

Лекция 9

МАШИННО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ ТЕСТОВ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ ПО D-АЛГОРИТМУ

D-алгоритм является дальнейшим развитием концепции активизации путей проверяемой схемы. В отличие от метода одномерной активизации данный алгоритм основан на возможности одновременной активизации всевозможных путей (как одномерных так и многомерных) от места возникновения неисправности ко всем выходам схемы. Формальное описание алгоритма базируется на D-исчислении – модифицированном кубическом исчислении булевых функций.

1. D-исчисление

D - и с ч и с л е н и е представляет собой p - исчисление, дополненное следующими понятиями и определениями.

D - к у б . Это определенное над опорными координатами вентиля либо схемы множество, состоящее из элементов $\{0,1,x,\bar{d}\}$ и составленное таким образом, чтобы хотя бы одной входной и одной выходной координатам соответствовал символ d либо \bar{d} . Символы d, \bar{d} могут принимать значения из множества $\{0,1\}$.

D-куб имеет **к р а т н о с т ь** k (будем также называть такой его n -мерным кубом), если символы d либо \bar{d} соответствуют k входным координатам. D - куб кратности 1 называется **п р о с т ы м** .

Формально построение d -куба сводится к по парному пересечению кубов из единичного и нулевого вырожденных покрытий по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} 0 \cap 0 &= 0 \cap x = 0, \\ 1 \cap 1 &= 1 \cap x = 1, \\ x \cap x &= x, \\ 1 \cap 0 &= \bar{d}, \\ 0 \cap 1 &= d. \end{aligned}$$

Например, для элемента 2 ИЛИ d -кубы можно построить следующим образом:

		1	2	3	
C1	1	x	1	1	
C2	x	1	1	1	
C3	0	0	0	0	
простой d -куб	C4	d	0	d	C1 \cap C3
простой d -куб	C5	0	d	d	C2 \cap C3
d -куб кратности 2	C6	d	\bar{d}	\bar{d}	(C1 \cap C2) \cap C3
простой d -куб	C7	0	\bar{d}	\bar{d}	C5

Два d -куба, один из которых получен из другого путем замены всех символов d на \bar{d} или наоборот без изменения остальных символов, являются равносильными и называются **э к в и в а л е н т н ы м и** .

Физическая интерпретация d -куба.

В простом d -кубе отражается факт управляемости выхода вентиля от одного входа; в кратном кубе выходом управляют одновременно несколько входов.

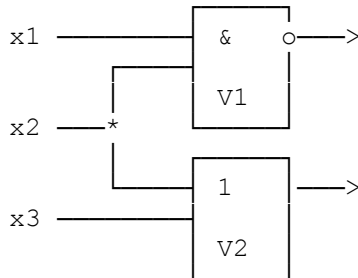
D - куб неисправности.

Это понятие используется для выражения теста неисправности вентиля либо схемы в целом через входные и выходные координаты. D - куб неисправности состоит из входного набора (локального теста) и символов d, \bar{d} на выходных координатах. Локальный тест строится над входными координатами вентиля таким образом, чтобы под его воздействием неисправность проявлялась (наблюдалась) на выходе вентиля (схемы). Символ d говорит о том, что элемент (схема) в исправном состоянии на выходе должен иметь 1, в неисправном - 0; для символа \bar{d} - наоборот. Различают примитивный и сложный d-кубы неисправности вентиля и d-куб неисправности схемы. **П р и м и т и в н ы й** d-куб строится над координатами одного вентиля, **с л о ж н ы й** d-куб - над координатами нескольких вентилях. **D - куб неисправности схемы** задается над входными и выходными координатами схемы. Например, для неисправности $=0$ на выходе элемента 2 ИЛИ примитивный d-куб неисправности вентиля

1	2		3
1	x		d

говорит о том, что при подаче теста $\{1,x\}$ на входы вентиля на его выходе в исправном состоянии должна быть 1, а в неисправном - 0. При построении D-куба неисправности необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- если КТ, в которой моделируется неисправность, является внешним входом схемы, то D-куб неисправности составляется относительно одного или нескольких вентилях, которые питает данный вход, в зависимости от того какой путь (одномерный или многомерный) будет активизироваться. Так, например, для приводимого ниже фрагмента схемы D-куб неисправности $x1=1$ при попытке ак-



тивизации одномерного пути $\{x2, V1, \dots\}$ необходимо составлять относительно одного вентиля - V1:

x1	x2		V1
1	0		d

Если же требуется активизировать многомерный путь $\{x2 < \begin{matrix} V1 \rightarrow \\ V2 \rightarrow \end{matrix} \dots\}$,

то D-куб неисправности должен быть построен относительно вентилях V1 и V2 :

$$\begin{matrix} \begin{matrix} x1 & x2 & | & V1 \\ \hline 1 & 0 & | & d \end{matrix} & \text{и} & \begin{matrix} x2 & x3 & | & V2 \\ \hline 0 & 0 & | & \bar{d} \end{matrix} & = & \begin{matrix} x1 & x2 & x3 & | & V1 & V2 \\ \hline 1 & 0 & 0 & | & d & \bar{d} \end{matrix} \end{matrix}$$

При моделировании неисправности на непосредственном входе (выходе) элемента схемы D-куб неисправности составляется относительно вентиля, которому принадлежит рассматриваемый вход, вне зависимости от того, кто питает этот вход (выход другого

элемента или внешний вход схемы) и имеются ли ответвления в цепи данной КТ. Например, D-кубы неисправностей $V1.вх2=1$, $V1.вых=0$ в приведенном выше фрагменте схемы строятся относительно вентиля V1:

$$V1.вх2=1 : \begin{array}{cc|c} x1 & x2 & V1 \\ \hline 1 & 0 & d \end{array}, \quad V1.вых=0 : \begin{array}{cc|c} x1 & x2 & V1 \\ \hline 0 & x & d \end{array}.$$

D-куб неисправности на внешнем выходе схемы строится относительно вентиля, выход которого является выходом схемы.

D - пересечение. Эта операция выражает формализм активизации пути от места возникновения неисправности до выходов схемы. Этим обеспечивается наблюдаемость неисправности. Операция обозначается как \hat{d} и определяется над d-кубами на основе следующих соотношений:

$$\begin{aligned} x \underset{d}{\cap} x &= x; \\ 1 \underset{d}{\cap} 1 &= 1 \underset{d}{\cap} x = 1; \\ 0 \underset{d}{\cap} 0 &= 0 \underset{d}{\cap} x = 0; \\ 1 \underset{d}{\cap} 0 &= y; \\ x \underset{d}{\cap} d &= d; \\ x \underset{d}{\cap} \bar{d} &= \bar{d}; \\ 1 \underset{d}{\cap} d &= 1 \underset{d}{\cap} \bar{d} = 0 \underset{d}{\cap} d = 0 \underset{d}{\cap} \bar{d} = p; \\ d \underset{d}{\cap} d &= \bar{d} \underset{d}{\cap} \bar{d} = m; \\ d \underset{d}{\cap} \bar{d} &= j. \end{aligned}$$

Рассмотрим пример d-пересечения кубов:

	1	2	3	4	5	
C1	x	0	d	d	d	
C2	0	x	d	d	d	
C3	0	x	d	d	d	C2
C4	1	0	d	d	d	
C5	0	0	j	j	j	C1 \cap C2 d
C6	0	0	m	m	m	C1 \cap C3 d
C7	1	0	j	m	m	C1 \cap C4 d

П р а в и л о d-пересечения кубов.

Куб, являющийся результатом d-пересечения двух d-кубов неопределен, если он содержит символы y, p либо одновременно встречаются символы j и m. Если в кубе имеются символы j, но не m, то вместо пересечения $A \underset{d}{\cap} B$ необходимо выполнить $A \underset{d}{\cap} \bar{B}$. В случае наличия символов m пересечение производить по соотношениям:

$$d \underset{d}{\cap} d = d;$$

$$\bar{d} \underset{d}{\cap} \bar{d} = \bar{d}.$$

2. Тестирование КЛС по D-алгоритму

Синтез теста конкретной неисправности производится по следующему алгоритму.

А л г о р и т м D1 (Алгоритм тестирования отдельной неисправности k=h на базе D-исчисления).

1. Относительно выбранного вентиля **составляется D-куб Ch0** заданной неисправности.
2. **Описываются всевозможные пути L = {li}, порождаемые Кт k.**
3. **D-проход** (D-продвижение, прямая фаза).

Из списка L выбирается путь li (одномерный или многомерный и выполняется его активизация путем последовательного D-пересечения куба Ch0 с D-кубами вентиляй, лежащих на пути li. При этом на каждом шаге символ d либо \bar{d} "продвигается" по данному пути на выход очередного вентиля. Эта заканчивается по получении на выходной координате символа d либо \bar{d} . В результате на некотором n-шаге получаем D-куб неисправности схемы D"(li) с неопределенными выходными координатами вентиляй.

4. **Доопределение** (обратная фаза).

Этап предназначен для установки (доопределения) требуемых выходных значений куба D"(li), которые после d-прохода не обязательно обеспечены соответствующими входными значениями. Доопределение выполняется на основе операции D-пересечения куба D"(li) с соответствующими сингулярными кубами вырожденных покрытий вентиляй. Если же какую-либо из координат не удастся доопределить, т. е. всевозможные варианты пересечений образуют пустые либо неопределенные кубы, то активизация пути li прекращается, путь вычеркивается из списка L и производится переход на п.3 данного алгоритма. При этом, если список L окажется пустым, то это говорит о том, что ни один из путей, порождаемых КТ k, не активизируется и теста данной неисправности не существует. В этом случае она объявляется несущественной, и алгоритм прекращается. В случае же успешного доопределения получаем D-куб неисправности схемы D(li).

5. **Составление теста.**

Искомый тест t(k=h) составляется по входным координатам куба D(li).

Пример Синтезировать тест неисправности $V2.вых=0$ схемы Шнейдера (рис.9.1) по алгоритму D1 .

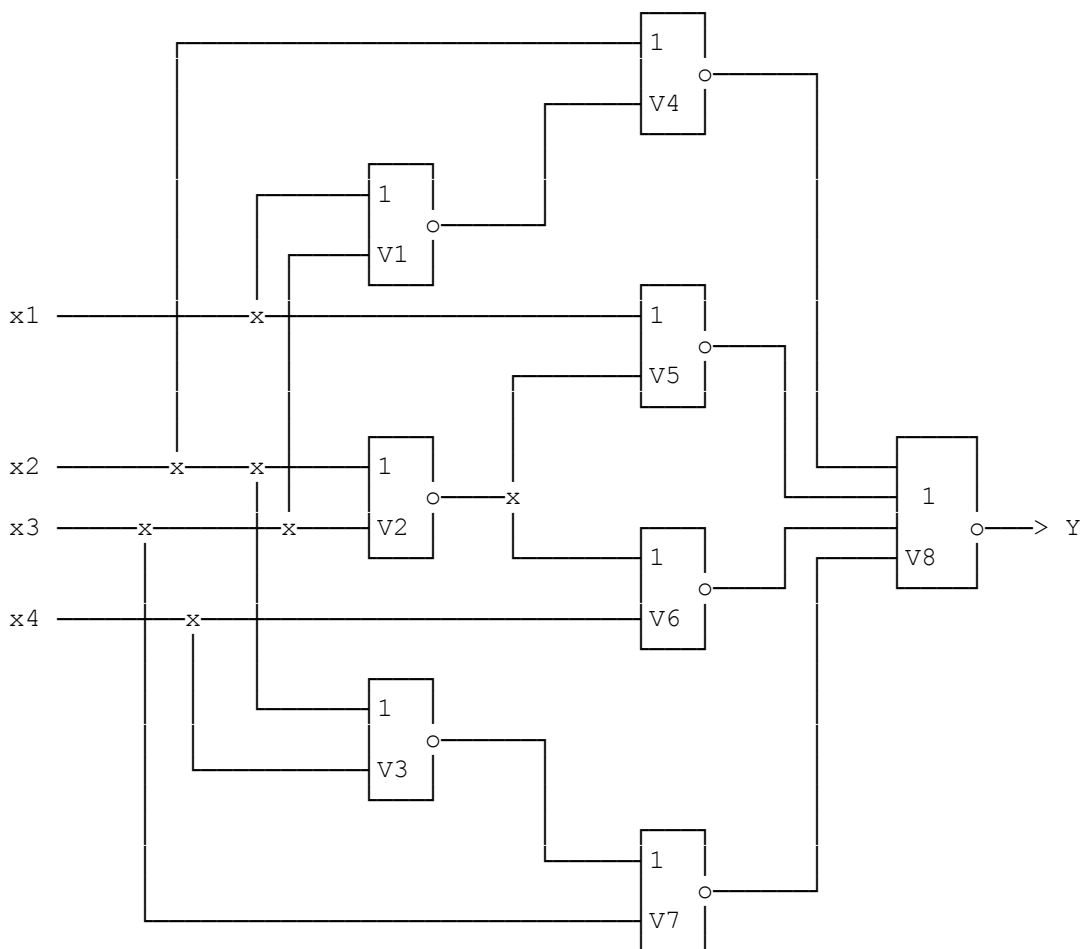


Рис.9.1 Синтез теста КН $V2=0$ схемы Шнейдера по одномерному пути l1

Для большей иллюстративности процесс построения теста будем отражать на схеме ОД (см. рис.9.2,9.3).

1. Составляем D-куб заданной неисправности относительно вентиля V2:

$$Ch1 = \begin{array}{cc|c} x2 & x3 & V6 \\ \hline 0 & 0 & d \end{array}$$

и показываем его на схеме.

2. КТ с неисправностью порождает два одномерных (l1 и l2) и один многомерный (l3) пути.

3. D-проход по пути $l1 = \{ V2, V5, V8 \}$.

Относительно вентилях схемы, через которые проходит путь l1, составляем D-кубы C2 и C3 так, чтобы обеспечить распространение символа \bar{d} (d) на выход Y.

Так как получили символ "d" на выходной координате схемы, то D-проход завершен; в результате него получили d-куб схемы $D''(l1)$:

Доопределение .

На этом этапе необходимо доопределить следующие координаты: $V_4=0$ и V_8 . Для этого находим сингулярные кубы $C_5 - C_8$, которые не противоречат другим, определенным ранее, координатам схемы. Так как доопределены все координаты схемы и нет противоречивых (пустых) пересечений, то процесс построения теста можно считать завершённым. Искомый тест содержится в кубе C_9 , образованном в результате пересечения всех показанных на схеме кубов:

$$C_9 = C_{h1} \underset{d}{\cap} C_2 \underset{d}{\cap} C_3 \underset{d}{\cap} \dots \underset{d}{\cap} C_8.$$

C_9 имеет следующую структуру :

$$C_9 = D(13) = \begin{array}{cccc|cccc|c} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 & v_6 & v_7 & v_8 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & d & 1 & 0 & \bar{d} & \bar{d} & 0 & d \end{array} .$$

По входным координатам куба $D(13)$ составляем искомый тестовый вектор:

$$t (V_{2..вых} = 0) = \begin{array}{cccc} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

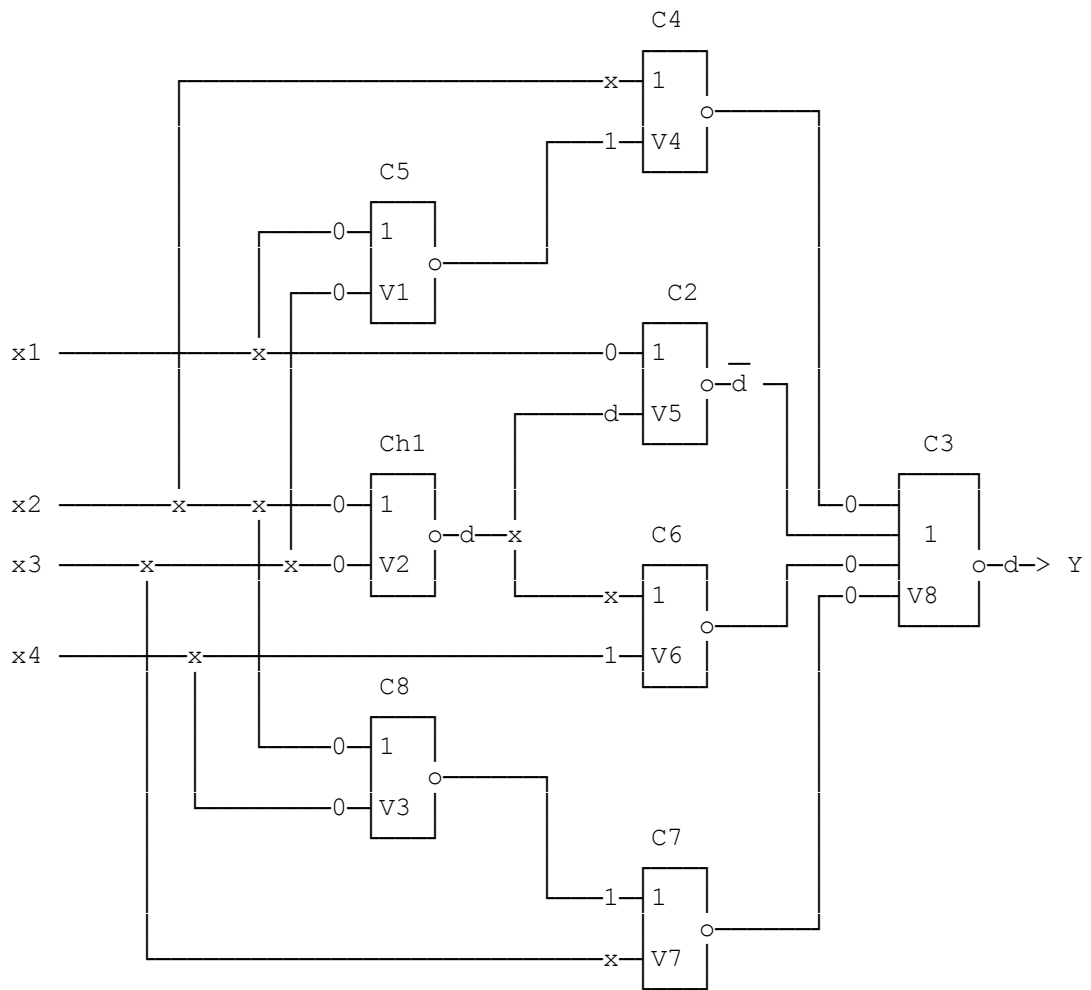


Рис. - Синтез теста КН $V_2=0$ схемы Шнейдера по одномерному пути l_1

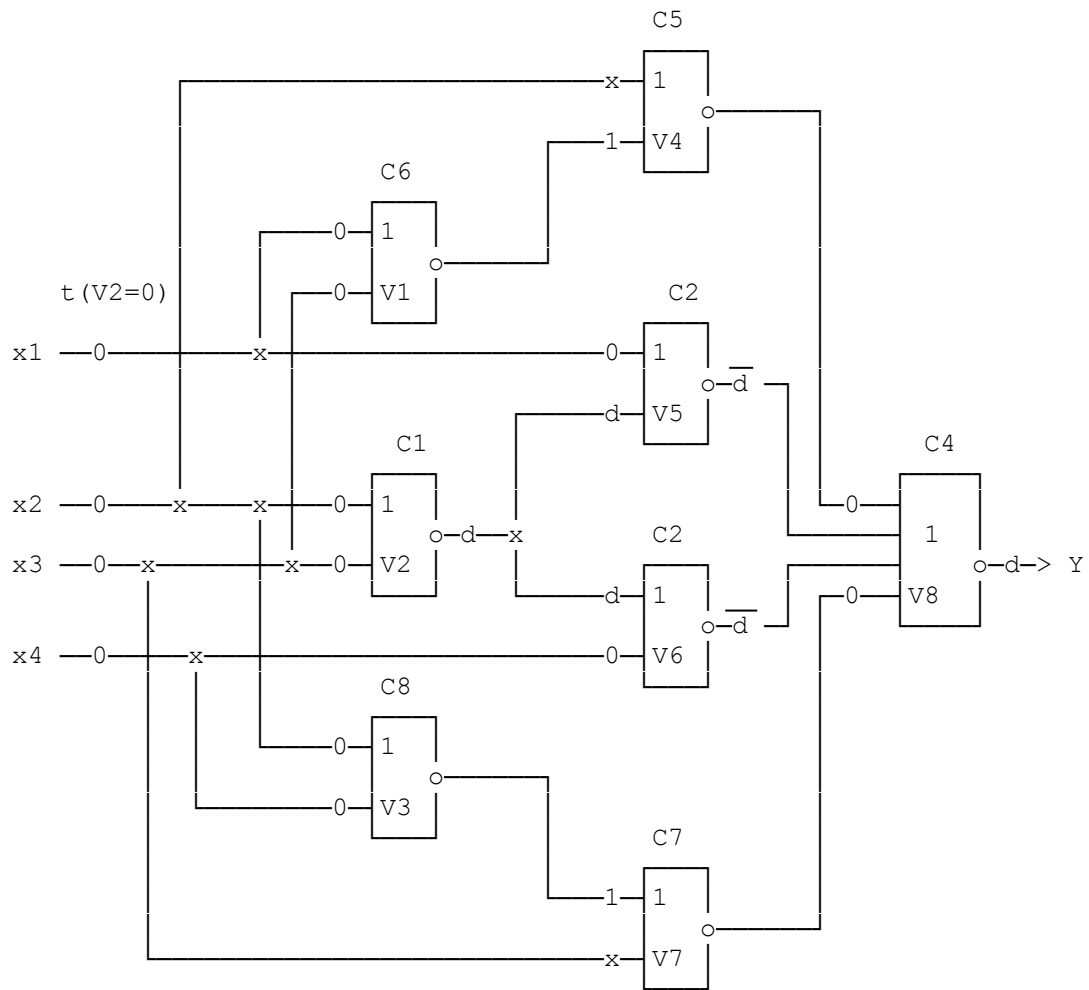


Рис. – Синтез теста КН $V2=0$ схемы Шнейдера по двумерному пути $L3$

Вопросы для самоконтроля

1. В чем преимущества многомерной активизации путей по сравнению с одномерной ?
2. Дайте общее определение d-куба.
3. Что такое кратность d-куба? Что такое простой d-куб?
4. Как строится d-куб?
5. Дайте физическую интерпретацию d-куба.
6. Что такое примитивный d-куб неисправности вентиля, схемы?
7. Назовите особенности составления d-куба неисправности вентиля для различных точек КЛС .
8. Чем d-куб отличается от примитивного d-куба неисправности вентиля?
- 9 . Перечислите правила d-пересечения скалярных величин.
9. Сформулируйте правило пересечения d-кубов. Что интерпретируют символы m , u , j , p ?
10. Приведите пример противоречивого и непротиворечивого d-пересечений кубов.
11. Перечислите этапы алгоритма D1.
12. Поясните термины: прямая (обратная) фаза, d-проход, d-продвижение, доопределение входов.