

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Арифметические и логические основы
цифровых устройств

К ЗАЩИТЕ ДОПУСТИТЬ

_____ Е. И. Ковшер

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе
на тему

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СУММАТОРА-
УМНОЖИТЕЛЯ ДВОИЧНО-ЧЕТВЕРИЧНЫХ ЧИСЕЛ

БГУИР КР 6-05-0611-05 616 ПЗ

Студент

Я. К. Морозов

Руководитель

Е. И. Ковшер

МИНСК 2024

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Арифметические и логические основы
цифровых устройств

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ЭВМ
_____ Б. В. Никульшин
«__» _____ 2024г.

ЗАДАНИЕ
по курсовой работе студента
Морозова Ярослава Константиновича

- 1 Тема работы: «Проектирование и логический синтез сумматора- умножителя двоично-четверичных чисел»
- 2 Срок сдачи студентом законченной работы: 10 мая 2024
- 3 Исходные данные к работе:
 - 3.1 Исходные сомножители: $M_n = 52,34$; $M_t = 38,63$;
 - 3.2 Алгоритм умножения: В;
 - 3.3 Метод умножения: умножение закодированного двоично- четверичного множимого на два разряда двоичного множителя одновременно в прямых кодах;
 - 3.4 Коды четверичных цифр множимого для перехода к двоично-четверичной системе кодирования: $0_4 - 11$, $1_4 - 10$, $2_4 - 01$, $3_4 - 00$;
 - 3.5 Тип синтезируемого умножителя – 2;
 - 3.6 Логический базис для реализации ОЧС: ИЛИ-НЕ; Метод минимизации – алгоритм Рота;
 - 3.7 Логический базис для реализации ОЧУС: И, сложение по модулю 2, «константа 1»; Метод минимизации – карты Карно-Вейча.
- 4 Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

Введение. 1. Разработка алгоритма умножения. 2. Разработка структурной схемы сумматора-умножителя. 3. Разработка функциональных схем основных узлов сумматора-умножителя. 4. Синтез комбинационных схем устройств на основе мультиплексоров. 5. Оценка результатов разработки. Заключение. Список литературы.

5 Перечень графического материала:

- 5.1** Сумматор-умножитель второго типа. Схема электрическая структурная.
- 5.2** Одноразрядный четверичный сумматор. Схема электрическая функциональная.
- 5.3** Одноразрядный четверичный умножитель-сумматор. Схема электрическая функциональная.
- 5.4** Регистр-аккумулятор. Схема электрическая функциональная.
- 5.5** Одноразрядный четверичный сумматор. Реализация на мультиплексах. Схема электрическая функциональная.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

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

Дата выдачи задания: 9 февраля 2024

Руководитель

Ковшер Е. И.

ЗАДАНИЕ ПРИНЯЛ К ИСПОЛНЕНИЮ

_____ Морозов Я. К.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УМНОЖЕНИЯ.....	6
2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СУММАТОРА – УМНОЖИТЕЛЯ.....	9
3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ СУММАТОРА-УМНОЖИТЕЛЯ.....	10

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

1 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УМНОЖЕНИЯ

Исходные данные:

- исходные сомножители: $M_n = 52,34$; $M_t = 38,63$;
- алгоритм умножения: В;
- метод умножения: умножение закодированного двоично-четверичного множимого на два разряда двоичного множителя одновременно в прямых кодах;
- кодирование четверичных цифр множимого для перехода к двоично-четверичной системе кодирования: $0_4 - 11$, $1_4 - 10$, $2_4 - 01$, $3_4 - 00$;
- тип синтезируемого умножителя: 2-й;

1. Перевод сомножителей из десятичной системы счисления в четверичную

$$\begin{array}{r|l}
 52 & 4 \\
 \hline
 52 & 13 & 4 \\
 \hline
 0 & 12 & 3 \\
 & \hline
 & 1
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 0,34 \\
 * \quad 4 \\
 \hline
 1,36 \\
 * \quad 4 \\
 \hline
 1,44 \\
 * \quad 4 \\
 \hline
 1,76
 \end{array}$$

$$M_{n4} = 310,111.$$

В соответствии с заданной кодировкой множимого:

$$M_{n2/4} = 001011,101010$$

$$\begin{array}{r|l}
 38 & 4 \\
 \hline
 36 & 9 & 4 \\
 \hline
 2 & 8 & 2 \\
 & \hline
 & 1
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 0,63 \\
 * \quad 4 \\
 \hline
 2,52 \\
 * \quad 4 \\
 \hline
 2,08 \\
 * \quad 4 \\
 \hline
 0,32
 \end{array}$$

$$M_{t4} = 212,220.$$

В соответствие с обычной весомозначной кодировкой M_t :

$$M_{t2/4} = 110111,111100$$

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

$$\begin{aligned} M_H &= 0,001011101010 & P_{M_H} &= 0.1100 + 03_{10} \\ M_T &= 0,110111111100 & P_{M_T} &= 0.0011 + 03_{10} \end{aligned}$$

Порядок произведения будет такой:

$$\begin{aligned} P_{M_H} &= 0.1100 (+03_4) \\ P_{M_T} &= 0.0011 (+03_4) \\ P_{M_H \cdot M_T} &= 0.1001 (+12_4) \end{aligned}$$

Результат соответствует кодировке множимого по заданию. Знак определяется суммой по модулю 2 знаков сомножителей:

$$\text{зн}M_H \oplus \text{зн}M_T = 0 \oplus 0 = 0.$$

При умножении в прямом коде диада $11(3_4)$ заменяется $1\overline{0}\overline{1}$, а $10(2_4)$ заменяется в $10\overline{2}$. После преобразования для умножения в прямом коде $M_T^H = 1\overline{2}\overline{2}\overline{1}\overline{1}\overline{2}0$, а $M_T^H = 1001011000$. Умножение по алгоритму «В» представлено в таблице 1.1. Так как $2M_H$ выходит за знаковый разряд нужно увеличить $P_{M_H \cdot M_T}$ увеличить на один. И будет $P_{M_H \cdot M_T} = 0.1000(+13_4)$.

Таблица 1.1 – Умножение мантисс

Четверичная с/с			Двоично-четверичная с/с			Комментарии
0.	0000000	000000	11.	111111111111	11111111111	$\Sigma_0^q = 0$
0.	0000000	310111	11.	111111111111	001011101010	$\Pi_1^q = [M_H]_d$
0.	0000000	310111	11.	111111111111	001011101010	Σ_1^q
0.	0000003	101110	11.	1111111111100	101110101011	$\Sigma_1^q \cdot 4$
3.	3333332	113112	00.	00000000000001	101000101001	$\Pi_2^q = [M_H \cdot -2]_d$
0.	0000001	220222	11.	1111111111110	010111010101	Σ_2^q
0.	0000012	202220	11.	11111111111001	011101010111	$\Sigma_2^q \cdot 4$
0.	0000001	220222	11.	1111111111110	010111010101	$\Pi_3^q = [M_H \cdot 2]_d$
0.	0000020	023102	11.	11111111110111	110100101101	Σ_3^q
0.	0000200	231020	11.	11111111011111	010010110111	$\Sigma_3^q \cdot 4$
3.	3333333	023223	00.	00000000000000	110100010100	$\Pi_4^q = [M_H \cdot -1]_d$
0.	0000133	320303	11.	11111111100000	000111001100	Σ_4^q
0.	0001333	203030	11.	11111110000000	011100110011	$\Sigma_4^q \cdot 4$
3.	3333333	023223	00.	00000000000000	110100010100	$\Pi_5^q = [M_H \cdot -1]_d$
0.	0001332	232313	11.	11111110000001	010001001000	Σ_5^q
0.	0013322	323130	11.	11111000000101	000100100011	$\Sigma_5^q \cdot 4$
3.	3333332	113112	00.	00000000000001	101000101001	$\Pi_6^q = [M_H \cdot -2]$
0.	0013321	102302	11.	11111000000110	101101001101	Σ_6^q
0.	0133211	023020	11.	11100000011010	110100110111	$\Sigma_6^q \cdot 4 (\Sigma_7^q)$

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

$$M_{H4} \cdot M_{T4} = 133211,023020$$

$$(M_H \cdot M_T)_{10} = 2021,1738$$

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

$$M_{H10} \cdot M_{T10} = 52,34 \cdot 38,63 = 2\,021,8942$$

Абсолютная погрешность при этом:

$$\Delta = 2\,021,8942 - 2021,1738 = 0,7204$$

Относительная погрешность:

$$\delta = \frac{\Delta}{M_H \cdot M_T} = \frac{0,7204}{2\,021,8942} = 0,00035629 (\delta = 0.035629\%)$$

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

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СУММАТОРА – УМНОЖИТЕЛЯ

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

Структурная схема второго типа строится на базе узлов ОЧУС и ОЧС, формирования дополнительного кода и результата регистра. Режим работы определяется сигналом *Mul/Sum*, определяющую текущую операцию суммы или умножения.

Если устройство работает как сумматор, то оба слагаемых последовательно (за два такта) заносятся в регистр множимого. На управляющий вход формирователя дополнительного кода F_2 поступает 1.

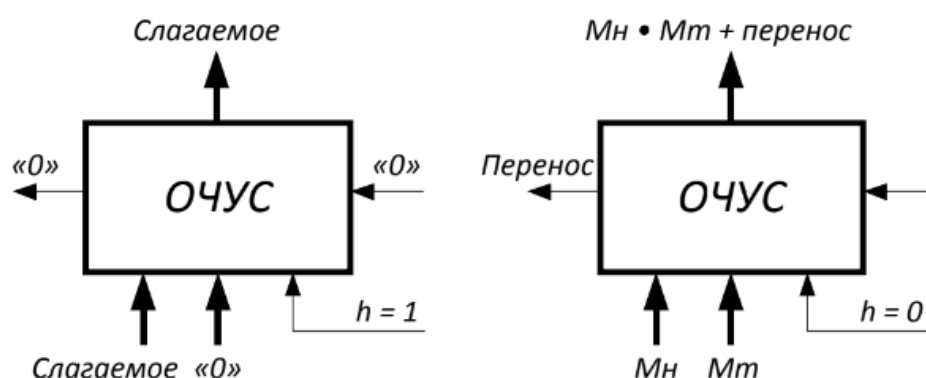


Рисунок 2.1 – Схема работы ОЧУС

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

Таблица 2.2 - Режимы работы ФДК

Сигналы на входах ФДК		Результат на выходах ФДК
F_1	F_2	
0	0	Дополнительный код Мн
0	1	Дополнительный код слагаемого
1	0	Меняется знак Мн
1	1	Меняется знак слагаемого

3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ОСНОВНЫХ УЗ- ЛОВ СУММАТОРА-УМНОЖИТЕЛЯ

3.1 Логический синтез одноразрядного четверичного сумматора

Принцип работы ОЧС представлен с помощью таблицы истинности (таблица 3.1.1).

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

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

Таблица 3.1.1 – Таблица истинности ОЧС

a ₁	a ₂	b ₁	b ₂	p	П	S ₁	S ₂	Пример операции в четверичной с/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	1	0	1	3+3+0=12
0	0	0	0	1	1	0	0	3+3+1=13
0	0	0	1	0	1	1	0	3+2+0=11
0	0	0	1	1	1	0	1	3+2+1=12
0	0	1	0	0	1	1	1	3+1+0=10
0	0	1	0	1	1	1	0	3+1+1=11
0	0	1	1	0	0	0	0	3+0+0=03
0	0	1	1	1	1	1	1	3+0+1=10
0	1	0	0	0	1	1	0	2+3+0=11
0	1	0	0	1	1	0	1	2+3+1=12
0	1	0	1	0	1	1	1	2+2+0=10
0	1	0	1	1	1	1	0	2+2+1=11
0	1	1	0	0	0	0	0	2+1+0=03
0	1	1	0	1	1	1	1	2+1+1=10
0	1	1	1	0	0	0	1	2+0+0=02
0	1	1	1	1	0	0	0	2+0+1=03
1	0	0	0	0	1	1	1	1+3+0=10

Продолжение таблицы 3.1.1

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

Минимизация функции П:

$\begin{matrix} & b_1b_2p \\ a_1a_2 \end{matrix}$		000	001	011	010	110	111	101	100
		00				0			
	01					0	0		0
	11	0		0	0	0	0	0	0
	10				0	0	0	0	0

Рисунок 3.1.2 - Минимизация функции при помощи карты Карно

Следовательно:

$$\Pi = (\bar{b}_1 + \bar{b}_2 + p)(\bar{a}_2 + \bar{b}_1 + p)(\bar{a}_2 + \bar{b}_1 + \bar{b}_2)(\bar{a}_1 + \bar{b}_2 + p)(\bar{a}_1 + \bar{b}_1)(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + p)(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{b}_2)$$

Приведём результат к базису ИЛИ-НЕ:

$$\Pi = \overline{(\bar{b}_1 + \bar{b}_2 + p)} \vee \overline{(\bar{a}_2 + \bar{b}_1 + p)} \vee \overline{(\bar{a}_2 + \bar{b}_1 + \bar{b}_2)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + \bar{b}_2 + p)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + \bar{b}_1)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + p)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{b}_2)}$$

Эффективность минимизации:

$$K = \frac{16 \cdot 5 + 16 + 5}{31} = 3,26$$

Минимизация функции S₁:

		b ₁ b ₂ p							
		a ₁ a ₂	000	001	011	010	110	111	101
00		0	0	0		0			
01			0			0	0		0
11		0		0	0			0	
10					0		0	0	0

Рисунок 3.1.3 - Минимизация функции при помощи карты Карно

Следовательно:

$$S_1 = (a_1 + a_2 + b_1 + b_2)(a_1 + a_2 + b_1 + \bar{p})(a_1 + \bar{b}_1 + \bar{b}_2 + p)(a_1 + b_1 + b_2 + \bar{p})(a_1 + \bar{a}_2 + \bar{b}_1 + p)(a_1 + \bar{a}_2 + \bar{b}_1 + \bar{b}_2)(\bar{a}_1 + b_1 + \bar{b}_2 + p)(\bar{a}_1 + a_2 + \bar{b}_1 + b_2)(\bar{a}_1 + a_2 + \bar{b}_1 + \bar{p})(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + b_1 + p)(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + b_1 + \bar{b}_2)(\bar{a}_1 + \bar{b}_1 + b_2 + \bar{p})$$

Приведём к базису ИЛИ-НЕ:

$$S_1 = \overline{(a_1 + a_2 + b_1 + b_2)} \vee \overline{(a_1 + a_2 + b_1 + \bar{p})} \vee \overline{(a_1 + \bar{b}_1 + \bar{b}_2 + p)} \vee \overline{(a_1 + b_1 + b_2 + \bar{p})} \vee \overline{(a_1 + \bar{a}_2 + \bar{b}_1 + p)} \vee \overline{(a_1 + \bar{a}_2 + \bar{b}_1 + \bar{b}_2)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + b_1 + \bar{b}_2 + p)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + a_2 + \bar{b}_1 + b_2)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + a_2 + \bar{b}_1 + \bar{p})} \vee \overline{(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + b_1 + p)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + b_1 + \bar{b}_2)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + \bar{b}_1 + b_2 + \bar{p})}$$

$$\overline{(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + b_1 + p)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + b_1 + \bar{b}_2)} \vee \overline{(\bar{a}_1 + \bar{b}_1 + b_2 + \bar{p})}$$

Эффективность минимизации:

$$K = \frac{16 \cdot 5 + 16 + 5}{65} = 1,56$$

Минимизация функции S_2 :

		b₁b₂p							
a₁ a₂		000	001	011	010	110	111	101	100
00			0		0	0		0	
01		0		0			0		0
11		0		0			0		0
10			0		0	0		0	

Рисунок 3.1.4 - Минимизация функции при помощи карты Карно

Следовательно:

$$S_2 = (a_2 + b_2 + \bar{p})(a_2 + \bar{b}_2 + p)(\bar{a}_2 + b_2 + p)(\bar{a}_2 + \bar{b}_2 + \bar{p})$$

Приведём результат к базису ИЛИ-НЕ:

$$S_2 = \overline{(a_2 + b_2 + \bar{p})} \vee \overline{(a_2 + \bar{b}_2 + p)} \vee \overline{(\bar{a}_2 + b_2 + p)} \vee \overline{(\bar{a}_2 + \bar{b}_2 + \bar{p})}$$

Эффективность минимизации:

$$K = \frac{16 \cdot 5 + 16 + 5}{19} = 5,36$$

3.2 Логический синтез одноразрядного четверичного сумматора-умножителя

Принцип работы ОЧУС представлен с помощью таблицы истинности (таблица 3.1.1).

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

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

Таблица 3.2.1 – Таблица истинности ОЧУС

Пер.	Мн		Мт		Упр	Перенос	Результат		Результат операции в четверичной с/с
P_1	x_1	x_2	y_1	y_2	h	P	Q_1	Q_2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	1	1	$3 \cdot 0 + 0 = 00$
0	0	0	0	0	1	0	0	0	Выход – код «03»
0	0	0	0	1	0	0	0	0	$3 \cdot 1 + 0 = 03$
0	0	0	0	1	1	0	0	0	Выход – код «03»
0	0	0	1	0	0	1	0	1	$3 \cdot 2 + 0 = 12$
0	0	0	1	0	1	0	0	0	Выход – код «03»
0	0	0	1	1	0	х	х	х	$3 \cdot 3 + 0 = 21$
0	0	0	1	1	1	х	х	х	Выход – код «03»
0	0	1	0	0	0	0	1	1	$2 \cdot 0 + 0 = 00$
0	0	1	0	0	1	0	0	1	Выход – код «02»
0	0	1	0	1	0	0	0	1	$2 \cdot 1 + 0 = 02$
0	0	1	0	1	1	0	0	1	Выход – код «02»
0	0	1	1	0	0	1	1	1	$2 \cdot 2 + 0 = 10$
0	0	1	1	0	1	0	0	1	Выход – код «02»
0	0	1	1	1	0	х	х	х	$2 \cdot 3 + 0 = 12$
0	0	1	1	1	1	х	х	х	Выход – код «02»
0	1	0	0	0	0	0	1	1	$1 \cdot 0 + 0 = 00$
0	1	0	0	0	1	0	1	0	Выход – код «01»
0	1	0	0	1	0	0	1	0	$1 \cdot 1 + 0 = 01$
0	1	0	0	1	1	0	1	0	Выход – код «01»
0	1	0	1	0	0	0	0	1	$1 \cdot 2 + 0 = 02$
0	1	0	1	0	1	0	1	0	Выход – код «01»
0	1	0	1	1	0	х	х	х	$1 \cdot 3 + 0 = 03$
0	1	0	1	1	1	х	х	х	Выход – код «01»
0	1	1	0	0	0	0	1	1	$0 \cdot 0 + 0 = 00$
0	1	1	0	0	1	0	1	1	Выход – код «00»
0	1	1	0	1	0	0	1	1	$0 \cdot 1 + 0 = 00$
0	1	1	0	1	1	0	1	1	Выход – код «00»

Продолжение таблицы 3.2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	1	1	0	0	0	1	1	$0 \cdot 2 + 0 = 00$
0	1	1	1	0	1	0	1	1	Выход – код «00»
0	1	1	1	1	0	x	x	x	$0 \cdot 3 + 0 = 00$
0	1	1	1	1	1	x	x	x	Выход – код «00»
1	0	0	0	0	0	x	x	x	$3 \cdot 0 + 1 = 01$
1	0	0	0	0	1	x	x	x	Выход – код «03»
1	0	0	0	1	0	x	x	x	$3 \cdot 1 + 1 = 10$
1	0	0	0	1	1	x	x	x	Выход – код «03»
1	0	0	1	0	0	1	0	0	$3 \cdot 2 + 1 = 13$
1	0	0	1	0	1	x	x	x	Выход – код «03»
1	0	0	1	1	0	x	x	x	$3 \cdot 3 + 1 = 22$
1	0	0	1	1	1	x	x	x	Выход – код «03»
1	0	1	0	0	0	x	x	x	$2 \cdot 0 + 1 = 01$
1	0	1	0	0	1	x	x	x	Выход – код «02»
1	0	1	0	1	0	x	x	x	$2 \cdot 1 + 1 = 03$
1	0	1	0	1	1	x	x	x	Выход – код «02»
1	0	1	1	0	0	1	1	0	$2 \cdot 2 + 1 = 11$
1	0	1	1	0	1	x	x	x	Выход – код «02»
1	0	1	1	1	0	x	x	x	$2 \cdot 3 + 1 = 13$
1	0	1	1	1	1	x	x	x	Выход – код «02»
1	1	0	0	0	0	x	x	x	$1 \cdot 0 + 1 = 01$
1	1	0	0	0	1	x	x	x	Выход – код «01»
1	1	0	0	1	0	x	x	x	$1 \cdot 1 + 1 = 02$
1	1	0	0	1	1	x	x	x	Выход – код «01»
1	1	0	1	0	0	0	0	0	$1 \cdot 2 + 1 = 03$
1	1	0	1	0	1	x	x	x	Выход – код «01»
1	1	0	1	1	0	x	x	x	$1 \cdot 3 + 1 = 10$
1	1	0	1	1	1	x	x	x	Выход – код «01»
1	1	1	0	0	0	x	x	x	$0 \cdot 0 + 1 = 01$
1	1	1	0	0	1	x	x	x	Выход – код «00»
1	1	1	0	1	0	x	x	x	$0 \cdot 1 + 1 = 01$
1	1	1	0	1	1	x	x	x	Выход – код «00»
1	1	1	1	0	0	0	1	0	$0 \cdot 2 + 1 = 01$
1	1	1	1	0	1	x	x	x	Выход – код «00»
1	1	1	1	1	0	x	x	x	$0 \cdot 3 + 1 = 01$
1	1	1	1	1	1	x	x	x	Выход – код «00»

Минимизация функции Р:

								y_2	
P_1					<div>x</div>	x		<div>1</div>	x_2
					<div>x</div>	x		<div>1</div>	
					x	x			x_1
					x	x			
	x	x	x	x	x	x	x		x_2
	x	x	x	x	x	x	x		
	x	x	x	x	<div>x</div>	x	x	<div>1</div>	x_2
	x	x	x	x	<div>x</div>	x	x	<div>1</div>	
				y_1					
h				h					

Рисунок 3.2.2 - Минимизация функции при помощи карты Вейча

Следовательно:

$$P = \bar{x}_1 y_1 \bar{h}$$

Приведём функцию к базису И, сумма по модулю два, константная единица:

$$P = (x_1 \oplus 1)y(h \oplus 1)$$

Эффективность минимизации:

$$K = \frac{4*6+6+4}{8} = 4,25$$

Минимизация функции Q_1 :

				y_2						
	0	0	0	x	x	0	0	x_2		
	0	0	0	x	x	0				
				x	x			x_1		
				x	x		0			
x	x	x	x	x	x	x	0	x_2		
x	x	x	x	x	x	x				
x	x	x	x	x	x	x				
x	x	x	x	x	x	x	0			
		h			y_1					
		h			h					

Рисунок 3.2.3 - Минимизация функции при помощи карты Вейча

Следовательно:

$$Q_1 = (x_1 + \bar{h})(x_1 + \bar{y}_2)(x_2 + \bar{y}_1 + h)$$

Приведём результат к базису И, сумма по модулю два, константная единица:

$$Q_1 = ((x_1 \oplus \bar{h})x_1\bar{h})((x_1 \oplus \bar{y}_2)x_1\bar{y}_2)((x_2 \oplus \bar{y}_1h)x_2\bar{y}_1h)$$

Эффективность минимизации:

$$K = \frac{12*6+6+12}{13} = 6,92$$

Минимизация функции Q_2 :

								y_2	
P_1	1				x	x		1	x_2
	1	1	1	1	x	x	1	1	
	1	1	1	1	x	x	1	1	
	1				x	x		1	
	x	x	x	x	x	x	x		x_1
	x	x	x	x	x	x	x		
	x	x	x	x	x	x	x		x_2
	x	x	x	x	x	x	x		
h				y_1					
				h					

Рисунок 3.2.4 - Минимизация функции при помощи карты Вейча

Следовательно:

$$Q_2 = \bar{P}_1 \bar{y}_2 \bar{h} + \bar{P}_1 x_2$$

Приведём к базису И, сумма по модулю два, константная единица:

$$Q_2 = ((p_1 \oplus 1)(y_2 \oplus 1)(h \oplus 1) \oplus (p_1 \oplus 1)x_2)((p_1 \oplus 1)x_2(y_2 \oplus 1)(h \oplus 1))$$

Эффективность минимизации:

$$K = \frac{16*6+16+6}{10} = 11,8$$