

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Все нижеприведенные задания разбиты на группы по 20 дидактически одинаковых задач в каждой группе. Задачи имеют сквозную нумерацию. Это обеспечивает простоту формирования контрольных заданий любого объема: следует лишь указать соответствующие номера задач.

Большинство контрольных работ просты. На их выполнение при хорошо усвоенной теории вполне достаточно 10–15 минут, а некоторые работы могут быть выполнены за 6–8 минут.

Все задачи закодированы. Следовательно, их можно использовать не только для внешнего контроля, но и для самоподготовки. При этом во время самоконтроля необходимо придерживаться правил ввода ответов в устройство «Символ» (и его компьютерный аналог): числа перед вводом упорядочить по возрастанию, буквы – по алфавиту; не использовать запятые, знаки пробела. Основные правила ввода ответов изложены во введении к теме «Теория множеств» первой части пособия.

Контрольные работы охватывают около 70 % материала обеих частей пособия. Это число обеспечивает минимальный уровень внешнего контроля. Количество контрольных работ можно увеличить за счет упражнений, приведенных в конце соответствующих подразделов. При необходимости каждый преподаватель может подготовить свои дидактические материалы – контрольные задачи, вопросы и упражнения. Закодировать разработанные задания можно с применением устройства «Символ» либо при помощи IBM-совместимого компьютера, для которого имеются программы, обеспечивающие автоматическую выдачу кодов на любой введенный ответ.

1. ТЕОРИЯ МНОЖЕСТВ

1.1. Операции над множествами

Найдите элементы множества P , если $A = \{0, 2, 3, 7, 8\}$; $B = \{1, 3, 6, 7, 9\}$; $C = \{0, 1, 4, 7, 8, 9\}$; $I = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$.

1. (ЗЕР). $P = A \cap \bar{C} \cup A \cap \bar{B} \cup B \cap C$.
2. (ЗАГ). $P = \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap C \cup \bar{A} \cap B$.
3. (830). $P = B \cap \bar{C} \cup A \cap \bar{C} \cup A \cap \bar{B}$.
4. (977). $P = \bar{B} \cap \bar{C} \cup A \cap C \cup A \cap B$.
5. (039). $P = B \cap C \cup \bar{A} \cap C \cup \bar{A} \cap B$.
6. (ЕЛО). $P = \bar{B} \cap C \cup A \cap \bar{C} \cup A \cap B$.
7. (332). $P = B \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap \bar{C} \cup A \cap \bar{B}$.
8. (ВОВ). $P = \bar{B} \cap \bar{C} \cup A \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{B}$.
9. (ЭГО). $P = B \cap C \cup \bar{A} \cap C \cup A \cap B$.
10. (ТОЧ). $P = \bar{B} \cap C \cup A \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap B$.
11. (256). $P = B \cap \bar{C} \cup A \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap B$.
12. (154). $P = \bar{B} \cap \bar{C} \cup A \cap C \cup A \cap B$.
13. (537). $P = B \cap C \cup \bar{A} \cap C \cup A \cap B$.
14. (296). $P = \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap B \cup A \cap \bar{B}$.
15. (РИФ). $P = B \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap \bar{B} \cup A \cap \bar{C}$.
16. (ВАН). $P = \bar{B} \cap \bar{C} \cup A \cap C \cup A \cap \bar{B}$.
17. (372). $P = A \cap B \cup \bar{B} \cap C \cup A \cap \bar{B}$.

$$18. (Д87). P = B \cap \bar{C} \cup \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap C.$$

$$19. (ЛУР). P = A \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{C} \cup B \cap \bar{C}.$$

$$20. (ЗАЙ). P = B \cap C \cup \bar{B} \cap \bar{C} \cup A \cap \bar{B}.$$

1.2. Теоретико-множественные преобразования

Упражнения 21–40 (в отличие от предыдущих) необходимо выполнять в два этапа. Сначала заданное выражение следует упростить и проинвертировать, а затем найти элементы множества P , выраженного через множества:

$$A = \{0, 3, 4, 9\};$$

$$C = \{0, 1, 2, 4, 7, 8, 9\};$$

$$B = \{1, 3, 4, 7\};$$

$$I = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}.$$

$$21. (280). \bar{P} = A \cap B \cup \bar{A} \cap \bar{B} \cup A \cap C \cup \bar{B} \cap C.$$

$$22. (Я81). \bar{P} = \bar{A} \cap B \cup \bar{A} \cap C \cup A \cap \bar{B} \cup \bar{B} \cap C.$$

$$23. (РЗХ). \bar{P} = A \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{C} \cup \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{B}.$$

$$24. (ФОЗ). \bar{P} = B \cap \bar{C} \cup A \cap B \cup \bar{A} \cap C \cup \bar{A} \cap B.$$

$$25. (ЭХИ). \bar{P} = A \cap \bar{B} \cup \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{B} \cup \bar{A} \cap C.$$

$$26. (ТБ5). \bar{P} = A \cap \bar{B} \cup A \cap C \cup B \cap C \cup \bar{A} \cap C.$$

$$27. (236). \bar{P} = A \cap \bar{C} \cup A \cap \bar{B} \cup B \cap \bar{C} \cup A \cap C.$$

$$28. (ТЯЛ). \bar{P} = A \cap C \cup B \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{B} \cup \bar{B} \cap C.$$

$$29. (8Р8). \bar{P} = A \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap C \cup \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{B}.$$

$$30. (А39). \bar{P} = A \cap B \cup A \cap C \cup B \cap C \cup \bar{A} \cap C.$$

$$31. (БББ). \bar{P} = B \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap B \cup \bar{A} \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap \bar{B}.$$

$$32. (7СС). \bar{P} = \bar{A} \cap \bar{C} \cup A \cap \bar{B} \cup \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{B}.$$

$$33. (АУТ). \bar{P} = \bar{B} \cap \bar{C} \cup B \cap C \cup \bar{A} \cap B \cup \bar{A} \cap C.$$

$$34. (ТУФ). \bar{P} = A \cap \bar{B} \cup \bar{A} \cap B \cup B \cap C \cup \bar{A} \cap C.$$

$$35. (ЗУХ). \bar{P} = \bar{A} \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{B} \cup \bar{B} \cap C \cup A \cap \bar{B}.$$

$$36. (БВК). \bar{P} = A \cap C \cup A \cap \bar{B} \cup \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{B}.$$

$$37. (ЭЛЛ). \bar{P} = B \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap B \cup \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap C.$$

$$38. (569). \bar{P} = A \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap C \cup A \cap \bar{B} \cup \bar{B} \cap C.$$

$$39. (ЕТМ). \bar{P} = A \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{C} \cup \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap \bar{B}.$$

$$40. (ХВП). \bar{P} = B \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap B \cup \bar{A} \cap C \cup A \cap \bar{C}.$$

1.3. Упрощение формул с учетом отношения включения

Упростите следующие выражения с учетом того, что $A \subset B \subset C \subset D \subset I$; $A \neq \emptyset$. При самоконтроле буквы в формулах располагать в алфавитном порядке.

$$41. (561). \bar{A} \cap \bar{C} \cap D \cup \bar{B} \cap \bar{C} \cap D \cup A \cap B.$$

$$42. (ОЗФ). \bar{B} \cap \bar{C} \cap D \cup \bar{A} \cap \bar{C} \cap D \cup \bar{A} \cap B.$$

$$43. (ОИХ). A \cap B \cup \bar{A} \cap \bar{C} \cup A \cap C \cup \bar{B} \cap \bar{C}.$$

$$44. (ПВХ). A \cap \bar{C} \cup B \cap \bar{D} \cup \bar{A} \cap C \cap \bar{D}.$$

$$45. (773). A \cap B \cap \bar{C} \cup \bar{C} \cap D \cup B \cap C \cap D.$$

$$46. (УВЗ). A \cap C \cap D \cup B \cap \bar{C} \cap D \cup B \cap C \cap D.$$

$$47. (ДАЧ). \bar{A} \cap \bar{B} \cup B \cap \bar{C} \cup \bar{C} \cap D.$$

$$48. (ЗАИ). B \cap D \cup A \cap \bar{C} \cup \bar{C} \cap \bar{D}.$$

$$49. (685). A \cap B \cap \bar{C} \cup \bar{B} \cap C \cap D \cup \bar{C} \cap \bar{D}.$$

$$50. (ЕМК). \bar{A} \cap B \cap C \cup B \cap \bar{C} \cup \bar{A} \cap \bar{C}.$$

$$51. (557). A \cap C \cap D \cup \bar{B} \cap C \cap D \cup B \cap \bar{C}.$$

$$52. (ЭММ). A \cap D \cup B \cap \bar{C} \cap \bar{D} \cup \bar{B} \cap C \cap D.$$

$$53. (МАЛ). A \cap C \cup \bar{C} \cap \bar{D} \cup B \cap \bar{C} \cap D.$$

54. (268). $A \cap B \cap \bar{C} \cup A \cap D \cup \bar{A} \cap \bar{B}$.
 55. (МПО). $\bar{A} \cap B \cup \bar{B} \cap C \cap D \cup \bar{C} \cap D$.
 56. (599). $B \cap \bar{C} \cap \bar{D} \cup \bar{B} \cap C \cup \bar{A} \cap B$.
 57. (120). $B \cap \bar{D} \cup \bar{A} \cap B \cap D \cup \bar{B} \cap \bar{D}$.
 58. (ОПК). $B \cap C \cup B \cap \bar{D} \cup \bar{C} \cap D$.
 59. (ПИХ). $A \cap B \cup B \cap C \cup \bar{B} \cap \bar{C}$.
 60. (ААЙ). $\bar{B} \cap \bar{D} \cup B \cap C \cup C \cap D$.

2. БУЛЕВА АЛГЕБРА

2.1. Теорема поглощения

Используя теорему поглощения, упростите следующие булевы выражения.

61. (АСС). $A \bar{B} + A \bar{B} C + A \bar{B} C D$.
 62. (АНО). $A \bar{C} + A B \bar{C} + A \bar{C} D$.
 63. (591). $A \bar{B} C + \bar{B} C + A \bar{B} C D$.
 64. (В92). $A B + C D + A B \bar{C}$.
 65. (ЛА3). $\bar{A} B + B C + \bar{A} B \bar{D}$.
 66. (КИЧ). $P \bar{Q} + R + P \bar{Q} R S$.
 67. (А45). $\bar{P} Q R S + Q R + P Q R$.
 68. (НТ6). $\bar{X} Y Z + Z + \bar{X} Y$.
 69. (ШГ7). $\bar{X} Y + \bar{X} Y Z + Z$.
 70. (ТЫМ). $A B \bar{C} + B \bar{C} + D E$.
 71. (119). $B \bar{C} + B \bar{C} D + A B \bar{C} D$.
 72. (БСБ). $A C D + C D + A B C D = \dots$
 73. (ВШВ). $\bar{P} Q R + Q R + S T$.
 74. (ЛОГ). $P \bar{Q} R + P \bar{Q} T + P$.
 75. (ШВД). $P \bar{Q} R + P R + R T$.
 76. (ХВЕ). $\bar{P} + \bar{P} Q + \bar{P} Q \bar{R} + \bar{P} T$.
 77. (ЕЕЖ). $S T U + Q S T U + S T U V$.
 78. (ЯУЗ). $\bar{A} E + \bar{A} B E + \bar{A} C E F + F$.
 79. (ЛУЧ). $\bar{C} D E + \bar{C} D \bar{F} + \bar{C} D + E F$.
 80. (АУК). $\bar{A} C \bar{E} + B C \bar{E} + C \bar{E} F + C \bar{E}$.

2.2. Инвертирование дизъюнктивных нормальных форм

Не меняя последовательности вхождений аргументов, найдите инверсные выражения с использованием теоремы де Моргана.

81. (ЯЙН). $A \bar{B} + B \bar{C} + A C$.
 82. (ЛОС). $A B C + \bar{A} \bar{B} \bar{C}$.
 83. (ЛЁН). $A C + B \bar{C} + \bar{D}$.
 84. (35Т). $A B C + A \bar{B} \bar{D}$.
 85. (ТЛЕ). $\bar{A} \bar{B} \bar{C} + A B \bar{D} + \bar{A} D$.
 86. (662). $A \bar{C} \bar{D} + B \bar{C} + \bar{B} D$.
 87. (513). $B C + \bar{A} \bar{C} D + \bar{E}$.
 88. (904). $B \bar{C} \bar{D} + \bar{B} C D + \bar{A} \bar{E}$.
 89. (Б35). $A \bar{C} \bar{E} + \bar{A} \bar{D} \bar{E} + B$.
 90. (А26). $B C + \bar{B} \bar{D} + \bar{A} \bar{D}$.
 91. (457). $\bar{A} \bar{B} \bar{C} + \bar{B} \bar{C} \bar{D}$.
 92. (ЯИМ). $A \bar{C} \bar{E} + \bar{A} C D + \bar{B} \bar{C} \bar{D}$.
 93. (589). $B D + \bar{B} \bar{C} E + \bar{A}$.

94. (ОЗО). $A D + B \bar{D} + \bar{A} \bar{C} \bar{E}$.
 95. (961). $\bar{B} \bar{C} \bar{E} + \bar{B} \bar{C} D + C \bar{D}$.
 96. (562). $A B E + \bar{A} \bar{B} \bar{E} + B \bar{C} \bar{E}$.
 97. (ВИЗ). $B C D + B \bar{C} \bar{D} + \bar{A} E$.
 98. (ЕВИ). $A D + \bar{B} \bar{C} + \bar{A} \bar{E}$.
 99. (ОИЙ). $B C + \bar{B} E + \bar{E} F$.
 100. (ЯМК). $P Q + R S + \bar{P} \bar{Q} \bar{S}$.

2.3. Инвертирование конъюнктивных нормальных форм

Не меняя последовательности вхождений аргументов, найдите инверсные выражения с использованием теоремы де Моргана.

101. (ДД1). $(A + B)(C + \bar{D})(B + \bar{C})$.
 102. (МБК). $(A + B + C)(\bar{A} + \bar{B} + \bar{D}) \bar{E}$.
 103. (ФА7). $(B + \bar{C})(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})(\bar{D} + E)$.
 104. (УЛ5). $(A + \bar{B} + \bar{C} + \bar{D})(\bar{A} + B + C + D)$.
 105. (ЕТ2). $(\bar{A} + \bar{B})(\bar{B} + C)(\bar{C} + D + E)$.
 106. (УЯР). $(P + Q + R)(\bar{P} + \bar{Q} + S)(Q + \bar{S})$.
 107. (ММ6). $(\bar{P} + \bar{Q} + S)(Q + \bar{R} + \bar{S})(\bar{P} + \bar{R})$.
 108. (ЗИЦ). $(A + \bar{B} + \bar{D})(\bar{B} + \bar{C} + D) E$.
 109. (НОН). $(A + \bar{B} + \bar{E})(\bar{C} + \bar{D} + E)(B + \bar{C})$.
 110. (ЯШ8). $(\bar{P} + Q + \bar{R})(\bar{Q} + S)(\bar{P} + \bar{Q})$.
 111. (ЦВИ). $(P + Q + R + S)(\bar{P} + \bar{Q} + \bar{R} + \bar{S})(P + \bar{Q})$.
 112. (ЭРЭ). $(X + Y + Z)(\bar{Y} + \bar{Z})(\bar{X} + Y)$.
 113. (РАП). $(A + \bar{B} + \bar{C})(\bar{B} + \bar{C} + \bar{D})(C + \bar{D} + E)$.
 114. (ИВВ). $(A + \bar{C})(\bar{C} + \bar{D} + E)(B + \bar{C} + \bar{E})$.
 115. (УНЕ). $(A + B + \bar{C})(\bar{B} + \bar{C} + D) \bar{E} \bar{F}$.
 116. (ДАК). $(\bar{A} + C + \bar{D})(B + \bar{D} + E)(A + \bar{C} + \bar{E})$.
 117. (МОМ). $(A + B)(B + \bar{C})(\bar{B} + \bar{C} + \bar{D}) \bar{E} \bar{F}$.
 118. (ДЕТ). $(B + \bar{C} + D)(A + \bar{B} + \bar{D})(\bar{E} + \bar{F})$.
 119. (ПОД). $(P + \bar{Q} + \bar{R} + \bar{S})(\bar{Q} + R + S + \bar{T})(\bar{P} + Q)$.
 120. (ЕНН). $(\bar{A} + B + \bar{C})(\bar{B} + \bar{C} + \bar{D}) E F$.

2.4. Нахождение совершенных дизъюнктивных нормальных форм

Найдите десятичные номера минтермов, входящих в булевы функции, зависящие от четырех аргументов. При самоконтроле номера минтермов упорядочить по возрастанию.

121. (ЛВЗ). $f = A B C + \bar{A} C D$. 131. (А2Б). $f = \bar{A} \bar{B} + A B D$.
 122. (ТБХ). $f = B D + \bar{A} \bar{B} C$. 132. (ТТТ). $f = C D + \bar{A} \bar{C} \bar{D}$.
 123. (ДОК). $f = C D + \bar{C} \bar{D}$. 133. (85С). $f = C D + B \bar{C} \bar{D}$.
 124. (КА1). $f = \bar{B} \bar{D} + \bar{A} D$. 134. (93Т). $f = \bar{A} \bar{D} + A D$.
 125. (ШИО). $f = B C + \bar{A} B D$. 135. (ФПК). $f = A \bar{C} + \bar{A} C$.
 126. (ФО5). $f = B D + \bar{A} C$. 136. (ЛЕН). $f = A B + \bar{A} \bar{B}$.
 127. (ЭКИ). $f = C + \bar{A} B D$. 137. (ЯСК). $f = B C D + A \bar{B}$.
 128. (ЭР7). $f = \bar{A} B + \bar{A} D$. 138. (7Б8). $f = A B D + \bar{A} \bar{B} D$.
 129. (СЕМ). $f = A B + B D$. 139. (ФАО). $f = A C + \bar{B} C$.
 130. (А40). $f = A D + \bar{A} \bar{C} \bar{D}$. 140. (УРП). $f = A B C + A \bar{B} \bar{C}$.

2.5. Теорема склеивания

Укажите номера минтермов, к которым можно применить теорему склеивания, и приведите конъюнкцию, получившуюся в результате применения этой теоремы.

141. (АБИ). (1,3,6,10,12,15). 151. (БН). (0,7,8,11,13,14).
 142. (Б1). (1,5,6,10,12,15). 152. (ТБО). (0,1,7,11,13,14).
 143. (ДАХ). (1,6,9,10,12,15). 153. (Б7Б). (0,2,7,11,13,14).
 144. (8БЗ). (0,3,6,9,10,13). 154. (НОМ). (3,4,7,8,13,14).
 145. (5УЧ). (0,6,7,9,10,12). 155. (ЯКТ). (3,4,8,11,13,14).
 146. (ЦТ5). (2,9,10,12,15). 156. (НАФ). (2,3,4,8,13,14).
 147. (АУК). (0,5,6,9,11,12). 157. (114). (1,2,4,7,8,15).
 148. (767). (0,3,5,6,11,12). 158. (356). (2,4,8,9,15).
 149. (537). (0,3,5,9,10,14). 159. (ТХЛ). (1,2,6,8,11,13).
 150. (ЯВЫ). (0,3,5,9,14,15). 160. (УФН). (1,6,8,11,13,14).

2.6. Нахождение сокращенных дизъюнктивных нормальных форм

Найдите сокращенные ДНФ функций, заданных наборами минтермов четырех аргументов. Для самоконтроля укажите число простых импликант и общее число букв.

161. (655). $f = (0, 1, 2, 3, 5, 7, 12, 13, 15)$.
 162. (ЙОГ). $f = (4, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 15)$.
 163. (УТЕ). $f = (0, 1, 3, 7, 8, 12, 14, 15)$.
 164. (ЮГ8). $f = (0, 1, 4, 5, 7, 9, 12, 13, 14, 15)$.
 165. (ЦОЦ). $f = (0, 1, 2, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 15)$.
 166. (454). $f = (3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)$.
 167. (733). $f = (0, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 15)$.
 168. (ВЕХ). $f = (0, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 14)$.
 169. (965). $f = (2, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15)$.
 170. (ЛВЛ). $f = (0, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 12, 14)$.
 171. (ЦАЙ). $f = (1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 13, 15)$.
 172. (432). $f = (2, 3, 7, 8, 12, 13, 15)$.
 173. (У39). $f = (0, 1, 2, 5, 7, 10, 11, 15)$.
 174. (359). $f = (2, 4, 7, 9, 11, 13, 15)$.
 175. (ИТВ). $f = (1, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13)$.
 176. (НАШ). $f = (3, 4, 7, 8, 14, 15)$.
 177. (АРЗ). $f = (1, 3, 4, 5, 8, 11, 13, 15)$.
 178. (924). $f = (0, 1, 3, 7, 8, 11, 12, 14, 15)$.
 179. (ТЕЦ). $f = (3, 5, 7, 8, 11, 13, 14, 15)$.
 180. (ПНЕ). $f = (0, 1, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 15)$.

2.7. Нахождение минимальных дизъюнктивных нормальных форм

Найдите минимальные дизъюнктивные нормальные формы булевых функций, представленных в СДНФ в виде наборов номеров минтермов четырех переменных. Для самоконтроля укажите число простых импликант, число вхождений аргументов и число простых импликант, содержащих по две буквы.

181. (Н20). $f = (0, 1, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15)$.
 182. (ШТА). $f = (0, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15)$.
 183. (НОО). $f = (1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15)$.
 184. (ЕЕТ). $f = (0, 1, 3, 4, 5, 10, 11, 13, 14, 15)$.
 185. (Э63). $f = (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15)$.
 186. (ЕУР). $f = (1, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 15)$.
 187. (ЛЭИ). $f = (2, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 14, 15)$.
 188. (ОКО). $f = (0, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15)$.
 189. (ОЧУ). $f = (3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12)$.
 190. (93Ш). $f = (0, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14)$.
 191. (396). $f = (0, 1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 15)$.
 192. (75У). $f = (3, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15)$.

193. (ЦОН). $f = (0, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15)$.
 194. (Р93). $f = (0, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13)$.
 195. (РЕГ). $f = (0, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12)$.
 196. (С56). $f = (1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14)$.
 197. (Т36). $f = (1, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15)$.
 198. (ЦНБ). $f = (1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 15)$.
 199. (5ЯН). $f = (0, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 15)$.
 200. (ОДД). $f = (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15)$.

2.8. Нахождение минимальных ДНФ инверсий булевых функций

Найдите минимальные ДНФ инверсий булевых функций, заданных наборами минтермов четырех аргументов. Для самоконтроля укажите число простых импликант и число вхождений аргументов.

201. (ЦОХ). $f = (1, 3, 7, 11, 13, 15)$.
 202. (ФОМ). $f = (4, 5, 8, 9, 12)$.
 203. (Э26). $f = (1, 2, 3, 5, 6, 10, 13, 14)$.
 204. (НИР). $f = (0, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10)$.
 205. (КРА). $f = (6, 7, 10, 15)$.
 206. (КОВ). $f = (0, 6, 7, 8, 10, 15)$.
 207. (864). $f = (0, 1, 6, 10, 13, 14)$.
 208. (9МИ). $f = (0, 4, 7, 8, 11, 12, 15)$.
 209. (ЦОБ). $f = (0, 1, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 15)$.
 210. (ИВК). $f = (0, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 15)$.
 211. (ЧТ5). $f = (3, 15)$.
 212. (120). $f = (2, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15)$.
 213. (Я79). $f = (1, 3, 4, 7, 8, 12)$.
 214. (470). $f = (5, 6, 8, 10, 11, 13)$.
 215. (ТАЛ). $f = (0, 2, 4, 8, 9, 11, 12, 14)$.
 216. (МЯУ). $f = (2, 5, 6, 8, 9, 14)$.
 217. (БЕЗ). $f = (0, 1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15)$.
 218. (ЭВА). $f = (0, 1, 2, 3, 4, 6, 9, 11, 12, 14)$.
 219. (Ц20). $f = (0, 1, 4)$.
 220. (ПД7). $f = (0, 1, 8, 10, 14, 15)$.

2.9. Нахождение минимальных конъюнктивных нормальных форм

Найдите минимальные конъюнктивные нормальные формы булевых функций, заданных наборами минтермов четырех аргументов. Для самоконтроля укажите число вхождений аргументов и число знаков дизъюнкции.

221. (550). $f = (0, 1, 2, 8, 9, 10, 12, 14)$.
 222. (УФФ). $f = (0, 1, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14)$.
 223. (736). $f = (0, 1, 4, 8, 9, 11, 12, 14)$.
 224. (ББЛ). $f = (5, 7, 8, 10, 12, 14)$.
 225. (232). $f = (3, 6, 7, 8, 12)$.
 226. (534). $f = (1, 2, 3, 9, 10, 13, 14)$.
 227. (В53). $f = (0, 1, 2, 6, 8, 10, 11, 12)$.
 228. (ОРК). $f = (0, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 13)$.
 229. (ФУМ). $f = (1, 5, 6, 7, 9, 10)$.
 230. (855). $f = (0, 1, 2, 5, 6, 9, 11, 13, 15)$.
 231. (АХС). $f = (1, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 15)$.
 232. (АРТ). $f = (0, 3, 4, 8, 11, 12, 14)$.
 233. (УНН). $f = (1, 2, 6, 10, 11, 14)$.
 234. (РЕД). $f = (2, 6, 9, 10, 11, 13, 14)$.
 235. (ДАФ). $f = (0, 7, 8, 10, 11, 14, 15)$.
 236. (ТОН). $f = (0, 4, 6, 10, 12, 13, 15)$.
 237. (УА1). $f = (1, 4, 8, 10, 11, 12, 14)$.
 238. (232). $f = (1, 2, 6, 7, 9, 10)$.
 239. (АА3). $f = (0, 4, 7, 8, 11, 12)$.
 240. (СПИ). $f = (1, 5, 8, 11, 13, 14, 15)$.

2.10. Минимизация ДНФ с учетом неопределенных состояний

Найдите минимальные ДНФ булевых функций, заданных наборами минтермов четырех аргументов. В квадратных скобках указаны неопределенные состояния. Для самоконтроля укажите десятичные номера наборов, на которых Вы доопределите функцию единицами, и укажите число вхождений аргументов минимальной ДНФ.

241. (9МТ). $f = (7, 9, 11, 14, 15), [0, 3, 4, 5]$.
 242. (БЦК). $f = (7, 10, 14, 15), [2, 3, 5, 6, 13]$.
 243. (ШЕИ). $f = (5, 10, 11, 13, 15), [3, 6, 7]$.
 244. (ХАО). $f = (3, 6, 7, 13, 15), [2, 5, 11]$.
 245. (РЕ1). $f = (3, 4, 9, 11), [5, 7, 10, 15]$.
 246. (К95). $f = (1, 4, 7, 10, 15), [5, 13]$.
 247. (67Р). $f = (3, 7, 12, 15), [0, 4, 5, 6, 9]$.
 248. (ТАЮ). $f = (11, 13, 14, 15), [3, 5, 7, 10]$.
 249. (ПХВ). $f = (0, 4, 15), [1, 2, 3, 7, 8, 12]$.
 250. (ТАВ). $f = (4, 6, 10, 11), [0, 2, 7, 13, 15]$.
 251. (ШИФ). $f = (3, 5, 7, 11), [2, 4, 6, 10, 14]$.
 252. (Т15). $f = (3, 4, 5, 10, 11, 12), [0, 2, 9, 13]$.
 253. (62Т). $f = (1, 6, 7, 9, 11), [0, 5, 10, 13, 15]$.
 254. (Х14). $f = (0, 7, 11, 15), [1, 2, 4, 8, 12]$.
 255. (351). $f = (1, 3, 12, 14), [5, 9, 10, 11, 15]$.
 256. (Х64). $f = (5, 6, 7, 15), [3, 10, 11, 13, 14]$.
 257. (ЯРК). $f = (1, 9, 14, 15), [3, 5, 6, 7]$.
 258. (479). $f = (2, 13, 15), [5, 6, 7, 8, 9, 12]$.
 259. (АЗУ). $f = (4, 7, 11, 14), [1, 3, 9, 10, 15]$.
 260. (СТМ). $f = (1, 2, 6, 7, 14), [3, 5, 10, 11, 13, 15]$.

2.11. Нахождение минимальных КНФ с учетом неопределенных состояний

Найдите минимальные конъюнктивные нормальные формы булевых функций, заданных наборами минтермов. В квадратных скобках указаны неопределенные состояния. Для самоконтроля укажите число вхождений аргументов минимальной КНФ и число знаков дизъюнкции.

261. (К78). $f = (0, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14), [1, 2, 7, 15]$.
 262. (ГТО). $f = (0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13), [14, 15]$.
 263. (ОТС). $f = (1, 2, 6, 9, 10, 13, 14, 15), [7, 11, 12]$.
 264. (УРМ). $f = (2, 5, 8, 13, 14), [6, 7, 12, 15]$.
 265. (РТТ). $f = (2, 4, 8, 12), [3, 5, 6, 14]$.
 266. (2ТО). $f = (0, 4, 9, 10, 12, 14), [3, 7, 8, 15]$.
 267. (213). $f = (1, 2, 8, 10, 12, 15), [0, 4, 6, 9, 11]$.
 268. (ИЛО). $f = (3, 7, 8, 9, 11, 13), [0, 1, 5, 12, 15]$.
 269. (ТЕХ). $f = (6, 8, 10, 12, 13), [0, 1, 2, 5, 7]$.
 270. (ФСУ). $f = (1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 12), [3, 5, 11, 14, 15]$.
 271. (ТБШ). $f = (2, 4, 10, 12, 13), [0, 3, 11, 14, 15]$.
 272. (ФУМ). $f = (2, 3, 4, 9, 10, 12), [1, 7, 13, 15]$.
 273. (АТ7). $f = (6, 9, 10, 11, 13, 14), [2, 3, 5, 7, 15]$.
 274. (Р38). $f = (1, 2, 6, 9, 10, 13, 14), [0, 3, 12, 15]$.
 275. (ЗЫШ). $f = (3, 7, 9, 13), [1, 2, 11, 15]$.
 276. (273). $f = (2, 7, 9, 13, 14), [1, 4, 5, 6, 8, 10]$.
 277. (УДЭ). $f = (0, 2, 4, 8, 14), [3, 5, 7, 13, 15]$.
 278. (У51). $f = (3, 6, 9, 13), [5, 7, 15]$.
 279. (8ЯР). $f = (0, 4, 10, 12, 15), [5, 7, 14]$.
 280. (АЕТ). $f = (0, 2, 12, 14), [1, 5, 7, 9, 10, 13]$.

2.12. Симметрические функции

В нижеприведенных упражнениях 281–300 все функции не являются симметрическими. Но каждая из них содержит импликанту, представляющую собой симметри-

ческую функцию. Укажите десятичные номера тех минтермов, после удаления которых останется симметрическая функция с одиначным a -числом. Все функции зависят от пяти аргументов.

281. (АНЕ). $f = (2, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 14, 17, 18, 20, 24, 26)$.
 282. (ВОЛ). $f = (1, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 17, 18, 20, 24, 29)$.
 283. (ННК). $f = (1, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 19, 21, 22, 25, 26, 28)$.
 284. (СЯХ). $f = (4, 7, 9, 11, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 30)$.
 285. (534). $f = (6, 7, 11, 13, 14, 15, 19, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29)$.
 286. (АРО). $f = (1, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 16, 17, 18, 20, 24)$.
 287. (09У). $f = (3, 7, 11, 12, 13, 14, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29)$.
 288. (ЦПН). $f = (1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 17, 18, 20, 24)$.
 289. (ЯНД). $f = (1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 17, 18, 20, 24, 26, 27)$.
 290. (ЧУЛ). $f = (3, 4, 7, 11, 12, 13, 14, 19, 21, 22, 25, 26, 27, 28)$.
 291. (047). $f = (3, 7, 10, 11, 13, 14, 15, 19, 21, 22, 25, 26, 28, 29)$.
 292. (ЛЯ2). $f = (3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 17, 18, 20, 24, 30)$.
 293. (ФЭМ). $f = (2, 7, 11, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 28)$.
 294. (436). $f = (2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 16, 17, 18, 20, 24)$.
 295. (НТС). $f = (2, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 17, 18, 20, 22, 24, 27)$.
 296. (К70). $f = (7, 8, 9, 11, 13, 14, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 30)$.
 297. (ФЕН). $f = (3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 24)$.
 298. (5А7). $f = (5, 7, 11, 13, 14, 17, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28)$.
 299. (ВЕС). $f = (7, 10, 11, 13, 14, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 28)$.
 300. (МАУ). $f = (3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 17, 18, 20, 24)$.

2.13. Числовое представление систем булевых функций

В упражнениях 301–320 системы трех функций f_1, f_2, f_3 представлены числовым способом, т. е. в виде ω -наборов. Найдите минимальные ДНФ этих трех функций. При самоконтроле для каждой из них укажите число вхождений аргументов. Все функции зависят от трех переменных.

301. (П81). 1 2 7 3 2 5 5 2. 311. (ГЛА). 5 6 6 5 1 4 0 0.
 302. (КВД). 0 5 7 0 0 5 7 6. 312. (ТИК). 6 7 6 7 5 4 1 3.
 303. (ЭНК). 1 2 1 1 5 4 3 1. 313. (ШУК). 1 2 4 5 5 2 1 0.
 304. (ЭЭР). 0 1 3 5 7 4 1 3. 314. (СКД). 1 1 6 6 7 7 1 1.
 305. (ПИН). 2 5 6 2 5 6 7 1. 315. (БЛБ). 5 4 3 3 4 5 3 4.
 306. (БТР). 6 7 6 5 1 0 2 1. 316. (Э64). 6 7 6 7 3 1 6 7.
 307. (ВИО). 1 2 3 4 5 0 1 6. 317. (ИРР). 0 0 1 2 0 0 3 4.
 308. (ШИК). 2 5 6 7 3 4 2 1. 318. (ВИД). 2 5 7 7 2 5 5 4.
 309. (ВАТ). 1 1 1 0 0 1 7 3. 319. (788). 6 2 2 5 4 1 3 2.
 310. (ЖУР). 1 0 0 2 2 2 3 3. 320. (РИФ). 0 2 3 1 4 7 6 5.

2.14. Булевы уравнения

Найдите минимальные ДНФ неизвестных функций $X(A, B, C)$ в заданных булевых уравнениях. Для самоконтроля наберите найденную минимальную ДНФ, располагая буквы в алфавитном порядке.

321. (РИС). $X + B\bar{C} + AC = B + C$.
 322. (У39). $X + \bar{A}B + \bar{A}\bar{C} = B + \bar{A}\bar{C}$.
 323. (266). $X + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C = \bar{C} + \bar{A}\bar{B}$.
 324. (570). $X + \bar{A}C = AB + C$.
 325. (ХАС). $X + ABC + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C = \bar{A} + BC$.
 326. (ВКТ). $X + \bar{A}BC = AB + BC$.
 327. (МИК). $X + B\bar{C} = \bar{B}C + B\bar{C}$.
 328. (НЭП). $X + ABC + A\bar{B}\bar{C} = BC + \bar{A}C + A\bar{B}\bar{C}$.
 329. (ДЕМ). $X + AC + \bar{A}\bar{B}\bar{C} = AC + \bar{A}\bar{C} + AB$.
 330. (589). $X + AC + \bar{A}B\bar{C} = A + \bar{B}C + B\bar{C}$.

331. (ОАО). $X + \overline{B} \overline{C} + \overline{A} \overline{B} \overline{C} = \overline{B} + \overline{A} \overline{C}$.
 332. (ДАР). $X + A \overline{B} + \overline{A} B = \overline{C} + \overline{A} \overline{B} C + A \overline{B} C$.
 333. (БИТ). $X + \overline{A} C + \overline{A} \overline{B} = A \overline{C} + \overline{B} \overline{C} + \overline{A} C$.
 334. (ДИК). $X + A \overline{B} \overline{C} + \overline{A} \overline{B} = A \overline{B} C + \overline{B} \overline{C} + \overline{A} \overline{B}$.
 335. (АЗО). $X + \overline{A} B + \overline{B} C = A \overline{B} + \overline{A} C + \overline{A} B$.
 336. (УТ5). $X + B C + \overline{A} C = C + \overline{A} B$.
 337. (МАФ). $X + B C + \overline{A} \overline{C} = B + \overline{B} \overline{C}$.
 338. (УКИ). $X + A \overline{C} + A \overline{B} = \overline{C} + A \overline{B} C$.
 339. (ОКЗ). $X + \overline{A} C + \overline{B} C = \overline{B} + \overline{A} \overline{B} C$.
 340. (МТХ). $X + B C + \overline{A} \overline{B} = \overline{B} \overline{C} + \overline{A} C + A \overline{B} C$.

2.15. Пороговые функции

Пороговую функцию, заданную весами и порогом, представьте в минимальной дизъюнктивной нормальной форме. Для самоконтроля укажите число вхождений аргументов и число конъюнкций, содержащих по две буквы.

341. (РП6). [1, 2, 4, 3; 5]. 351. (РЭК). [5, 6, 4, 4; 5].
 342. (АП7). [2, 2, 4, 4; 4]. 352. (АЙ7). [4, 7, 6, 5; 5].
 343. (АПК). [4, 7, 5, 2; 6]. 353. (АНС). [2, 2, 6, 3; 4].
 344. (СП2). [3, 4, 2, 3; 3]. 354. (ААТ). [3, 4, 5, 6; 6].
 345. (Ю25). [1, 2, 1, 6; 5]. 355. (ОТК). [4, 5, 5, 6; 9].
 346. (УРФ). [3, 4, 4, 5; 5]. 356. (739). [3, 4, 4, 5; 8].
 347. (УП5). [2, 4, 3, 4; 5]. 357. (ВЛБ). [4, 6, 6, 4; 5].
 348. (КБ8). [5, 6, 4, 6; 5]. 358. (ОРС). [5, 6, 7, 8; 12].
 349. (ФОМ). [3, 3, 5, 4; 6]. 359. (ИРТ). [4, 5, 4, 5; 14].
 350. (ЖТО). [4, 3, 4, 6; 7]. 360. (ТШУ). [5, 5, 4, 4; 13].

2.16. Нахождение производных от булевых функций

В упражнениях 361–380 все функции представлены наборами номеров минтермов, зависящих от четырех переменных A, B, C, D . Найдите производные от этих функций, дифференцируя их по переменной D . Найденные производные минимизируйте в классе дизъюнктивных нормальных форм. При самоконтроле укажите общее число вхождений аргументов и число знаков дизъюнкции для минимальной ДНФ.

361. (ЦАФ). $f = (4, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 15)$.
 362. (НКЦ). $f = (1, 3, 5, 7, 10, 11, 13, 15)$.
 363. (ЗЫЙ). $f = (5, 6, 7, 9, 11, 13, 15)$.
 364. (778). $f = (1, 3, 7, 11, 12, 13, 14, 15)$.
 365. (КЛЕ). $f = (0, 1, 2, 3, 4, 6, 9, 11)$.
 366. (592). $f = (3, 7, 11, 13, 14, 15)$.
 367. (ДОО). $f = (2, 3, 6, 7, 9, 11, 13, 15)$.
 368. (ФОК). $f = (1, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 15)$.
 369. (ИРО). $f = (1, 3, 7, 12, 13, 14, 15)$.
 370. (КБ8). $f = (2, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14)$.
 371. (ВЕЧ). $f = (2, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 15)$.
 372. (ЕКТ). $f = (1, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 15)$.
 373. (ЭКЗ). $f = (0, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15)$.
 374. (759). $f = (2, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13)$.
 375. (АРК). $f = (0, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 15)$.
 376. (ПУР). $f = (2, 3, 6, 7, 13, 14, 15)$.
 377. (КТУ). $f = (3, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15)$.
 378. (368). $f = (1, 2, 3, 5, 6, 7, 14, 15)$.
 379. (ИЙП). $f = (1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 15)$.
 380. (927). $f = (2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15)$.

3. ТЕОРИЯ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

3.1. Синтез контактных структур

Постройте контактную структуру, управляющую индикатором (электрической лампочкой) при помощи четырех реле A, B, C, D . Состояния 7, 8, 9, 10, 11, 12 не используются. Структуру представьте в классе параллельно-последовательных схем для ДНФ и КНФ. Для самоконтроля укажите минимально необходимое число контактов для ДНФ и КНФ. Индикатор горит только при следующих условиях.

381. (960). Включено реле A , а B выключено, либо включено реле C , а D выключено.

382. (924). Включено реле B , а реле A и D выключены, либо включено реле C .

383. (658). Включено реле B , а реле A выключено, либо включены реле A и C , а D выключено.

384. (КТВ). Включено реле A , а D выключено, либо включено реле B , а C выключено.

385. (СТО). Включено реле B , а C выключено, либо включено реле D , а A выключено.

386. (ООФ). Включено реле A , а реле B, C и D выключены, либо включено реле D .

387. (НЕФ). Включено четное число реле.

388. (ЗЕШ). Включены любые два реле из четырех заданных либо ни одного.

389. (М97). Включены любые два реле из четырех заданных либо любые три.

390. (СЯО). Включены либо все реле, либо ни одного, либо реле A и C включены, а реле D выключено.

391. (ХНО). Включены любые два реле, либо реле A включено, а реле B и C выключены.

392. (ИРА). Включены любые три реле, либо включено реле C , а реле D выключено.

393. (128). Включено реле A , а C выключено, либо включено реле D , либо все реле выключены.

394. (616). Включены реле B и C , а реле A выключено, либо включены реле C и D .

395. (435). Включены либо все реле, либо ни одного, либо реле A включено, а реле C выключено.

396. (РЯД). Включено одно из трех реле A, B, C , либо все четыре реле включены.

397. (ЭОШ). Включены реле B и C , либо выключены реле A и D .

398. (364). Выключены два реле A и C , либо включено реле D .

399. (43Ш). Включены реле B и C , а реле D выключено, либо включены все реле, либо ни одного.

400. (ЭЕЕ). Включено четное число реле.

3.2. Построение комбинационной схемы на основе ДНФ булевой функции

Постройте комбинационную схему на элементах И и ИЛИ для минимальной ДНФ функции, заданной набором минтермов четырех переменных. Для самоконтроля укажите число двухвходовых, число трехвходовых и число четырехвходовых элементов И.

401. (673). $f = (0, 3, 7, 11, 13, 14, 15)$.

402. (ОРЕ). $f = (0, 1, 2, 3, 5, 10, 12, 15)$.

403. (АПИ). $f = (1, 2, 4, 7, 9, 10, 12, 15)$.

404. (АН2). $f = (0, 1, 5, 7, 10, 11, 13, 14, 15)$.

405. (ХЕШ). $f = (0, 3, 5, 12, 15)$.

406. (УРМ). $f = (1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 15)$.
 407. (СТО). $f = (1, 2, 7, 11, 12, 13)$.
 408. (ЛОТ). $f = (0, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15)$.
 409. (1П6). $f = (3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 15)$.
 410. (ЛЮН). $f = (1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 13, 14)$.
 411. (КАУ). $f = (0, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 15)$.
 412. (ОАХ). $f = (0, 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 15)$.
 413. (УИШ). $f = (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 15)$.
 414. (ТА1). $f = (0, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15)$.
 415. (ИСК). $f = (0, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 15)$.
 416. (ТХН). $f = (0, 1, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 15)$.
 417. (ДОО). $f = (1, 3, 6, 7, 10, 11, 13, 15)$.
 418. (ИЮЛ). $f = (1, 2, 4, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15)$.
 419. (338). $f = (1, 2, 7, 8, 11, 12, 14)$.
 420. (720). $f = (1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15)$.

3.3. Построение комбинационной схемы на основе КНФ булевой функции

Постройте комбинационную схему на элементах И и ИЛИ для минимальной КНФ функции, заданной набором минтермов четырех переменных. Для самоконтроля укажите число двухвходовых элементов ИЛИ, число трехвходовых элементов ИЛИ и число входов элемента И.

421. (ФИИ). $f = (0, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11)$.
 422. (2РЕ). $f = (0, 1, 2, 3, 7, 8, 12)$.
 423. (5ЯЗ). $f = (2, 5, 6, 10, 13, 14, 15)$.
 424. (ОСИ). $f = (0, 2, 5, 6, 7)$.
 425. (ЛВХ). $f = (0, 2, 6)$.
 426. (345). $f = (2, 3, 6, 9, 12)$.
 427. (ВАК). $f = (0, 1, 4, 13)$.
 428. (СУЛ). $f = (2, 3, 4, 9, 11, 13)$.
 429. (ЦБН). $f = (7, 10, 11, 14)$.
 430. (ТББ). $f = (8, 11, 13, 14)$.
 431. (ТАВ). $f = (1, 5, 6, 9, 10, 13)$.
 432. (ВХТ). $f = (3, 5, 6, 7, 9, 10)$.
 433. (РАФ). $f = (1, 2, 3, 4, 7, 8, 11)$.
 434. (АНХ). $f = (1, 2, 3, 4, 8, 9, 11, 12, 14)$.
 435. (ФАИ). $f = (0, 1, 2, 4, 7, 13, 14)$.
 436. (835). $f = (6, 8, 9, 10, 11, 12, 14)$.
 437. (КВК). $f = (8, 9, 10, 13, 15)$.
 438. (РИЛ). $f = (0, 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 12)$.
 439. (СУМ). $f = (0, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 12, 13)$.
 440. (Р29). $f = (4, 7, 8, 11, 13, 14)$.

3.4. Синтез комбинационной схемы

Комбинационная схема имеет четыре входа и один выход. На вход схемы произвольно поступают двоичные числа. В упражнениях 441–460 указаны десятичные эквиваленты входных двоичных чисел, которым на выходе соответствует высокий (единичный) уровень. При всех остальных входных двоичных числах на выходе имеется низкий уровень. Постройте схему на элементах И и ИЛИ для минимальной ДНФ булевой функции, описывающей работу схемы. Для самоконтроля укажите число двухвходовых элементов И и число трехвходовых элементов И.

441. (ВЛБ). (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15).
 442. (ФИС). (3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 15).
 443. (ЕСТ). (0, 1, 3, 5, 6, 7, 12, 13, 15).
 444. (Я61). (0, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12).
 445. (НОХ). (0, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 12, 14, 15).
 446. (903). (0, 1, 2, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15).
 447. (ЖУЧ). (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13).

448. (УМК). (0, 1, 3, 4, 7, 12, 13, 14, 15).
 449. (ЯЛЛ). (0, 1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14).
 450. (ПАМ). (0, 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15).
 451. (659). (1, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15).
 452. (НИО). (0, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15).
 453. (20Я). (2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15).
 454. (ЯС1). (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 13, 14, 15).
 455. (922). (0, 1, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15).
 456. (153). (0, 1, 2, 4, 7, 8, 11, 13, 14, 15).
 457. (ЭВИ). (0, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15).
 458. (ВТ5). (0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15).
 459. (ЯТ6). (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15).
 460. (ПГ7). (0, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13).

3.5. Синтез преобразователя кодов

Постройте преобразователь четырехзначного двоичного кода n в пятизначный двоичный код $n + N$ при условии, что $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$, а числа 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 подаваться на вход не будут. Булевы функции, описывающие состояния выходов, представьте в минимальных ДНФ. Для самоконтроля укажите числа a и b , где a – число элементов И, b – число элементов ИЛИ во всей схеме преобразователя. Выход каждого элемента И подключайте только к одному элементу ИЛИ.

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 461. (ЛТ1). $N = 1$. | 471. (МЭР). $N = 11$. |
| 462. (982). $N = 2$. | 472. (УХВ). $N = 12$. |
| 463. (533). $N = 3$. | 473. (ОЙТ). $N = 13$. |
| 464. (ЦБИ). $N = 4$. | 474. (ПУФ). $N = 14$. |
| 465. (ТБ5). $N = 5$. | 475. (572). $N = 15$. |
| 466. (ЕКК). $N = 6$. | 476. (ЭТЛ). $N = 16$. |
| 467. (АЕ7). $N = 7$. | 477. (ЛБН). $N = 17$. |
| 468. (378). $N = 8$. | 478. (92П). $N = 18$. |
| 469. (УП9). $N = 9$. | 479. (РЭК). $N = 19$. |
| 470. (ИНО). $N = 10$. | 480. (ЕТС). $N = 20$. |

3.6. Синхронный автомат на JK-триггерах

Изобразите схему синхронного автомата на шести JK-триггерах. Комбинационная схема, управляющая входами триггеров, реализует систему функций вида:

$$\begin{aligned}
 J_A &= B; & K_A &= B; \\
 J_B &= A + C; & K_B &= \overline{A} + \overline{C}; \\
 J_C &= \overline{A} + \overline{B}; & K_C &= A + B; \\
 J_D &= F; & K_D &= E; \\
 J_E &= \overline{D} + F; & K_E &= \overline{D} + \overline{F}; \\
 J_F &= \overline{D} + \overline{E}; & K_F &= \overline{D} + E.
 \end{aligned}$$

Пусть автомат находится в некотором состоянии, принимаемом за исходное. Если на его синхровход подать один импульс, то автомат перейдет в состояние a . Если подать еще один импульс, то автомат перейдет в состояние b . Найдите десятичные эквиваленты чисел a и b , если исходным является следующее состояние (десятичное).

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 481. (730). 12. | 491. (33Д). 2. |
| 482. (181). 29. | 492. (КПБ). 9. |
| 483. (АТ2). 16. | 493. (ЭХС). 30. |
| 484. (063). 57. | 494. (56С). 56. |
| 485. (АБИ). 18. | 495. (ВШТ). 20. |
| 486. (ОИЛ). 27. | 496. (КВД). 41. |
| 487. (ШОШ). 36. | 497. (ЕС2). 55. |
| 488. (535). 10. | 498. (ВВЛ). 2. |
| 489. (АЛК). 21. | 499. (ГОЯ). 35. |
| 490. (ВВ8). 45. | 500. (МИН). 24. |

3.7. Синтез автомата на JK-триггерах

Постройте синхронный автомат на JK-триггерах для заданной последовательности смены его состояний. Найдите минимальные ДНФ булевых функций, описывающих работу комбинационной схемы, которая управляет входами всех триггеров автомата. Для самоконтроля найдите числа a, b, c, d , где a – число однобуквенных выражений среди шести найденных булевых функций; b – число двухбуквенных выражений; c – число четырехбуквенных выражений; d – число элементов ИЛИ в схеме автомата. При подаче на вход схемы тактовых импульсов последовательность смены состояний имеет следующий вид (нулевое состояние является начальным для всех нижеприведенных последовательностей).

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 501. (ЛДФ). 0,3,7,4,2,5,6,1. | 511. (РАН). 0,4,5,6,7,1,2,3. |
| 502. (НП2). 0,4,5,1,6,7,3,2. | 512. (СДО). 0,1,2,3,7,6,5,4. |
| 503. (СТЗ). 0,3,5,6,7,1,2,4. | 513. (736). 0,1,3,2,6,7,5,4. |
| 504. (994). 0,5,6,7,1,2,4,3. | 514. (ТОС). 0,5,6,3,4,2,1,7. |
| 505. (615). 0,1,7,6,5,3,2,4. | 515. (ФЕХ). 0,6,5,7,4,3,1,2. |
| 506. (БЗ6). 0,5,7,1,6,4,2,3. | 516. (З0Г). 0,5,7,1,2,3,6,4. |
| 507. (557). 0,1,4,6,5,2,7,3. | 517. (ЭЗУ). 0,5,3,1,6,2,4,7. |
| 508. (РУМ). 0,4,5,1,7,3,2,6. | 518. (ФЕВ). 0,2,5,6,3,1,4,7. |
| 509. (ПКН). 0,6,2,5,4,7,3,1. | 519. (ПЗФ). 0,6,1,2,3,4,5,7. |
| 510. (1ДО). 0,4,5,7,1,2,3,6. | 520. (11Ш). 0,2,3,4,7,6,5,1. |

4. КОМБИНАТОРИКА

4.1. Число сочетаний без повторений и число размещений с повторениями

Сколько существует n -разрядных десятичных чисел, в каждом из которых цифра a встречается k раз (числа могут начинаться с нуля), при следующих значениях чисел n, a, k соответственно?

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 521. (75Г). 5, 3, 2. | 531. (ИЕР). 6, 7, 3. |
| 522. (ЕЕФ). 6, 5, 4. | 532. (АЙН). 5, 4, 4. |
| 523. (ББ7). 7, 9, 6. | 533. (ИЯК). 4, 4, 2. |
| 524. (168). 8, 5, 6. | 534. (ДИА). 7, 4, 5. |
| 525. (А60). 8, 1, 5. | 535. (ТЕР). 8, 3, 7. |
| 526. (917). 4, 6, 0. | 536. (873). 9, 5, 8. |
| 527. (ТОГ). 5, 8, 3. | 537. (НАР). 10, 4, 8. |
| 528. (ИФА). 6, 3, 5. | 538. (ИРА). 11, 9, 9. |
| 529. (С99). 9, 2, 7. | 539. (КОЗ). 6, 6, 2. |
| 530. (КРЕ). 9, 4, 6. | 540. (АОН). 7, 6, 4. |

4.2. Задачи на применение основных формул комбинаторики

541. (2БФ). Сколько слов длины 3 можно составить из букв слова «диффузия», если в каждом из слов все буквы разные?

542. (НАТ). Из алфавита выделили k знаков. Известно, что из них три знака можно выбрать 1140 способами. Найдите k .

543. (ИЦК). Множество содержит семь цифр. Из булеана этого множества удалили все те его элементы, которые содержат три цифры, и удалили все элементы, содержащие по четыре цифры. Сколько элементов осталось?

544. (ЦАИ). Сколько существует четырехзначных десятичных чисел, в каждом из которых все цифры расположены в порядке возрастания или в порядке убывания (с нуля числа начинаться не могут)?

545. (521). Сколько существует восьмизначных десятичных чисел, в каждом из которых все цифры разные, нет цифр 0 и 9 и чередуются четные и нечетные цифры?

546. (АММ). Сколько существует семизначных десятичных чисел, в каждом из которых все цифры разные, нет цифр 0, 8, 9 и чередуются четные и нечетные цифры?

547. (ТУК). Сколько существует семизначных десятичных чисел, в каждом из которых цифры расположены в порядке убывания?

548. (ААТ). Сколько существует подмножеств, содержащих по пять элементов множества P , если известно, что существует 84 подмножества, каждое из которых состоит из трех элементов множества P ?

549. (ОНА). Сколько существует различных булевых функций четырех аргументов, СДНФ которых содержит не более трех минтермов?

550. (ВРТ). Сколькими способами можно расположить на шашечной доске черную и белую шашки, если ни одно из четырех крайних полей не занимать?

551. (ТРЖ). Множество A состоит из десяти цифр, множество B – из семи букв. Из множества A взяли три цифры, из множества B – две буквы и образовали из них множество C . Сколько существует таких множеств?

552. (304). Сколько существует пятизначных десятичных чисел, в каждом из которых нет четных цифр и нет цифр, являющихся простыми числами?

553. (ВЯЛ). Сколько существует четырехзначных десятичных чисел, начинающихся с какой-либо из цифр 5, 6, 7, 8 и оканчивающихся нулем либо цифрой 9?

554. (РАЦ). Сколько существует пятизначных десятичных чисел, в каждом из которых цифры двух старших разрядов являются четными, а все остальные – нечетными?

555. (65У). Сколько словарей надо издать, чтобы можно было непосредственно переводить с любого из семи языков на любой другой из этих же семи языков?

556. (С23). Некто забыл последние четыре цифры телефонного номера нужной ему фирмы. Помнит только, что в номере нет нулей и девяток и есть одна цифра 5. Какое максимальное число номеров ему придется набрать, если он попытается дозвониться до фирмы путем проб и ошибок?

557. (ЭХА). Сколько существует шестизначных десятичных чисел, если в каждом числе цифры расположены в порядке возрастания и если каждое число начинается с единицы и оканчивается девяткой?

558. (А8В). По окружности расположено 12 точек. Выбрали пять рядом стоящих точек и каждую из них соединили прямыми линиями с каждой из остальных семи точек. Найдите число точек пересечения, если через каждую точку пересечения проходят только две прямые.

559. (ТР5). Сколько различных восьмизначных кодов можно получить, используя нечетные десятичные цифры и шесть букв некоторого алфавита, если каждый код представляет собой сочетание четырех цифр и четырех букв, где цифры не повторяются и упорядочены по возрастанию, а буквы также не повторяются и упорядочены по алфавиту?

560. (ЮВ3). Сколько существует восьмизначных десятичных чисел, если в каждом из них три раза встречается цифра 3, три раза – цифра 5 и два раза – цифра 9?

На втором уровне реализуется автоматизированная подготовка дидактических материалов. В основном это кодирование упражнений: на каждый введенный ответ компьютер предъявляет на выбор определенное множество кодов, количество которых может быть любым. Кодировщик из этого множества выбирает один или несколько кодов, отбрасывая грубые и труднопроизносимые слова.

На третьем уровне автоматизируются такие операции, как формирование индивидуальных закодированных заданий, ведение электронного журнала, подготовка сводных ведомостей и др.

Четвертый уровень представляет собой АОС, где автоматизация достигает наибольшей степени.

Все уровни сопряжены между собой и могут функционировать самостоятельно. Важнейшим является первый уровень, так как в подавляющем большинстве случаев необходимы только операции самоконтроля и внешнего контроля. Первый уровень чрезвычайно прост во внедрении. Даже учащимся начальных классов общеобразовательных школ для его освоения достаточно 5–7 минут.

1.4. Анализ ответов в ИДС «Символ»

Обычно АОС строятся на принципах антропоморфизма, т. е. в компьютерную память заранее записывают эталонные ответы. Когда учащийся вводит свой ответ для проверки его истинности, компьютер сравнивает введенную информацию с эталоном и выводит на экран сообщение «правильно» или «неправильно».

ИДС «Символ» построена на другом принципе. В ней используются алгоритмы распознавания правильности ответов, семантически совершенно не связанные с условиями задач и формулировками вопросов, благодаря чему одни и те же распознающие алгоритмы можно применять к любым предметным областям независимо от их семантического содержания. Это могут быть математика, русский и иностранный языки, физика, химия, география и т. д. Каждый из алгоритмов реализует критерий, при помощи которого введенный в компьютер ответ признается правильным или неправильным. При этом ответами могут быть отдельные символы, числа и их сочетания, математические и химические формулы, слова и фразы на каком-либо языке и вообще любые последовательности знаков без ограничений по длине и с учетом строгого или частичного порядка, а при необходимости – и без учета порядка. Описанный принцип анализа ответов, чтобы отличать его от антропоморфного, условимся называть алгоритмическим. Очевидно, что алгоритмический принцип обеспечивает возможность реализации и любых выборочных систем.

1.5. Внешний контроль в ИДС «Символ»

Как уже отмечалось, существующие системы компьютерного контроля благодаря антропоморфизму принципиально «вскрываемы», т. е. всегда имеется возможность несанкционированного доступа к засекреченным ответам, хранящимся в компьютерной памяти, и в случае «взлома» результаты внешнего контроля полностью теряют свою информативность. В ИДС «Символ» «взлом» исключен, так как в компьютерной памяти нет эталонных ответов и вскрывать нечего. Благодаря этому обеспечивается высокая информативность внешнего контроля. Кроме того, в ИДС «Символ» предусмотрена система паролей, пред-

ставляющих собой буквенно-цифровые коды из двух-трех знаков. Пароль формируется компьютером во время ввода ответов. Применяется пароль в основном для реализации внешнего контроля (хотя во многих случаях его можно использовать и для самопроверки). Для этого достаточно перед выдачей задания записать соответствующий пароль в журнал (обычный или электронный). Если учащийся все сделает правильно, то сформированный компьютером пароль совпадет с контрольным. Сообщив этот пароль преподавателю, учащийся тем самым проинформирует его о том, что задание выполнено.

1.6. Специализированное устройство «Символ»

Традиционные АОС строятся только на базе компьютеров. В ИДС «Символ» благодаря полной автономности алгоритмов, применяющихся для анализа ответов и формирования пароля, имеется возможность их реализации не только при помощи компьютера, но и в виде специализированного устройства, подобно обычному микрокалькулятору. Такое устройство создано (Ю.П. Шевелев и Б.Н. Махутов получили патент РФ № 2084962). В течение ряда лет было разработано и изготовлено несколько модификаций этого устройства: «Символ-Р», «Символ-К» (с алфавитом казахского языка), «Символ-С» (с якутским алфавитом), «Символ-вуз», «Символ-ИДС» и др. Из них наиболее совершенными являются устройства «Символ-вуз» и «Символ-ИДС».

Таким образом, в ИДС «Символ» применяются и компьютеры, и специализированные устройства. В этом состоит одно из самых существенных достоинств системы «Символ», поскольку в подавляющем большинстве случаев компьютеры вполне могут быть заменены специализированными устройствами и обычными учебниками, содержащими необходимое число закодированных упражнений. С практической точки зрения это гораздо более экономичный вариант по сравнению с любыми АОС, так как цена специализированных устройств в десятки раз ниже, чем компьютеров, и приобрести устройства могут даже самые малоимущие семьи. Кроме того, специализированные устройства экологически совершенно безопасны, что позволяет применять их не только в вузах и старших классах общеобразовательных школ, но и в начальных классах, а также в подготовительных группах детских садов. Устройства малогабаритны, отличаются малым энергопотреблением (у них батарейное питание), имеют малую массу, а потому мобильны, их можно использовать дома, в классе, в аудитории, в читальном зале. Они могут быть стационарно укреплены на стене в классе, коридоре, аудитории, благодаря чему каждый студент (учащийся) в любое время может воспользоваться ими для проверки правильности выполнения, например, домашних заданий.

2. ПРИМЕНЕНИЕ ИДС «СИМВОЛ»

2.1. Область применения

Возможность автоматизированного самоконтроля, осуществляемого при помощи компьютеров или специализированных устройств «Символ», обеспечивает простоту организации самостоятельной работы учащихся всех категорий: от дошкольников и школьников начальных классов до студентов высших учебных заведений.