Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

**Курсовая работа по дискретной математике «Синтез комбинационных схем»**

Вариант 114, 123

**Кожемяко А. К., группа Р3111**

Санкт-Петербург, 2018г.

|  |  |
| --- | --- |
| **F = 1** | **F = d** |
| 3<|x21x3- x4x1x3|<6 | |x21x3- x4x1x3|=0 |

1. **Составление таблицы истинности**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **x1x2x3x4x5** | **x21x3** | **(x21x3)10** | **x4x1x3** | **(x4x1x3)10** | **|x21x3- x4x1x3|** | **|x21x3- x4x1x3|10** | **F** |
| 0 | 00000 | 010 | 2 | 000 | 0 | 10 | 2 | 0 |
| 1 | 00001 | 010 | 2 | 000 | 0 | 10 | 2 | 0 |
| 2 | 00010 | 010 | 2 | 100 | 4 | 10 | 2 | 0 |
| 3 | 00011 | 010 | 2 | 100 | 4 | 10 | 2 | 0 |
| 4 | 00100 | 011 | 3 | 001 | 1 | 10 | 2 | 0 |
| 5 | 00101 | 011 | 3 | 001 | 1 | 10 | 2 | 0 |
| 6 | 00110 | 011 | 3 | 101 | 5 | 10 | 2 | 0 |
| 7 | 00111 | 011 | 3 | 101 | 5 | 10 | 2 | 0 |
| 8 | 01000 | 110 | 6 | 000 | 0 | 110 | 6 | 0 |
| 9 | 01001 | 110 | 6 | 000 | 0 | 110 | 6 | 0 |
| 10 | 01010 | 110 | 6 | 100 | 4 | 10 | 2 | 0 |
| 11 | 01011 | 110 | 6 | 100 | 4 | 10 | 2 | 0 |
| 12 | 01100 | 111 | 7 | 001 | 1 | 110 | 6 | 0 |
| 13 | 01101 | 111 | 7 | 001 | 1 | 110 | 6 | 0 |
| 14 | 01110 | 111 | 7 | 101 | 5 | 10 | 2 | 0 |
| 15 | 01111 | 111 | 7 | 101 | 5 | 10 | 2 | 0 |
| 16 | 10000 | 010 | 2 | 010 | 2 | 0 | 0 | D |
| 17 | 10001 | 010 | 2 | 010 | 2 | 0 | 0 | D |
| 18 | 10010 | 010 | 2 | 110 | 6 | 100 | 4 | 1 |
| 19 | 10011 | 010 | 2 | 110 | 6 | 100 | 4 | 1 |
| 20 | 10100 | 011 | 3 | 011 | 3 | 0 | 0 | D |
| 21 | 10101 | 011 | 3 | 011 | 3 | 0 | 0 | D |
| 22 | 10110 | 011 | 3 | 111 | 7 | 100 | 4 | 1 |
| 23 | 10111 | 011 | 3 | 111 | 7 | 100 | 4 | 1 |
| 24 | 11000 | 110 | 6 | 010 | 2 | 100 | 4 | 1 |
| 25 | 11000 | 110 | 6 | 010 | 2 | 100 | 4 | 1 |
| 26 | 11010 | 110 | 6 | 110 | 6 | 0 | 0 | D |
| 27 | 11011 | 110 | 6 | 110 | 6 | 0 | 0 | D |
| 28 | 11100 | 111 | 7 | 011 | 3 | 100 | 4 | 1 |
| 29 | 11101 | 111 | 7 | 011 | 3 | 100 | 4 | 1 |
| 30 | 11110 | 111 | 7 | 111 | 7 | 0 | 0 | D |
| 31 | 11111 | 111 | 7 | 111 | 7 | 0 | 0 | D |

1. **Представление булевой функции в аналитическом виде**

**КДНФ:**

**ККНФ:**

1. **Минимизация булевой функции методом Квайна-Мак-Класки**

Нахождение простых импликант (максимальных кубов). Получение кубов различной размерности кубического комплекса K(f) и выделение из них простых импликант:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **K0(f)N(f)** | **K1(ƒ)** | **K2(ƒ)** | **K3(ƒ)** | **Z(f)** |
| 1. 10000 | 1. 1000- *1-2* 2. 100-0 *1-3* 3. 1-000 *1-4* 4. 10-00 *1-5* | 1. 100-- *1-8 2-5* 2. 1-00- *1-11 3-7* 3. 10-0- *1-14 4-6* 4. 1-0-0 *2-13 3-10* 5. 10--0 *2-15 4-9* 6. 1--00 *3-16 4-12* | 1. 1-0-- *1-14 2-11 4-8* 2. 10--- *1-16 3-10 5-7* 3. 1--0- *2-17 3-13 6-9* 4. 1---0 *4-18 5-15 6-12* 5. 1---1 *7-22 8-20 9-19* 6. 1--1- *10-24 11-21 12-19* 7. 11--- *13-24 14-23 15-22* 8. 1-1-- *16-23 17-21 18-20* | 1. **1----**   *1-8 4-5 2-7 3-6* |
| 1. 10001 2. 10010 3. 11000 4. 10100 |
| 1. 100-1 *2-6* 2. 10-01 *2-7* 3. 1-001 *2-9* 4. 1001- *3-6* 5. 10-10 *3-8* 6. 1-010 *3-11* 7. 1100- *4-9* 8. 11-00 *4-10* 9. 110-0 *4-11* 10. 1010- *5-7* 11. 101-0 *5-8* 12. 1-100 *5-10* |
| 1. 10011 2. 10101 3. 10110 4. 11001 5. 11100 6. 11010 |
| 1. 10--1 *5-20 6-18* 2. 1-0-1 *5-23 7-17* 3. 1--01 *6-22 7-19* 4. 10-1- *8-21 9-18* 5. 1-01- *8-26 10-17* 6. 1--10 *9-27 10-27* 7. 11-0- *11-24 12-22* 8. 110-- *11-26 13-23* 9. 11--0 *12-27 13-25* 10. 101-- *14-21 15-20* 11. 1-10- *14-24 16-19* 12. 1-1-0 *15-25 16-21* |
| 1. 11101 2. 11011 3. 10111 4. 11110 |
| 1. 11111 |
| 1. 1-011 *6-13* 2. 10-11 *6-14* 3. 1-101 *7-12* 4. 101-1 *7-14* 5. 1011- *8-14* 6. 11-01 *9-12* 7. 110-1 *9-13* 8. 1110- *10-12* 9. 111-0 *10-15* 10. 1101- *11-13* 11. 11-10 *11-15* |
| 1. 1--11 *17-30 18-29* 2. 1-1-1 *19-30 20-28* 3. 1-11- *21-31 25-30* 4. 11--1 *22-29 23-28* 5. 111-- *24-31 25-28* 6. 11-1- *26-31 27-29* |
| 1. 111-1 *12-16* 2. 11-11 *13-16* 3. 1-111 *14-16* 4. 1111- *15-16* |

Составление импликантной таблицы:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Простые импликанты (максимальные кубы) | 0-кубы | | | | | | | |
| **10010** | **10011** | **10110** | **10111** | **11000** | **11000** | **11100** | **11101** |
| **1----** | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* | \* |

Существенная импликанта всего одна, она покрывает все существенные вершины, поэтому таблица простых импликант уже является упрощенной.

Существенная импликанта образует ядро покрытия:

В определении минимального покрытия методом Петрика нет необходимости. Минимальный вариант покрытия:

Этому покрытию соответствует МДНФ следующего вида:

F =

Число букв в МДНФ совпадает с ценой покрытия Sa, а суммарное число букв и число термов совпадает с ценой покрытия Sb.

1. **Минимизация булевой функции на картах Карно**
   1. **Определение МДНФ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X4X5 | | | | |
| X2X3 |  | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **00** |  |  |  |  |
| **01** |  |  |  |  |
| **11** |  |  |  |  |
| **10** |  |  |  |  |
| X1 = 0 | | | | |

Для минимизации булевой функции от пяти переменных используем две четырехмерные карты Карно, различающиеся по переменной X1 (единичные покрытия):

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X4X5 | | | | |
| X2X3 |  | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **00** | d | d | 1 | 1 |
| **01** | d | d | 1 | 1 |
| **11** | 1 | 1 | d | d |
| **10** | 1 | 1 | d | d |
| X1 = 1 | | | | |

Цены минимальных покрытий, полученных методом Квайна Мак-Класски и с помощью карт Карно, совпадают, так как цена минимального покрытия булевой функции не зависит от метода ее нахождения.

МДНФ имеет следующий вид:

F =

* 1. **Определение МКНФ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | X4X5 | | | | | | X2X3 |  | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** | 0 | 0 | 0 | 0 | | **01** | 0 | 0 | 0 | 0 | | **11** | 0 | 0 | 0 | 0 | | **10** | 0 | 0 | 0 | 0 | | X1 = 0 | | | | | | |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | X4X5 | | | | | | X2X3 |  | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** |  |  |  |  | | **01** |  |  |  |  | | **11** |  |  |  |  | | **10** |  |  |  |  | | X1 = 1 | | | | | |

Получение МКНФ производится по нулевому покрытию булевой функции. Минимальное нулевое покрытие определяется по тем же принципам, что и единичное, но обозначается *.*

МКНФ имеет следующий вид:

F =

В дальнейшей минимизации нет необходимости.

**Синтез многовыходных комбинационных схем**

**Составление таблицы истинности**

С = А+3(+В), 6 входных переменных, 6 выходных переменных; х0 - признак действия

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **х0** | **х1** | **х2** | **х3** | **х4** | **х5** | **с1** | **с2** | **с3** | **с4** | **с5** | **с6** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **х0** | **х1** | **х2** | **х3** | **х4** | **х5** | **с1** | **с2** | **с3** | **с4** | **с5** | **с6** |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

**Минимизация булевых функций системы**

Для минимизации булевых функций воспользуемся картами Карно.













При реализации схемы в виде шести независимых подсхем ее цена SQ = 176

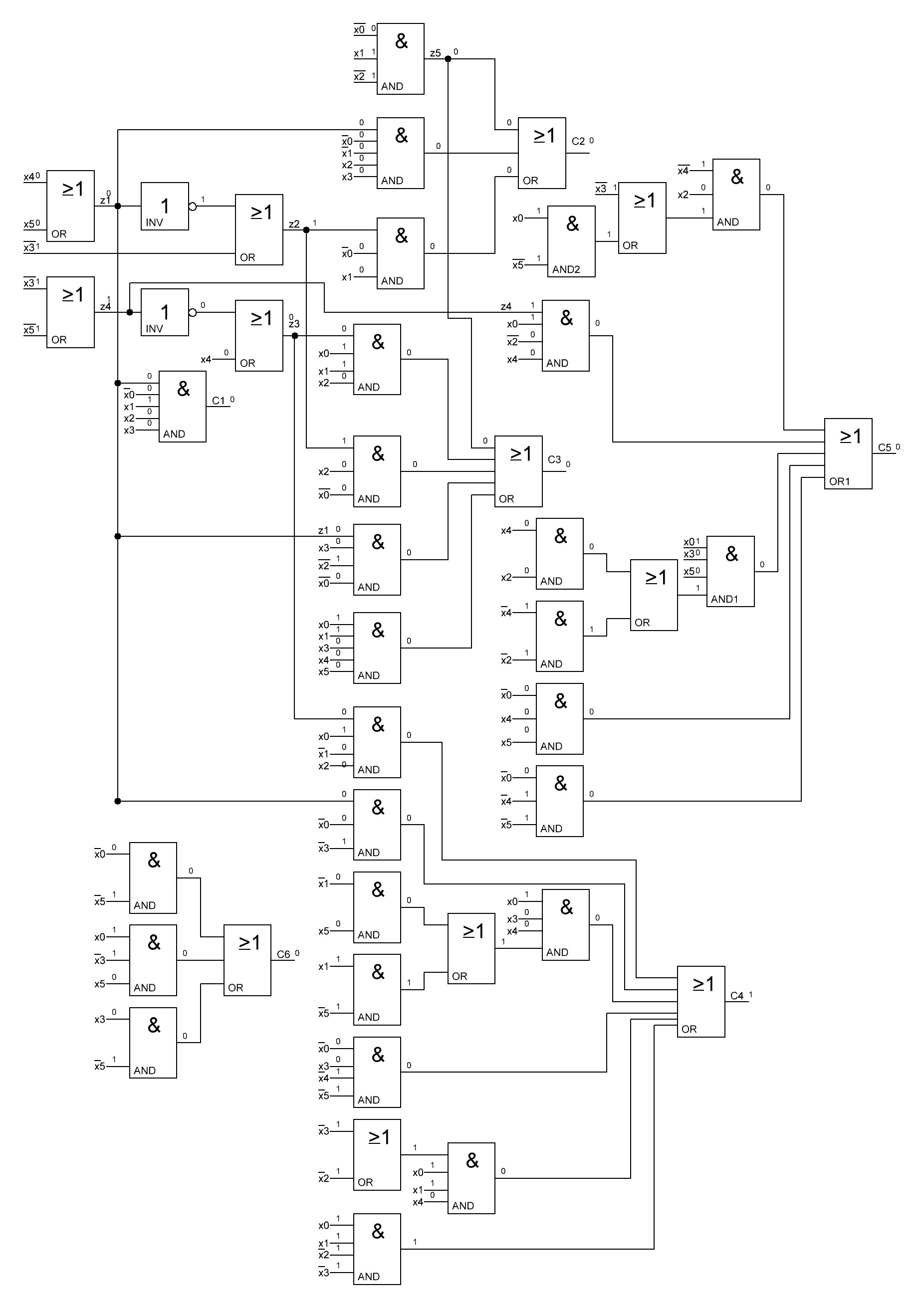
**Преобразование минимальных форм булевых функций системы**

За счет раздельной факторизации цена схемы уменьшилась: SQ = 150

После совместной факторизации цена схемы SQ = 121

**Синтез многовыходной комбинационной схемы в булевом базисе**

Для анализа выбран набор значений 110000 -> 000100



**TC1=2t, TC2=5t, TC3=5t, TC4=5t, TC5=4t, TC6=2t, Tmax=5t**