

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

О Т Ч Е Т
О ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
«ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ
РАСЧЕТ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ВВЭР-1200»

Выполнил
студент группы С19-103
Мамлеев А. А.

подпись

Научный руководитель
по теплогидравлическому
расчету
канд. техн. наук Маслов Ю. А.

подпись

Научный руководитель
по нейтронно-физическому
расчету
канд. физ.-мат. наук Савандер В. И.

подпись

Оценка (ECTS):

Москва 2024

Цель: изучить методы синтеза комбинационных схем на логических элементах; получить навыки проектирования комбинационных схем на VHDL; овладеть инструментальными средствами проектирования схем на ПЛИС; приобрести опыт экспериментального исследования синтезируемых схем.

1 Синтез комбинационной схемы

В соответствии с вариантом дана следующая система ФАЛ:

$$\begin{cases} F_1(x_3, x_2, x_1, x_0) = \sum(1, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 14), \\ F_2(x_3, x_2, x_1, x_0) = \sum(1, 2, 3, 5, 7, 9, 15), \\ F_3(x_3, x_2, x_1, x_0) = \sum(1, 3, 5, 7, 8, 9). \end{cases} \quad (1)$$

Для данных функций составим таблицу истинности (табл. 1).

Таблица 1. Таблица истинности для системы ФАЛ (1)

№	x_3	x_2	x_1	x_0	F_1	F_2	F_3
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	0	0	1	1
3	0	0	1	1	1	1	1
4	0	1	0	0	0	0	0
5	0	1	0	1	1	1	1
6	0	1	1	0	0	0	0
7	0	1	1	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1	0	1
9	1	0	0	1	0	1	1
10	1	0	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	0	0	0
12	1	1	0	0	1	0	0
13	1	1	0	1	0	0	0
14	1	1	1	0	1	0	0
15	1	1	1	1	0	1	0

1.1 Минимизация

Произведем минимизацию функций методом диаграмм Вейча; на рис. 1 представлена эталонная диаграмма, которой далее будем пользоваться.

	x_2				
x_3		12	13	9	8
		14	15	11	10
		6	7	3	2
		4	5	1	0
		x_0			
		x_1			

Рис. 1. Эталонная диаграмма Вейча

	x_2				
x_3		1			1
		1			1
			1	1	
			1	1	
		x_0			
		x_1			

(а) Для функции F_1

	x_2				
x_3				1	
			1		
			1	1	1
			1	1	
		x_0			
		x_1			

(б) Для функции F_2

	x_2				
x_3				1	1
			1	1	
			1	1	
		x_0			
		x_1			

(в) Для функции F_3

Рис. 2. Диаграммы Вейча для заданных функций

Произведя минимизацию при помощи диаграмм Вейча (рис. 2), запишем заданные функции в форме МДНФ:

$$\begin{cases} F_1(x_3, x_2, x_1, x_0) = x_0\bar{x}_3 \vee \bar{x}_0x_3, \\ F_2(x_3, x_2, x_1, x_0) = x_0\bar{x}_3 \vee x_0x_1x_2 \vee x_0\bar{x}_1\bar{x}_2 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3, \\ F_3(x_3, x_2, x_1, x_0) = x_0\bar{x}_3 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3. \end{cases} \quad (2)$$

Таблица 2. Импликантная матрица системы логических функций

Импликанта	Конституента														
	1			2			3			5			7		
	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ F_1	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ F_2	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ F_3	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$ F_2	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$ F_1	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$ F_3	$\bar{x}_3\bar{x}_2x_1x_0$ F_1	$\bar{x}_3\bar{x}_2x_1x_0$ F_2	$\bar{x}_3\bar{x}_2x_1x_0$ F_3	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ F_1	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ F_2	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ F_3	$x_3\bar{x}_2x_1\bar{x}_0$ F_1	$x_3\bar{x}_2x_1\bar{x}_0$ F_2	$x_3\bar{x}_2x_1\bar{x}_0$ F_3
\bar{x}_3x_0 $F_1F_2F_3$															
$x_3\bar{x}_0$ F_1															
$x_2x_1x_0$ F_2															
$\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ F_2															
$\bar{x}_3\bar{x}_2x_1$ F_2															
$x_3\bar{x}_2\bar{x}_1$ F_3															
$x_3\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$ F_1F_2															
$x_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ F_2F_3															

Найдем все простые импликанты системы логических функций (1), включая и функции $F_1 \cdot F_2, F_1 \cdot F_3, F_2 \cdot F_3, F_1 \cdot F_2 \cdot F_3$. Из диаграмм (рис. 2) нетрудно видеть, что:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 \cdot F_2 = x_0 \bar{x}_3, \\ F_1 \cdot F_3 = x_0 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_0 \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3, \\ F_2 \cdot F_3 = x_0 \bar{x}_3 \vee x_0 \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3, \\ F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 = x_0 \bar{x}_3. \end{array} \right. \quad (3)$$

Теперь при помощи импликантной матрицы системы функций (табл. 2) определим минимальное представление системы логических функций (2)–(3). Анализ заполненной матрицы показывает, что минимальная совокупность переключательных функций останется в виде (2).

1.2 Комбинационная схема, временная диаграмма

Перейдем в базис штриха Шеффера:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1(x_3, x_2, x_1, x_0) = (x_0 | \bar{x}_3) | (\bar{x}_0 | x_3), \\ F_2(x_3, x_2, x_1, x_0) = (x_0 | \bar{x}_3) | (x_0 | x_1 | x_2) | (x_0 | \bar{x}_1 | \bar{x}_2) | (x_1 | \bar{x}_2 | \bar{x}_3), \\ F_3(x_3, x_2, x_1, x_0) = (x_0 | \bar{x}_3) | (\bar{x}_1 | \bar{x}_2 | x_3). \end{array} \right. \quad (4)$$

В соответствии с (4) построим логическую схему (рис. 3).

Произведем ранжирование элементов схемы (рис. 3):

$$\begin{array}{ll} 0\text{-й ранг:} & x_3, x_2, x_1, x_0 \\ 1\text{-й ранг:} & \bar{x}_3, \bar{x}_2, \bar{x}_1, \bar{x}_0, D_3 \\ 2\text{-й ранг:} & D_1, D_2, D_4, D_5, D_6 \\ 3\text{-й ранг:} & F_1, F_2, F_3 \end{array}$$

В соответствии с рангами построим временную диаграмму (рис. ??).

Оценим максимальные задержки переключения сигналов для каждой из функций.

- Функция F_1 : Вычисления производились на 10-м наборе. Схема прохождения сигнала: $x_0 \rightarrow \bar{x}_0 \rightarrow D_2 \rightarrow F_1$. Максимальные величины задержек переключения: $t_{01} = 8$ нс, $t_{10} = 7$ нс.

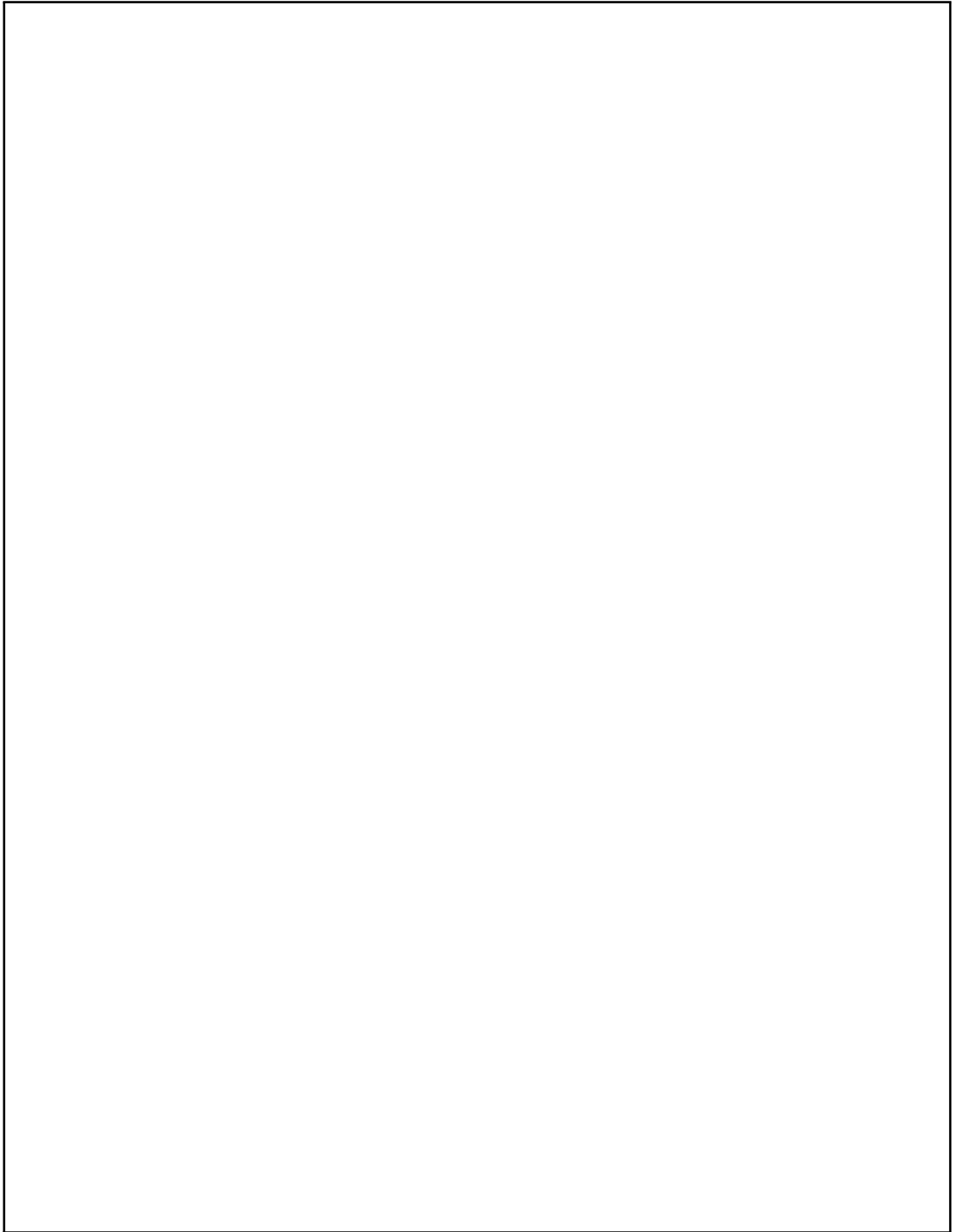


Рис. 3. Реализация многовыходной комбинационной схемы

- Функция F_2 : Вычисления производились на 5-м наборе. Схема прохождения сигнала: $x_0 \rightarrow D_1 \rightarrow F_2$. Максимальные величины задержек переключения: $t_{01} = 6$ нс, $t_{10} = 5$ нс.
- Функция F_2 : Вычисления производились на 8-м и 9-м наборах. Схемы прохождения сигнала: $x_2 \rightarrow \bar{x}_2 \rightarrow D_6 \rightarrow F_3$, $x_1 \rightarrow \bar{x}_1 \rightarrow D_6 \rightarrow F_3$. Максимальные величины задержек переключения: $t_{01} = 8$ нс, $t_{10} = 7$ нс.



Рис. 4. Временная диаграмма работы комбинационной схемы

2 Описание комбинационной схемы на VHDL