

D - algoritmus

D - dependent (angl.) - závislý - hodnoty na citlivej ceste.

Použitie symbolu **D** umožňuje formulovať systematický postup pre vytváranie citlivej cesty resp. viacerých citlivých ciest.

Pre symboly **D** a $\bar{\mathbf{D}}$ platia v **B** - algebre rovnaké pravidlá ako pre boolovské premenné.

Použitie symbolov **D** a $\bar{\mathbf{D}}$ je možné aj v metóde ISC, čím dosahujeme prehľadnejší zápis správnych aj poruchových hodnôt v obvode. Vytváraním citlivej cesty zabezpečujeme šírenie symbolu **D** resp. $\bar{\mathbf{D}}$ z miesta poruchy na primárny výstup.

Pät'hodnotový model šírenia signálov v obvode

h	0	1	X	D	$\bar{\mathbf{D}}$
$(\mathbf{h}_s, \mathbf{h}_p)$	$(0, 0)$	$(1, 1)$	(\mathbf{X}, \mathbf{X})	$(1, 0)$	$(0, 1)$

Citlivú cestu pre signál **D** ($\bar{\mathbf{D}}$) cez logické členy AND, NAND (OR, NOR) zaisťujú nielen hodnoty 1 (0), ale tiež privedenie ďalších signálov **D** ($\bar{\mathbf{D}}$).

$$1 \cup \mathbf{D} = (1, 1) \cup (1, 0) = (\{1 \cup 1\}, \{1 \cup 0\}) = (\{1\}, \{\mathbf{X}\}) = (1, \mathbf{X}) = \mathbf{B}$$

$$1 \cup \bar{\mathbf{D}} = (1, 1) \cup (0, 1) = (\{1 \cup 0\}, \{1 \cup 1\}) = (\{\mathbf{X}\}, \{1\}) = (\mathbf{X}, 1) = \mathbf{P}$$

$$0 \cup \mathbf{D} = (0, 0) \cup (1, 0) = (\{0 \cup 1\}, \{0 \cup 0\}) = (\{\mathbf{X}\}, \{0\}) = (\mathbf{X}, 0) = \bar{\mathbf{P}}$$

$$0 \cup \bar{\mathbf{D}} = (0, 0) \cup (0, 1) = (\{0 \cup 0\}, \{0 \cup 1\}) = (\{0\}, \{\mathbf{X}\}) = (0, \mathbf{X}) = \bar{\mathbf{B}}$$

Deväťhodnotový model šírenia signálov v obvode

h	0	1	X	D	$\bar{\mathbf{D}}$	B	$\bar{\mathbf{B}}$	P	$\bar{\mathbf{P}}$
$(\mathbf{h}_s, \mathbf{h}_p)$	(0, 0)	(1, 1)	(X, X)	(1, 0)	(0, 1)	(1, X)	(0, X)	(X, 1)	(X, 0)

Základné logické operácie sa vykonávajú zvlášť pre \mathbf{h}_s a \mathbf{h}_p jednotlivých operandov. Napr.

$$\mathbf{B} + \bar{\mathbf{D}} = (1, X) + (0, 1) = (\{1+0\}, \{X+1\}) = (\{1\}, \{1\}) = 1$$

Pre algoritmizáciu postupu zavedieme niekoľko pojmov.

Singulárne pokrytie (SP) LČ s funkciou $\mathbf{f}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n)$

-prosté implikanty funkcie $\mathbf{g}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n, \mathbf{y})$,
pre ktorú platí $\mathbf{g}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n, \mathbf{y}) = 1$ práve vtedy ak
 $\mathbf{f}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n) = \mathbf{y}$.

AND

		$\underline{x_2}$	$\underline{x_1}$	
		1	0	
\mathbf{y}	1	1	0	1
\mathbf{y}	0	0	1	0
		\mathbf{g}_{AND}		

OR

		$\underline{x_2}$	$\underline{x_1}$	
		1	0	
\mathbf{y}	1	0	0	0
\mathbf{y}	0	1	1	1
		\mathbf{g}_{OR}		

SP zapisujeme v tabuľkách v binárnej forme ako **1** pre priame premenné, **0** pre negované premenné a **X** pre chýbajúce premenné.

Jednotlivé prosté implikanty **SP** predstavujú primitívne kocky s_i , určujúce hodnoty vstupných premenných, pri ktorých funkcia \mathbf{f} nadobúda hodnotu tvoriacu zložku primitívnej kocky.

$s_i = (b_1, b_2, \dots, b_n, b_{n+1})$, kde $b_j \in \{0, 1, X\}$ je hodnota vstupnej premennej x_j , pre $1 \leq j \leq n$, resp. výstupnej premennej y pre $j = n+1$.

Singulárne pokrytie

AND:

s_k	x_1	x_2	y
s_1	0	X	0
s_2	X	0	0
s_3	1	1	1

NAND:

s_k	x_1	x_2	y
s_1	0	X	1
s_2	X	0	1
s_3	1	1	0

OR

s_k	x_1	x_2	y
s_1	0	0	0
s_2	1	X	1
s_3	X	1	1

NOR:

s_k	x_1	x_2	y
s_1	0	0	1
s_2	1	X	0
s_3	X	1	0

XOR:

s_k	x_1	x_2	y
s_1	0	0	0
s_2	1	1	0
s_3	0	1	1
s_4	1	0	1

NOT:

s_k	x_1	y
s_1	0	1
s_2	1	0

Prenosová D-kocka vyjadruje podmienky prenosu prejavu poruchy zo vstupu (vstupov) LČ na jeho výstup.

Prenosové D-kocky v 9-hodnotovom D-algoritme vytvárame kompozíciou s_i, s_j s rozdielnou hodnotou výstupu.

Kompozícia singulárnych pokrytí $s_1 = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ a $s_2 = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ dáva $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$, kde dvojica (a_i, b_i) určuje hodnotu c_i v rámci 9-hodnotového modelu.

Pri vytváraní primitívnej D-kocky poruchy neuvažujeme tie kompozície, ktoré vo výsledku dávajú hodnotu D resp. \bar{D} na vstupe logického člena.

Na rozdiel od 5-hodnotového v 9-hodnotovom D-algoritme je zavedený pojem doplnková kocka ako prienik SP (bezporuchového resp. poruchového) člena s plne neurčenou primitívnou kockou.

V 9-hodnotovom D-algoritme je zavedený pojem doplnková kocka ako prienik SP člena s plne neurčenou primitívnou kockou.

Doplnkové kocky dvojjstupového člena NAND

d	Kompozícia	1	2	3
d₁	s_1, s_x	B	B	\bar{B}
d₂	s_2, s_x	\bar{B}	X	B
d₃	s_3, s_x	X	\bar{B}	B
d₄	s_x, s_1	P	P	\bar{P}
d₅	s_x, s_2	\bar{P}	X	P
d₆	s_x, s_3	X	\bar{P}	P

Prenosové kocky dvojjstupového člena NAND

p	Kompozícia	1	2	3
p₁	S₁, S₂	D	B	\bar{D}
p₂	S₁, S₃	B	D	\bar{D}
p₃	S₂, S₁	\bar{D}	P	D
p₄	S₃, S₁	P	\bar{D}	D

Doplnkové kocky dvojjstupového člena NOR

d	Kompozícia	1	2	3
d₁	S₁, S_x	\bar{B}	\bar{B}	B
d₂	S₂, S_x	B	X	\bar{B}
d₃	S₃, S_x	X	B	\bar{B}
d₄	S_x, S₁	\bar{P}	\bar{P}	P
d₅	S_x, S₂	P	X	\bar{P}
d₆	S_x, S₃	X	P	\bar{P}

Prenosové kocky dvojjstupového člena NOR

p	Kompozícia	1	2	3
p₁	S₁, S₂	\bar{D}	B	D
p₂	S₁, S₃	B	\bar{D}	D
p₃	S₂, S₁	D	\bar{P}	\bar{D}
p₄	S₃, S₁	\bar{P}	D	\bar{D}

Prenosové kocky:

AND:

p_k	x_1	x_2	y
p_1	D	B	D
p_2	B	D	D
p_3	\bar{D}	P	\bar{D}
p_4	P	\bar{D}	\bar{D}

N-AND:

p_k	x_1	x_2	y
p_1	D	B	\bar{D}
p_2	B	D	\bar{D}
p_3	\bar{D}	P	D
p_4	P	\bar{D}	D

OR

p_k	x_1	x_2	y
p_1	D	\bar{B}	D
p_2	\bar{B}	D	D
p_3	\bar{D}	\bar{P}	\bar{D}
p_4	\bar{P}	\bar{D}	\bar{D}

NOR:

p_k	x_1	x_2	y
p_1	D	\bar{B}	\bar{D}
p_2	\bar{B}	D	\bar{D}
p_3	\bar{D}	\bar{P}	D
p_4	\bar{P}	\bar{D}	D

XOR:

p_k	x_1	x_2	y
p_1	D	0	D
p_2	0	D	D
p_3	D	1	\bar{D}
p_4	1	D	\bar{D}
p_5	\bar{D}	0	\bar{D}
p_6	0	\bar{D}	\bar{D}
p_7	\bar{D}	1	D
p_8	1	\bar{D}	D

NOT:

p_k	x	y
p_1	D	\bar{D}
p_2	\bar{D}	D

Doplňkové kocky:

AND:

d_k	x_1	x_2	y
d_1	\bar{B}	X	\bar{B}
d_2	X	\bar{B}	\bar{B}
d_3	B	B	B
d_4	\bar{P}	X	\bar{P}
d_5	X	\bar{P}	\bar{P}
d_6	P	P	P

NAND:

d_k	x_1	x_2	y
d_1	\bar{B}	X	B
d_2	X	\bar{B}	B
d_3	B	B	\bar{B}
d_4	\bar{P}	X	P
d_5	X	\bar{P}	P
d_6	P	P	\bar{P}

OR

d_k	x_1	x_2	y
d_1	\bar{B}	\bar{B}	\bar{B}
d_2	B	X	B
d_3	X	B	B
d_4	\bar{B}	\bar{B}	\bar{B}
d_5	B	X	B
d_6	X	B	B

NOR:

d_k	x_1	x_2	y
d_1	\bar{B}	\bar{B}	B
d_2	B	X	\bar{B}
d_3	X	B	\bar{B}
d_4	\bar{P}	\bar{P}	P
d_5	P	X	\bar{P}
d_6	X	P	\bar{P}

XOR:

d_k	x_1	x_2	y
d_1	\bar{B}	\bar{B}	\bar{B}
d_2	B	B	\bar{B}
d_3	\bar{B}	B	B
d_4	B	\bar{B}	B
d_5	\bar{P}	\bar{P}	\bar{P}
d_6	P	P	\bar{P}
d_7	\bar{P}	P	P
d_8	P	\bar{P}	P

NOT:

d_k	x_1	y
d_1	\bar{B}	B
d_2	B	\bar{B}
d_3	\bar{P}	P
d_4	P	\bar{P}

Vznik hodnoty \mathbf{D} resp. $\bar{\mathbf{D}}$ určuje

Primitívna D-kocka poruchy

- kompozícia \mathbf{SP} bezporuchového a poruchového člena s rozdielnou hodnotou výstupu.

Vektor aktivity - zoznam vodičov s hodnotou \mathbf{D} resp. $\bar{\mathbf{D}}$, ktoré vstupujú do LČ bez určenej výstupnej hodnoty.

D- vetvenie - zoznam LČ umožňujúcich vytváranie citlivej cesty.

Obdobou D-prieniku v 9-hodnotovom D-algoritme je operácia R-prieniku.

Výsledkom R-prieniku hodnôt \mathbf{h}_i a \mathbf{h}_j je hodnota \mathbf{h}_v , pre ktorú platí:

$$\begin{aligned}\mathbf{h}_v &= \mathbf{h}_i \underset{\mathbf{R}}{\cap} \mathbf{h}_j = (\mathbf{h}_{si}, \mathbf{h}_{pi}) \underset{\mathbf{R}}{\cap} (\mathbf{h}_{sj}, \mathbf{h}_{pj}) = (\{\mathbf{h}_{si} \underset{\mathbf{R}}{\cap} \mathbf{h}_{sj}\}, \{\mathbf{h}_{pi} \underset{\mathbf{R}}{\cap} \mathbf{h}_{pj}\}) = \\ &= (\{\mathbf{h}_{si} \cap \mathbf{h}_{sj}\}, \{\mathbf{h}_{pi} \cap \mathbf{h}_{pj}\}) = (\{\mathbf{h}_{sv}\}, \{\mathbf{h}_{pv}\}) = (\mathbf{h}_{sv}, \mathbf{h}_{pv})\end{aligned}$$

Pre operáciu prieniku platí:

$$\mathbf{a} \cap \mathbf{a} = \mathbf{a};$$

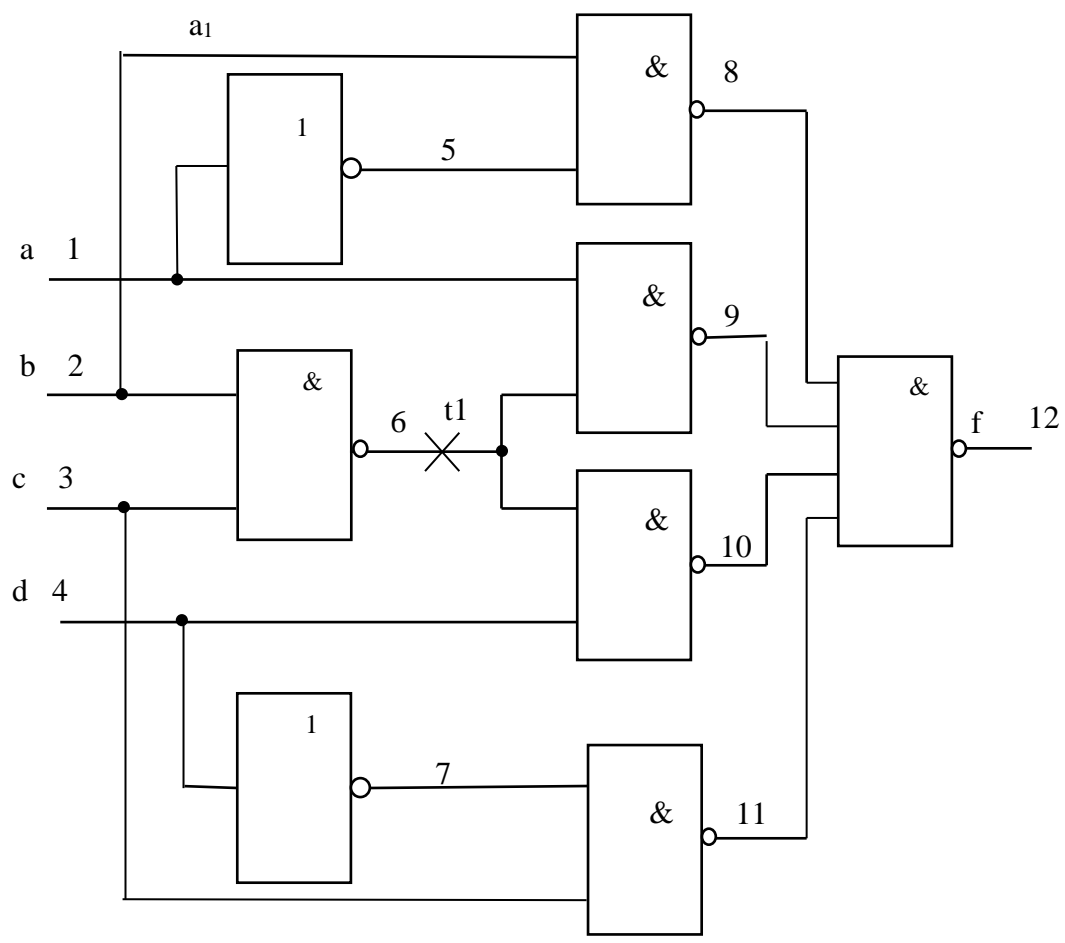
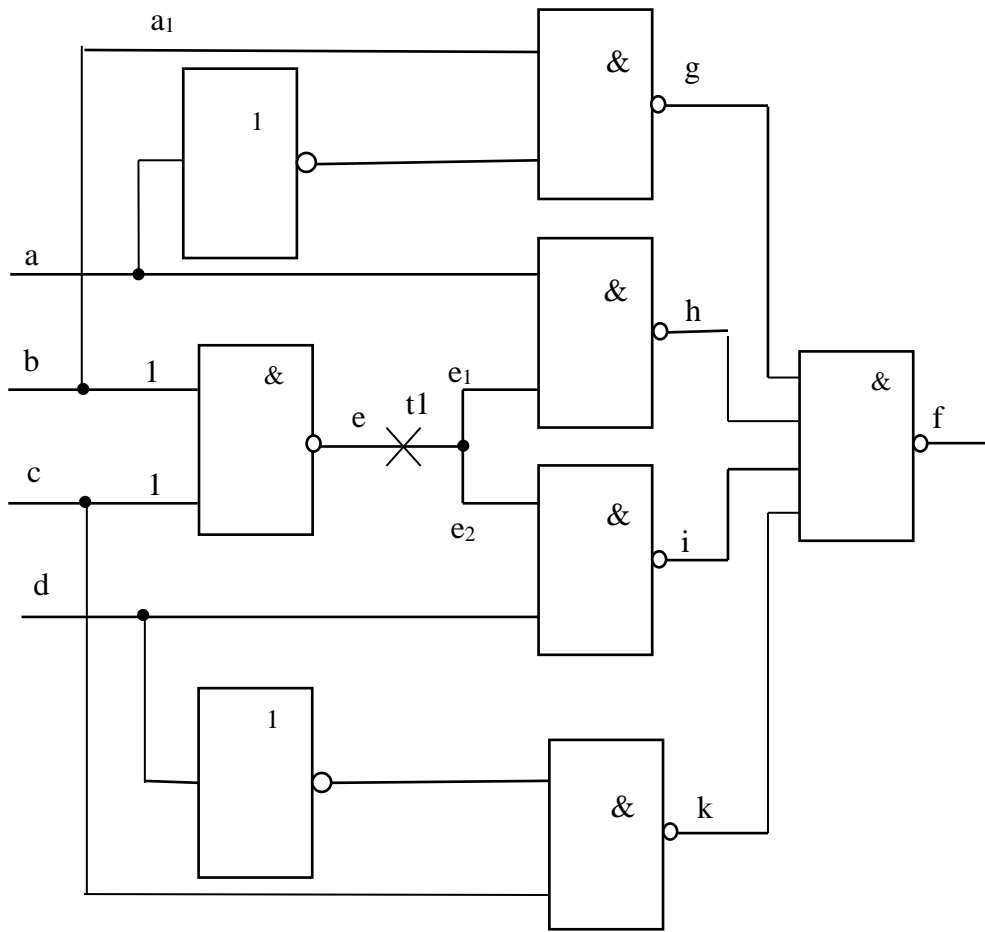
$$\mathbf{a} \cap \mathbf{X} = \mathbf{X} \cap \mathbf{a} = \mathbf{a};$$

$$1 \cap 0 = 0 \cap 1 = \emptyset$$

Postup v 9-hodnotovom D-algoritme:

1. Číslovanie vodičov:
výstup LČ ma vyššie číslo než jeho vstup
vetviaci sa vodič má to isté číslo
2. Vodičom s poruchou t_1 (t_0) sa priradí hodnota P (\bar{P})
3. Primitívna kocka poruchy, pre ktorú má byť
generovaný krok testu
4. R-prienikom vhodných prenosových kociek sa vytvorí
citlivá cesta na primárny výstup
5. Konzistencia pre všetky LČ s výstupom 0, 1, B, \bar{B} ,
 P , \bar{P}
- Využívajú sa SP a doplnkové kocky.
6. Ak pri konzistencii vzniknú hodnoty D resp. \bar{D}
nahradia sa hodnotami B resp. \bar{B} .
7. Po skončení konzistencie sa na primárnych vstupoch
obvodu nahradia hodnoty B , P hodnotou 1 a hodnoty
 \bar{B} , \bar{P} hodnotou 0.

Príklad: Prostredníctvom D-algoritmu generujte krok
testu pre poruchu t_1 na vodiči e vyznačenú na obr.



SP bezporuchového člena

2 3 6

1 1 0

SP poruchového člena

2 3 6

X X 1

primitívna D-kocka poruchy:

kompozícia (1, 1, 0) a (X, X, 1) = (B, B, \bar{D})

tc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	VA	DV	poznámka
a							P									porucha
b			B	B			\bar{D}									PDKP
c=a∩b			B	B			\bar{D}							6	9,10	
d=p ₄		P					\bar{D}			D						vhodná PK
e=c∩d		P	B	B			\bar{D}			D				6,9	10,12	
f									B	D	B	B	\bar{D}			vhodná PK
g=e∩f		P	B	B			\bar{D}		B	D	B	B	\bar{D}	6,12	10	prim. výst.
h=d ₂				X				\bar{B}				B				vhodná DK
i= g∩h		P	B	B			\bar{D}	\bar{B}	B	D	B	B	\bar{D}			
j=d ₁					\bar{B}		X				B					vhodná DK
k=i∩j		P	B	B	\bar{B}		\bar{D}	\bar{B}	B	D	B	B	\bar{D}			
l=d ₂			X			\bar{B}			B							vhodná DK
m=k∩l		P	B	B	\bar{B}	\bar{B}	\bar{D}	\bar{B}	B	D	B	B	\bar{D}			
n=d ₂					B			\bar{B}								vhodná DK
o=m∩n		P	B	B	∅	\bar{B}	\bar{D}	\bar{B}	B	D	B	B	\bar{D}			Prázdny prienik
i= g∩h		P	B	B			\bar{D}	\bar{B}	B	D	B	B	\bar{D}			
p=d ₂					X		\bar{B}				B					vhodná DK
q=i∩p		P	B	B			\bar{D}	\bar{B}	B	D	B	B	\bar{D}			
u=d ₂			X			\bar{B}			B							vhodná DK
v=q∩u		P	B	B		\bar{B}	\bar{D}	\bar{B}	B	D	B	B	\bar{D}			
n= d ₂					B			\bar{B}								vhodná DK
x=v∩n		P	B	B	B	\bar{B}	\bar{D}	\bar{B}	B	D	B	B	\bar{D}			
y= d ₂		B				\bar{B}										vhodná DK
z=x∩y		1	B	B	B	\bar{B}	\bar{D}	\bar{B}	B	D	B	B	\bar{D}			
		1	1	1	1								0			Krok testu