МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Филиал ФГБОУ ВО   
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в городе Смоленске

Кафедра электроники и микропроцессорной техники

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСТРОЙСТВА

**Отчет по лабораторной работе №3**

«Синтез последовательностных логических устройств»

Группа: ПЭ2-18

Студент:

Вариант: №7

Преподаватель:

Смоленск 2020

**Цель работы**: ознакомление с основными методами синтеза и работой последовательностных логических устройств на базе синхронных триггеров; знакомство с методикой тестирования последовательностных логических устройств.

**Рабочее задание**: Используя модели триггеров, входящие в состав библиотеки программы Micro-Cap, собрать и протестировать следующие последовательностные логические устройства:

1. Счетчик с недвоичным коэффициентом пересчета *К*сч = 3;
2. Регистр Джонсона (на 8 устойчивых состояний) на синхронных *JK*-триггерах.

**Ход работы**

1. Таблица переходов *JK*-триггера представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Таблица переходов *JK*-триггера

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Q*n → *Q*n+1 | *J* | *K* |
| 0 → 0 | 0 | X |
| 1 → 1 | X | 0 |
| 0 → 1 | 1 | X |
| 1 → 0 | X | 1 |

Так как необходимо синтезировать счетчик с коэффициентом пересчета *K*сч=3, то синтезируемая схема должна иметь 3 устойчивых состояний. Очевидно, что эти 3 состояния можно закодировать двумя двоичными разрядами. Таким образом, схема должна строиться на основе 2-х триггерных элементов. Обозначим состояния этих триггеров (значение сигнала на выходе) как *Q*1 и *Q*0. Последовательность состояний схемы при воздействии синхроимпульсов для заданного устройства представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Таблица функционирования заданного последовательностного устройства

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер синхроимпульса | *Q*1 | *Q*0 |
| *n* | 0 | 0 |
| *n*+1 | 0 | 1 |
| *n*+2 | 1 | 0 |

Составим таблицы переходов для триггеров *Q*1 и *Q*0. Согласно таблице 2, новое состояние в которое переходит соответствующий триггер будет зависеть от предыдущего состояния всей схемы. Таблицы переходов для триггеров *Q*1 и *Q*0 представлены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Таблица переходов для триггера *Q*1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Q*0  *Q*1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 → 0 | 0 → 1 |
| 1 | 1 → 0 | Х |

Таблица 4 – Таблица переходов для триггера *Q*0

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Q*0  *Q*1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 → 1 | 1 → 0 |
| 1 | 0 → 0 | Х |

Согласно таблицам переходов для триггеров *Q*1 и *Q*0 (таблицы 3 и 4) и таблице переходов *JK*-триггера (таблица 1) составим карты Карно для *J* и *K* входов триггеров *Q*1 и *Q*0 (таблицы 5-8). Методом карт Карно проведем минимизацию логических выражений для входных сигналов триггеров.

Таблица 5 – Карта Карно для *J*1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Q*0  *Q*1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | X | X |

Таблица 6 – Карта Карно для *K*1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Q*0  *Q*1 | 01 | 11 |
| 0 | X | X |
| 1 | 1 | X |

Таблица 7 – Карта Карно для *J*0

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Q*0  *Q*1 | 00 | 01 |
| 0 | 1 | X |
| 1 | 0 | X |

Таблица 8 – Карта Карно для K0

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Q*0  *Q*1 | 0 | 1 |
| 0 | X | 1 |
| 1 | X | X |

Математическая модель заданного устройства представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 — Математическая модель заданного устройства

Для того чтобы протестировать заданное устройство, подадим с помощью генератора X4 последовательность синхроимпульсов. Результат тестирования представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 — Результаты тестирования заданного устройства

Из представленного графика видно, что заданное устройство работает согласно требованиям технического задания. При подаче на входы устройства последовательности синхроимпульсов, на выходе получаем счетчик с коэффициентом пересчета *K*сч = 3 (считает до 2 и затем сбрасывает до 0).

2. Так как необходимо синтезировать регистр Джонсона на 8 устойчивых состояний на синхронных *JK*-триггерах, то очевидно, что эти 8 состояний можно закодировать четырьмя двоичными разрядами. Таким образом, схема должна строиться на основе 4-х триггерных элементов. Обозначим состояния этих триггеров (значение сигнала на выходе) как *Q*3, *Q*2, *Q*1 и *Q*0. Последовательность состояний схемы при воздействии синхроимпульсов для заданного устройства представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Таблица функционирования заданного последовательностного устройства

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер синхроимпульса | *Q*3 | *Q*2 | *Q*1 | *Q*0 |
| *n* | 0 | 0 | 0 | 1 |
| *n*+1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| *n*+2 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| *n*+3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| *n*+4 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| *n*+5 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| *n*+6 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| *n*+7 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Составим таблицы переходов для триггеров *Q*3, *Q*2, *Q*1 и *Q*0. Согласно таблице 5, новое состояние, в которое переходит соответствующий триггер, будет зависеть от предыдущего состояния всей схемы. Таблицы переходов для триггеров *Q*3, *Q*2, *Q*1 и *Q*0 представлены в таблицах 6, 7, 8 и 9 соответственно.

Таблица 6 – Таблица переходов для триггера Q3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 → 0 | 0 → 0 | 0 → 0 | X |
| 01 | X | X | 0 → 1 | Х |
| 11 | 1 → 1 | X | 1 → 1 | 1 → 1 |
| 10 | 1 → 0 | X | X | X |

Таблица 7 – Таблица переходов для триггера Q2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 → 0 | 0 → 0 | 0 → 1 | X |
| 01 | X | X | 1 → 1 | Х |
| 11 | 1 → 0 | X | 1 → 1 | 1 → 1 |
| 10 | 0 → 0 | X | X | X |

Таблица 8 – Таблица переходов для триггера Q1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 → 0 | 0 → 1 | 1 → 1 | X |
| 01 | X | X | 1 → 1 | Х |
| 11 | 0 → 0 | X | 1 → 1 | 1 → 0 |
| 10 | 0 → 0 | X | X | X |

Таблица 9 – Таблица переходов для триггера Q0

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 → 1 | 1 → 1 | 1 → 1 | X |
| 01 | X | X | 1 → 1 | Х |
| 11 | 0 → 0 | X | 1 → 0 | 0 → 0 |
| 10 | 0 → 0 | X | X | X |

Согласно таблицам переходов для триггеров *Q*3, *Q*2, *Q*1 и *Q*0 (таблицы 6-9) и таблице переходов *JK*-триггера (таблица 1) составим карты Карно для *J* и *K* входов триггеров *Q*3, *Q*2, *Q*1 и *Q*0 (таблицы 10-17). Методом карт Карно проведем минимизацию логических выражений для входных сигналов триггеров.

Таблица 10 – Карта Карно для *J*3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 | 0 | 0 | X |
| 01 | X | X | 1 | Х |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | X | X | X | X |

Таблица 11 – Карта Карно для *J*2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 | 0 | 1 | X |
| 01 | X | X | X | Х |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | 0 | X | X | X |

Таблица 12 – Карта Карно для *J*1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 | 1 | X | 0 |
| 01 | X | X | X | Х |
| 11 | 0 | X | X | X |
| 10 | 0 | X | X | X |

Таблица 13 – Карта Карно для *J*0

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 1 | X | X | X |
| 01 | X | X | X | Х |
| 11 | 0 | X | X | 0 |
| 10 | 0 | X | X | X |

Таблица 14 – Карта Карно для *K*3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | X | X |
| 01 | X | X | X | Х |
| 11 | 0 | X | 0 | 0 |
| 10 | 1 | X | X | X |

Таблица 15 – Карта Карно для *K*2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | X | X |
| 01 | X | X | 0 | Х |
| 11 | 1 | X | 0 | 0 |
| 10 | X | X | X | X |

Таблица 16 – Карта Карно для *K*2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | X | 0 | X |
| 01 | X | X | 0 | Х |
| 11 | X | X | 0 | 1 |
| 10 | X | X | X | X |

Таблица 17 – Карта Карно для *K*2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*1*Q*0  *Q*3*Q*2 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | X | 0 | 0 | X |
| 01 | X | X | 0 | Х |
| 11 | X | X | 1 | X |
| 10 | X | X | X | X |

Математическая модель заданного устройства представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 — Математическая модель заданного устройства

Для того чтобы протестировать заданное устройство, подадим с помощью генератора *X*1 последовательность синхроимпульсов. Результат тестирования представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 — Результаты тестирования заданного устройства

Из представленного графика видно, что заданное устройство работает согласно требованиям технического задания. При подаче на входы устройства последовательности синхроимпульсов, на выходе получаем регистр Джонсона (0001 – 0011 – 0111 – 1111 – 1110 – 1100 – 1000 – 0000).