

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)**

Кафедра телевидения и управления
(ТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ТУ, профессор

_____ И.Н. Пустынский

« _____ » _____ 2012 г.

**ДИАГНОСТИКА БЫТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ
АППАРАТУРЫ**

Учебное методическое пособие

Настоящее учебное методическое пособие предназначено для студентов
дневного и вечернего отделений, обучающихся по специальностям «Сервис»
- 100101, «Бытовая радиоэлектронная аппаратура» - 210303

РАЗРАБОТАЛ

_____ Ю.Р. Кирпиченко

« _____ » _____ 2012 г.

2012

Кирпиченко Ю.Р. Диагностика бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Учебное методическое пособие. – Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2012. – 28 с.

Приведены примеры решения типовых задач ориентированных на закрепление материалов лекционного курса по дисциплине

© Кирпиченко Ю.Р., 2012

© Кафедра Телевидения и управления, ТУСУР, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Краткая программа лекционного курса.....	4
3 Рекомендуемая литература	5
4 Примеры решения задач по темам	6
4.1 Контрольная работа № 1	6
4.2 Контрольная работа № 2	14
4.3 Контрольная работа № 3	23

1 ВВЕДЕНИЕ

Целью преподавания дисциплины «Диагностика бытовой радиоэлектронной аппаратуры (БРЭА)» является формирование у студентов знания основ диагностики БРЭА и умения производить диагностирование основных видов БРЭА.

В результате изучения дисциплины студент должен знать: методы и способы контроля и диагностики БРЭА, ее блоков, модулей и элементов в аналоговом и дискретном исполнениях; существо теоретических положений, лежащих в основе разнообразных методов контроля и диагностики; алгоритмическое описание процессов контроля и диагностирования БРЭА.

Дисциплина «Диагностика бытовой радиоэлектронной аппаратуры» относится к числу специальных дисциплин, изучение которой базируется на физико-математической подготовке, на знании методов анализа электрических и радиотехнических цепей, на знании параметров и характеристик радиокомпонентов, на знании схемотехники аналоговых и цифровых электронных устройств, что обеспечивается предшествующими курсами общетехнических и специальных дисциплин.

Учебное пособие обеспечивает необходимый объем материалов для полного изучения учебного курса. В процессе обучения студент должен выполнить три контрольные работы. Изучение дисциплины заканчивается экзаменом.

2 КРАТКАЯ ПРОГРАММА ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

1. Предмет и задачи технической диагностики. Основные понятия и определения.

2. Системы технического диагностирования РЭА. Задачи и классификация систем технического диагностирования (СТД). Структура СТД. Функциональное и тестовое диагностирование.

3. Моделирование систем технического диагностирования. Задачи моделирования. Диагностические модели (ДМ): аналитические, графоаналитические, функционально-логические, таблицы неисправностей, информационные модели.

4. Принципы организации систем тестового и функционального диагностирования.

5. Способы построения алгоритмов поиска неисправностей: последовательный функциональный анализ, инженерный способ,

способ «время-вероятность», способ ветвей и границ, способ половинного разбиения и др. Интегральные методы диагностики.

6. Методы оптимизации безусловных алгоритмов диагностирования. Таблица покрытий. Правила упрощения таблицы покрытий.

7. Средства диагностирования аналоговых устройств.

8. Средства диагностирования цифровых схем и микропроцессорных систем. Анализаторы логических состояний и логических временных диаграмм. Сигнатурный анализатор. Тестеры для цифровых устройств и измерительные пробники.

9. Особенности диагностирования радиоэлектронных устройств. Диагностические параметры. Выбор параметров для контроля и диагностики. Особенности учета обрывов и перегрузок.

3 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Технические средства диагностирования: Справочник / В.В. Ключева, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др.; Под общ. ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.

2. Давыдов П.С. Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1988. – 256 с.

3. Леонов А.И., Дубровский Н.Ф. Основы технической эксплуатации бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 272 с.

4. Пархоменко П.П., Согомонян Е.С. Основы технической диагностики (оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства) / Под ред. П.П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1981. – 320 с.

5. Основы технической диагностики. В 2-х книгах / Под ред. П.П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1976. – Кн. 1: Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза. – 464 с.

6. Ксенз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1989. – 248 с.

4 ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ТЕМАМ

4.1 Контрольная работа № 1

Пример 1.

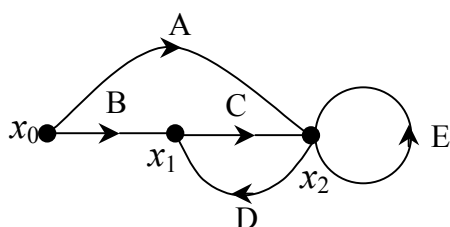


Рис. 1

Используя диаграмму прохождения сигналов, изображенную на рис. 1, определите сигнал узла x_2 , если известно, что $A = 100$; $B = 500$; $C = 0,1$; $D = 10$; $E = -3$; $x_0 = 0,5$.

Решение. Запишем выражения для сигналов узлов x_1 и x_2 . Входящими сигналами узла x_1 являются два сигнала, равные произведению операторов входящих ветвей на сигнал узла, из которого выходит ветвь. Учитывая, что сигнал узла равен сумме входящих сигналов, запишем выражение для сигнала узла x_1 :

$$x_1 = Bx_0 + Dx_2.$$

Соответственно сигнал x_2 будет равен

$$x_2 = Cx_1 + Ax_0 + Ex_2.$$

Подставим выражение для сигнала узла x_1 в выражение для сигнала узла x_2 . После преобразования получим

$$x_2 = \frac{A + BC}{1 - DC - E} x_0.$$

Подставив значения операторов и сигнала узла x_0 , получим значение сигнала $x_2 = 25$.

Ответ: 25.

Пример 2.

Имеем диаграмму прохождения сигналов (рис. 2). Применяя правила преобразования, получим диаграмму, изображенную на рис. 3. Чему равен оператор передачи ветви T_{13} , если $A = 1$; $B = 2$; $C = 3$; $D = 4$; $E = 5$; $F = 6$?

Решение. Чтобы вычислить значение оператора T_{13} , необходимо, используя правила преобразования диаграммы прохождения сигналов, получить выражение для этого оператора.

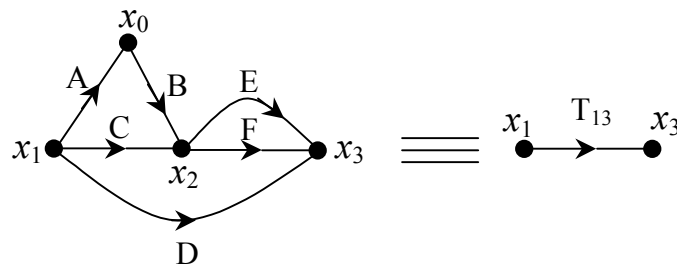


Рис. 2

Рис. 3

Последовательно преобразуем ветви E и F {правило 1, рис. 4, а}, B, C и $(E + F)$ {правило 3, рис. 4, б}, D и $C(E + F)$ {правило 1,

рис. 4, в}, A и B(E + F) {правило 2, рис. 4, г}, AB(E + F) и D + C(E + F) {правило 1, рис. 4, д}. В результате получим диаграмму прохождения сигналов, которая записана одной ветвью (рис. 3). Оператор этой ветви будет равен

$$T_{13} = D + (AB + C)(E + F).$$

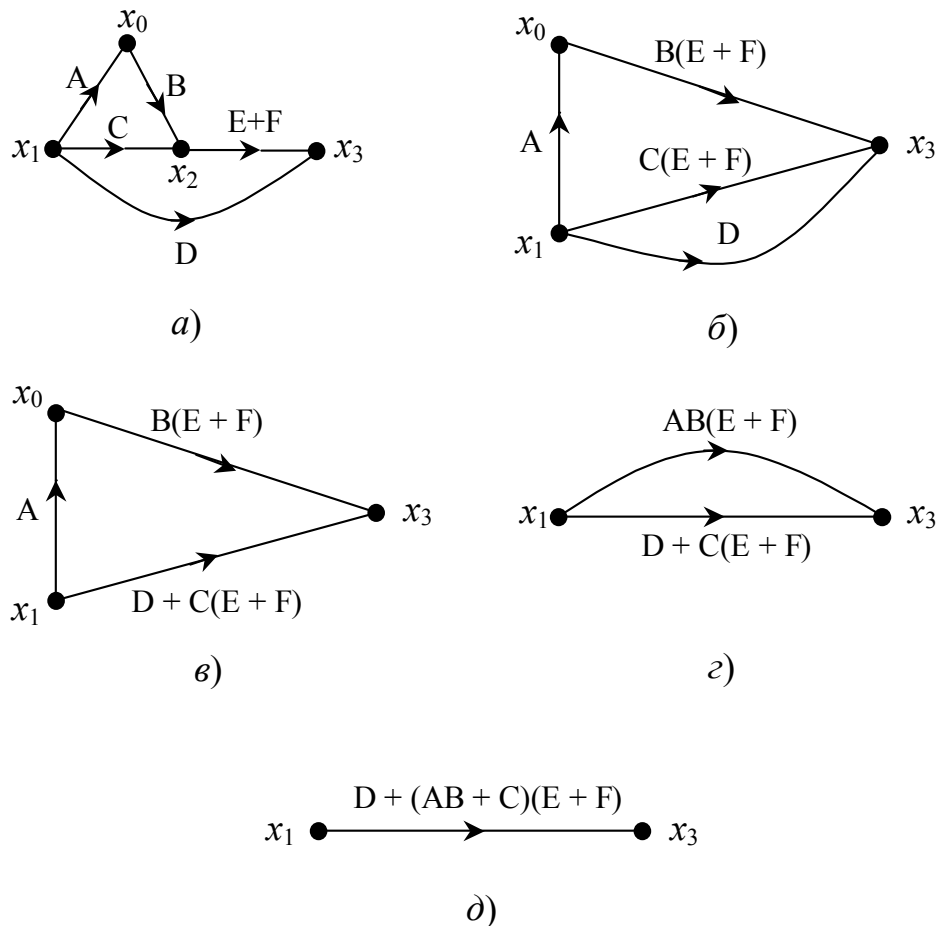


Рис. 4

Подставив значения известных параметров, получим $T_{13} = 59$.

Ответ: 59.

Пример 3.

Осуществив инверсию диаграммы прохождения сигналов, приведенной на рис. 5, и применив правила преобразования, получим диаграмму, изображенную на рис. 6. Определите значение оператора передачи ветви T_{30} , если известно, что $A = 2$; $B = -4$; $C = 0,1$; $D = 10$; $E = 2$; $F = 0,5$.

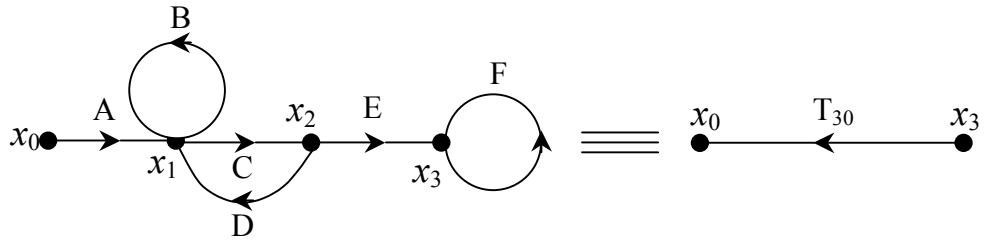


Рис. 5

Рис. 6

Решение. Чтобы вычислить значение оператора T_{30} , необходимо осуществить инверсию диаграммы прохождения сигналов и, используя правила преобразования диаграммы, получить выражение для этого оператора.

Решение начнем с инвертирования ветви А, т. е. с узла x_0 . Результат инвертирования приведен на рис. 7, а. Затем последовательно инвертируем ветви С (рис. 7, б) и Е (рис. 7, в), преобразуем ветви $-B/A$ и $1/A$, $-E/F$ и $1/E$ {правило 1, рис. 7, г}; $(1 - B)/A$ и $1/C$ {правило 2, рис. 7, д}; $(1 - B)/AC$ и $-D/A$ {правило 1, рис. 7, е}; $(1 - B)/AC - D/A$ и $(1 - F)/E$ {правило 2, рис. 7, ж}.

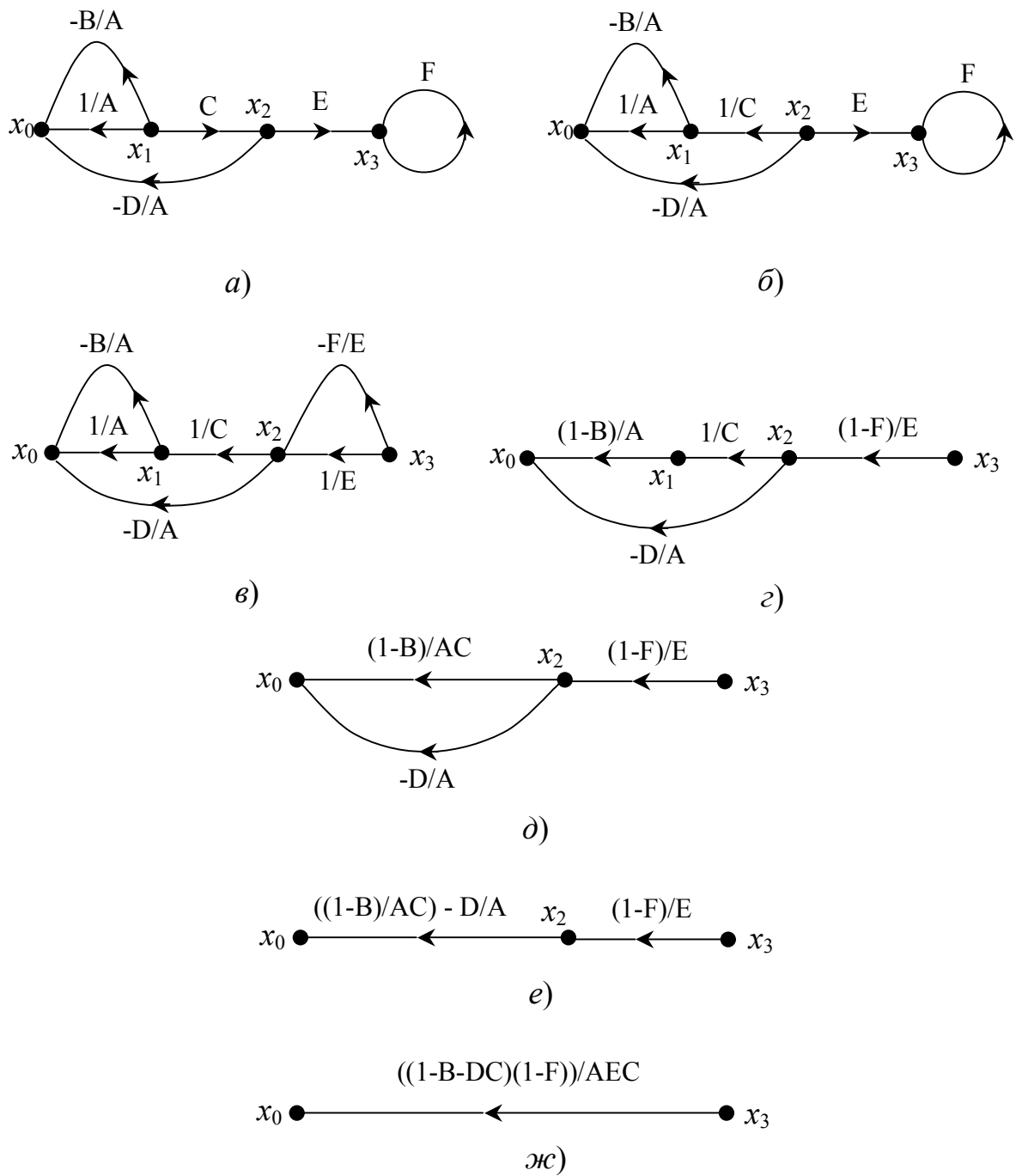


Рис. 7

В результате преобразований оператор ветви T_{30} будет равен

$$T_{30} = \frac{(1-B-DC)(1-F)}{AEC}.$$

Подставив значения известных операторов, получим $T_{30} = 5$.

Ответ: 5.

Пример 4.

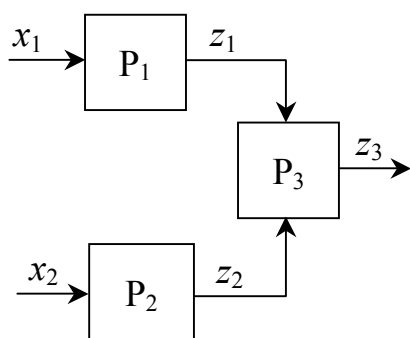


Рис. 8

Пусть входные переменные x_1 и x_2 характеризуются одним физическим параметром, а z_1 , z_2 и z_3 – двумя. Используя соответствующие правила, преобразуйте функциональную схему, изображенную на рис. 8, в логическую модель с «расщепленными» входами и выходами.

Решение. В соответствии с условиями задачи преобразуем исходную функциональную схему (рис. 8) к виду, представленному на рис. 9.

В данной функциональной схеме (рис. 9) функциональные блоки P_1 , P_2 и P_3 имеют по два выхода.

Для получения логической модели объекта каждый блок функциональной модели (рис. 9) заменим двумя блоками, каждый из которых имеет один выход.

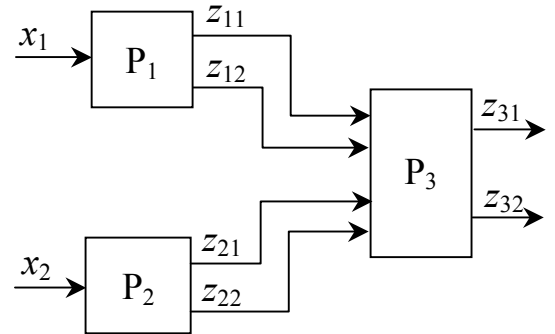


Рис. 9

Количество входов блока логической модели определяется количеством существенных для выхода этого блока входов.

В дальнейшем условимся, что если не оговариваются существенные для данных выходов блоков входы, то будем считать все входы существенными.

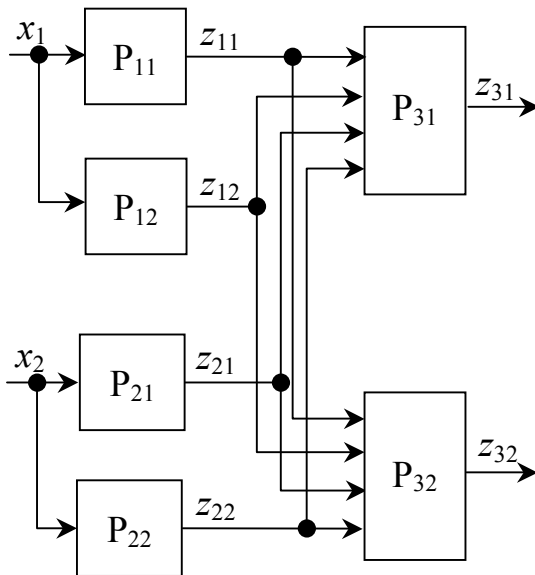


Рис. 10

С учетом данного замечания логическая модель с «расщепленными» входами и выходами будет иметь вид, изображенный на рис. 10.

Пример 5.

Заполните столбец таблицы функций неисправностей, характеризующий техническое состояние пятого функционального

элемента объекта диагностирования, схема которого приведена на рис. 11.

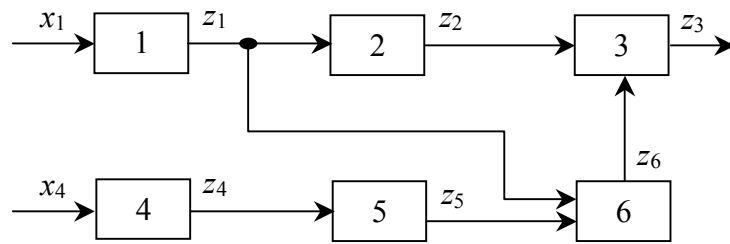


Рис. 11

Решение. Вычислим функции условий работы блоков модели:
 $F_1 = x_1$; $F_2 = z_1$; $F_3 = z_2 z_6$; $F_4 = x_4$; $F_5 = z_4$; $F_6 = z_1 z_5$.

Составим равенства типа $z_i = Q_i F_i$: $z_1 = Q_1 x_1$; $z_2 = Q_2 z_1$; $z_3 = Q_3 z_2 z_6$;
 $z_4 = Q_4 x_4$; $z_5 = Q_5 z_4$; $z_6 = Q_6 z_1 z_5$.

Чтобы заполнить столбец таблицы, необходимо задаться техническим состоянием объекта и по формуле $z_i = Q_i F_i$ вычислить значение соответствующего параметра.

Так как по условию задачи требуется заполнить пятый столбец, величину Q_5 принимаем равной нулю, а значения Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 и Q_6 – единице.

Условимся в дальнейшем, что номера элементов в столбцах и строках соответствуют номерам функциональных элементов на схеме. Элементы в строке и столбце располагаются в порядке возрастания номера функционального элемента: в строке – слева направо; в столбце – сверху вниз.

Последовательно определяем значения параметров $z_1 - z_6$

$$z_1 = 1, \text{ т.к. } Q_1 = 1, x_1 = 1;$$

$$z_2 = 1, \text{ т.к. } Q_2 = 1, z_1 = 1;$$

$$z_3 = 0, \text{ т.к. } Q_3 = 1, z_2 = 1, z_6 = 0.$$

Равенство $z_6 = 0$ следует из выражения $z_6 = Q_6 z_1 z_5$, где Q_6 и z_1 равны единице, а $z_5 = 0$, т.к. $Q_5 = 0$.

$$z_4 = 1, \text{ т.к. } Q_4 = 1, x_4 = 1;$$

$$z_5 = 0, \text{ т.к. } Q_5 = 0, z_4 = 1;$$

$$z_6 = 0, \text{ т.к. } Q_6 = 1, z_1 = 1, z_5 = 0.$$

Запишем результат решения в виде последовательности единиц и нулей в порядке возрастания номера параметра z : 110100.

Ответ: 110100.

Пример 6.

Заполните строку таблицы функций неисправностей, соответствующую результатам проверки выходного параметра шестого функционального элемента для всей совокупности технических состояний объекта, схема которого приведена на рис. 11.

Решение. Заполнение по строкам таблицы функций неисправностей сводится к определению зависимости выходов блоков модели от всех переменных.

Определим эту зависимость для выходного параметра z_6 :

$$\begin{aligned} z_6 &= Q_6 z_1 z_5 = Q_6 (Q_1 x_1) z_5 = Q_6 Q_1 x_1 (Q_5 z_4) = Q_6 Q_1 Q_5 x_1 (Q_4 x_4) = \\ &= Q_1 Q_4 Q_5 Q_6 x_1 x_4. \end{aligned}$$

Как видно из полученного выражения, значение параметра z_6 , являющегося выходным параметром шестого блока, зависит от технического состояния этого блока (Q_6) и технических состояний блоков предшественников 1, 4 и 5.

В случае неисправности любого из них контроль параметра z_6 даст отрицательный результат («0»).

Запишем результат решения в виде последовательности единиц и нулей в порядке возрастания номера функционального элемента, учитывая при этом, что первый, четвертый, пятый и шестой элементы строки – нули, а остальные – единицы. В результате получим: 011000.

Ответ: 011000.

Пример 7.

Для объекта, схема которого приведена на рис. 12, определите значения сигналов на выходах локальных средств диагностирования блоков и функции неисправностей этих блоков, если неисправны блоки 2 и 6.

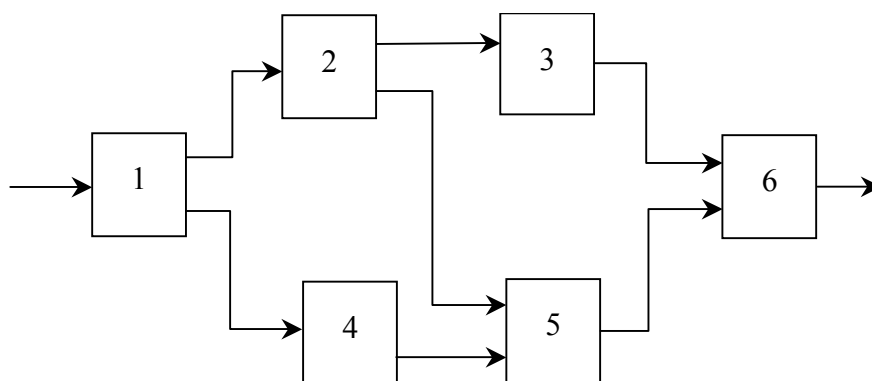


Рис. 12

Решение. Определим значения сигналов f_i на выходах локальных средств диагностирования блоков 1 – 6 устройства.

Очевидно, что вследствие неисправностей блоков 2 и 6 значения f_2 и f_6 на выходах локальных средств диагностирования этих блоков будут равны нулю, т. е. $f_2 = f_6 = 0$.

Остальные блоки устройства (1, 3, 4, 5) исправны. Значение f_i на выходе средств диагностирования исправных блоков будет равно единице только в том случае, если входные сигналы этих блоков в допуске. К таким блокам относятся блоки 1 и 4. Значит, можно записать $f_1 = f_4 = 1$.

На входы исправных блоков 3 и 5 поступают сигналы с выхода неисправного блока 2. Неисправность блока 2 приведет к тому, что какой-нибудь из его выходных параметров или оба вместе выйдут из областей допустимых значений. В результате выходные параметры блоков 3 и 5 или обоих вместе также выйдут из областей допустимых значений. В зависимости от того, какие выходные параметры блока 2 вышли из областей допустимых значений, на выходах локальных средств диагностирования блоков 3 и 5 могут установиться сигналы, равные нулю или единице, т. е. значения этих сигналов неопределенны. Тогда запишем $f_3 = f_5 = x$, где $x = (0 \text{ или } 1)$.

Запишем выражения для функций неисправностей блоков:

$$\varphi_1 = \overline{f_1}, \text{ т.к. блок 1 не имеет предшественников;}$$

$$\varphi_2 = \overline{f_2}f_1, \text{ т.к. предшественником блока 2 является блок 1;}$$

$$\varphi_3 = \overline{f_3}f_2, \text{ т.к. предшественником блока 3 является блок 2;}$$

$$\varphi_4 = \overline{f_4}f_1, \text{ т.к. предшественником блока 4 является блок 1;}$$

$$\varphi_5 = \overline{f_5}f_2f_4, \text{ т.к. предшественниками блока 5 являются блоки}$$

2 и 4;

$\varphi_6 = \overline{f_6 f_3 f_5}$, т.к. предшественниками блока 6 являются блоки 3 и 5.

Подставляя в полученные выражения, вычисленные выше значения f_i , получим: $\varphi_1 = 0$; $\varphi_2 = 1$; $\varphi_3 = 0$; $\varphi_4 = 0$; $\varphi_5 = 0$; $\varphi_6 = x$.

4.2. Контрольная работа № 2

Пример 1.

Заданы вероятности состояний $P(S_i)$ функциональных элементов и время контроля t_i их выходных параметров: $P(S_1) = 0,2$; $P(S_2) = 0,3$; $P(S_3) = 0,25$; $P(S_4) = 0,15$; $P(S_5) = 0,1$; $t_1 = 2$ мин; $t_2 = t_4 = 1$ мин; $t_3 = 5$ мин; $t_5 = 0,5$ мин.

Способом «время-вероятность» определите, каким по счету будет контролироваться выходной параметр четвертого функционального элемента.

Решение. Рассчитаем отношения: $P(S_1)/t_1 = 0,2/2 = 0,1$; $P(S_2)/t_2 = 0,3/1 = 0,3$; $P(S_3)/t_3 = 0,25/5 = 0,05$; $P(S_4)/t_4 = 0,15/1 = 0,15$; $P(S_5)/t_5 = 0,1/0,5 = 0,2$.

Располагая в порядке уменьшения величины $P(S_i)/t_i$, получим следующую последовательность контроля параметров: $z_2 \rightarrow z_5 \rightarrow z_4 \rightarrow z_1 \rightarrow z_3$.

Рассматривая последовательность контроля параметров, определяем, что выходной параметр четвертого функционального элемента z_4 будет контролироваться третьим по счету.

Ответ: 3.

Пример 2.

Известно, что устройство, схема которого приведена на рис. 13, неисправно. Способом последовательного функционального анализа определите минимальное число контролируемых параметров, необходимых для определения неисправности пятого функционального элемента.

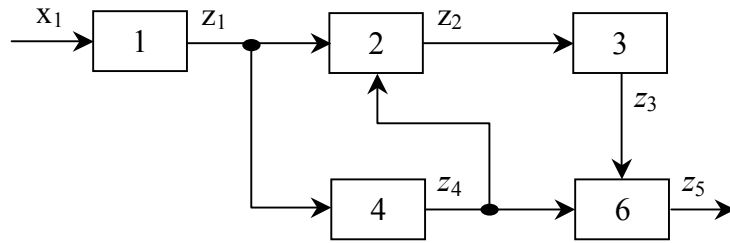


Рис. 13

Решение. Так как известно, что устройство неисправно, начинать поиск неисправного функционального элемента способом последовательного функционального анализа можно с контроля параметра z_3 или z_4 .

Решение о неисправности пятого функционального элемента можно сделать тогда, когда результаты контроля параметров z_3 и z_4 положительны, т. е. параметры в допуске.

Начнем с контроля параметра z_4 . Если параметр z_4 в допуске, то неисправными могут быть функциональные элементы 2, 3 или 5. Чтобы определить техническое состояние пятого функционального элемента, необходимо проконтролировать параметр z_3 . То есть решение о неисправности пятого функционального элемента может быть принято в результате контроля двух параметров z_4 и z_3 .

Начнем с контроля параметра z_3 . Если параметр z_3 в допуске, то неисправным может быть только пятый функциональный элемент, т.к. результат контроля зависит от технического состояния 1, 2, 3 и 4 функциональных элементов. Неисправность любого из них приведет к тому, что результат контроля z_3 будет отрицательным.

Во втором случае решение о неисправности пятого функционального элемента может быть принято в результате контроля одного параметра z_3 .

Ответ: 1.

Пример 3.

Последовательный контроль выходных параметров функциональных элементов 5, 4 и 3 (рис. 13) способом последовательного функционального анализа показал, что выходные параметры функционального элемента 4 в допуске, а 5 не в допуске. Среди каких функциональных элементов находится неисправный?

Решение. Отрицательный результат контроля параметра z_5 говорит о наличии неисправного функционального элемента. По условию задачи следующим контролируется параметр z_4 и результат его контроля положителен. Обратившись к функциональной схеме устройства, видим, что неисправными могут быть 2, 3 и 5 функциональные элементы.

Четвертый и первый функциональные элементы не могут быть неисправными. Четвертый – потому, что его выходной параметр z_4 в допуске, а первый – потому, что его выходной параметр z_1 подается на вход четвертого функционального элемента.

Ответ: 2, 3, 5.

Пример 4.

Последовательный контроль выходных параметров функциональных элементов 5, 4, 3 (рис. 13) способом последовательного функционального анализа показал, что выходные параметры функционального элемента 4 в допуске, а 5 и 3 не в допуске.

На следующем шаге принимаем решение:

- 1) неисправен третий функциональный элемент;
- 2) неисправность не обнаружена; контролируем z_2 ;
- 3) неисправность не обнаружена; контролируем z_1 .

Решение. Отрицательный результат контроля z_5 говорит о неисправности устройства. При положительном результате контроля следующего по условию задачи параметра z_4 делаем вывод о том, что неисправными могут быть 2, 3 или 5 функциональные элементы. Отрицательный результат контроля говорит о том, что неисправными могут быть 2 или 3 функциональные элементы. Чтобы определить, какой из них неисправен, необходимо осуществить контроль параметра z_2 .

Ответ: 2.

Пример 5.

Используя инженерный способ построения алгоритма поиска неисправностей, определите минимальное число контролируемых параметров, необходимых для определения неисправности пятого функционального элемента (рис. 14).

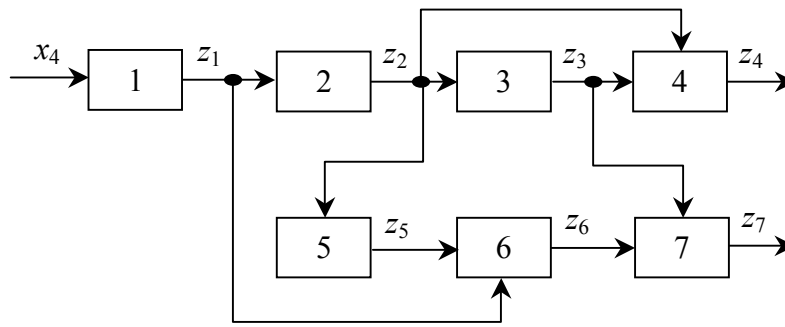


Рис. 14

Решение. Для схемы, приведенной на рис. 14 заполним таблицу функций неисправностей и вычислим значения функции предпочтения W_4 для случая поиска неисправностей (табл. 1).

Таблица 1

z_i	S_i							W_4
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	
z_1	0	1	1	1	1	1	1	5
z_2	0	0	1	1	1	1	1	3
z_3	0	0	0	1	1	1	1	1
z_4	0	0	0	0	1	1	1	1
z_5	0	0	1	1	0	1	1	1
z_6	0	0	1	1	0	0	1	1
z_7	0	0	0	1	0	0	0	5

Из таблицы видно, что при поиске неисправностей инженерным способом в устройстве, схема которого приведена на рис. 14, первым для контроля может быть выбран параметр z_3, z_4, z_5 или z_6 , так как функция предпочтения при контроле этих параметров минимальна и одинакова.

Чтобы определить минимальное число контролируемых параметров, необходимых для определения неисправности пятого функционального элемента, требуется рассмотреть возможные варианты алгоритма поиска.

Пусть первым контролируется параметр z_3 . В результате контроля параметра z_3 таблица 1 делится на две части: в первую часть входят функциональные элементы 1, 2 и 3, для которых результат контроля z_3 отрицателен, в другую часть входят функциональные элементы 4, 5, 6 и 7, для которых результат контроля положителен.

Так как неисправный функциональный элемент входит во вторую часть, то представим эту часть в виде таблицы 2.

Таблица 2

Определим для этой таблицы значения функции предпочтения W_4 . По минимуму W_4 в табл. 2 выбираем для контроля параметр z_6 .

z_i	S_i				W_4
	S_4	S_5	S_6	S_7	
z_4	0	1	1	1	2
z_5	1	0	1	1	2
z_6	1	0	0	1	0
z_7	1	0	0	0	2

В результате контроля параметра z_6 табл. 2 разбивается на две части: в одну часть входят функциональные элементы 5 и 6, для которых результат контроля z_6 отрицателен, а в другую часть – элементы 4 и 7, для которых результат контроля z_6 положителен.

Так как пятый функциональный элемент входит в первую часть, то представим эту часть в виде таблицы 3. Определим для этой таблицы значения функции предпочтения. По минимуму W_4 в табл. 3 выбираем для контроля параметр z_5 . При отрицательном результате контроля z_5 неисправным будет пятый функциональный элемент.

Таким образом, если алгоритм поиска неисправности начинается с контроля параметра z_3 , то для определения неисправности пятого функционального элемента необходимо проконтролировать параметры z_3 , z_6 и z_5 .

Таблица 3

Пусть алгоритм поиска неисправности начинается с контроля параметра z_4 . Контроль z_4 разбивает табл. 1 на две части. В первую часть входят функциональные элементы 1, 2, 3 и 4, для которых результат контроля z_4 отрицателен, в другую часть – функциональные элементы 5, 6 и 7, для которых результат контроля положителен.

z_i	S_i		W_4
	S_5	S_6	
z_5	0	1	0
z_6	0	0	2

Так как неисправный элемент входит во вторую часть, то представим эту часть в виде таблицы 4.

Таблица 4

Определим для этой таблицы значения функции предпочтения W_4 . По минимуму W_4 в табл. 4 мы можем выбрать для контроля либо параметр z_5 , либо z_6 . Выбираем z_5 , т.к. при неисправности пятого функционального элемента отрицательный результат контроля этого параметра однозначно указывает на его неисправность.

z_i	S_i			W_4
	S_5	S_6	S_7	
z_5	0	1	1	1
z_6	0	0	1	1
z_7	0	0	0	3

Отметим, что результат контроля z_5 не может быть иным, т.к. при положительном результате контроля z_5 неисправными могут

быть функциональные элементы 6 и 7, что противоречит условию задачи.

Таким образом, если алгоритм поиска неисправности начинается с контроля z_4 , то для определения неисправности пятого функционального элемента потребуется контроль только двух параметров z_4 и z_5 .

Решение задачи на этом может быть закончено, т.к. из табл. 1 следует, что неисправное состояние пятого функционального элемента не может быть выделено однократным контролем параметра z_5 или z_6 .

Ответ: 2.

Пример 6.

Какой функциональный элемент устройства, схема которого приведена на рис. 14, неисправен, если последовательность контроля параметров инженерным способом следующая: $z_6 = 0$; $z_2 = 1$; $z_5 = 1$.

Решение. Чтобы определить неисправный функциональный элемент, воспользуемся таблицей неисправностей (табл. 1).

Таблица 5

z_i	S_i			
	S_1	S_2	S_5	S_6
z_1	0	1	1	1
z_2	0	0	1	1
z_5	0	0	0	1
z_6	0	0	0	0

Выделим таблицу, соответствующую отрицательному результату контроля z_6 (табл. 5).

Согласно условию задачи, следующим контролируется параметр z_2 и результат его контроля положителен.

Таблица 6

z_i	S_i	
	S_5	S_6
z_5	0	1
z_6	0	0

Выделим из табл. 5 таблицу 6, соответствующую положительному результату контроля параметра z_2 .

Из таблицы 6 видно, что при положительном результате контроля z_5 неисправным является шестой функциональный элемент.

Ответ: 6.

Пример 7.

Объект диагностирования задан таблицей неисправностей (табл. 7) с вероятностями состояний. Стоимости контроля всех параметров одинаковы и равны единице. С контроля какого

параметра должен начинаться алгоритм поиска неисправностей способом ветвей и границ при заданных условиях?

Таблица 7

S_i	z_i						$P(S_i)$
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	
S_1	0	0	1	0	1	0	0,06
S_2	1	0	1	0	1	0	0,13
S_3	1	0	0	0	1	0	0,3
S_4	1	1	1	0	1	0	0,11
S_5	1	1	1	0	0	0	0,15
S_6	1	1	1	1	1	0	0,25

Решение. Чтобы определить параметр, с контроля которого должен начинаться алгоритм поиска неисправностей, необходимо вычислить нижнюю границу средней стоимости всего алгоритма поиска для всех параметров по формуле

$$C(z_i) = C \left[\sum_{i \in N} P(S_i) + \sum_{\lambda=1}^{l-1} P_{\lambda}^* + \sum_{v=1}^{N-l-1} P_v^* \right].$$

По минимальному значению нижней границы средней стоимости определим искомый параметр.

Пусть первым контролируется параметр z_1 . В результате контроля параметра z_1 множество технических состояний разбивается на два подмножества: подмножество, соответствующее случаю отрицательного результата контроля параметра $z_1 = 0$ $\{S_0(z_1)\}$, и подмножество, соответствующее случаю положительного результата контроля параметра $z_1 = 1$ $\{S_1(z_1)\}$.

Для подмножества $S_0(z_1)$ последовательность значений вероятностей будет состоять из одного значения $P(S_1) = 0,06$, а для подмножества $S_1(z_1)$ составим первую последовательность: $P(S_4) = 0,11$; $P(S_2) = 0,13$; $P(S_5) = 0,15$; $P(S_6) = 0,25$; $P(S_3) = 0,3$. Затем определим сумму двух наименьших вероятностей: $P_1^* = 0,11 + 0,13 = 0,24$.

Составим вторую последовательность: $P(S_5) = 0,15$; $P_1^* = 0,24$; $P(S_6) = 0,25$; $P(S_3) = 0,3$. Затем определим $P_2^* = 0,15 + 0,24 = 0,39$.

Составим третью последовательность: $P(S_6) = 0,25$; $P(S_3) = 0,3$; $P_2^* = 0,39$. Затем определим $P_3^* = 0,25 + 0,3 = 0,55$.

И, наконец, составим четвертую последовательность: $P_2^* = 0,39$, $P_3^* = 0,55$ и определим $P_4^* = 0,39 + 0,55 = 0,94$.

Учитывая, что нижние границы стоимости $C_n(S_0)$ или $C_n(S_1)$ равны нулю, если соответствующее подмножество содержит одно состояние, и что стоимость контроля всех параметров равна единице, запишем

$$C_n(z_1) = (1 + 0 + (0,24 + 0,39 + 0,55 + 0,94)) = 1 + 2,12 = 3,12.$$

При контроле параметра z_2 множество технических состояний разбивается на два подмножества: $S_0(z_2)$ и $S_1(z_2)$.

Для подмножества $S_0(z_2)$ последовательность значений вероятностей будет состоять из трех значений: $P(S_1) = 0,06$; $P(S_2) = 0,13$; $P(S_3) = 0,3$. Определим сумму двух наименьших вероятностей $P_1^* = 0,06 + 0,13 = 0,19$. Вторая последовательность будет содержать два значения: $P_1^* = 0,19$; $P(S_3) = 0,3$. Определим $P_2^* = 0,19 + 0,3 = 0,49$. Тогда нижняя граница стоимости $C_n(S_0) = P_1^* + P_2^* = 0,19 + 0,49 = 0,68$.

Для подмножества $S_1(z_2)$ последовательность значений вероятностей будет также состоять из трех значений: $P(S_4) = 0,11$; $P(S_5)$; $P(S_6) = 0,25$.

Сумма двух наименьших вероятностей $P_1^* = 0,11 + 0,15 = 0,26$.

Вторая последовательность будет содержать два значения: $P(S_6) = 0,25$; $P_1^* = 0,26$, а $P_2^* = 0,25 + 0,26 = 0,51$. Тогда нижняя граница стоимости $C_n(S_1) = P_1^* + P_2^* = 0,26 + 0,51 = 0,77$.

Нижняя граница средней стоимости всего алгоритма поиска неисправностей, начинающегося с контроля параметра z_2 , будет равна

$$C_n(z_2) = 1 + 0,68 + 0,77 = 2,45.$$

Поступая аналогичным образом при контроле параметров z_3 , z_4 , z_5 , получим нижние границы стоимости при контроле соответствующих параметров: $C_n(z_3) = 2,57$; $C_n(z_4) = 2,65$; $C_n(z_5) = 2,87$.

Алгоритм поиска неисправностей не может начинаться с контроля параметра z_6 , т.к. контроль этого параметра не различает ни одного технического состояния.

Из результатов вычислений нижних границ средней стоимости следует, что минимальной стоимостью будет обладать алгоритм поиска, начинающийся с контроля параметра z_2 .

Ответ: z_2 .

Пример 8.

Объект диагностирования задан таблицей неисправностей (табл. 7). Стоимость контроля всех параметров одинакова и равна единице.

Вычислите значение стоимости нижней границы алгоритма поиска неисправностей способом ветвей и границ при контроле набора параметров z_2, z_1, z_4 .

Решение. При решении подобных задач следует помнить, что последовательность параметров, для которых следует определить значение стоимости нижней границы алгоритма, вполне определенная. Первым записывается параметр, с контроля которого начинается алгоритм поиска неисправностей, вторым – параметр, который контролируется в случае отрицательного исхода контроля первого параметра, а третьим – в случае положительного исхода контроля этого параметра.

Вычислим значение стоимости нижней границы для заданного набора параметров (z_2, z_1, z_4) .

Построим матрицу (табл. 8) состояний подмножеств $S_0(z_2)$ и $S_1(z_2)$.

Таблица 8

S_i	z_i						$P(S_i)$	
	z_2	z_1	z_4	z_3	z_5	z_6		
S_1	0	0	0	1	1	0	0,06	$S^{00}(z_2, z_1)$
S_2	0	1	0	1	1	0	0,13	$S^{01}(z_2, z_1)$
S_3	0	1	0	0	1	0	0,3	
S_4	1	1	0	1	1	0	0,11	$S^{10}(z_2, z_4)$
S_5	1	1	0	1	0	0	0,15	
S_6	1	1	1	1	1	0	0,25	$S^{11}(z_2, z_4)$

Контроль параметра z_1 позволяет различать состояния S_1, S_2, S_3 , т.к. этот параметр контролируется в случае отрицательного результата контроля z_2 (табл. 8).

Тогда сумма вероятностей этих состояний будет равна

$$P(S_1) + P(S_2) + P(S_3) = 0,06 + 0,13 + 0,3 = 0,49.$$

При контроле параметра z_1 из подмножества рассмотренных технических состояний выделяется только одно состояние S^{00} (табл. 8). Верхний индекс означает, что данное техническое состояние выделяется при отрицательном результате контроля параметров z_2 и z_1 . Тогда $C_n(S_1^{00}) = 0$.

В случае отрицательного результата контроля параметра z_2 и положительного z_1 из подмножества $S_0(z_2)$ выделяются два состояния S_2 и S_3 (табл. 8). В результате

$$C_H(S^{01}) = \sum P_v^* = P(S_2) + P(S_3) = 0,13 + 0,3 = 0,43.$$

При контроле параметра z_4 различаются состояния S_4, S_5, S_6 . Сумма вероятностей состояний будет равна

$$P(S_4) + P(S_5) + P(S_6) = 0,11 + 0,15 + 0,25 = 0,51.$$

Кроме того, при положительном исходе контроля z_4 из подмножества $S_1(z_2)$ выделяется только одно состояние S_6 , а при отрицательном – два S_4 и S_5 , следовательно

$$C_H(S^{11}) = 0;$$

$$C_H(S^{10}) = \sum P_\lambda^* = P(S_5) + P(S_4) = 0,15 + 0,11 = 0,26.$$

Тогда значение стоимости нижней границы при контроле параметров z_2, z_1, z_4 будет равно

$$C_H(z_2, z_1, z_4) = (1 + 0,49 + 0,43 + 0,51 + 0,26) = 2,69.$$

Ответ: 2,69.

4.3 Контрольная работа № 3

Пример 1.

Используя правила упрощения таблиц покрытий, преобразуйте табл. 9 и запишите полученное покрытие.

Таблица 9

A		U									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П	1		1	1				1		1	
	2	1	1	1		1		1		1	
	3	1			1		1		1		
	4	1			1				1		1
	5		1			1		1	1	1	
	6	1			1				1		1

Решение. Упрощение таблицы начнем с выделения ядра. Такой строкой является строка 3. После удаления покрываемых этой строкой столбцов 1, 4 и 8 получим таблицу 10.

Таблица 10

A		U							
		2	3	5	6	7	9	10	
П	1	1	1			1	1		

	2	1	1	1		1	1	
	3				1			
	4							1
	5	1		1		1	1	
	6							1

Объединив в этой таблице одинаковые строки 4 и 6 и удалив поглощаемые строкой 2 строки 1 и 5, получим таблицу 11. Объединив в табл.11 одинаковые столбцы 2, 3, 5, 7 и 9, получим таблицу 12.

Нетрудно заметить, что таблица имеет единственное (следовательно, минимальное) покрытие, содержащее три строки таблицы (z_2, z_3, z_4).

Необходимо отметить, что приемы упрощения таблицы покрытий могут применяться в произвольном порядке.

Таблица 11

A		U						
		2	3	5	6	7	9	10
П	2	1	1	1		1	1	
	3				1			
	4							1

Таблица 12

A		U		
		2	6	10
П	2	1		
	3		1	
	4			1

Ответ: z_2, z_3, z_4 .

Пример 2.

Используя функцию предпочтения «максимальная строка» постройте покрытие табл. 9 и перечислите строки в порядке возрастания номера, вошедшие в это покрытие.

Решение. Условимся, что при решении задач оптимизации таблиц покрытий с использованием функций предпочтения правилами упрощения таблиц пользоваться не будем.

Подсчитаем число единиц в каждой строке табл. 9.

Максимальной строкой является строка 2, имеющая 6 единиц. Включаем строку 2 в искомое покрытие и вычеркиваем покрываемые ею столбцы 1, 2, 3, 5, 7 и 9.

В результате исходная таблица 9 преобразуется в таблицу 13.

Таблица 13

A		U			
		4	6	8	10
П	1				
	3	1	1	1	

Из таблицы видно, что на следующем шаге в искомое покрытие могут быть включены строки 3, 4 и 6, имеющие одинаковое количество единиц – три.

	4	1		1	1
	5			1	
	6	1		1	1

Считаем максимальной строкой строку 3, покрывающую столбцы 4, 6 и 8. Включаем строку 3 в искомое покрытие и вычеркиваем покрываемые этой строкой столбцы.

Оставшийся непокрытым столбец 10 покрывается строками 4 и 6.

Таким образом, получаем два полных покрытия (2, 3, 4) и (2, 3, 6).

Если на втором шаге максимальной строкой считать строку 4, покрывающую столбцы 4, 8 и 10, то получим одно полное покрытие (2, 3, 4).

Такое же покрытие получим, если максимальной строкой будем считать строку 6, т.к. строки 4 и 6 одинаковы.

Как видим из приведенного решения, результат решения может зависеть от выбора продолжения решения при равных значениях функции предпочтения. Поэтому правильными будут ответы: (2, 3, 4), (2, 3, 6) и (2, 3, 4).

Ответ: (2, 3, 4), (2, 3, 6) и (2, 3, 4).

Пример 3.

Используя функцию предпочтения «минимальный столбец – максимальная строка» определите, какая строка таблицы покрытий (табл. 14) будет выбрана на втором шаге построения покрытий.

Таблица 14

A		U							
		1	2	3	4	5	6	7	8
П	1		1		1	1	1		1
	2	1		1				1	
	3		1			1		1	1
	4	1	1	1	1				
	5	1			1	1	1	1	1
	6	1	1		1		1		1

Решение. Наименьшее количество единиц содержится в столбце 3. Среди строк 2 и 4, содержащих единицы в минимальном

столбце, максимальной строкой является строка 4. Ее включаем в искомое покрытие.

После удаления столбцов покрываемых строкой 4, получим таблицу 15.

Таблица 15

A		U			
		5	6	7	8
П	1	1	1		1
	2			1	
	3	1		1	1
	5	1	1	1	1
	6		1		1

Как видно из таблицы, столбцы 5, 6 и 7 содержат по 3 единицы и являются минимальными. Среди строк, содержащих единицы в минимальных столбцах, максимальной является строка 5.

Поэтому на втором шаге выбираем строку 5 и включаем ее в исходное покрытие.

Ответ: 5.

Пример 4.

Какова цена полных покрытий, полученных путем обработки таблицы покрытий (табл. 16) с использованием функции предпочтения «минимальная цена – максимальная строка»?

Таблица 16

A		U								C
		1	2	3	4	5	6	7	8	
П	1		1		1	1	1		1	2
	2	1		1				1		1
	3		1			1		1	1	1
	4	1	1	1	1					4
	5	1			1	1	1	1	1	2
	6	1	1		1		1		1	5

Решение. В таблице 16 две строки 2 и 3 имеют минимальную цену 1. Выбираем из них максимальную строку 3 и включаем ее в покрытие.

После вычеркивания строки 3 и покрываемых ею столбцов 2, 5, 7 и 8, получим таблицу 17.

Таблица 17 имеет единственную строку 2 с минимальной ценой. Эта же строка по условию является максимальной и включается в покрытие.

Вычеркиванием строки 2 и покрываемых ею столбцов 1 и 3, получим таблицу 18. Таблица имеет две равноценные строки 1 и 5. Эти строки имеют и одинаковую цену 2 и одинаковое количество единиц в строке. Кроме того, любая из них покрывает оба оставшихся столбца.

Таким образом, получаем два полных покрытия (1, 2, 3) и (2, 3, 5).

Чтобы определить цену покрытия, необходимо просуммировать цены входящих в покрытие проверок.

В данном случае цена покрытий равна 4.

Ответ: 4.

Пример 5.

Пусть на вход сумматора по модулю два сигнатурного анализатора поступает двоичная последовательность 11101111001110011111. Определите сигнатуру в шестнадцатеричном формате, которая будет сформирована из данной последовательности.

Решение. Чтобы определить сигнатуру в шестнадцатеричном формате, необходимо сначала рассчитать двоичную последовательность на выходе сумматора по модулю два.

Первые семь битов входной и выходной последовательностей совпадают.

Каждый бит, начиная с восьмого, последовательно вычисляем по формуле

$$b_i = \begin{cases} a_i & \text{при } b_{i-16} \oplus b_{i-12} \oplus b_{i-9} \oplus b_{i-7} = 0, \\ \overline{a_i} & \text{при } b_{i-16} \oplus b_{i-12} \oplus b_{i-9} \oplus b_{i-7} = 1. \end{cases}$$

$$b_8 = \begin{cases} a_8 & \text{при } b_1 = 0, \\ \overline{a_8} & \text{при } b_1 = 1. \end{cases}$$

Так как $b_1 = a_1 = 1$, то $b_8 = \overline{a_8} = 0$.

Таблица 17

A		U				C
		1	3	4	6	
П	1			1	1	2
	2	1	1			1
	4	1	1	1		4
	5	1		1	1	2
	6	1		1	1	5

Таблица 18

A		U		C
		4	6	
П	1	1	1	2
	4	1		4
	5	1	1	2
	6	1	1	5

$$b_9 = \begin{cases} a_9 & \text{при } b_2 = 0, \\ \overline{a_9} & \text{при } b_2 = 1. \end{cases}$$

Так как $b_2 = a_2 = 1$, то $b_9 = \overline{a_9} = 1$.

$$b_{10} = \begin{cases} a_{10} & \text{при } b_1 \oplus b_3 = 0, \\ \overline{a_{10}} & \text{при } b_1 \oplus b_3 = 1. \end{cases}$$

Так как $b_1 = a_1 = 1$, $b_3 = a_3 = 1$, $b_1 \oplus b_3 = 1 \oplus 1 = 0$, то $b_{10} = a_{10} = 0$.

$$b_{17} = \begin{cases} a_{17} & \text{при } b_1 \oplus b_5 \oplus b_8 \oplus b_{10} = 0, \\ \overline{a_{17}} & \text{при } b_1 \oplus b_5 \oplus b_8 \oplus b_{10} = 1. \end{cases}$$

Так как $b_1 = a_1 = 1$, $b_5 = a_5 = 1$, $b_8 = 0$, $b_{10} = 0$,
 $b_1 \oplus b_5 \oplus b_8 \oplus b_{10} = 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 = 0$, то $b_{17} = a_{17} = 1$.

Вычисленные значения дают двоичную последовательность на выходе сумматора по модулю два.

Запишем обе последовательности:

Номер i бита	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
a_i	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
b_i	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0

⋮
⏟
Р
⏟
9
⏟
Н
⏟
8

После «отсечения» первых четырех битов $b_1b_2b_3b_4$ (так как $n - 16 = 20 - 16 = 4$) остающаяся последовательность представляет собой двоичный код сигнатуры. Перевод в шестнадцатеричный формат дает сигнатуру Р9Н8.

Ответ: Р9Н8.