𝑏5 𝑋3 ∨ 𝑏5¬𝑋3¬𝑋4

∨ 𝑏6 𝑋2¬𝑋5 ∨ 𝑏7 ∨ 𝑏8 ∨ 𝑏9 ∨ 𝑏11 𝑋2

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов:

𝑦0 = 𝑏1

𝑦1 = 𝑏1 ∨ 𝑏4

*Подп. и дата*

𝑦2 = 𝑏1 ∨ 𝑏12

𝑦3 = 𝑏2 ∨ 𝑏6 ∨ 𝑏7 ∨ 𝑏9 ∨ 𝑏11 ∨ 𝑏13

𝑦4 = 𝑏2 ∨ 𝑏5

𝑦5 = 𝑏5

𝑦6 = 𝑏7

𝑦7 = 𝑏6 ∨ 𝑏11

*Инв. №*

𝑦8 = 𝑏10 ∨ 𝑏15

𝑦9 = 𝑏11

𝑦10 = 𝑏8

*Взам. инв.*

𝑦11 = 𝑏14

𝑦12 = 𝑏16

𝑦13 = 𝑏12

𝑦14 = 𝑏17

*Подп. и дата*

𝑦15 = 𝑏18

После выделения общих частей в логических выражениях и

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 53*

некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы управляющего автомата:

𝑒0 = 𝑏5¬𝑋3 𝑋4 (3)

𝑒1 = 𝑏5 𝑋3 (2)

𝑒2 = 𝑏6 𝑋2¬𝑋5 (3)

𝑒3 = 𝑏10¬𝑋7 (2)

𝑒4 = 𝑏10 𝑋7 𝑋6 (3)

𝑒5 = 𝑏11 𝑋2 (2)

𝑒6 = 𝑏15¬𝑋7 (2)

𝑒7 = 𝑏15 𝑋7 𝑋6 (3)

𝑒8 = 𝑋7¬𝑋6¬𝑋9 (3)

𝑒9 = 𝑏4 𝑋1 (2)

𝑝0 = 𝑒4 ∨ 𝑒7 (2)

𝑝1 = 𝑒3 ∨ 𝑒6 (2)

𝑝2 = 𝑒2 ∨ 𝑒5 (2)

𝑝3 = 𝑒1 ∨ 𝑒9 (2)

*Подп. и дата*

𝑝4 = 𝑏1 ∨ 𝑏4 (2)

𝑝5 = 𝑏11 ∨ 𝑏13 (2)

𝑝6 = 𝑏7 ∨ 𝑏9 (2)

𝑝7 = 𝑏10 ∨ 𝑏15 (2)

𝐷0 = 𝑝0 ∨ 𝑝1 ∨ 𝑝5 ∨ 𝑝7 𝑒8 ∨ 𝑒0 ∨ 𝑏8 ∨ 𝑏12¬𝑋9 ∨ 𝑏14¬𝑋9

*Инв. №*

∨ 𝑏19¬𝑋9

𝐷1 = 𝑝3 ∨ 𝑏0 ∨ 𝑏1 ∨ 𝑏7 𝑋3 ∨ 𝑏9 ∨ 𝑏11¬𝑋2 ∨ 𝑏13 ∨ 𝑏16 ∨ 𝑏17

*Взам. инв.*

∨ 𝑏18

(17)

(14)

𝐷2 = 𝑝0 ∨ 𝑝4 ∨ 𝑏5¬𝑋3 𝑋4 ∨ 𝑏6 (7)

𝐷3 = 𝑝1 ∨ 𝑝2 ∨ 𝑏0 𝑋0 ∨ 𝑏2¬𝑋0 ∨ 𝑏3¬𝑋0 ∨ 𝑏6¬𝑋2 ∨ 𝑏7¬𝑋3 ∨ 𝑏9 (18)

*Подп. и дата*

𝐷4 = 𝑝2 ∨ 𝑝3 ∨ 𝑝6 ∨ 𝑒0 ∨ 𝑏2 𝑋0 ∨ 𝑏3 𝑋0 ∨ 𝑏4¬𝑋1¬𝑋8 ∨ 𝑏8 (15)

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 54*

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов:

𝑦0 = 𝑏1 (0)

𝑦1 = 𝑝4 (0)

𝑦2 = 𝑏1 ∨ 𝑏12 (2)

𝑦3 = 𝑝5 ∨ 𝑝6 ∨ 𝑏2 ∨ 𝑏6 (4)

𝑦4 = 𝑏2 ∨ 𝑏5 (2)

𝑦5 = 𝑏5 (0)

𝑦6 = 𝑏7 (0)

𝑦7 = 𝑏6 ∨ 𝑏11 (2)

𝑦8 = 𝑝7 (0)

𝑦9 = 𝑏11 (0)

𝑦10 = 𝑏8 (0)

𝑦11 = 𝑏14 (0)

𝑦12 = 𝑏16 (0)

𝑦13 = 𝑏12 (0)

*Подп. и дата*

𝑦14 = 𝑏17 (0)

𝑦15 = 𝑏18 (0)

Инверторы: ¬X0, ¬X1, ¬X2, ¬X3, ¬X4, ¬X5, ¬X6, ¬X7, ¬X8, ¬X9 (10)

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

*Взам. инв.*

*Инв. №*

Σ = КС + ИНВ + ЭП + НУ + DC = 122 + 10 + 20 + 0 + 5 = 157

Схема формирования начальной установки на D-триггерах представлена на рисунке 4.

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 55*

D4

R

D C

T0

S

R

D

C

T1

S

R

D

C

T2

S

R

D C

T3

S

R

D C

T4

S

D3

b D2

D1

D0 C

Рисунок 4 - Схема формирования начальной установки на D-триггерах

*Подп. и дата*

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

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 56*

1. Построение схемы управляющего микропрограммного автомата

Наименьшей ценой по Квайну обладает модель автомата модели Мили на счетчике, она равна 111, поэтому микропрограммный автомат будет строиться для этой модели. В приложении Ж приведена функциональная схема проектируемого управляющего автомата, выполняющего операцию деления чисел в двоичной системе счисления с плавающей запятой в прямом коде с порядками первым способом с восстановлением остатков с использованием дополнительного кода 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 элемента памяти и функций получения выходных сигналов.

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 57*

Заключение

В ходе курсового проекта был синтезирован автомат, выполняющий деление первым способом в двоичной системе счисления с плавающей запятой с порядками с использованием дополнительного кода при вычитании с восстановлением остатков в основном логическом базисе. Управляющий автомат был синтезирован по модели Мили с использованием 4-разрядного счетчика в качестве элемента памяти, так как цена по Квайну данного автомата получилась наименьшей и равной 111. Автомат, полученный в ходе выполнения курсового проекта, задан множеством внутренних состояний a0- a12, множеством входных сигналов X0-X9, множеством выходных сигналов y0-y15, функциями переходов и выходов, заданной в таблице 13, начальным состоянием a0.

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 58*

Перечень сокращений

ДК – дополнительный код ПК – прямой код

ГСА – граф-схема алгоритма УА – управляющий автомат ОА – операционный автомат

МПА – микропрограммный автомат ЭП – элемент памяти

ПРС – переполнение разрядной сетки ПМР – потеря младших разрядов

ВрПМР – временная потеря младших разрядов ИстПМР – истинная потеря младших разрядов ДНН – деление на ноль

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 59*

Приложение А (справочное) Библиографический список

1. Мельцов, В.Ю. Синтез микропрограммных управляющих автоматов. Учебное пособие [Текст] / Мельцов, В. Ю., Фадеева, Т.Р. – Киров: Вятский государственный технический университет, 2000. – 69с.
2. Мельцов, В.Ю. Применение САПР Quartus для синтеза абстрактных и структурных автоматов. Учебное пособие [Текст] – Киров: ГОУ ВПО ВятГУ, 2011. – 86с.
3. Фадеева, Т.Р. Арифметические основы ЭВМ. Методические указания к курсовой работе [Текст] / Фадеева, Т.Р., Матвеева, Л.И., Долженкова, М.Л. – Киров, 2007. – 80с

*Подп. и дата*

*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

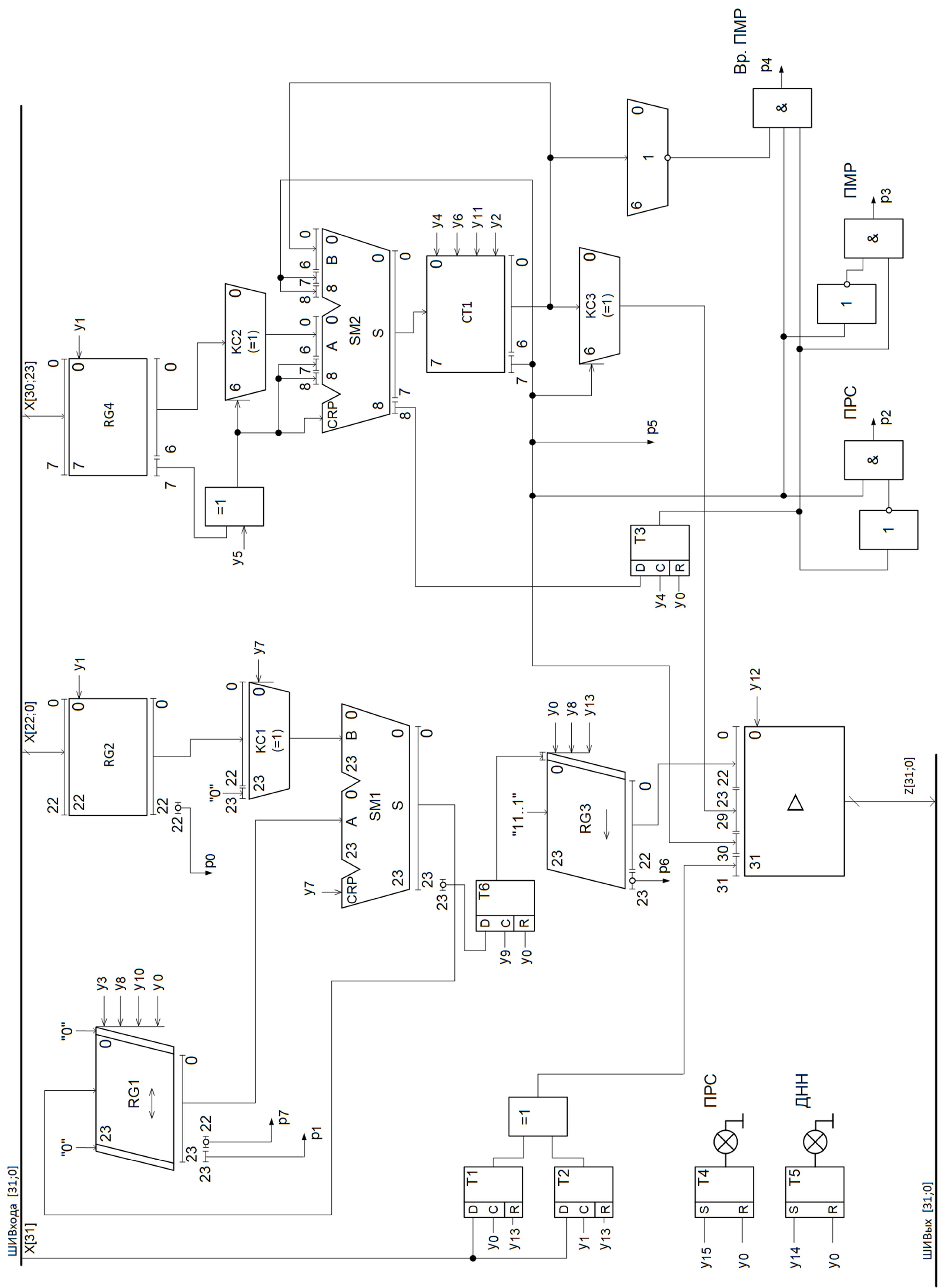
*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 60*

Приложение Б (обязательное)

Функциональная схема операционного автомата



*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 61*

*Подп. и дата*

Приложение В (обязательное)

Содержательная граф-схема алгоритма

Начало

α

X

1

y3 y7

T3:=0 T4:=0 T5:=0 T6:=0 T1:=X[31]

T2:=X[31] RG1:=0 RG3:=11...1

RG2:=X[22;0]

RG4:=X[30;23] CT1:=0

SM1.a=RG1 SM1.b=KC1

SM1.crp=1 RG1:=SM1.s

y0

CT1:=CT1 + 1 SM1.a=RG1 SM1.b=KC1

SM1.crp=0 RG1:=SM1.s

y1 p1

y2 y6

y3 1

1

1

OVR p2

y10

RG1:=R1(RG1).0

p4 NULL

SM1.a=RG1 SM1.b=KC1 y3

SM1.crp=0

RG1:=SM1.s

y3

RG1:=L1(RG1).0 RG3:=L1(RG3).T6

SM1.b=KC1 SM1.a=RG1 RG1:=SM1.s SM2.a[8]=RG4[7]

SM2.a[7]=RG4[7] SM2.a[6;0]=KC2 SM2.b[7;0]=CT1 SM2.b[8]=CT1[7] SM2.crp=RG4[7] CT1:=SM2.s[7;0]

T3:=SM2.s[8]

y4 y8

NULL

1

y2 y13

p6

y3

y7 y9

p1

1

y3

y8

SM1.a=RG1 SM1.b=KC1

SM1.crp=1 RG1:=SM1.s T6:=⌐SM1.s[23]

T1:=0 T2:=0 RG3:=0 CT1:=0

*Подп. и дата*

X

y1

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1 |
| RG2:=X[22;0]  T2:=X[31]  RG4:=X[30;23] | |
|  |  |

1

ZDV p0

1

*Инв. №*

NULL p7

p5

1

CT1:=CT1 - 1

y11

SM1.a=RG1 SM1.b=KC1

SM1.crp=0 RG1:=SM1.s

RG1:=L1(RG1).0 RG3:=L1(RG3).T6

y4 Z

SM2.a[8]=⌐RG4[7]

SM2.a[7]=⌐RG4[7] SM2.a[6;0]=KC2 SM2.b[7;0]=CT1 SM2.b[8]=CT1[7] SM2.crp=⌐RG4[7] CT1:=SM2.s[7;0]

T3:=SM2.s[8]

*Взам. инв.*

y5

1

ZDV

Z[31]:=T1 xor T2 Z[30]:=CT1[7]

Z[29;23]:=KC3 Z[22;0]:=RG3[22;0]

OVR

1

OVR p2

*Подп. и дата*

1

NULL p3

y12

y14

T5:=1

y15

T4:=1

Конец

α



*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 62*

Приложение Г (обязательное)

Отмеченная граф-схема алгоритма

b0 Начало

a0

X0

a7

1

Y4 (y3, y7)

b6

Y0 (y0, y1, y2)

b1 b3

a1 a5

Y1 (y3, y4) b2

a2

X0

1

Y2 (y1)

b4

a3

1

X1

1

X8

X2

b7 1

Y5 (y3, y6)

1

a6 X5

1

X3

Y7 (y3)

b8 a8

Y8 (y8)

Y6 (y10)

a9

1

X7

b9

b10

b5

Y10(y2, y13)

Y3 (y4, y5)

*Подп. и дата*

a4 b12

1

X3

Y9 (y3, y7, y9)

a10

X2

1

Y7 (y3)

b11

1

X4 X6

1

b13

b14

Y11(y11)

*Инв. №*

a11

b15

Y8 (y8)

b19

*Взам. инв.*

a12

X9

b17

Y13(y14)

b18

Y14(y15)

1

b16 a0

Y12(y12)

*Подп. и дата*

Конец b0



*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 63*

Приложение Д (обязательное)

Граф автомата модели Мили

X3/y15

¬X0/-

¬X0 /-

X0/y0, y1, y2

а0 а1

1/y3, y4

а2

X0/y1

¬X1¬X8/y4, y5

а3 а4

X1/y14 ¬X3¬X4/-

X9/y12

¬X1X8/y2, y13

¬X3X4/y2, y13

X3/y15

¬X2/y3, y6

а6 а5

X2X5/y2, y13

а12

~X9/-

¬X3/y10 1/y3, y7

X2¬X5/y3

X7¬X6/-

X7X6/y11

а7

1/y8

а8 а9

1/y8

*Подп. и дата*

¬X2/y8

а11

X2/y3

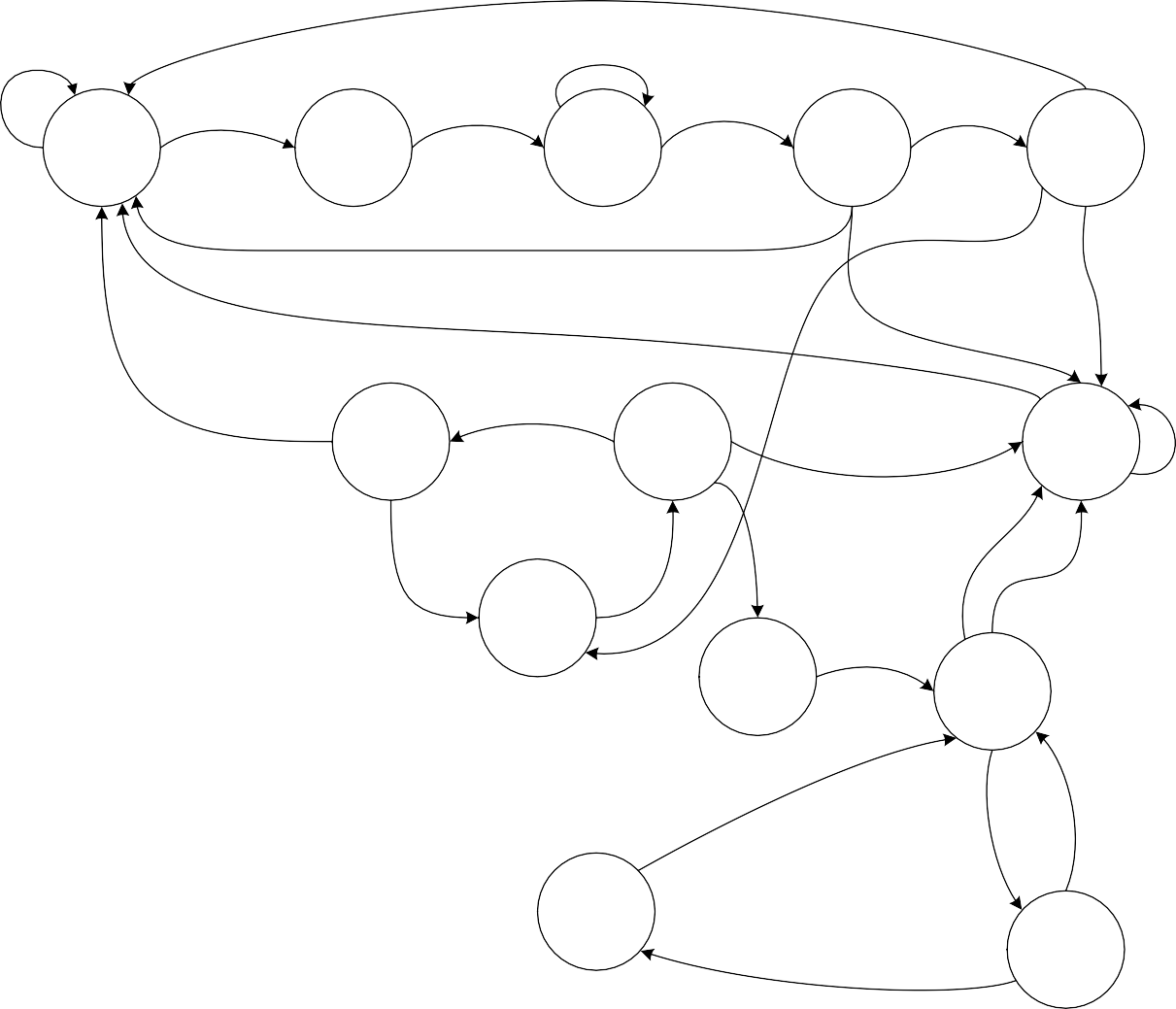
¬X7/y3, y7, y9

а10

Рисунок Д.1 – Граф автомата модели Мили c «пустыми» переходами

*Взам. инв.*

*Инв. №*



*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 64*

*Подп. и дата*

¬X0 /-

X0/y0, y1, y2

1/y3, y4

а1 а2

X0/y1

¬X0/-

X1/y14 ¬X1¬X8/y4, y5

а3

а0 X3/y15

X3/y15

X9/y12

а4

¬X9 /-

а10

¬X7/y3, y7, y9

¬X1X8/y2, y13

X7¬X6/-

а12

¬X3X4/y2, y13

¬X3¬X4/y3, y7

X2/y3

¬X2/y8

X7X6/y11

X2X5/y2, y13

а11 а9

1/y8

1/y8

X2¬X5/y3 а5

а8

¬X2/y3, y6

а6

*Подп. и дата*

¬X3/y10

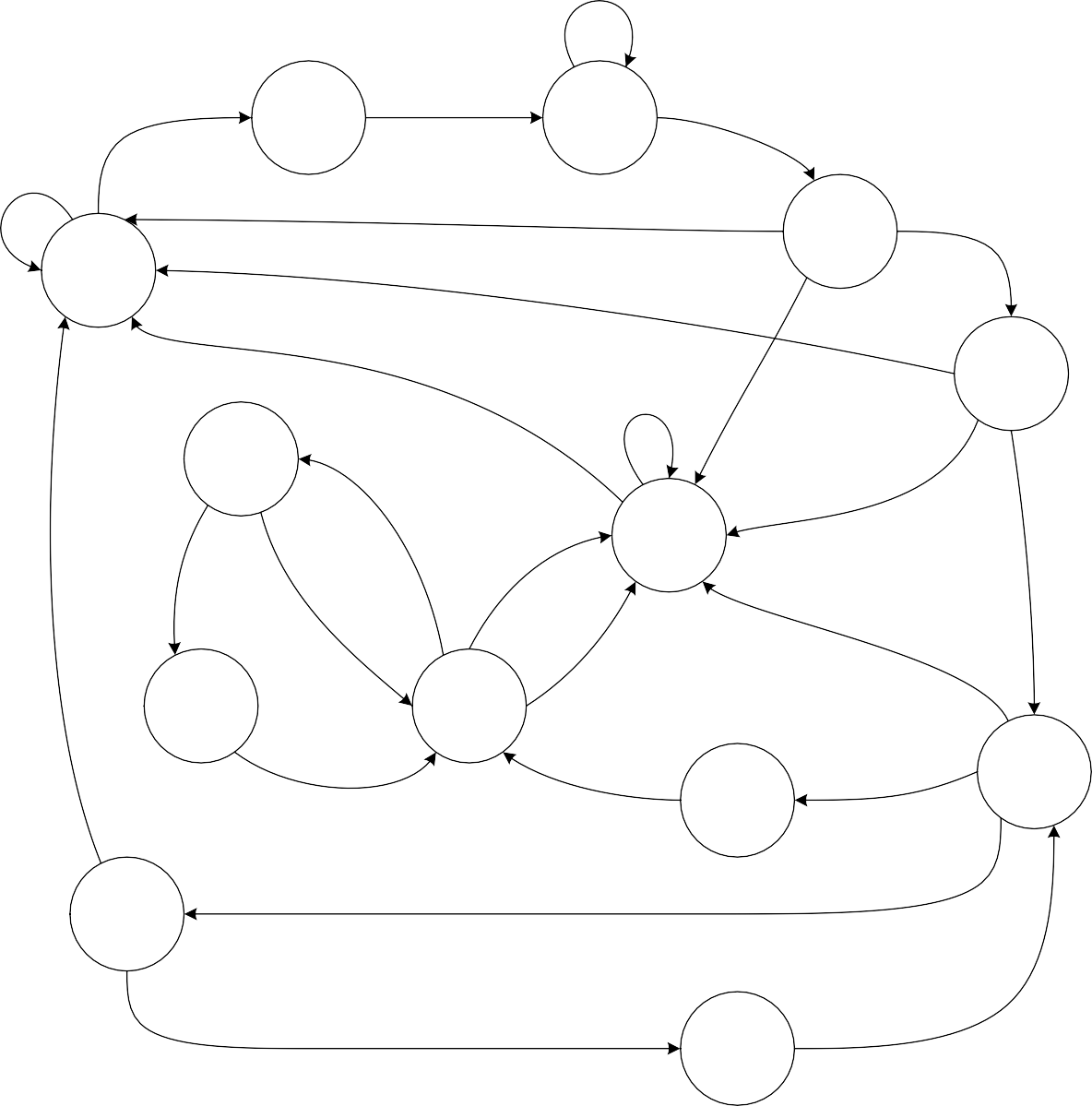
1/y3, y7

а7

Рисунок Д.2 – Граф автомата модели Мили без некоторых «пустых» переходов

*Взам. инв.*

*Инв. №*



*Изм Лист*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*№ докум.*

*Подп.*

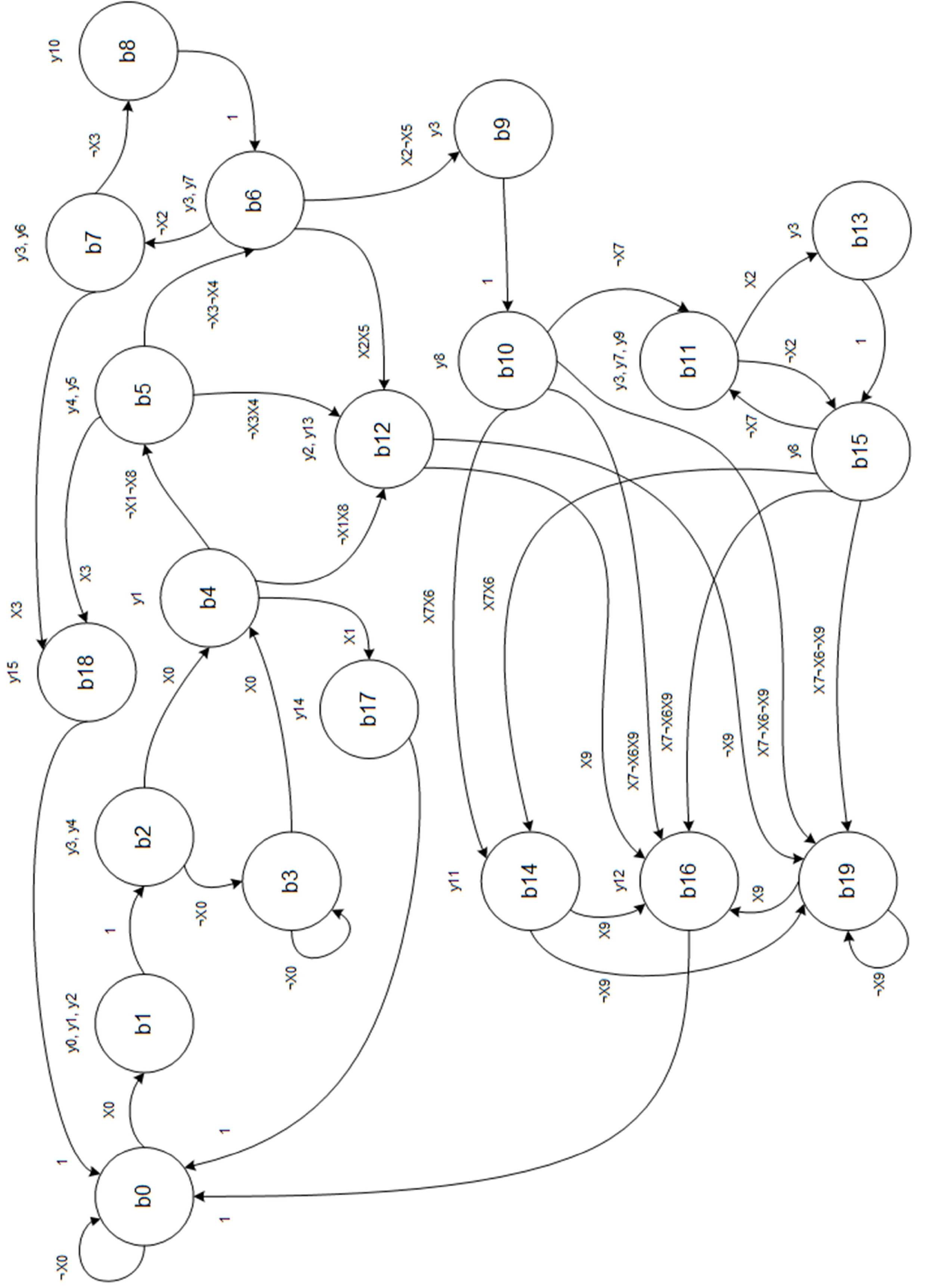
*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 65*

Приложение Е (обязательное)

Граф автомата модели Мура



*Взам. инв.*

*Инв. №*

*Подп. и дата*

*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 66*

*Подп. и дата*

Приложение Ж (обязательное)

Функциональная схема управляющего автомата

из ОА

x0 x1

x2 a0

x3

p3 p4

a12 p6

e0 e17 e3

x4 x0 & x5

x6 a2

x7

x8 x0 & x9

a3

x1 &

a3

¬x1 &

¬x8

a3

¬x1 & x8

a4

x3 &

a4

¬x3 &

¬x4

a4

¬x3 & x4

*Подп. и дата*

a5

¬x2 & a5

x9 &

e2

e1 e5 1 e11

a7

e2

a11 1

e9

e3

a11 1

e0

e4

e1 1

e6

e5

e13 1

e4

e6 e7 1 e10

e8

e7 e16 1 a1

p4

e8

a7 1

e12 e17 a8

p0

e15

p1

p2

p3

p4

p5

p5

p6

e0

q0

q0 p6 e9

e3

1

p0 p1

p2 1

p0

e9 1

p2 p5

e14 1

p1 a7

y2

1

y3

1

+1 CT

-1

EWR

с C

D0 D1 D2 D3

R

b

DC 0

1

2

3

4

1 1 5

2 2 6

7

4 4 8

8 8 9

10

11

12

13

14

15

1

ERR

S

T1

R

a12 a0 a1 a2 a3 a4 a5 a6 a7 a8 a9

a10 a11

x1 1

x2 1

x3 1

*Инв. №*

x4 1

¬x1 x2 &

¬x5 a5

¬x2 x2 &

x5 a6

¬x3

x3 &

a6

¬x4

¬x3 &

a9

e9

e10

e11

e12

a1 1

e15

a8 1

a11

e14

x6 &

e11

e5 1

y4

y8

y11

y15

e0 p3 y2

y3 y4 e3 e8 q0 y8 e13

e12 y11

y0 y1 y2

y3 y4 y5 y6 y7 y8 y9 y10

y11

R

в ОА

x5 1

*Взам. инв.*

¬x5

¬x7 &

e13

e17 y12

p5 y13

e2 y14

x7 1

a9

¬x7

x7

& e14

y15

y15

x8 1

*Подп. и дата*

a10

¬x8

¬x2 &

e15

a10

x2 &

e16



*Изм Лист*

*Инв. №*

*№ докум.*

*Подп.*

*Дата*

# ТПЖА 09.03.01.066

*Лист 67*